Библиотека СОК



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СРЕДНИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В. А. ВОРОБЬЕВ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в качестве учебника для студентов средних специальных учебных заведений по специальности 3107 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»



МОСКВА «КолосС» 2004

УДК 631.3(075.32)
ББК 40.72я723
В 75

Редактор *Г. А. Гусева*

Рецензент *Г. Г. Козлова* (преподаватель Балашовского техникума механизации сельского хозяйства)

Воробьев В. А.

В 75 Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации. — М.: КолосС, 2004. — 336 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для средних специальных учеб. заведений).

ISBN 5—9532—0168—0.

Приведены современные сведения об эксплуатационных свойствах электрооборудования и средств автоматизации, применяемых в сельском хозяйстве, способах их технического обслуживания и ремонта. Уделено внимание надежности оборудования и методам ее повышения.

Для студентов средних специальных учебных заведений по специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

УДК 631.3(075.32)
ББК 40.72я723

ISBN 5—9532—0168—0

© Издательство «КолосС», 2004

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельскохозяйственное производство имеет большое число поточных линий, цехов и заводов по приготовлению кормов, крупных птицефабрик, животноводческих комплексов и ферм, агрофабрик защищенного грунта, автоматизированных установок водоснабжения и орошения, высокопроизводительных поточных агрегатов по сортировке и сушке зерна и т. д.

Парк электрооборудования, используемого в сельскохозяйственном производстве, непрерывно увеличивается. Кроме количественного роста электроустановок, применяемых при электрификации сельского хозяйства, происходят качественные изменения электроэнергетической базы. Так, животноводческие комплексы имеют сложные сети внутреннего и внешнего электроснабжения от нескольких трансформаторных подстанций, присоединенных к различным районным сетям. В технологических процессах используется до 1000 электродвигателей, большое число электронагревательных, осветительных и облучательных установок, сложных систем автоматики и пускозащитной аппаратуры.

Опыт электрификации сельского хозяйства показывает, что без хорошей работы электротехнической эксплуатационной службы только увеличение числа электроустановок не дает ожидаемого роста эффективности производства и не позволяет полностью использовать потенциальные возможности электрооборудования. Эксплуатационная надежность электрооборудования пока еще не удовлетворяет в достаточной мере требованиям сельскохозяйственного производства.

Улучшение эксплуатации электрооборудования — одна из главных задач на современном этапе электрификации сельского хозяйства. На качество эксплуатации электрооборудования сильно влияют специфические особенности сельского хозяйства: сезонная, суточная неравномерность использования техники, разрозненность электрооборудования и удаленность отдельных устройств на значительные расстояния, огромная протяженность сетей системы электроснабжения и разнообразие условий эксплуатации.

Эксплуатация электрооборудования — это совокупность всех фаз его существования после изготовления, включая транспортировку к месту применения, подготовку к использованию по назначению, техническое обслуживание, ремонт и хранение. Название настоящего учебника «Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации» определяется традиционным названием учебной дисциплины.

Электрооборудование применяют для выполнения конкретных функций. С народнохозяйственных позиций эксплуатация заключается в реализации потребительских свойств электрооборудования. При

этом выделяют два взаимосвязанных вида эксплуатации: производственную и техническую.

Производственная эксплуатация — это процесс использования электрооборудования по своему назначению, в результате которого электрическая энергия преобразуется в другие виды энергии. В этом процессе участвует не только электротехнический персонал, но и персонал, обслуживающий технические объекты (в кормоцехе — оператор, на насосной станции — дежурный и т. п.). Результатом (продукцией) процесса использования служит преобразованная и переданная сельскохозяйственному технологическому объекту энергия.

Техническая эксплуатация — это процесс обеспечения и поддержания требуемого состояния электрооборудования, заключающийся в восстановлении его свойств, утрачиваемых при использовании или хранении. Техническую эксплуатацию осуществляют специалисты электротехнической службы хозяйства. Результат (продукция) технической эксплуатации — эксплуатационная надежность электрооборудования.

Электрооборудование — это всегда часть какой-либо машины, установки или другого сельскохозяйственного объекта, т. е. часть производственной системы, предназначенной для выпуска продукции. Цель производственной системы — удовлетворить растущие потребности общества путем увеличения выпуска продукции, повышения ее качества и снижения себестоимости. Для этого необходимо, чтобы работа всех в совокупности элементов, в том числе и электрооборудования, была подчинена производственной системе. Поэтому цель эксплуатации электрифицированных технологических объектов состоит в обеспечении их эффективной работы путем поддержания требуемой надежности и рационального использования электрооборудования. Главную цель эксплуатации можно разделить на три промежуточные цели: обеспечение требуемой надежности электрооборудования; обеспечение рационального использования электрооборудования; снижение эксплуатационных затрат.

Каждая из выделенных целей ставит перед эксплуатационными службами ряд технических, технологических, социальных и организационных задач.

Решение технических задач связано с повышением качества электрооборудования путем его совершенствования и своевременной замены устаревших изделий, улучшения обслуживания, оптимизации режимов использования и внедрения автоматизации.

Технологические задачи направлены на более тщательное согласование технологических процессов сельскохозяйственного производства с возможностями электрооборудования, на снижение энергоемкости процессов и повышение качества выпускаемой продукции.

Социальные задачи, имеющие большое, но часто недооцениваемое значение, состоят в улучшении психологических, трудовых и бытовых условий работы специалистов электротехнических служб.

Организационные задачи направлены на совершенствование формы структуры, принципов управления, на улучшение способов выполнения технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов, на достижение четкого взаимодействия подразделений и специалистов хозяйства.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ТЕКУЩИЙ И КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Для получения высоких производственных показателей необходимо организовать рациональную эксплуатацию электроустановок. Лучшие результаты получаются, если проводить эту работу по системе планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания.

Под *системой технического обслуживания (ТО)* и *ремонта (Р) техники* понимают комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения ТО и Р для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных в нормативно-технической документации. Система ТО и Р, таким образом, включает документацию, технические средства, исполнителей, материалы, заготовки и запасные части.

Техническое обслуживание (ТО) — это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности (или исправности) изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Техническое обслуживание электрооборудования в сельском хозяйстве подразделяется на два вида: производственное и межремонтное.

Производственное техническое обслуживание осуществляют в процессе эксплуатации персонал, обслуживающий рабочие машины, и дежурные электромонтеры. Этот вид обслуживания включает очистку от пыли и грязи, регулировку креплений (болтов, винтов, гаек), контроль за режимом работы электрооборудования и другие операции. Электромонтеры контролируют выполнение производственными рабочими правил эксплуатации электрооборудования, проверяют и регулируют электрооборудование, проводят ежедневный осмотр и устраняют обнаруженные мелкие неисправности.

В объем *межремонтного технического обслуживания* электрических машин и сварочных трансформаторов входят операции производственного обслуживания, а также проверка заземления, степени нагрева (корпус, контактные кольца, подшипники), характера шума (отсутствие ненормальных шумов) при работе, центровки привода и рабочей машины, надежности соединений, правильности работы и при необходимости регулирование пуско-защитной аппаратуры или ее выбор, поверка измерительных приборов, выявление и устранение мелких неисправностей.

Особо выделяется техническое обслуживание внутренних проводок, которое заключается в очистке от пыли и грязи, проверке надежности крепления всех элементов проводок, изоляции и изоляторов, соединения проводов и их натяжения, уплотнений, заземлений, состояния окраски конструкционных элементов и в устранении выявленных неисправностей. Один раз в два года в помещении с нормальной средой и один раз в год в сырых, пыльных и пожароопасных помещениях измеряют сопротивление изоляции проводок мегаомметром на 1000 В. Оно должно быть не ниже 0,5 МОм.

Техническое обслуживание осуществляет эксплуатационный или ремонтный персонал без разборки электрооборудования на рабочем месте в период технологических перерывов в работе, в нерабочие смены или в выходные дни.

Ремонт (Р) — это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей. В ремонт могут входить: разборка, дефектация, контроль технического состояния изделия, восстановление деталей, сборка, испытание и т. д. Содержание части операций ремонта может совпадать с содержанием некоторых операций ТО. Ремонт подразделяется на следующие виды: текущий (ТР) — выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей, кроме базовых; капитальный (КР) — ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или почти полного восстановления ресурса изделий с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые. Капитальный ремонт должен сопровождаться выдачей определенных гарантий на последующий срок эксплуатации. Деление ремонта на текущий и капитальный осуществляется также исходя из источников финансирования: текущий ремонт финансируется по эксплуатационной смете, капитальный — из амортизационных отчислений. Капитальный и текущий ремонты могут быть плановыми и неплановыми. Неплановые ремонты проводят с целью устранения последствий отказов.

В сельском хозяйстве проводят два вида плановых ремонтов: текущий и капитальный.

Текущий ремонт — основной профилактический вид ремонта, обеспечивающий долговечность и безотказность работы электрооборудования. Путем чистки, проверки, замены быстроизнашивающихся частей и наладки оборудование поддерживают в работоспособном состоянии до следующего планового ремонта. В объем текущего ремонта электрических машин входят операции: отключение от сети, очистка от пыли и грязи, заземление рабочей машины или привода, демонтаж, транспортировка в ремонтную мастерскую, предремонтные испытания (дефектация), разборка, наложение (при необходимости) дополнительной изоляции на выводные концы обмотки, пропитка и сушка обмоток, проверка и при необходимости замена подшипников, проверка воздушного зазора между статором и ротором, ремонт контактных соединений, контактных колец, коллектора, щеточного механизма, крепежных деталей, вентилятора, сборка, испытания (при необходимости под нагрузкой), окраска, транспортировка на рабочее место, монтаж и проверка под нагрузкой. Аналогичен описанному и объем текущего ремонта трансформаторов. При текущем ремонте низковольтной пуско-защитной аппаратуры неисправные узлы и детали заменяют новыми и ремонтируют обычно только кожух.

Текущий ремонт выполняется ремонтным персоналом.

Капитальный ремонт — наиболее сложный и полный по объему вид ремонта. При капитальном ремонте электрооборудование полностью разбирают, ремонтируют даже базовые узлы, например обмотки электрических машин или аппаратов. При этом электрооборудование может быть модернизировано, т. е. усилены его слабые составные части и таким образом улучшены характеристики, и повышена эксплуатационная надежность. Капитальный ремонт электрооборудования (например, ремонт электродвигателей, генераторов, сварочных трансформаторов, автотракторного электрооборудования) проводят на специализированных электроремонтных предприятиях.

Техническое обслуживание и ремонт характеризуются рядом показателей: периодичностью ТО (Р) — интервалом времени (или наработкой) между видом технического обслуживания (ремонта) и последующим таким же видом или другим большей сложности; продолжительностью технического обслуживания (ремонта) данного вида; стоимостью технического обслуживания (ремонта).

Система ТО и Р характеризуется также циклом технического обслуживания и ремонтным циклом, под которыми понимают наименьшие повторяющиеся интервалы времени или наработки изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности все виды периодического технического обслуживания (цикл ТО) и ремонта (ремонтный цикл). Порядок чередования видов технического обслуживания и ремонта определяет структуру ремонтного цикла.

Периодичность технического обслуживания и ремонтов устанавливается системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве (ППРЭсх) в зависимости от вида электрооборудования и характера среды, в которой оно работает. При этом период работы электрооборудования между двумя очередными плановыми ремонтами (наработка, выраженная в календарном времени), а для вводимого в эксплуатацию электрооборудования — период от ввода в эксплуатацию до первого планового ремонта называют *межремонтным периодом*.

Межремонтный период между двумя плановыми капитальными ремонтами называют *ремонтным циклом*. Последовательность выполнения различных видов технического ремонта и обслуживания определяет структуру ремонтного цикла: К—ТО— ТО— ТО— ТО— ТО—ТО— ТО— ТО—Т— ТО— ТО— ТО— ТО— ТО— ТО— ТО— ТО—Т и т. д., где К, Т и ТО — обозначают соответственно капитальный, текущий ремонты и техническое обслуживание.

Структура ремонтного цикла зависит от вида оборудования, условий эксплуатации и его состояния.

На работу электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве, заметно влияет среда, которая очень многообразна.

Правила технической эксплуатации подразделяют производственные помещения в зависимости от характера среды на следующие виды:

сухие — помещения с относительной влажностью воздуха не выше 60 %;

влажные — помещения с относительной влажностью воздуха от 60 % до 70 %, пары и конденсирующаяся влага выделяются временно и в небольших количествах;

сырые — помещения с относительной влажностью воздуха, длительно превышающей 75 %;

особо сырые — помещения с относительной влажностью воздуха, близкой к 100 %, поверхности помещений покрыты влагой;

пыльные— помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, оседающая на электрооборудование и проникающая внутрь его;

особо сырые с химически активной средой — помещения с относительной влажностью воздуха, близкой к 100 %, с постоянным или длительным содержанием аммиака, сероводорода или других газов невзрывоопасной концентрации или образующих отложения, действующие разъедающе на изоляцию и токоведущие части;

пожароопасные — помещения, в которых изготовляют, хранят, перерабатывают или применяют горючие вещества. Различают следующие категории помещений этого класса: П-I, П-II, П-IIа;

взрывоопасные (класс В) — помещения, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси газов или паров с воздухом или горючей пылью или волокон с воздухом. Различают следующие категории помещений этого класса: В-I, В-Iа, В-II.

1.2. СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Совокупность правил назначения и проведения профилактических мероприятий при эксплуатации называют стратегией обслуживания. На практике известно несколько стратегий обслуживания электроустановок и средств автоматизации.

Эксплуатация оборудования по *послеотказовой (вынужденной) стратегии* сводится лишь к замене или ремонту отказавшего оборудования; плановые профилактические мероприятия не проводят. Использование этой стратегии оправдывается только при эксплуатации сравнительно простого, высоконадежного, недорогого оборудования, выход из строя которого не приводит к существенному ущербу.

Планово-предупредительная стратегия обслуживания без учета возраста изделия — это стратегия обслуживания строго по расписанию. Сущность ее заключается в том, что через строго определенные, заранее установленные промежутки времени происходит принудительное обслуживание. Выбором периода проведения этого обслуживания достигается повышение эксплуатационной надежности оборудования и снижение затрат на его эксплуатацию. Эта стратегия эффективна и упрощает планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту, поэтому она широко распространена в сельском хозяйстве. Недостаток этой стратегии состоит в том, что применение ее приводит к более частому обслуживанию изделий, еще относительно мало проработавших, поскольку обслуживание (замена, ремонт) осуществляется в моменты времени, кратные периодичности T, независимо от того, заменялись или ремонтировались изделия в течение соответствующего периода.

При планово-предупредительной стратегии обслуживания по наработке (с учетом возраста) восстановительные (профилактические) мероприятия осуществляют либо в заранее запланированный момент времени, либо в случае отказа, если он произошел раньше этого момента. Таким образом, профилактические мероприятия проводят с постоянной периодичностью T, но отсчет времени осуществляют от проведенного восстановительного мероприятия (аварийного или профилактического). В этом случае моменты проведения плановых профилактических мероприятий случайные. Эта стратегия выгодно отличается от предыдущей тем, что исключает возможность обслуживания (ремонта) новых изделий. Однако она более сложна в организационном плане, поскольку труднее заранее спланировать моменты проведения профилактических мероприятий и требуется учет наработки изделий.

Стратегия обслуживания оборудования по состоянию наиболее прогрессивна, особенно для сложного и ответственного оборудования, разборка и сборка которого при обслуживании затруднены. Применение ее связано с необходимостью выявления определяющих техническое состояние параметров и их вероятностных связей с надежностью изделий. В настоящее время эксплуатация электрооборудования с применением этой стратегии разработана лишь для электродвигателей погружных насосов.

1.3. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования в сельском хозяйстве (ППРЭсх) называется совокупность организационных и технических меропри-

тий по уходу, надзору за электрооборудованием, его обслуживанию и ремонту, проводимым профилактически с целью обеспечения безотказной его работы. Система ППРЭсх призвана обеспечивать исправность электрооборудования, его полную работоспособность, максимальную производительность и высокое качество обрабатываемых рабочими машинами продуктов и изделий.

В систему ППРЭсх входят следующие работы и мероприятия:

определение видов работ по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования и их описание;

установление периодичности между техническим обслуживанием и ремонтами;

планирование профилактических операций и контроль за их выполнением;

разработка системы оплаты труда работников энергетической службы хозяйства;

организация снабжения этой службы материалами и запасными частями;

создание методов и организация контроля качества технического обслуживания и ремонта;

организация технического обслуживания и ремонта; составление графиков технического обслуживания и ремонта и их выполнение с учетом характера среды, в которой работает электрооборудование;

организация производственной базы для выполнения ремонтных работ;

разработка и уточнение различных нормативов (трудоемкости, простоев, расхода материалов и запасных частей и т. п.).

Система ППРЭсх охватывает практически всю номенклатуру электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве. В системе содержатся общие рекомендации по организации и планированию ремонта и технического обслуживания: электрических сетей с напряжением 0,38 кВ, находящихся на балансе сельскохозяйственных предприятий; внутренних электропроводок; электрических машин; пуско-защитной аппаратуры; осветительных, облучающих электрохимических установок; средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов; сварочного электрооборудования; устройств, обеспечивающих электробезопасность; электроприборов и устройств бытового и культурно-бытового назначения. Для всего перечисленного электрооборудования даны рекомендации по составу работ, периодичности их выполнения, трудозатратам, нормам расхода материалов и запасных частей.

Система ППРЭсх нуждается в постоянном совершенствовании, поскольку электротехническая промышленность поставляет сельскому хозяйству все более надежное электрооборудование. Улучшается культура эксплуатации электрооборудования, накапливается опыт его эксплуатации, улучшается технология сельскохозяйственного производства.

Главное преимущество системы ППРЭсх состоит в ее плановости. Электротехническая служба хозяйства заранее с учетом графиков технического обслуживания и ремонта электрооборудования подготавливает необходимое оборудование, материалы, инструменты, приборы, готовит кадры и проводит все требуемые операции быстро, без простоев технологического оборудования и высококачественно. Все это повышает эксплуатационную надежность электрооборудования.

ППРЭсх создает необходимые предпосылки для эффективного использования оборудования, увеличения времени его полезной работы, снижения стоимости ремонтных работ, улучшения их качества и уменьшения физического износа оборудования. ППРЭсх позволяет увеличить срок службы электродвигателей и другого электрооборудования в 2—3 раза и снизить эксплуатационные расходы более чем на 25 %.

1.4. ФОРМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

На сельскохозяйственных предприятиях (и в организациях) применяют индивидуальную (хозяйственную) централизованную или смешанную (специализированную) формы эксплуатации электроустановок. В соответствии с этим различают индивидуальные и централизованные электротехнические службы (ЭТС).

Индивидуальная ЭТС — это такая служба, которую создает само хозяйство. Она выполняет в хозяйстве все работы по технической эксплуатации электрооборудования. Для выполнения работ по развитию электрификации обычно привлекают подрядные организации.

Централизованная ЭТС — это такая служба, которую создают для обслуживания всех хозяйств района. Ее организуют как составную часть единой инженерной службы или как кооперативное районное предприятие. Централизованная ЭТС образует свои эксплуатационные участки в хозяйствах и обслуживает их на договорных началах.

По номенклатуре выполняемых работ различают комплексное и специализированное обслуживание.

При *комплексном обслуживании* централизованная ЭТС выполняет в хозяйстве все виды работ по эксплуатации электрооборудования и по развитию электрификации. В этом случае штат ЭТС формируют из производственного и инженерного персонала хозяйств.

При *специализированном обслуживании* хозяйства районная ЭТС обслуживает лишь отдельные, наиболее ответственные виды электрооборудования либо выполняет контрольные измерения, профилактические испытания и т. п. Остальную часть производственной программы эксплуатации выполняет индивидуальная ЭТС хозяйства.

Для правильного обоснования рациональной формы эксплуатации в конкретном районе необходимо учитывать большое число факторов: годовой объем и номенклатуру работ, распределение электрифицированных объектов по территории района и качество дорог, укомплектованность хозяйств электромонтерами, техническими средствами и т. д. По исходным данным рассчитывают годовые приведенные затраты при централизованной и индивидуальной формах эксплуатации.

1.5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ

Современное хозяйство должно располагать ресурсами, обеспечивающими ремонтно-эксплуатационные нужды. Эти ресурсы включают материалы, запасные части, оборудование для замены изношенного и создания ремонтного (резервного) фонда, кабельные изделия. Система норм и нормативов, регламентирующих ресурсы, построена по иерархическому принципу. В зависимости от уровня планирования используют различные методы расчета и исходную информацию. По степени агрегирования (укрупнения) различают индивидуальные и групповые нормы.

Индивидуальные (объектные, подетальные) *нормы* отражают расход материалов и запасных частей на агрегат, машину конкретной модели или модификации. Их подразделяют по видам ремонта. В системе ППРЭсх приведены индивидуальные нормы для различных видов электрооборудования в расчете на год эксплуатации (для технического обслуживания) и на один текущий ремонт. Потребность в запасных частях и резервном электрооборудовании рассчитывают различными методами, в том числе вероятностными, которые изложены в соответствующей литературе.

Номенклатура и нормы хранения основных запасных частей детально разработаны службами Министерства сельского хозяйства РФ и приведены в системе ППРЭсх. Такие нормы называют групповыми. Эти нормы нуждаются в корректировке с учетом номенклатуры электрооборудования, режима его работы, условий эксплуатации и реальных сроков технического обслуживания. Наилучшим методом определения оптимального объема запасных частей должен служить статистический. Определяя в течение, например, месяца опытным путем необходимый объем запасных частей по группе одноименного электрооборудования с учетом конкретных условий, нужно только выполнить пересчет на весь парк установленного в хозяйстве оборудования.

Система ППРЭсх не приводит нормативов на резервный фонд основного оборудования, например электродвигателей. Чтобы дать

ему оценку, необходимо установить реальный срок службы электрооборудования:

$$T_{ср} = \frac{t_1 n_1 + t_2 n_2 + \ldots + t_i n_i}{\sum_1^i n}, \qquad (1.1)$$

где $t_1, t_2, \ldots, t_i$ — сроки службы электродвигателей; $n_1, n_2, \ldots, n_i$ — число электродвигателей, имеющих соответствующий срок службы.

Сроки службы нужно определять не только по отраслям производства, но и конкретно по номенклатуре электрооборудования.

Зная сроки службы отдельных видов электрооборудования и состояние всего парка его с учетом номенклатуры, нетрудно определить искомый резервный фонд. Желательно иметь в резервном фонде электрооборудование более надежное, чем установленное в хозяйстве (электродвигатели новых серий, модернизированные и т. д.). Может оказаться, что установочные размеры нового, более надежного электродвигателя не совпадают с установочными размерами электродвигателя, для замены которого он предназначен. В этом случае электротехническая служба хозяйства должна заранее подготовиться к замене электродвигателей (изготовить шайбы, прокладки, подогнать размеры и т. д.).

Резервный фонд сельскохозяйственных предприятий рассчитан на использование в основном электродвигателей небольших мощностей — от одного до нескольких киловатт.

Потребность в электродвигателях для резервирования определяют из условия:

$$\Delta m \leqslant \alpha_{доп}, \qquad (1.2)$$

где Δm — среднее фактическое число простаивающих технологических процессов; $\alpha_{доп}$ — среднее допустимое число технологических процессов, простаивающих из-за отказов электродвигателей.

$$\alpha_{доп} = \frac{t_{пр.\,доп} n}{k_{исп} T_0 + t_{пр.\,доп}}, \qquad (1.3)$$

где $t_{пр.доп}$ — допустимое время простоя технологического процесса без заметного ущерба при отказе электродвигателя; n — число однотипных резервируемых электродвигателей (или технологических процессов); $k_{исп}$ — средний коэффициент временного использования электродвигателя в технологическом процессе в течение года; T_0 — средний календарный срок службы электродвигателя до капитального ремонта.

$$\Delta m = \frac{\beta^{m+1}}{1-\beta}; \beta = \frac{T_р}{T_0} n, \qquad (1.4)$$

где $T_р$ — среднее время нахождения электродвигателя в капитальном ремонте.

1.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В настоящее время электроснабжение сельских потребителей осуществляется в основном от государственных энергетических систем. Организационная структура энергетических систем постоянно совершенствуется. Совершенствуются и формы обслуживания сельских электрических сетей и электрооборудования сельскохозяйственных предприятий в соответствии с запросами современного многоукладного сельскохозяйственного производства.

Основными производственно-техническими подразделениями энергосистемы являются предприятия электрических сетей (ПЭС), которые обеспечивают исправное состояние энергосетевого оборудования и качественное электроснабжение потребителей, передачу энергии с наименьшими потерями при наименьших материальных затратах. ПЭС находятся на хозрасчете и поэтому не обладают полной самостоятельностью, а зависят организационно и экономически от энергосистемы, которой они подчиняются, а в оперативном отношении — от диспетчера энергосистемы.

В состав ПЭС входят следующие службы: диспетчерская, подстанций, высоковольтных линий и распределительных сетей, релейной защиты, автоматики и телемеханики (РЗАИТ), механизации, автоматизации, высоковольтная лаборатория и др.

Основные производственные подразделения ПЭС, кроме перечисленных выше, — районные предприятия электрических сетей (РЭС). Оперативная служба ПЭС состоит из диспетчерской службы ПЭС, оперативно-диспетчерских групп РЭС и оперативно-выездных бригад РЭС. Оперативное и техническое обслуживание распределительных сетей 0,4...20 кВ и подстанций 35 кВ и выше проводят, как правило, оперативно-выездные бригады распределительных сетей и подстанций; они же выполняют все остальные работы по техническому обслуживанию.

На подстанциях эти бригады проводят несложные работы — заменяют плакаты по безопасности труда, делают надписи на оборудовании, чистят кабельные каналы, убирают территорию, ремонтируют линии и освещение подстанций и т. п. Работают бригады в одну, две или три смены, с дежурством на дому, с правом отдыха в ночные часы, но при этом должна быть надежная телефонная связь. За оперативно-выездными бригадами закрепляется автомобиль, оборудованный радиосвязью.

Капитальный ремонт распределительных сетей напряжением 0,4...20 кВ выполняют бригады централизованного ремонта подстанций.

Ремонт силовых трансформаторов осуществляют специализированные ремонтные предприятия, а ремонт устройств релейной защиты, электроавтоматики, диспетчерского и технологического управления — специализированные службы ПЭС.

Численность персонала бригад определяют с учетом годового объема ремонтных работ и норм времени на их выполнение. За бригадами закрепляют специализированные автомеханизмы, автомастерские и передвижные общежития.

Глава 2

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

В условиях сельскохозяйственного производства наиболее часто при эксплуатации электрифицированных машин и механизмов приходится контролировать значения следующих электрических величин: напряжения, силы тока, энергии и сопротивления.

Измерение напряжения и силы тока. *Напряжение* измеряют вольтметрами (рис. 2.1). Вольтметр подключают параллельно электроприемнику $R_н$, на зажимах которого нужно измерить напряжение. Для расширения пределов измерения вольтметров применяют добавочные сопротивления $R_д$, включаемые последовательно с вольтметрами, и трансформаторы напряжения *Т*.

Для измерения *силы тока* в цепях переменного тока применяют амперметры электромагнитной системы. Если измеряемая сила тока не превышает допустимой для данного амперметра, то его включают в цепь последовательно с электроприемником. В тех случаях, когда сила тока превышает допустимое для данного амперметра значение, применяют шунты или трансформаторы тока. Шунты используют при измерениях в цепях постоянного тока, а трансформаторы тока — в цепях переменного тока.

Трансформатор тока (рис. 2.2) состоит из замкнутого (броневого или стержневого) магнитопровода, набранного из листов электротех-

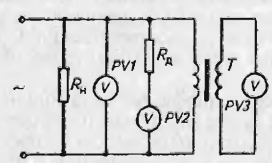


Рис. 2.1. Способы измерения напряжения вольтметрами, включенными:
PV1 — непосредственно; *PV2* — через добавочное сопротивление; *PV3* — через измерительный трансформатор напряжения

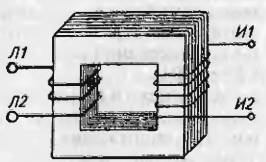


Рис. 2.2. Трансформатор тока

нической стали, и двух обмоток — первичной и вторичной. Первичную обмотку (зажимы Л1 и Л2) включают в цепь последовательно с нагрузкой, а вторичную (зажимы И1 и И2) подключают к измерительным приборам: амперметрам, токовым катушкам ваттметров и счетчиков.

Работает трансформатор тока следующим образом. Переменный ток силой I_1 , проходя по первичной обмотке, создает в магнитопроводе переменный магнитный поток, который пересекает витки вторичной обмотки, наводя в ней электродвижущую силу (ЭДС). Под действием этой ЭДС во вторичной цепи появляется электрический ток, сила которого I_2. Значение силы тока I_2можно вычислить, используя коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$k_t = I_1/I_2 = w_2/w_1, \qquad (2.1)$$

где w_1, w_2 — соответственно число витков первичной и вторичной обмоток.

Отношение сил первичного и вторичного токов указывают в паспорте (на щитке) трансформатора тока.

Первичную обмотку трансформатора тока выполняют обычно из провода большого сечения, соответствующего силе тока нагрузки, вторичную — из провода сечением, рассчитанным на силу тока 5 А.

Кроме расширения пределов измерения трансформаторы тока предохраняют обслуживающий персонал от высокого напряжения при измерениях силы тока в электроустановках напряжением выше 1000 В.

При эксплуатации трансформаторов тока выводы вторичной обмотки нельзя оставлять разомкнутыми, так как при этом магнитный поток в сердечнике может возрасти в десятки и сотни раз и ЭДС во вторичной обмотке увеличится до значений, опасных для обслуживающего персонала и приборов.

Для измерения силы тока в электроустановках напряжением до 1000 В без разрыва цепи применяют трансформаторы тока, выполненные в виде токоизмерительных клещей.

Измерение количества электрической энергии. Для измерения количества электрической энергии применяют счетчики: постоянного тока, однофазного переменного тока (типа СО), активной энергии трехфазные (трех- и четырехпроводные — соответственно СА3 и СА4), реактивной энергии трехфазные (трех- и четырехпроводные — СР3 и СР4).

Устройство и схема включения в сеть однофазного индукционного счетчика показаны на рисунке 2.3. В зазоре между магнитопроводами обмотки напряжения *1* и токовой обмотки *10* размещен подвижный алюминиевый диск *8*, насаженный на ось *6*, установленную в пружинящем подпятнике *9* и верхней опоре *3*. С помощью червячного редуктора *4* вращение диска *8* передается счетному механизму *5*. Токовая обмотка *11*, включаемая последовательно с электроприемником, состоит из малого числа витков толстого провода (соответственно номинальной силе тока счетчика — обычно 5 А). Обмотка напряжения *2*, включаемая параллельно электроприемнику, состоит из большого числа (8000...12 000) витков, намотанных тонким медным изолированным проводом диаметром 0,08...0,12 мм.

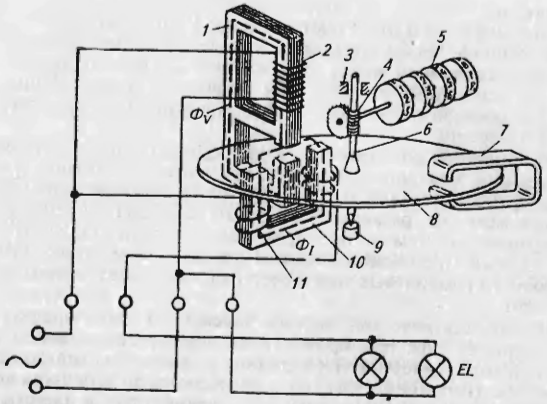


Рис. 2.3. Однофазный индукционный счетчик:
1 — магнитопровод обмотки напряжения; *2* — обмотка напряжения; *3* — верхняя опора; *4* — червячный редуктор; *5* — счетный механизм; *6* — ось; *7* — постоянный магнит; *8* — диск; *9* — подпятник; *10* — магнитопровод токовой обмотки; *11* — токовая обмотка

Когда по токовой обмотке протекает ток нагрузки (обмотка напряжения включена на сетевое напряжение), в магнитопроводах появляются переменные магнитные потоки, создаваемые соответственно обмоткой напряжения Φ_U и обмоткой тока Φ_I, замыкающиеся через алюминиевый диск *8*. Причем поток Φ_I пронизывает диск дважды ($+\Phi_I$ и $-\Phi_I$). Переменные магнитные потоки Φ_U, $+\Phi_I$ и $-\Phi_I$ создают бегущее магнитное поле, которое индуктирует в диске вихревые токи и заставляет его вращаться.

Край алюминиевого диска *8* расположен между полюсами постоянного подковообразного магнита *7*. При вращении алюминиевый диск пересекает силовые линии постоянного магнита, а в диске индуктируются вихревые токи, которые, взаимодействуя с магнитным потоком от постоянного магнита, создают тормозной момент. Этот момент останавливает диск счетчика при отсутствии нагрузки.

Крайний (правый) ролик счетного механизма связан через редуктор *4* с диском счетчика и при его вращении также вращается. При полном обороте первого ролика второй поворачивается на 1/10 часть его оборота. Полный оборот второго ролика вызывает поворот третье-

БИБЛИОТЕКА

го ролика на 1/10 часть его полного оборота и т. д. На торцах роликов нанесены цифры от 0 до 9. Сочетание цифр отсчитывают через застекленное окошко. Чтобы определить количество электрической энергии, израсходованной электроприемником за какой-то промежуток времени, необходимо из показаний счетчика, соответствующих моменту окончания измерений, вычесть показания, соответствующие началу измерений.

Для измерения количества электрической энергии, потребляемой трехфазными электроприемниками, применяют трехфазные счетчики. Трехфазные счетчики изготовляют двух- и трехэлементными. Вращающие моменты, развиваемые каждым из элементов, создают общий вращающий момент, пропорциональный количеству потребляемой энергии трехфазного тока. Под действием этого момента вращаются алюминиевые диски счетчика, связанные со счетным механизмом.

Счетчик электрической энергии фиксирует число оборотов, которое совершает диск при прохождении через счетчик одного киловатт-часа электроэнергии. Эту величину указывают на лицевой стороне счетчика (например, 1 кВт · ч = 2500 оборотов диска). Здесь же проставляют номинальные значения напряжения, силы и частоты тока, а также класса точности.

Для расширения пределов измерения счетчиков, так же как и в случае амперметров, применяют трансформаторы тока *ТА* (рис. 2.4). При включении счетчика *PI* в сеть через трансформатор тока количество израсходованной электроэнергии

$$W = K_I(W_2 - W_1), \qquad (2.2)$$

где W_1 и W_2 — показания счетчика (начало и конец измерений); K_I — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Плата за электрическую энергию, отпускаемую на производственные нужды сельскохозяйственным предприятиям, непосредственно производящим продукцию, берется по одноставочному тарифу. При расчете по одноставочному тарифу потребитель оплачивает только стоимость активной энергии, учтенной счетчиком.

Электрическая энергия, отпускаемая на коммунально-бытовые и другие непроизводственные нужды, оплачивается по повышенным тарифам. Эти потребители разделены на несколько групп. Для каждой группы установлены соответствующие тарифы в зависимости от того, к какой энергосистеме присоединена эта группа.

Часть предприятий, расположенных в сельской местности, оплачивает электроэнергию по двухставочному тарифу, который состоит из основной и дополнительной ставок. Основная ставка предусматривает годовую оплату за каждый киловольт-ампер установленной мощности силовых установок напряжением до 1000 В, если суммарная присоединенная мощность не менее 100 кВ · А. Дополнительная ставка предусматривает плату за 1 кВт · ч активной энергии, учтенной счетчиком.

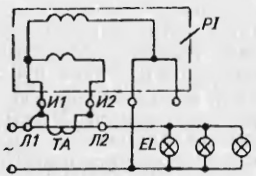


Рис. 2.4. Схема включения однофазного счетчика *PI* в сеть с помощью трансформатора тока *ТА*: *И1, И2, Л1, Л2* — зажимы; *EL* — лампы

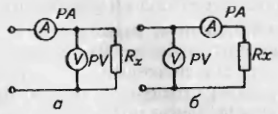


Рис. 2.5. Схемы измерения сопротивлений: *а* — малых (до 1 Ом); *б* — средних (от 1 до 10 кОм)

При двухставочном тарифе применяют также шкалу скидок и надбавок к тарифу в зависимости от значения cos φ или степени компенсации реактивной мощности. Расчеты за использованную электрическую энергию хозяйства проводят через организации Энергосбыта.

Измерение сопротивлений. Для измерения малых сопротивлений (до 1 Ом) можно пользоваться амперметром и вольтметром, включенными по схеме, показанной на рисунке 2.5, *а*. При измерении средних сопротивлений (от 1 до 10 кОм) применяют схему, изображенную на рисунке 2.5, *б*.

Для измерения больших сопротивлений, например сопротивления изоляции электрического оборудования и аппаратов, используют мегаомметр (рис. 2.6). Он состоит из генератора постоянного тока *G*, рассчитанного на напряжение 500 или 1000 В, с ручным приводом, и измерительного механизма (магнитоэлектрического логометра), заключенных в пластмассовый брызгонепроницаемый корпус.

Неподвижная часть логометра — постоянный магнит с полюсными наконечниками и сердечником из мягкой стали. Подвижная часть состоит из двух жестко скрепленных между собой (под углом) рамок, на-

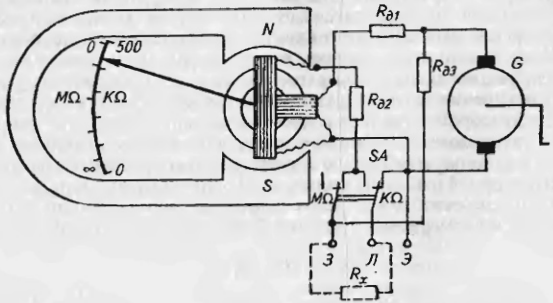


Рис. 2.6. Мегаомметр

саженных на общую ось со стрелкой. На рабочей (токовой) рамке логометра имеется небольшое число витков изолированного провода сравнительно большого сечения. Эту рамку включают последовательно с генератором и измеряемым сопротивлением R_x. Вторая (противодействующая) рамка имеет большое число витков тонкого изолированного провода. Включают ее параллельно генератору. Электрический ток подводится к рамкам при помощи безмоментных пружин, поэтому стрелка при неработающем мегаомметре может находиться в произвольном положении.

Взаимодействие токов, протекающих по обмоткам рамок, с полем магнита создает два вращающих момента, пропорциональных силам протекающих токов. Суммарный вращающий момент отклоняет подвижную часть логометра и связанную с ней указательную стрелку на угол, пропорциональный значению сопротивления изоляции обследуемого прибора. Внутри мегаомметра расположены добавочные сопротивления $R_{д1}$, $R_{д2}$ и $R_{д3}$, которые используются при наладке мегаомметра.

Особенность работы логометра в том, что его показания не зависят от напряжения, вырабатываемого генератором, который приводится в действие от руки.

Шкала мегаомметра имеет две части, проградуированные в мегаомах (МΩ) и килоомах (кΩ). Показания мегаомметра снимают во время вращения ручки генератора. Для переключения с одного предела измерения на другой служит специальный переключатель *SA*. В тех случаях, когда необходимо исключить возможные погрешности от токов утечки и шунтирующего влияния сопротивления изоляции, используют мегаомметр с зажимами: *Л* (линия), *З* (земля) и *Э* (экран).

Измерение давления. На современных сельскохозяйственных предприятиях применяются приборы для измерения давления: напорометры, тягометры, тягонапорометры, обычные и самопишущие манометры.

Приборы для измерения давления имеют чувствительный элемент — измерительный преобразователь. Чувствительные элементы приборов для измерения давления могут служить измерительными преобразователями не только в манометрах, вакуумметрах, но и в расходомерах, уровнемерах, манометрических термометрах и других приборах. Приборы для измерения давления различают в зависимости от типов измерительных преобразователей давления (датчики давления), которые описаны в подразделе 2.2. Наиболее распространены *жидкостные манометры*, в которых измеряемое давление уравновешивается давлением столба затворной (рабочей) жидкости. Измеряют разность уровней этой жидкости в двух сообщающихся сосудах (плюсовом и минусовом), в которые подают измеряемые давления. Разность давлений в сосудах

$$\Delta p = \gamma \Delta H = \rho g \Delta H,$$

где γ — удельный вес, Н/м^3; ΔH — разность уровней, м; ρ — плотность рабочей жидкости, кг/м^3; $g = 9{,}81$ м/с^2 — ускорение свободного падения.

По устройству жидкостные манометры разделяют на двухтрубные (U-образные), однотрубные (чашечные), колокольные, кольцевые и поплавковые. Наиболее распространены поплавковые манометры, у которых уровень рабочей жидкости (ртуть, масло) измеряют поплавком, имеющим кинематическую или электрическую дистанционную передачу. Жидкостными манометрами обычно измеряют разность давлений, это дифференциальные манометры приборов или дифманометры.

Конструкция дифманометров не рассчитана на работу в условиях вибрации и тряски. Приборы нельзя применять в тех случаях, когда измеряемая или окружающая среда сильно токсична, чрезмерно загрязнена или влажная. Дифманометры с электрической дистанционной передачей нельзя устанавливать во взрывоопасных помещениях.

При монтаже и наладке дифманометров следует тщательно соблюдать правила их установки и включения в работу. Нарушение правил монтажа может внести большие погрешности в показания дифманометра.

Поршневые манометры применяют в качестве образцовых приборов для проверки технических манометров или как чувствительные элементы реле давления.

В *пружинных манометрах* измеряемое давление уравновешивается силой упругой деформации мембраны, сильфона, одновитковой (трубка Бурдона) или многовитковой (спиральной) трубчатой пружины. Основные виды погрешностей манометров этой группы: температурная и вызванная усталостью показаний упругого элемента. В эксплуатации точность показаний пружинных манометров снижается из-за вибрации и резких изменений нагрузки, вызывающих остаточную деформацию упругих элементов, износа передаточного механизма и увеличения зазоров в шарнирных соединениях.

Измерение расхода жидкостей и газов. Применяют следующие приборы: скоростные и объемные счетчики; расходомеры переменного и постоянного перепада; расходомеры переменного уровня; напорные трубки; электрические, тепловые, ультразвуковые и некоторые другие расходомеры. Для измерения массового расхода жидких, газообразных и сыпучих (кусковых) веществ применяют автоматические весы и дозаторы, а также некоторые другие приборы, основанные на пересчете измеренного объема в массу с учетом плотности вещества.

При монтаже и наладке скоростных и объемных счетчиков необходимо соблюдать следующие требования: направление потока измеряемой среды должно соответствовать направлению стрелки на корпусе прибора; положение прибора и трубопровода должно соответствовать инструкции завода-изготовителя; перед счетчиком должны быть установлены указанные в инструкции фильтры, газо- и влагоотделители; должны быть выдержаны требования завода-изготовителя относительно температуры и влажности окружающего прибор воздуха, максимальной температуры измеряемой среды, отсутствия ударов, вибрации и другие условия нормальной эксплуатации прибора.

2.2. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматизация различных технологических процессов и операций возможна только при наличии необходимой информации о значениях величин, характеризующих протекание этих процессов и операций. Для этого используют разнообразные электрические и неэлектрические измерительные преобразователи (датчики), которые измеряют заданные параметры технологических режимов и операций и передают информацию к следующим элементам системы (усилителям) — вторичным приборам.

Физическая природа регулируемых параметров разнообразна, вследствие этого различны и принципы действия датчиков. Однако в большинстве случаев на выходе датчика получаются либо механические параметры (сила, перемещение), либо электрические (напряжение, сила тока, сопротивление, емкость, индуктивность, сдвиг фаз и др.).

Практически любую величину независимо от ее физической природы можно преобразовать в электрический сигнал, поэтому при автоматизации производственных процессов наиболее распространены электрические датчики — измерительные устройства, преобразующие неэлектрические величины в электрические. Электрические датчики наиболее просты и дешевы.

Рассмотрим устройство и принципы действия наиболее распространенных датчиков и усилителей.

Потенциометрические датчики, или датчики сопротивления. Преобразуют угловое α (рис. 2.7, *а*) или линейное *x* (рис. 2.7, *б*) перемещения в постоянный или переменный ток.

При перемещении подвижного контакта, который контролирует угловое перемещение α (см. рис. 2.7, *а*) изменяется электрическое сопротивление *R*.

При перемещении подвижного контакта (см. рис. 2.7, *б*), который контролирует линейное перемещение *x*, изменяется соотношение сопротивлений R_1 и R_2, что влияет на ток силой I_2, проходящий через сопротивление нагрузки $R_н$.

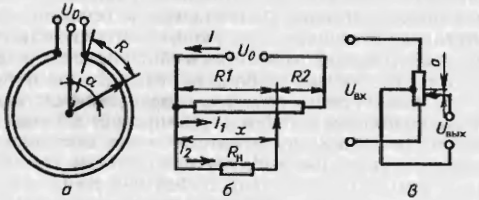


Рис. 2.7. Потенциометрические датчики:
а — углового перемещения; *б* — линейного перемещения;
в — с отводом от средней точки (реверсивный)

Различают однотактный (нереверсивный) датчик и двухтактный (реверсивный). В реверсивном датчике (рис. 2.7, *в*) полярность сигнала $U_{вых}$ изменяется на противоположную по сравнению с входным сигналом $U_{вх}$ в зависимости от размера линейного перемещения *a* измерительного органа.

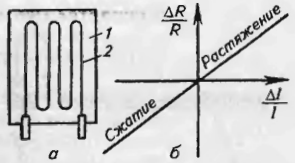


Рис. 2.8. Тензометрический датчик (*а*) и его характеристика (*б*)

Тензометрические датчики, или тензосопротивления. Предназначены главным образом для измерения деформаций и механических напряжений, обусловленных этими деформациями. Они представляют собой тонкую (диаметром 0,02...0,4 мм) зигзагообразно уложенную и обклеенную с двух сторон тонкой папиросной бумагой *1* (рис. 2.8) проволоку *2*, изготовленную из материала высокого удельного сопротивления. Тензосопротивление приклеивают прочным клеем к поверхности испытуемой детали так, чтобы направление ожидаемой деформации совпадало с длинной стороной петель проволоки. При деформации детали проволока воспринимает эти деформации и изменяются ее длина и диаметр. Сопротивление проволоки *R*, являющееся функцией деформации детали *l*, изменяется. Зная зависимость $R = f(P)$ (тарировочная кривая, определяемая опытным путем), определяют по ней усилие *P*, которое может меняться в широких пределах.

Датчики температуры. В устройствах регулирования температуры применяют стеклянные контактные термометры, биметаллические, манометрические, термоэлектрические, проволочные и полупроводниковые датчики, термометры сопротивлений и др.

Контактный ртутный термометр (рис. 2.9)имеет два электрода, один из которых *2* впаян в капилляр *1* со ртутью, а другой *3*, выполненный из тонкой вольфрамовой проволоки, можно устанавливать на заданную температуру с помощью магнитно-поворотного устройства *4*. Подвижный электрод прикреплен внутри термометра к гайке, способной перемещаться по винту. Головку винта, расположенную внутри термометра, при настройке термометра вращают магнитно-поворотным устройством *4*. Для соединения внешних проводов служат специальные зажимы, расположенные в верхней части термометра под пластмассовым колпачком.

При достижении заданной температуры ртутный столбик замыкает промежуток между электродами, создается электрическая цепь, и в схему автоматики поступает электрический сигнал, вызывающий

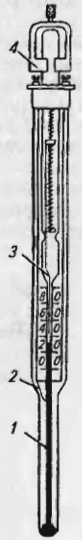


Рис. 2.9. Ртутный контактный термометр



Рис. 2.10. Биметаллический датчик температуры

выполнение нужной операции. Контактные термометры применяют при регулировании температуры в сушильных шкафах, термостатах, инкубаторах, аквариумах и др.

Биметаллический датчик температуры состоит из двух прочно сваренных между собой металлических пластинок с различными коэффициентами теплового линейного расширения и контактов *2*. При нагревании пластины *1* (рис. 2.10) удлиняются неодинаково и изгибаются в сторону металла с меньшим температурным коэффициентом. При этом замыкаются или размыкаются управляющие контакты *2*. Чтобы повысить чувствительность биметаллического датчика, увеличивают его длину. Для уменьшения габаритов биметаллическую пластинку выполняют в виде спирали. Биметаллические датчики температуры применяют в электрических утюгах с автоматическим регулятором, в тепловых реле магнитных пускателей, в тепловых расцепителях автоматических выключателей.

Манометрические датчики температуры (рис. 2.11) представляют собой герметичную систему, заполненную жидкостью или газом и состоящую из теплоприемника *1*, соединительной капиллярной трубки *2* и измерительного элемента, изготовленного в виде мембраны *3*, сильфона *6* или пружинной трубки *7*. Жидкими наполнителями манометрических датчиков служат ртуть, ацетон, эфир и спирт, а газообразными — азот и другие газы. Указательная стрелка, связанная с измерительным элементом, при изменениях температуры воздействует на электрические контакты *4* и *5*. Манометрические датчики применяют в термосигнализаторах и терморегуляторах.

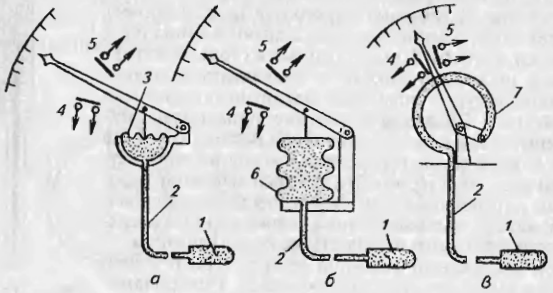


Рис. 2.11. Манометрические датчики температуры:
а — мембранный; *б* — сильфонный; *в* — с пружинной трубкой

В целях повышения надежности автоматических систем регулирования температуры применяют бесконтактные датчики температуры: термопары, терморезисторы, термисторы и позисторы.

Термопара (термоэлектрический термометр) состоит из двух специально подобранных проволок, одни концы которых спаяны или сварены, а другие подключены к измерительному прибору или устройству (рис. 2.12). При нагревании спая на свободных концах термопары появляется ЭДС, значение которой пропорционально разности температуры спая и свободных концов термопары. Материалами для изготовления термопар служат пары из сплавов: хромель — копель, хромель — алюмель, нихром — константан и др.



Рис. 2.12. Термоэлектрический датчик температуры

ЭДС, развиваемая термопарой,

$$E = \alpha(t_1 - t_2),$$

где α — коэффициент, определяемый из таблиц; t_1, t_2 — температуры рабочего и свободного концов (горячего и холодного спаев) термопары.

В схемах автоматики широко применяют термометры сопротивления, или терморезисторы (рис. 2.13).

Термометры сопротивления выпускают платиновые типа ТСП и медные типа ТСМ. Их классифицируют: по назначению — погружаемые, поверхностные и для помещений; по достижимой точности измерений — эталонные, образцовые 1, 2 и 3-го разрядов и технические I, II и III классов точности; по герметизации и защищенности от измеряемой и внешней (со стороны головки) сред — герметичные, защищенные от воздействия агрессивных сред, с брызгозащищенной головкой и т. п.; по устойчивости к механическим воздействиям — обыкновенные, вибротряскоустойчивые, ударопрочные; по инерционности; по числу зон измерения температур и т. д.

Преимущество проволочных термометров сопротивления — их взаимозаменяемость, т. е. возможность работы с одним и тем же измерительным прибором без подготовки шкалы разных термометров одной градуировки. Это обеспечивается равенством сопротивлений всех термометров при каждой заданной температуре в пределах устанавливаемых допусков. Чувствительным элементом этого датчика

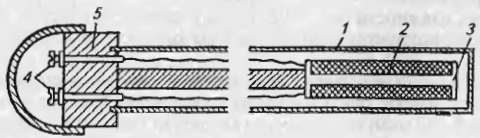


Рис. 2.13. Терморезистор

служит катушка с бифилярной обмоткой из тонкой изолированной медной в термометрах сопротивления медных (ТСМ) или платиновой — в термометрах сопротивления платиновых (ТСП) проволоки. При изменении температуры изменяется сопротивление датчика, которое фиксируется системой автоматического управления.

Термисторы — полупроводниковые термометры сопротивления, изготовляемые из смеси оксидов металлов (марганца, меди, никеля, кобальта, титана и др.). Выпускают медно-марганцевые (ММТ) и кобальтомарганцевые (КМГ) термисторы. Недостатки термисторов, ограничивающие их применение для измерения и регулирования температуры: большой разброс, нестабильность и нелинейность характеристик. Вместе с тем термисторы имеют ряд существенных преимуществ: значительно большую, чем у проволочных терморезисторов, чувствительность; малые габариты; большие начальные сопротивления (до 10^7 Ом), что позволяет использовать двухпроводную схему подключения термисторов к мостам и логометрам без подгонки сопротивлений соединительных проводов.

Большинство термисторов для измерения и регулирования температуры имеют отрицательный температурный коэффициент, который у известных типов термисторов в 6...10 раз больше, чем у металлов; зависимость их сопротивлений от температуры в определенных температурных пределах можно выразить формулой

$$R_t = A_1^{B/T} tB,$$

где R_t — сопротивление термистора, Ом при температуре T, К; A, B — постоянные, зависящие от физических свойств полупроводника, из которого изготовлен термистор, а также от его формы и размеров.

В зависимости от условий работы термисторы выпускают открытого исполнения без специального покрытия чувствительного элемента, нормального тропического исполнения.

Термисторы с положительным температурным коэффициентом — позисторы применяют для измерения и регулирования температуры, для противопожарной сигнализации, тепловой защиты, ограничения и стабилизации силы тока.

В зависимости от целей применяют термисторы, использующие релейный эффект, термисторы с косвенным подогревом, термисторы для измерения мощности в полях СВЧ.

Датчики влажности газов. Различают гигрометрические, полупроводниковые, кондуктометрические и высокочастотные датчики влажности.

Гигрометрические датчики влажности в качестве воспринимающего элемента имеют обезжиренный человеческий волос или пленку толщиной 5...30 мкм, изготовленную из оболочки кишок крупного рогатого скота, а также вискозную ленту, работающую так же, как и животная пленка.

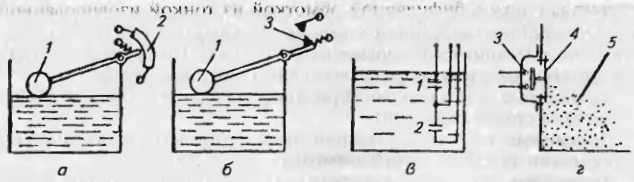


Рис. 2.14. Датчики уровня:
а, б — поплавковые; *в* — электродный; *г* — мембранный

Полупроводниковые датчики влажности (гигисторы) изготовляют в виде тонких пленок из полупроводниковых материалов, сопротивление которых значительно уменьшается при увеличении влажности.

Кондуктометрические и высокочастотные датчики влажности представляют собой цилиндрический или плоский конденсатор. В зависимости от влажности материала, помещенного между обкладками этого конденсатора, изменяется емкостный или активный ток его, который воспринимается измерительным прибором или устройством.

Датчики уровня. Применяют для контроля за уровнем жидкостей и сыпучих материалов, например воды, зерна, песка и т. д.

Поплавковые датчики (рис. 2.14, *а*, *б*) состоят из поплавка *1* и элемента, преобразующего значение уровня в электрическую величину: потенциометра *2* или контакта *3*.

Электродные датчики уровня воды (рис. 2.14, *в*) состоят из двух цилиндрических или плоских электродов. Когда уровень воды достигает датчика, между электродами начинает протекать электрический ток, который используется для управления водоподъемником.

В *мембранных датчиках* уровня (рис. 2.14, *г*) заполнение бункера сыпучим материалом *6* вызывает прогиб эластичной мембраны *4*, связанной с контактами *3*, через которые в систему управления подается сигнал на отключение конвейера, подающего сыпучий материал.

Оптические датчики применяют в качестве элемента автоматики, реагирующего на изменение освещенности. К ним относится фоторезистор (рис. 2.15), который представляет собой стеклянную пластинку *1* с нанесенным на нее тонким слоем полупроводникового вещества *2* сернистых соединений свинца, висмута и кадмия. К противоположным концам полупроводникового слоя прикрепляют металлические электроды *5*. Фоторезистор имеет пластмассовую оправу 4 с отверстием (рабочим окном) для прохода лучей света, которое покрывают светопроницаемым лаком 3. Под действием света в полупроводнике увеличивается число свободных электронов и возрастает электропроводность.

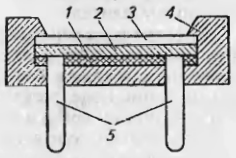


Рис. 2.15. Фоторезистор

Датчики давления. В сельскохозяйственном производстве применяют разнообразные датчики давления. Бóльшая часть их преобразует давление в механическое перемещение или силу. По принципу действия датчики давления подразделяются на следующие типы:

жидкостные, в которых давление или разрежение уравновешивается высотой столба жидкости;

пружинные, в которых давление уравновешивается силой упругой деформации чувствительного элемента;

поршневые, в которых давление уравновешивается силой, действующей на поршень;

комбинированные, принцип действия которых имеет смешанный характер;

электрические, в которых используется изменение ЭДС термопары и ионизации газа;

пьезоэлектрические, в которых применяют пьезоэлектрический эффект (прямой или обратный). Прямой пьезоэффект заключается в том, что некоторые материалы (кварц, сегнетовая соль, титанат бария) имеют способность образовывать на гранях своих поверхностей (при воздействии на них механических нагрузок) электрические заряды. Обратный пьезоэффект состоит в том, что если к этим материалам прикладывать электрическое поле, то они будут механически деформироваться. Основное преимущество всех пьезоэлектрических датчиков состоит в их безинерционности, а основной недостаток — в малой выходной мощности.

Тахометрические датчики (тахогенераторы). Они представляют собой маломощные электрические машины, преобразующие механическое вращение в электрический сигнал. Предназначены тахогенераторы для получения напряжения, пропорционального частоте вращения. Применяют тахогенераторы в качестве электрических датчиков угловой скорости. В зависимости от вида выходного напряжения и конструкции различают тахогенераторы постоянного и переменного тока.

Усилители. В системах автоматического управления широко применяют усилители: гидравлические, пневматические, магнитные, электромашинные, электромеханические, электронные и ионные. Усилители предназначены для усиления сигналов, поступающих от датчиков. Наиболее широко в сельскохозяйственных системах автоматики применяют электромеханические усилители — реле и электронные усилители.

Электронные усилители являются частью электрических регуляторов. Подразделяют регуляторы на позиционные (релейные), непрерывного действия и импульсные. Наиболее широко распространены двухпозиционные регуляторы. Реже используют трехпозиционные. Регулирующий орган в двухпозиционном регуляторе может занимать два устойчивых положения, а в трехпозиционном — три.

Импульсные регуляторы создаются на базе позиционных, с добавлением блоков импульсного регулирования. На выходе такого регулятора получается прерывистый сигнал. При наладке импульсных регуляторов дополнительно проверяют органы настройки длительности импульсов и пауз.

Для непосредственного управления технологическими параметрами служат исполнительные механизмы.

2.3. ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Поверка средств измерений — определение соответствия их всем предъявляемым техническим требованиям. Методы поверки определяются заводскими техническими условиями, инструкциями и методическими указаниями Государственного комитета стандартов Российской Федерации. Сроки периодической поверки средств измерений определяются действующими стандартами.

Государственная поверка осуществляется метрологической службой Государственного комитета стандартов Российской Федерации. Кроме того, предприятия, осуществляющие эксплуатацию и ремонт средств измерений и автоматизации, могут иметь право на проведение отдельных видов поверочных работ. При этом предприятиям, имеющим право на проведение поверок, органы Государственной метрологической службы выдают специальное клеймо.

После удовлетворительных результатов поверки на лицевую часть прибора наносят оттиск поверительного клейма.

Кроме очередной поверки приборов существует внеочередная поверка, связанная с повторной необходимостью поверки их исправности, повреждением поверительного клейма, вводом приборов в эксплуатацию и т. д. Поверку приборов после ремонта проводят метрологи.

Поверку проводят с целью определения погрешностей измерения, т. е. сравнивают показания рабочих измерительных приборов с более точными показаниями образцовых приборов. Поверяют приборы в соответствии с требованиями, установленными для них стандартами или техническими условиями, по которым их изготовляют.

Практика показывает, что все электроизмерительные приборы утрачивают со временем свои технические характеристики и особенно точность измерения, независимо от того, применяют ли их в работе или хранят на складе. Использование неверных и неисправных электроизмерительных приборов приводит к получению неправильных результатов измерения.

Необходимость в постоянном поддержании электроизмерительных приборов в состоянии, обеспечивающем верность их показаний, настолько важна, что в нашей стране установлен обязательный государственный и ведомственный надзор над электроизмерительными приборами со стороны Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов и его органов на местах. Поверка приборов входит также в обязанности пусконаладочных, эксплуатирующих и других организаций.

На вновь вводимых объектах или после замены и ремонта основного оборудования и изменений во вторичных цепях проводят предпусковые испытания щитовых приборов. В объем предпусковых испытаний входят внешний осмотр и поверка приборов и измерительных трансформаторов.

Внешний осмотр. Задача внешнего осмотра прибора — определение общего его состояния с целью выявления дефектов, которые могли бы препятствовать применению данного прибора независимо от степени правильности его показаний. При внешнем осмотре обращают внимание на сохранность кожуха, стекла, зажимов, шкалы, указателя, корректора, на отсутствие загрязнения и посторонних тел в приборе, на маркировку, обозначения полярности, положение указателя, клеймо поверки и пр.

Методы поверки. Основные методы поверки измерительных приборов: метод сверки показаний поверяемого прибора с показаниями образцового и компенсационный метод.

Метод сверки наиболее простой, не связан с использованием сложных установок и чаще применяется. Этим методом пользуются при проведении пусконаладочных испытаний. Им поверяют все щитовые и переносные приборы как постоянного, так и переменного тока с частотой 50 Гц, а также контрольные приборы и большинство образцовых. Данный метод имеет два существенных недостатка: во-первых, необходимость в большом числе образцовых приборов разных наименований и с различными пределами измерения; во-вторых, ограниченная точность, пределом которой является точность образцовых приборов высшего класса 0,1.

Компенсационный, или потенциометрический, метод используется в лабораториях и в тех случаях, когда требуется высокая точность. Потенциометрическая установка универсальна. Она дает возможность поверки на постоянном токе приборов с очень большим диапазоном измерений (от милливольт до сотен вольт и от миллиампер до сотен ампер). К недостаткам этого метода относятся сложность поверки, необходимость применения высокостабильных источников тока и невозможность поверки приборов переменного тока, кроме приборов переменного тока электродинамической и электромагнитной систем, имеющих знак постоянного и переменного тока на шкале.

При использовании метода сверки класс точности образцового прибора должен быть выше класса точности поверяемого. Чтобы показание образцового прибора можно было принять за действительное, необходимо, чтобы наибольшая возможная погрешность образцового прибора была в три раза меньше допустимой погрешности поверяемого.

Трансформаторы тока и напряжения для включения образцовых приборов при поверке методом сверки следует применять класса точности не ниже 0,5.

Источники постоянного и переменного тока, применяемые при поверке методом сверки, должны обладать таким постоянством (стабильностью), чтобы изменения значений силы тока, напряжения или

мощности за время, необходимое для отсчета показаний приборов, не превосходили 0,1 % их значения. Частота переменного тока должна соответствовать указанной на поверяемом приборе, а в случае отсутствия этого указания — равняться 50 Гц.

При поверке приборов на месте их установки ограничиваются определением погрешности прибора при одной-двух фактически имеющихся нагрузках.

2.4. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Электроустановки и применяемое в них электрооборудование в процессе монтажа, после его окончания и в условиях эксплуатации подлежат специальной проверке, опробованию и наладке в соответствии с требованиями, которые вытекают из условий их эксплуатации и специфических особенностей каждого вида установленного электрооборудования. Несоблюдение этого правила приводит к отклонению от заданного режима работы или к нарушению бесперебойного снабжения электроэнергией потребителей, а также к повреждению или полному разрушению электрооборудования.

В процессе эксплуатации электрооборудование подвергается повреждениям из-за естественного износа (старения); конструктивных дефектов, недоброкачественности применяемых электроизоляционных материалов, а также вследствие повреждений изоляции при монтаже и транспортировке.

Под воздействием окружающей среды, механических напряжений, электрического поля, температуры, влаги и других факторов электрооборудование в процессе эксплуатации подвергается естественному износу. В условиях эксплуатации эти воздействия всегда действуют совместно, в определенных сочетаниях, вызывая постепенные необратимые ухудшения или разрушения изоляции.

К поверке, испытаниям и наладке электрооборудования, начиная с изготовления его отдельных деталей, и в дальнейшем при его сборке, установке на месте и эксплуатации предъявляют строгие и точно регламентированные требования.

Системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования предусматриваются следующие виды испытаний электрооборудования и средств автоматизации:

профилактические. Их объем и периодичность устанавливаются местными инструкциями в зависимости от условий, в которых эксплуатируется оборудование, и режима его работы. Эти испытания проводят в условиях эксплуатации. Они эффективны при выявлении дефектов и предупреждении аварийных отключений электрооборудования и простоев технологического оборудования. Широкое внедрение профилактических испытаний позволяет также реже проводить

капитальные и другие ремонты электрооборудования и обеспечивает необходимое качество электроэнергии;

браковочные — дефектация оборудования перед ремонтом;

пооперационные. Проводятся в процессе ремонта;

контрольные. Проводятся с целью установления соответствия выпускаемого после ремонта (или изготовления) оборудования (каждой машины и аппарата) паспортным данным, техническим условиям на ремонт, стандартам и т. п.;

типовые. Проводятся после переделки, реконструкции и модернизации оборудования. Цель типовых испытаний — определение годности серийной партии электрооборудования и проверка соответствия требованиям, предъявляемым к нему соответствующими стандартами, а при их отсутствии — техническим условиям на поставку. Сроки проведения типовых испытаний и количество электрооборудования, подлежащего испытанию, также устанавливаются стандартами или техническими условиями;

приемо-сдаточные. Этим испытаниям должны подвергаться на месте все вновь сооружаемые, реконструированные и отремонтированные электроустановки в целом, а также смонтированное в них электрооборудование. Цели этих испытаний: проверка технического состояния электрооборудования, приборов и аппаратов, первичной и вторичной коммутации и качества их монтажа; выявление соответствия электрооборудования проекту и требованиям ГОСТа; снятие характеристик и сопоставление их с результатами заводских испытаний; регулировка, наладка и включение в работу всей электроустановки в целом. Практика показала, что при приемо-сдаточных испытаниях могут быть выявлены существенные недостатки проекта, оборудования и монтажа и предложены рациональные решения по их устранению;

квалификационные. Это испытания, проводимые особой комиссией над отобранными образцами установочной серии или первой промышленной партии с целью проверки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме;

аттестационные. Это испытания, проводимые для оценки уровня качества продукции при ее аттестации. Такие испытания поручают специально назначенным комиссиям, члены которых принимают участие в испытаниях вместе с постоянным персоналом испытательной станции;

эксплуатационные. Проводят их в процессе эксплуатации крупного энергооборудования; цель их — проверка исправности машины. Программы испытаний устанавливаются самим потребителем;

специальные. Проводят их в дополнение к приемочным или приемо-сдаточным испытаниям по специальным программам. Цель их — установление соответствия энергооборудования особым требованиям, определяемым стандартами или техническими условиями на энергооборудование данного вида и выходящими за пределы требований общих стандартов;

исследовательские. Проводят их над энергооборудованием или группой энергооборудования данного типа, данной серии или данного вида по программе, разработанной для каждого отдельного случая. Цели этих испытаний могут быть самыми различными; наиболее характерные из них: получение исходных данных для проектирования новых типов энергооборудования или технического усовершенствования существующего; установление возможности экономии применяемых материалов и замены их другими материалами; проверка влияния новых технологических процессов, применяемых при изготовлении энергооборудования, на их качество; разработка новых методов, расчеты и уточнение существующих; исследование новых схем и сочетаний электрооборудования и средств автоматизации как друг с другом, так и с другими механизмами и т. д.

Специальные и исследовательские испытания могут в значительной части состоять из тех же опытов, которые входят в программы приемо-сдаточных испытаний; однако нередко в них включают особые опыты, которые выходят за пределы этих программ.

В процессе ремонта энергооборудования проводят ряд испытаний, цель которых — проверка качества выполненных операций ремонта. Например, после намотки статорной или роторной обмотки электрической машины убеждаются в отсутствии в ней обрывов и витковых замыканий. Испытаниями проверяют и качество соединений проводников пайкой или сваркой. Отремонтированные трансформаторы и электрические машины испытывают по определенной программе, в которую входят выявление дефектов в отремонтированном электрооборудовании и проверка их характеристик на соответствие стандартам и техническим условиям.

2.5. ИСПЫТАНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Общие сведения о свойствах электроизоляционных материалов. Электроизоляционные материалы применяют во всех без исключения электрических установках. Электроизоляционные материалы используют для изоляции проводников между собой, между фазами и относительно земли (корпуса). Выбор изоляционных материалов в конкретном оборудовании определяется условиями его работы и свойствами изоляционных материалов. Наиболее важное свойство этих материалов — электрическая прочность, которая определяется пробивным напряжением и выражается в киловольтах на 1 мм толщины изоляционного материала. Если изоляция состоит из отдельных слоев различных материалов, то напряжение, действующее на такую изоляцию, распределяется по слоям неравномерно и может оказаться, что один из слоев, на который приходится наибольшее напряжение (на единицу толщины), будет пробит. В частности, из-за неплотного прилегания слоев изоляции между ними образуются прослойки воздуха, пыли и влаги,

которые под воздействием напряжения ионизируются, что приводит к постепенному разрушению соседних слоев изоляции.

Места, где секции обмотки выходят из пазов электрической машины, являются наиболее слабыми, так как кроме неравномерной электрической нагрузки в этом месте наиболее часты механические повреждения изоляции.

Важная характеристика электроизоляционных материалов — теплостойкость, т. е. способность выдерживать кратковременное и длительное воздействие высокой температуры, а также резкие смены температуры.

Таким образом, сопротивление изоляции электрооборудования зависит от следующих факторов: качества и свойств изоляционных материалов; толщины и площади поверхности изоляции между деталями установки, находящимися под напряжением, и корпусом; содержания влаги в изоляции; температуры и т. д. Все это приводит к тому, что сопротивление изоляции постоянно и не всегда может служить достаточным критерием для установления состояния изоляции и степени ее надежности. Однако сопротивление изоляции характеризует ее электрическую прочность, которая влияет непосредственно на надежность работы электроустановки.

Сопротивление изоляции электрических цепей как между фазами, так и относительно земли — один из важнейших показателей состояния любой электроустановки. Контроль исправности изоляции цепей в условиях эксплуатации, а также при включении новых объектов совершенно обязателен. Без проверки сопротивления изоляции электрические устройства нельзя включать в работу.

Изоляция электрооборудования в процессе эксплуатации подвергается постепенному износу (старению) под воздействием механических напряжений от электрического поля и условий окружающей среды (температуры, влаги, масел, химических веществ, пыли и других факторов). Износ и старение изоляции происходят в результате изменения самой структуры материалов, понижения электрической и механической прочности, затвердевания, разбухания изоляционных гильз и пазовой изоляции, растрескивания изоляции, повреждения лаковой пленки или вытекания лака, потемнения цвета изоляционных материалов от перегревов, разрушения изоляции под воздействием электрических разрядов и по другим причинам.

Условия старения изоляции, находящейся на открытом воздухе или в сырых помещениях, а также подвергаемой перегрузкам, будут иными, чем оборудования в закрытых помещениях с нормальным режимом работы.

Рассмотрим методы испытания изоляции.

Метод измерения сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром. При этом следует учитывать, что значение сопротивления изоляции в значительной степени зависит от времени, через которое проведен отсчет. Поэтому для получения сопоставимых результатов необходимо проводить отсчет через точно

установленные промежутки времени и при относительно установившемся значении сопротивления изоляции; обычно это наступает через 1 мин после приложения напряжения. Работы по измерению сопротивления изоляции должны проводиться в соответствии с действующими правилами безопасности лицами, имеющими соответствующую степень квалификации (группу) по этим правилам.

Метод абсорбции. Этот метод основан на сравнении показаний мегаомметра, полученных через 15 и 60 с после приложения напряжения к изоляции электрооборудования. В качестве показателя для сравнений принимают отношение R_{60}/R_{15}, называемое коэффициентом абсорбции $k_{аб}$, где R_{60} и R_{15} — значения сопротивления изоляции соответственно через 60 и 15 с после приложения напряжения.

Этот метод дает относительно объективную характеристику для оценки состояния изоляции. Значения отношения R_{60}/R_{15} не нормируются, но должны сопоставляться с предыдущими измерениями и учитываться при комплексном рассмотрении результатов измерений.

Физический смысл метода абсорбции заключается в том, что всякая электрическая изоляция, будучи диэлектриком, обладает электрической емкостью, причем значение этой емкости зависит от геометрических размеров и материала изоляции. Всякая изоляция гигроскопична, т. е. способна поглощать влагу, а влага и высокая температура способствуют ухудшению изоляции. Приложенное к изоляции напряжение мегаомметра обусловливает проникновение через толщу изоляции токов, которые как бы «насыщают» изоляцию. Эти токи названы токами абсорбции. Времени для проникновения тока в изоляцию требуется тем больше, чем больше ее геометрические размеры и выше качество. Чем крупнее машины, тем затруднительнее, вращая ручку мегаомметра вручную, определить коэффициент абсорбции. В этих случаях применяются мегаомметры с пристроенным электроприводом, обеспечивающим равномерное вращение ручки мегаомметра с необходимой скоростью. Чем больше изоляция содержит посторонних включений, в частности, чем сильнее она увлажнена, тем коэффициент абсорбции будет меньше. При увеличении температуры коэффициент абсорбции уменьшается и, наоборот, при снижении — увеличивается. Это следует принимать во внимание при оценке результатов измерений, полученных при температурах, отличных от нормируемых.

Значение сопротивления изоляции, полученное при отсчетах в различные моменты времени, зависит от длительности приложения напряжения к изоляции. Чем больше времени прошло от момента приложения к изоляции напряжения до момента отсчета, тем больше получается измеренное значение сопротивления изоляции.

Изучение характера изменения коэффициента абсорбции при влажном и сухом состоянии изоляции электрических машин и трансформаторов позволило применить этот метод для контроля качества сушки изоляции.

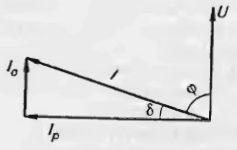


Рис. 2.16. Векторная диаграмма токов в изоляции

Коэффициент абсорбции дает возможность судить о состоянии изоляции обмоток. При температуре 15...30 °С для неувлажненных обмоток этот коэффициент составляет 1,3...2. Увлажненные обмотки имеют коэффициент абсорбции, близкий к единице.

Метод измерения угла диэлектрических потерь. Изоляция, находящаяся под воздействием переменного напряжения, поглощает некоторое количество электроэнергии, которая превращается в теплоту. Поглощаемая в единицу времени энергия (мощность) определяет собой диэлектрические потери в изоляции. Если бы диэлектрических потерь не было, угол сдвига фаз между напряжением, приложенным к изоляции, и током, проходящим через изоляцию, был бы точно равен 90°. В изоляции, выполненной из любых применяемых на практике материалов, при наличии диэлектрических потерь угол сдвига фаз между напряжением и током меньше 90°. Разность между углом 90° и углом сдвига фаз обозначают δ и называют *углом диэлектрических потерь* или сокращенно — *углом потерь*.

В случае приложения к изоляции напряжения переменного тока процесс зарядки емкостей и протекания тока через сопротивления схемы повторяется каждый период. Значение силы установившегося тока I будет определяться двумя составляющими (рис. 2.16): I_a — активной составляющей силы тока, зависящей от значения сопротивления изоляции; I_p — реактивной составляющей, зависящей от геометрической емкости.

Так как сила тока через изоляцию зависит не только от свойств изоляции, но и от размеров оборудования, то по значению активной составляющей еще нельзя судить о качестве изоляции. Показателем качества изоляции служит отношение активной составляющей силы тока к реактивной. Это отношение, как можно видеть из рисунка 2.16, равно tgδ.

Таким образом, тангенс угла диэлектрических потерь — важный показатель состояния изоляции. Его используют, во-первых, для характеристики надежности ее по отношению к тепловому пробою (тепловая устойчивость) и, во-вторых, для проверки общего старения или увлажнения изоляции. Угол диэлектрических потерь изоляции меняется в зависимости от состояния изоляции. Если изоляция отсырела или в ней появились посторонние включения, то угол δ резко увеличивается.

На практике обычно принято tgδ измерять в процентах, т. е. tgδ показывает, сколько процентов составляет активная составляющая силы тока по отношению к реактивной. Чем ниже этот процент, тем выше качество изоляции. Угол диэлектрических потерь у крупных объектов позволяет судить о состоянии изоляции только в среднем,

так как местный дефект не может сколько-нибудь существенно изменить соотношение активной и реактивной составляющих при значительных размерах оборудования. У объектов с малыми геометрическими размерами по значению tgδ можно обнаружить и местный дефект.

Метод измерения tgδ дает лучшие результаты при оценке состояния увлажнения обмоток трансформатора.

Методом диэлектрических потерь проверяют также изоляцию проходных изоляторов, вводов конденсаторов и обмоток трансформаторов, генераторов и электродвигателей, трансформаторов тока, а также изоляцию длинных кабелей и другую изоляцию, кроме чисто фарфоровой. Измерения диэлектрических потерь широко применяют в лабораторных условиях и ремонтных мастерских для проверки изоляции после ремонта, а также для контроля диэлектрических потерь масел и заливочных масс.

Диэлектрические потери изоляторов рекомендуется измерять при температурах от 10 до 40 °С, так как в этом интервале tg δ мало зависит от температуры и для многих типов изоляторов не нужно делать поправок на температуру.

При измерениях диэлектрических потерь необходимо учитывать наличие электрических влияний, поверхностных загрязнений и увлажнения оборудования (особенно в сырую или туманную погоду), а также то, что корпуса оборудования, оболочки кабелей и другие элементы, как правило, наглухо заземлены. Последнее приводит к необходимости применения мостов переменного тока с «перевернутой» схемой.

Методы испытания изоляции повышенным напряжением. Цель испытания изоляции повышенным напряжением — проверка наличия в ней необходимого запаса электрической прочности, способного обеспечить безаварийную работу электрооборудования и заблаговременно выявить и устранить неисправность. Испытание повышенным напряжением проводят с использованием как переменного тока промышленной частоты, так и постоянного (выпрямленного) тока высокого напряжения.

Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока. Значение испытательного напряжения определяют, исходя из опыта эксплуатации на основе учета возможных внутренних перенапряжений в действующих электроустановках, а также характеристик разрядников, используемых для защиты от атмосферных перенапряжений (молния). Для возможности наблюдения за результатами испытания, а также для того, чтобы начавшийся пробой мог завершиться и, тем самым, мог быть выявлен дефект в изоляции, испытательное напряжение должно быть приложено в течение 1 мин. Более длительное испытание может привести к повреждению изоляции из-за теплового пробоя даже при отсутствии дефектов в изоляции. Исключение составляют изоляционные органические материалы (бакелит, дерево, кабельная бумага и т. п.), в которых основную роль играет поверхностная изоляция. Так как в этих материалах обычно не контролируются

диэлектрические потери, то время приложения высокого напряжения при испытаниях принято равным 5 мин, с тем чтобы после окончания испытания и снятия напряжения можно было проверить на ощупь, нет ли местных нагревов. Пробивное напряжение изоляции аппаратов, трансформаторов и изоляторов выбирают выше разрядного напряжения по воздуху, которое, в свою очередь, выше испытательного напряжения, принятого на заводе-изготовителе для новых изоляторов, аппаратов и трансформаторов.

С течением времени прочность изоляции в эксплуатации может снижаться, но она не должна быть ниже установленного минимума. Изоляция считается выдержавшей испытание на электрическую прочность, если при этом не было пробоя, частичных разрядов, выделений газа или дыма, а также если приборы не указывали на наличие повреждений.

Пробой изоляции при испытании отмечают по амперметру — по возрастанию силы тока и по вольтметру — по снижению напряжения.

Чтобы не повредить частичными разрядами изоляцию, следует при их возникновении прекратить испытание высоким напряжением до устранения дефекта и ремонта изоляции.

Испытательное напряжение следует прикладывать: между токоведущими и заземленными частями (для коммутационных аппаратов во включенном и отключенном положениях); между токоведущими частями соседних полюсов (для коммутационных аппаратов во включенном и отключенном положениях); между разомкнутыми контактами одного и того же полюса при отключенном положении аппарата.

Испытание изоляции высоким напряжением постоянного (выпрямленного) тока. Проводят для оборудования с большой емкостью (кабели, конденсаторы, генераторы, электродвигатели и др.), для испытания которого переменным током необходимы испытательные трансформаторы большой мощности. Поэтому кабельные линии уже довольно давно испытывают постоянным (выпрямленным) напряжением, что вполне себя оправдало.

Преимущество испытаний изоляции постоянным напряжением — возможность вести контроль за состоянием ее путем измерения силы тока утечки.

В исправной и сухой изоляции сила тока утечки по времени будет падать и тем быстрее, чем в лучшем состоянии находится изоляция. Если же сила тока утечки при определенном напряжении не только не падает, но возрастает со временем, то это указывает на сильную степень развития дефекта, и в этом случае рекомендуется тщательно осмотреть обмотку, проверить, нет ли повреждения изоляции, и при необходимости подвергнуть изоляцию сушке, а затем повторному испытанию.

При исследовании силы тока утечки через изоляцию можно воспользоваться также методом измерения напряжения и времени саморазряда оборудования, заряженного до определенного напряжения. При этом параллельно испытуемому оборудованию присоединяют

статический вольтметр или другой прибор, который может фиксировать напряжение разряда (шаровой разрядник, неоновая лампа с сопротивлением и т. п.). Время, за которое произойдет саморазряд изоляции до определенного значения, будет тем меньше, чем хуже изоляция и чем меньше ее емкость. Чтобы оценить состояние изоляции по методу саморазряда, необходимо иметь опытные данные о времени саморазряда (до определенного значения напряжения) испытуемого или аналогичного оборудования с исправной изоляцией. Силы тока утечки не нормируют, а сопоставляют с результатами предыдущих испытаний. Обычно для измерения сил токов утечки в кабельных сетях применяют специальные выпрямительные установки.

Глава 3

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

При питании электроприемников от трехфазных сетей качество электроэнергии в соответствии с действующим государственным стандартом характеризуют следующие показатели: отклонения и колебания частоты тока; отклонения и колебания напряжения; несинусоидальность формы кривой напряжения; несимметрия напряжений основной частоты. При питании электроприемников от сетей однофазного тока качество электроэнергии определяют по тем же показателям, за исключением последнего.

Ухудшение качества электроэнергии приводит к нарушению нормального функционирования электроприемников.

Отклонения и колебания частоты тока. На работу асинхронных электродвигателей отклонения частоты тока влияют следующим образом. При увеличении ее уменьшается сила тока двигателя, максимальный момент и нагрев, а при снижении эти параметры возрастают. Изменение частоты в пределах нескольких процентов от номинального значения не нарушает нормальной работы электродвигателей и других электроприемников.

Отклонением частоты Δf называют разность между ее фактическим значением и номинальным $f_н = 50$ Гц, т. е.

$$\Delta f = f - f_н. \qquad (3.1)$$

Из-за изменений нагрузки во времени частота и ее отклонение постоянно меняются. При определении отклонения частоты полученную по формуле (3.1) разность усредняют за некоторый промежуток времени (обычно 10 мин). Допустимые значения отклонения частоты считают нормальными, если они не превышают 0,2 Гц, и оценивают как максимальные, если они не переходят за 0,4 Гц.

Отклонения и колебания напряжения. Достаточно медленные изменения напряжения характеризуются *отклонением напряжения* ΔU (В),

равным разности между фактическим значением U в некоторой точке сети и номинальным $U_н$:

$$\Delta U = U - U_н. \qquad (3.2)$$

Отклонение напряжения обычно выражают в процентах номинального

$$\Delta U\% = 100(U - U_н)/U_н. \qquad (3.3)$$

Колебание напряжения, т. е. его изменение со скоростью более 1 % в секунду, характеризуется размахом изменения напряжения и дозой Фликера. *Доза Фликера* — это мера восприимчивости человека к воздействию колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети. Дозы Фликера определяют с помощью специального средства измерения — фликерметра. Различают кратковременную и длительную дозы Фликера. Кратковременную дозу определяют в интервале времени наблюдения, равном 10 мин, а длительную — в интервале, равном 2 ч.

Под *размахом* понимают разность между двумя следующими один за другим экстремумами огибающей действующих значений напряжения. Если огибающая действующих значений напряжения имеет горизонтальные участки, то размах изменения напряжения определяют как разность между ординатой соседнего горизонтального участка кривой и ее экстремумом или как разность между ординатами соседних горизонтальных участков.

Размах изменения напряжения

$$\delta U = U_{max} - U_{min}, \qquad (3.4)$$

где U_{max}, U_{min} — экстремумы огибающей действующих значений напряжения, или в процентах

$$\delta U\% = 100(U_{max} - U_{min})/U_н. \qquad (3.5)$$

Другими оценками колебаний напряжения служат *частота изменения напряжения* F и интервал времени между следующими одно за другим изменениями напряжения. Частота изменения напряжения

$$F = m/T, \qquad (3.6)$$

где m — число изменений напряжения со скоростью более 1 % в секунду за время T.

Основная причина отклонений напряжения от номинального значения и его колебаний — изменение нагрузки во времени. Кроме того, отклонения напряжения возникают вследствие потерь напряжения на каждом участке сети по пути от источника к потребителю, включая линии и трансформаторы.

Несинусоидальность формы кривой напряжения. Синусоидальная форма кривой напряжения искажается из-за нелинейности вольт-амперных характеристик отдельных элементов сети или присоединенных к ней электроприемников. В этом случае кривая напряжения помимо гармоники основной частоты с действующим значением U_1 содержит и высшие гармоники с действующими значениями U_k. На практике в расчетах часто ограничиваются 13-й гармоникой ($k = 13$).

В трехфазной сети с симметричной системой напряжений действующее значение несинусоидального напряжения приближенно определяют по формуле

$$U \cong U_1 + 0{,}005 \sum_{k=3}^{13} U_k^2 . \qquad (3.7)$$

Если вычисляют фазное напряжение, то в формуле (3.7) число k принимает все нечетные значения от 3 до 13 включительно. При расчете линейного напряжения по этой формуле помимо четных гармоник исключают и гармоники, кратные трем (т. е. 3-ю и 9-ю).

Оценивают несинусоидальность формы кривой напряжения двумя коэффициентами: k-й гармонической составляющей напряжения и несинусоидальности. *Коэффициент k-й гармонической составляющей напряжения* представляет собой отношение действующих значений напряжения k-й гармоники к напряжению основной частоты. *Коэффициент несинусоидальности* равен отношению действующих значений напряжения всех высших гармоник к действующему значению напряжения основной гармоники. Приближенно коэффициент несинусоидальности

$$k_{нс} \cong \left(0{,}005 \sum_{k=3}^{13} U_k^2\right), \qquad (3.8)$$

или в процентах

$$k_{нс}\% \cong \left(0{,}5 \sum_{k=3}^{13} U_k^2\right)/U_1. \qquad (3.9)$$

В сетях 0,38/0,22 кВ преобладают однофазные приемники электроэнергии, поэтому даже нормальные режимы работы сетей, как правило, несимметричны.

Несимметрия напряжений основной частоты. Несимметрию трехфазной системы напряжений характеризуют значениями напряжений обратной и нулевой последовательностей. Действующие значения напряжений обратной U_2 и нулевой U_0 последователь-

ностей основной частоты допустимо вычислять по приближенным формулам

$$U_2 \cong 0{,}62(U_{л.б} - U_{л.м}); \quad (3.10)$$

$$U_0 \cong 0{,}62(U_{ф.б} - U_{ф.м}), \quad (3.11)$$

где $U_{л.б}$, $U_{л.м}$ — наибольшее и наименьшее действующие значения из трех междуфазных (линейных) напряжений основной частоты, В или кВ; $U_{ф.б}$, $U_{ф.м}$ — наибольшее и наименьшее действующие значения из трех фазных напряжений основной частоты, В или кВ.

Коэффициенты обратной и нулевой последовательностей определяют как отношение соответствующего напряжения обратной или нулевой последовательности к номинальному напряжению, т. е. в процентах

$$k_2\,\% = 100U_2/U_н, \quad (3.12)$$

$$k_0\,\% = 100U_0/U_н, \quad (3.13)$$

где k_2, k_0 — коэффициенты обратной и нулевой последовательностей напряжений основной частоты; $U_н$ — номинальное напряжение.

Еще один установленный государственным стандартом показатель качества электроэнергии — длительность провала напряжения. Под *провалом напряжения* понимают внезапное его падение в точке электрической сети до уровня ниже 90 % номинального, после чего следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от 10 мс до нескольких секунд. Длительность провала напряжения — интервал времени между начальным моментом провала и моментом восстановления напряжения.

В сельских электрических сетях наиболее важный показатель качества электроэнергии — *отклонение напряжения*. Особенно чувствительны к отклонению напряжения осветительные установки, телевизоры и компьютеры. Отрицательные отклонения снижают освещенность помещений, осложняют условия зажигания люминесцентных ламп, ухудшают изображение на экранах мониторов и телевизоров. Положительные отклонения вызывают зрительную утомляемость, сокращают срок службы осветительных и облучательных установок, электронной техники и бытовых приборов.

Отклонения напряжения сильно влияют на работу асинхронных электродвигателей. С достаточной точностью можно считать, что вращающий момент двигателя пропорционален квадрату напряжения на его зажимах. При снижении напряжения соответственно снижается частота вращения вала двигателя и его момент. При значительном уменьшении напряжения на зажимах работающего с полной нагрузкой электродвигателя может произойти его «опрокидывание», т. е. остановка. В этом случае во избежание повреждения двигатель отключают от сети. При снижении напряжения ухудшаются условия пуска электродвигателя, так как уменьшается его пусковой момент. При отрицательных отклонениях напряжения значительно увеличиваются потери мощности, вызывающие нагрев электродвигателя и сокращение срока его службы. Отклонения напряжения у электроприемников не должны превышать ±10 % номинального.

Из-за колебаний напряжения в сельских сетях, связанных с пуском относительно мощных асинхронных электродвигателей, ухудшаются условия пуска, кроме того, может быть нарушена устойчивость работающих электродвигателей.

Наличие в трехфазной системе напряжений нулевой и обратной последовательностей оказывает разное влияние на действующее значение напряжений отдельных фаз. В результате отклонения напряжения у однофазных электроприемников, присоединенных к некоторым фазам, могут выйти за допустимые пределы. У трехфазных асинхронных электродвигателей даже при малых значениях напряжения обратной последовательности силы тока обратной последовательности может достигать больших значений и приводить к дополнительному нагреву, особенно массивных частей роторов.

Высшие гармонические составляющие, искажающие форму кривой напряжения, увеличивают индуктивное сопротивление проводов линий и трансформаторов, уменьшают емкостное сопротивление конденсаторов. В результате возрастают потери и отклонения напряжения у электроприемников, а также увеличивается нагрев конденсаторов за счет токов высших гармоник. Токи высших гармоник представляют опасность для конденсаторных установок, используемых в электрических сетях в целях компенсации реактивной мощности, и схем газоразрядных ламп, имеющих конденсаторы. Высшие гармоники увеличивают потери мощности и энергии во всех элементах сети, ухудшают технико-экономические показатели системы электроснабжения.

Гармоники более низких частот, для которых сопротивление асинхронных электродвигателей относительно невелико, создают дополнительные магнитные поля, что повышает нагрев двигателей.

Показатели качества электроэнергии не должны выходить за пределы нормальных значений в течение не менее 95 % времени каждых суток и за пределы максимальных значений в остальное время. В послеаварийном режиме показатели качества электроэнергии должны укладываться в интервал максимальных значений. В переходном режиме работы электрической сети разрешены кратковременные выходы отклонения напряжения за установленные пределы. Напряжение на зажимах работающих двигателей при пуске других не должно снижаться более чем на 20 % номинального.

Глава 4
НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1. ПОНЯТИЕ О НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

В процессе эксплуатации электрооборудование и средства автоматизации переходят из одного состояния в другое (рис. 4.1). Первое и второе состояния определяются технологическими особенностями оборудования. Например, в сельском хозяйстве, наряду с круглогодичным использованием, часто наблюдается сезонная занятость. Продолжительность хранения и использования достаточно точно определяется производственными характеристиками оборудования.

Частота перехода оборудования из второго состояния в третье и продолжительность пребывания в ремонте заранее неизвестны. Также нельзя сразу определить частоту перехода в четвертое состояние. Но без этих данных невозможно организовать рациональное техническое обслуживание или ремонт. Получить такие сведения позволяют методы теории надежности.

Во всех сферах деятельности и общения у человека возникает потребность оценить успешность своих действий или применения технических средств. В таких ситуациях возникает интуитивное представление о надежности как об уверенности в осуществлении своих замыслов, о стабильности взаимосвязей и др. Наука о надежности исключает произвольные толкования, заменяя их четкими понятиями, определениями, и устанавливает количественное описание свойств надежности.

Надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Надежность характеризует способность объекта сохранять свои первоначальные качества в процессе эксплуатации.



Рис. 4.1. Модель состояния оборудования

Теория надежности возникла на стыке ряда научных дисциплин: теории вероятностей и случайных процессов, математической логики, технической диагностики и др. Она изучает закономерности изменения показателей качества объектов с течением времени, а также физическую природу этих изменений. В теории надежности изучение сложного явления изменчивости осуществляется путем использования идеализированных понятий о состояниях, свойствах и событиях и т. п. Приближенная замена реальных явлений и объектов идеализированными моделями позволяет установить количественные связи между интересующими нас показателями и определить эти показатели с достаточной для практики точностью.

Способность объекта выполнять требуемые функции оценивается несколькими состояниями, в пределах которых параметры объекта остаются постоянными.

Исправность — состояние объекта, при котором он соответствует всем установленным требованиям.

Неисправность — состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из указанных требований.

Работоспособность — состояние соответствия установленным требованиям тех параметров, которые характеризуют способность выполнять указанные функции.

Неработоспособность — состояние, при котором хотя бы один параметр работоспособности не соответствует установленным требованиям.

Предельное состояние — состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима по условиям безопасности или нецелесообразна по экономическим критериям.

Центральным понятием теории надежности служит *отказ* — событие, заключающееся в потере работоспособности, т. е. переход из работоспособного состояния в неработоспособное. Различают внезапные и постепенные, полные и частичные отказы. Внезапные отказы наступают неожиданно, мгновенно из-за внезапной концентрации нагрузки или аварийной ситуации. Постепенные отказы возникают под действием постепенного изменения свойств объектов, старения или износа деталей. Полный отказ приводит к полной потере работоспособности, а частичный — лишь к утрате отдельных функций объекта.

Объект (в теории надежности) — предмет определенного целевого назначения, в жизненном цикле которого выделяют стадии проектирования, изготовления и эксплуатации. Объектом может быть система или элемент. Система — это совокупность взаимосвязанных устройств, предназначенная для самостоятельного достижения некоторой цели. Элемент — часть системы, которая способна выполнять некоторые локальные функции системы.

Представление объекта в виде системы или элемента зависит от постановки задачи. Это — условная процедура. Например, при изучении надежности парка электрооборудования предприятия электропривод рассматривают как элемент, а в других случаях его рассматри-

вают как систему, в которой выделяют ряд элементов (пусковая аппаратура, устройство защиты, двигатель и т. д.).

В свою очередь, элементы системы, допускающие восстановление работоспособности после отказа, называют восстанавливаемыми, а в противном случае — невосстанавливаемыми (неремонтируемыми). К первому виду относят, например трансформаторы и двигатели, а ко второму — электроосветительные лампы и трубчатые электронагреватели. Таким образом, элементы (системы), изучаемые в теории надежности, имеют три главных признака, характеризующих: природу отказов (внезапные и постепенные); виды отказов по их последствиям (полные и частичные); приспособленность к ремонту (ремонтируемые и неремонтируемые).

В зависимости от сочетания этих признаков элементы (системы) разделяют на простые и сложные. Простым принято считать такой элемент, который имеет внезапные полные отказы и является неремонтируемым. Сложный элемент имеет наряду с перечисленными признаками и ряд дополнительных, т. е. он имеет внезапные и постепенные отказы (или только постепенные), отказы могут быть частичными, их последствия могут устраняться в процессе ремонта.

При изучении надежности объекта как способности сохранять свои параметры в процессе эксплуатации возникает необходимость оценивать стабильность этих параметров на разных этапах эксплуатации, приспособленность к ремонту и ряд других признаков. Поэтому надежность представляет собой сложное комплексное свойство и включает ряд более простых свойств (в отдельности или в определенном сочетании):

безотказность — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени;

долговечность — свойство объекта сохранять работоспособность объекта до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта;

ремонтопригодность — приспособленность к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов (повреждений), к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов;

сохраняемость — свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности во время хранения или транспортировки;

устойчивость — способность объекта переходить при различных возмущениях от одного устойчивого режима к другому;

живучесть — свойство системы противостоять крупным возмущениям, не допуская развития аварий.

На практике различают конструктивную и эксплуатационную надежность.

Конструктивная надежность характеризует свойства объекта, заложенные при его проектировании и изготовлении. Эти свойства иногда называют номинальной надежностью, которая определяет способность к стабильному функционированию в типовых (номинальных) условиях эксплуатации.

Под эксплуатационной надежностью понимается надежность, наблюдаемая в условиях эксплуатации с учетом всей совокупности воздействий: дестабилизирующих факторов окружающей среды, реальных режимов использования, качества технического обслуживания и ремонтов.

Задачи обеспечения эксплуатационной надежности приобрели большую актуальность в связи с тем, что многие виды электрооборудования сельскохозяйственных предприятий, имея достаточно высокие показатели конструктивной надежности, по эксплуатационным показателям не отвечают требованиям производства. Так, двигатели серии 4А рассчитаны на безотказную работу в течение 10 лет, а фактическое время безотказной работы до капитального ремонта составляет в животноводстве 3,5 года, а растениеводстве — 4 года, на подсобных предприятиях — 5 лет.

4.2. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Показатели надежности предназначены для количественной оценки уровня надежности объекта, т. е. служат единицами измерения надежности. Они позволяют количественно сравнить надежность различных объектов между собой или надежность одного и того же объекта в разных условиях либо на разных этапах эксплуатации. По признаку ремонтопригодности выделяют дополнительно показатели для восстанавливаемых и невосстанавливаемых объектов. Кроме того, показатели могут быть единичными и комплексными. Единичный показатель относится к одному из свойств, а комплексный — к нескольким свойствам. Государственными стандартами устанавливается более 20 единичных и около 10 комплексных показателей, в том числе 7 показателей безопасности, 8 — долговечности, 2 — ремонтопригодности и т. д. Введение показателей надежности основывается на рассмотрении эксплуатации как процесса случайного изменения свойств объекта в виде последовательного чередования его работоспособного и неработоспособного состояний. Другими словами, процесс изменения свойств объекта — это поток случайных дискретных изменений состояний. При таком представлении мерой надежности выступают характеристики перехода объекта из одного состояния в другое. Они позволяют определить, как часто осуществляются переходы, как долго объект находится в работоспособном и неработоспособном состояниях, какова вероятность наступления этих событий и т. д.

Показатели безотказности. Это такие показатели, которые оценивают способность объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени (некоторой наработки).

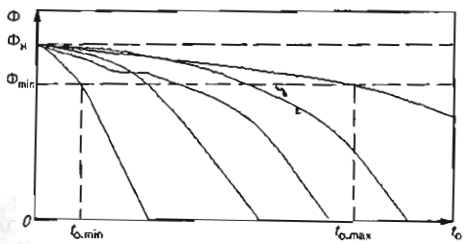


Рис. 4.2. Результаты наблюдения за изменением светового потока Ф ламп накаливания за время эксплуатации *t*

Предположим, что в эксплуатацию одновременно введено N ламп накаливания и поставлена задача найти количественные показатели их безотказности. Параметром работоспособности лампы служит ее световой поток. Лампа работоспособна, когда создаваемый ею световой поток находится в допустимых пределах от номинального значения. Выход параметра за пределы допустимого отклонения означает наступление отказа лампы.

Результаты наблюдения за изменением светового потока Ф каждой лампы со временем (рис. 4.2) показывают, что для некоторых из них характерно медленное, а для других — резкое снижение светового потока по сравнению с номинальным $\Phi_н$. Моменты отказов наступают случайно. Продолжительности безотказной работы образуют группу случайных величин с разбросом от $t_{0\min}$ до $t_{0\max}$.

Количественное описание группы данных о безотказности возможно с помощью следующего минимального состава показателей: вероятность безотказной работы в течение некоторого времени t, находящегося в интервале $t_{0\min} < t < t_{0\max}$, интенсивность отказов и средняя наработка до первого отказа.

Вероятность безотказной работы — вероятность того, что в пределах заданного времени (наработки) не возникнет отказа. Математическая запись этого показателя соответствует вероятности того, что продолжительность безотказной работы T будет больше заданного времени t:

$$p(t) = p(T > t).$$

Вероятность безотказной работы — это численная мера объективной возможности успешной работы объекта в течение интересующего нас периода времени t_i.

Если в рассматриваемом примере (см. рис. 4.2) из $N(0)$ ламп, пущенных в эксплуатацию при $t = 0$, после некоторого времени $t = t_1$

сохранили свою работоспособность $N(1)$, а отказало $m(t_1) = N(0) - N(1)$ ламп, то статистическая вероятность безотказной работы за время t находится из классического определения вероятности события:

$$p(t_1) = \frac{N(1)}{N(0)} = 1 - \frac{m(t_1)}{N(0)}, \qquad (4.1)$$

где $m(t_1)$ — число отказов объектов за время t_1; $N(0)$ — число объектов в начале наблюдения.

Пусть $N(0) = 1000$ ламп. Наблюдения показали, что через $t_1 = 1000$ ч сохранили работоспособность $N(1) = 950$ ламп, а через $t_2 = 2000$ч — $N(2) = 450$ ламп. Тогда по уравнению (4.1) находим:

$$p(t_1) = \frac{950}{1000} = 0{,}95;$$

$$p(t_2) = \frac{450}{1000} = 0{,}45.$$

Вероятность безотказной работы за время t численно равна доле объектов, сохраняющих работоспособность за это время. Иногда используют понятие вероятности отказа $q(t)$ — вероятность того, что в пределах заданной наработки возникает отказ. Событие отказа противоположно событию безотказной работы. Поэтому вероятность отказа определяется так:

$$q(t) = 1 - p(t) = \frac{m(t)}{N(0)}. \qquad (4.2)$$

Средняя наработка до отказа — это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа. По статистическим данным эксплуатации или испытаний этот показатель вычисляют по следующей формуле:

$$t_0 = \sum_{i=1}^{N_0} \frac{t_i}{N(0)}, \qquad (4.3)$$

где t_i — наработка (продолжительность безотказной работы) i-го элемента до первого отказа; $N(0)$ — число испытуемых элементов.

В рассматриваемом примере $t_1 = 1000$; $N(1) = 950$; $t_2 = 2000$; $N(2) = 450$. Тогда по уравнению (4.3) находим:

$$t_{ср} = \frac{950 \cdot 1000 + 450 \cdot 2000}{1000} = 1850 \text{ ч}.$$

Для восстанавливаемых объектов вместо наработки до отказа используют показатель средней наработки на отказ как среднюю продолжительность (наработку) между отказами:

$$t_{ср} = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N} \frac{H_i}{m_i}, \qquad (4.4)$$

где m_i — число отказов i-го элемента; H_i — наработка i-го элемента за время наблюдений; $N(0)$ — число элементов в эксплуатации ($N_0 = \text{const}$).

Интенсивность отказов — среднее число отказов, приходящихся на единицу наработки невосстанавливаемого объекта:

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i(H_2) - \sum_{i=1}^{N} m_i(H_1)}{N_n(H_1)(H_2 - H_1)}, \qquad (4.5)$$

где $\sum_{i=1}^{N} m_i(H_2)$, $\sum_{i=1}^{N} m_i(H_1)$ — число отказов объектов N от начала наблюдений до наработки H_2 и H_1 соответственно; $N_n(H_1)$ — число исправных объектов от начала наблюдений до наработки H_1; $(H_2 - H_1)$ — изучаемый интервал наработок.

Возвращаясь к лампам накаливания, имеем $\sum_{1}^{1000} m(1000) = 50$; $\sum_{1}^{1000} m(2000) = 550$; $N_n(1000) = 950$; $(H_2 - H_1) = 2000 - 1000 = 1000$. Тогда по уравнению (4.5) находим:

$$\lambda(t) = \frac{550 - 50}{950 \cdot 1000} = 0{,}51 \cdot 10^{-3}\ 1/ч.$$

Интенсивность отказов характеризует стабильность свойств объекта и показывает скорость снижения вероятности безотказности работы. Для восстанавливаемых объектов интенсивность отказов не всегда правильно характеризует свойство безотказности. Причина в том, что в отличие от невосстанавливаемых объектов, у которых моменты появления отказов образуют группу случайных величин, для ремонтируемых объектов эти моменты образуют поток случайных событий. Поэтому для восстанавливаемых объектов вместо интенсивности отказов используют *параметр потока отказов* — среднее число отказов, приходящихся на единицу наработки:

$$w(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{m_i}{H_i}, \qquad (4.6)$$

где m_i — число отказов i-го элемента; H_i — наработка i-го элемента за время наблюдений.

Показатели ремонтопригодности. Делятся на конструктивные и эксплуатационные. Конструктивная ремонтопригодность характеризует лишь техническую сторону восстанавливаемости объекта. Эксплуатационная ремонтопригодность характеризует дополнительную быстроту восстановления и зависит от квалификации обслуживающего персонала, а также от его материально-технического обеспечения.

Среднее время восстановления — это математическое ожидание продолжительности восстановления работоспособности после отказа элемента:

$$t_в = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} t_{вi}, \qquad (4.7)$$

где $t_{вi}$ — время восстановления работоспособного состояния i-го объекта; m — число обнаруженных и устраненных отказов.

Эта величина зависит от многих факторов: характера отказа, условий его отыскания и устранения, квалификации специалистов и т. п. Поэтому важно знать не только среднюю величину, но и другие вероятностные характеристики.

Вероятность восстановления работоспособного состояния:

$$p_в(t) = p(t_в < t), \qquad (4.8)$$

где t — заданное время устранения отказа.

Интенсивность восстановления — число ремонтов (устраненных отказов) в единицу времени:

$$\mu(t) = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} t_{вi}}, \qquad (4.9)$$

где n — число восстановленных элементов; $t_{вi}$ — продолжительность восстановления i-го элемента.

Показатели долговечности. Безотказность элемента, характеризуя непрерывность сохранения работоспособности, не отвечает на вопрос, как долго может или должен функционировать объект. Чтобы получить ответ, надо учесть особые свойства элемента, характеризующие длительность сохранения работоспособности, т. е. долговечность.

Под *долговечностью* понимают свойство элемента сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при соблюдении системы технического обслуживания и ремонта. Для невосстанавливаемых элементов значение долговечности совпадает со временем их эксплуатации до отказа. Количественными оценками (показателями) долговечности служат срок службы и ресурс.

Средний срок службы — это средняя календарная продолжительность службы объектов. Различают средний срок службы до первого капитального ремонта и между капитальными ремонтами.

Средний срок службы до списания — это средняя календарная продолжительность эксплуатации до предельного состояния.

Гамма-процентный срок службы — средняя календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью в процентах.

Ресурсом называют наработку объекта от начала эксплуатации или после ремонта до наступления предельного состояния. По аналогии со сроком службы различают средний ресурс и гамма-процентный ресурс.

Показатели сохраняемости. Характеризуют свойство элемента сохранять эксплуатационные качества во время хранения и транспортировки. Для этого используют средний срок сохраняемости и интенсивность отказов при хранении. Как видно по определению и по показателям, свойство сохраняемости может рассматриваться как специфический случай безотказности в период хранения и транспортировки. В сельском хозяйстве большая часть энергетического оборудования занята в течение года от двух до шести месяцев, а остальное время не используется. Для такого оборудования свойство сохраняемости имеет первостепенное значение.

Комплексные показатели надежности. К ним относятся коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности и коэффициент технического использования. *Коэффициент готовности* характеризует готовность объекта к функционированию, т. е. к применению по назначению:

$$k_{\text{г}} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{о}} + T_{\text{в}}}, \qquad (4.10)$$

где $T_{\text{о}}$ — средняя наработка на отказ; $T_{\text{в}}$ — среднее время восстановления.

Можно показать, что коэффициент готовности — это вероятность застать объект в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (без учета простоя по организационным причинам).

Коэффициент оперативной готовности характеризует готовность объекта к функционированию с учетом простоев по организационным причинам:

$$k_{\text{о.г}} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{орг}}}, \qquad (4.11)$$

где $T_{\text{орг}}$ — простой по организационным причинам: вызов ремонтных бригад, доставка запасных частей и т. п.

Коэффициент технического использования характеризует долю времени нахождения объекта в работоспособном состоянии с учетом простоя объекта на всех видах технического обслуживания и ремонта:

$$k_{\text{т.и}} = \frac{t_{\text{сум}}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{т.о}} + t_{\text{рем}}}, \qquad (4.12)$$

где $t_{\text{сум}}$ — суммарная наработка; $t_{\text{т.о}}$, $t_{\text{рем}}$ — суммарное время пребывания в техническом обслуживании и ремонте.

Показатели надежности электроснабжения. Все перечисленные показатели можно использовать для оценки системы сельского электроснабжения. Но для этой системы главное требование — способность в любой момент времени снабжать электрической энергией подсоединенных к ней потребителей. Поэтому основными показателями надежности принято считать число и длительность отключений.

Отключения сельских сетей вызываются различными причинами и могут быть случайными (внезапными) или преднамеренными (плановыми). Такое деление отражает не только природу наступления отключений (первые возникают при аварийных ситуациях, а вторые осуществляет обслуживающий персонал в плановом порядке), но и последствия, которые наступают у потребителя при перерывах в электроснабжении. Аварийные отключения из-за своей неожиданности всегда приносят больший ущерб, чем плановые. Для учета этих особенностей вводят понятие эквивалентной продолжительности отключений

$$T_{\text{э}} = T_{\text{ав}} + \gamma T_{\text{пл}}, \qquad (4.13)$$

где $T_{\text{ав}}$, $T_{\text{пл}}$ — продолжительности соответственно аварийных и плановых отключений; γ — коэффициент, учитывающий меньшую тяжесть плановых отключений ($\gamma = 0{,}1...0{,}4$).

Практические занятия

Занятие 1.1. Измерение основных электрических величин в цепях переменного тока

Оборудование и приборы. Источник переменного тока (220 В). Электрический нагревательный прибор мощностью до 1 кВт. Вольтметр на 250 В. Амперметр на 10 А. Ваттметр. Частотомер. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Собрать электрическую цепь с использованием нагревательного прибора, вольтметра, амперметра, ваттметра. После разрешения преподавателя подключить ее к источнику переменного тока. Измерить напряжение, силу тока, мощность и частоту тока. Рассчитать мощность, сопротивление, коэффициент мощности. Сравнить расчетные и измеренные значения мощности и сопротивления.

Занятие 1.2. Измерение сопротивления изоляции электроустановок мегаомметром

Оборудование и приборы. Мегаомметр на 500 В. Набор электрооборудования с качественной и некачественной изоляцией (рубильники, магнитные пускатели, провода, розетки, выключатели и др.). Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Проверить работоспособность мегаомметра. Измерить сопротивление изоляции исправных и неисправных электроизделий. Сравнить значения сопротивления изоляции у них.

Занятие 1.3. Включение в сеть однофазного счетчика электрической энергии

Оборудование и приборы. Источник переменного тока (220 В). Однофазный счетчик электрической энергии. Электрический нагревательный прибор мощностью до 1 кВт. Вольтметр на 220 В. Амперметр на 10 А, трансформатор тока. Электросекундомер. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Собрать электрическую цепь с использованием однофазного счетчика, нагревательного прибора, вольтметра, амперметра и электросекундомера. После разрешения преподавателя подключить электрическую цепь к источнику переменного тока. Повторить опыт, включив в электрическую цепь трансформатор тока. Провести измерения: количества электрической энергии за определенное время, напря-

жения и силы тока. Рассчитать коэффициент мощности, мощность нагревателя. Сравнить расчетные и паспортные данные нагревателя.

Занятие 1.4. Изучение датчиков систем автоматического управления

Оборудование и приборы. Датчики температуры: контактный ртутный термометр, термопара и термистор. Фоторезистор. Вольтметр. Миллиамперметр. Омметр. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Ознакомиться с принципом действия датчиков. Снять вольт-амперные характеристики датчиков. Установить зависимость сопротивления датчиков от температуры (для датчиков температуры) и зависимость сопротивления от освещенности для фоторезистора.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие формы и виды обслуживания энергетических средств вы знаете? 2. Какой прибор используется для измерения сопротивления изоляции электроустановок? 3. Какие устройства позволяют расширить пределы измерений электрических приборов? 4. Перечислите основные датчики температуры. 5. Назовите основные виды испытаний электрооборудования. 6. Что характеризует коэффициент абсорбции? 7. Как влияют отклонения напряжения в сети от номинальных значений на работу электрооборудования? 8. Как влияют отклонения частоты тока в сети от номинального значения на работу электрооборудования? 9. Что такое надежность работы электроустановок? 10. Что такое ремонтопригодность оборудования?

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Глава 5
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

5.1. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В электроприводах сельскохозяйственного назначения применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Наиболее распространены электродвигатели мощностью от 1 до 3 кВт и частотой вращения 1500 мин$^{-1}$. В животноводстве используют около 50 % электродвигателей, в растениеводстве 30 % и на подсобных предприятиях 20 %.

Парк электродвигателей разделяется по сериям, исполнениям и модификациям. В сельском хозяйстве применяют электродвигатели единой серии 4А. Серия 4А имеет электродвигатели основного исполнения, модификации по электрическим, конструктивным, климатическим и другим параметрам, а также узкоспециализированные исполнения, в том числе и для сельского хозяйства.

Электродвигатели серии 4А сельскохозяйственного назначения выполняют на базе электродвигателей основного исполнения мощностью от 0,12 до 30 кВт с синхронной частотой вращения 3000, 1500 и 1000 мин$^{-1}$. Они имеют закрытое обдуваемое исполнение (IP 44), чугунные корпуса и подшипниковые щиты. Коробки выводов выполнены двухштуцерными с уплотнением для предотвращения попадания влаги. Для присоединения к сети предусмотрены клеммные колодки. Конструкция электродвигателей позволяет пополнять смазку подшипниковых опор без разборки, а в двигателях с высотой оси вращения до 132 мм применены подшипники, не требующие пополнения или замены смазки во время всего срока службы. В электродвигателях сельскохозяйственного назначения применены обмоточные и установочные провода, пропиточные, лакокрасочные и антикоррозийные материалы, обеспечивающие нагревостойкость по классу В (130 °С), стойкость к воздействию повышенной влажности, агрессивных сред животноводческих помещений, дезинфицирующих растворов и аэрозолей. Они могут работать при температуре окружающей среды от –45 до +45 °С, допускают длительную работу на пониженном (на 20 %) напряжении с уменьшением паспортной мощности на 15 %. Расчетный

5.1. Степени защищенности электродвигателей серии 4А сельскохозяйственного назначения

Исполнение	Степень защищенности	Условия работы
Влагоморозостойкое	IP44	В среде с повышенной влажностью и на открытом воздухе
Химовлагостойкое	IP55	Агрессивная среда животноводческих помещений, подвергаемая дезинфекции

срок службы электродвигателя 8...10 лет, но не менее 12 000 ч при работе его в среднем 1500 ч/год.

Электродвигатели серии 4А имеют 32 ступени мощности.

Обозначение типа электродвигателя (4АН200М4У3) расшифровывается следующим образом: 4А — серия электродвигателя, Н — обозначение электродвигателя защищенного исполнения, отсутствие буквы означает, что электродвигатель — закрытого обдуваемого исполнения; 200 — высота оси вращения, мм; М — установочный размер по длине станины (М, L, S); 4 — число полюсов обмотки (2, 4, 6, 8 и т. д.); У — климатическое исполнение; 3 — категория размещения (1, 2, 3, ...).

Степени защищенности электродвигателей серии 4А сельскохозяйственного назначения приведены в таблице 5.1.

Электродвигатели серии 4А сельскохозяйственного назначения допускают работу при снижении напряжения до 80 % номинального при незначительном снижении мощности, а также кратковременную работу с сохранением момента, равного номинальному. Предусмотрены следующие модификации электродвигателей серии 4А: с повышенным скольжением; с повышенным пусковым моментом; со встроенной температурной защитой; многоскоростные; для моторредукторов; для привода пропеллерных осевых вентиляторов типа ВО.

Промышленность выпускает также асинхронные электродвигатели серии АИР (АИ). Эта серия имеет основное исполнение и практически все исполнения трехфазных электродвигателей серии 4А. Электродвигатели серии АИР выпускают с высотами оси вращения от 45 до 355 мм, мощностью от 0,025 до 315 кВт. Эта серия отличается от электродвигателей серии 4А пониженным уровнем шума и повышенной надежностью.

Отличия в обозначении от электродвигателей серии 4А заключаются в следующем: АИ — обозначение серии (асинхронный интернационального исполнения); Р — свидетельствует о привязке к установочным размерам международных серий электродвигателей.

Повышение надежности достигнуто путем применения материалов класса нагревостойкости F при допустимом перегреве обмоток, соответствующем классу нагревостойкости В, т. е. 130 °С.

Электродвигатели серии АИР имеют следующие модификации:

АИРП — электродвигатели с повышенным пусковым моментом;

АИРС — электродвигатели с повышенным скольжением;

АИРУТ — однофазные электродвигатели с пусковым и рабочим конденсаторами;

АИРК — электродвигатели с фазным ротором;

АИР...Б — электродвигатели со встроенной температурной защитой (АИР 80АБУ3).

Электродвигатели сельскохозяйственного исполнения выпускают на базе унифицированной серии АИ с высотами оси вращения от 50 до 200 мм, они предназначены для эксплуатации в сельскохозяйственных помещениях с агрессивными средами и обозначаются следующим образом: АИР 1001 4БСУ3. Эти электродвигатели могут работать в помещениях с концентрацией агрессивных газов: аммиака и сероводорода от 10 до 20 мг/м^3, диоксида углерода — до 30 г/м^3, — и допускают длительное снижение напряжения до 80...90 % номинального значения со снижением мощности соответственно не более чем на 30 и 20 % для электродвигателей с высотами оси вращения 50...80 мм и не более чем на 25 и 15 % для остальных. Возможна также кратковременная работа (не более 10 мин) с сохранением номинального момента на валу при снижении напряжения до 80 % номинального значения.

5.2. ОБЪЕМ И НОРМЫ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ВВОДЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

При приемке в эксплуатацию смонтированный электродвигатель тщательно осматривают. Электродвигатель, его пускозащитная аппаратура и вспомогательное оборудование должны быть доступными для осмотра и ремонта и соответствовать условиям эксплуатации.

На электродвигателях и приводимых в действие механизмах стрелками указывают направление вращения.

Аппаратуру управления по возможности располагают ближе к электродвигателям в местах, удобных для обслуживания и ремонта. Если аппаратура управления находится вне видимости электропривода, то устанавливают дополнительную кнопочную станцию непосредственно у электродвигателя и обеспечивают сигнализацию в предстоящем пуске механизма.

Для контроля напряжения на щитах устанавливают вольтметры или сигнальные лампы, а для наблюдения за режимом работы электродвигателей — амперметры.

У электродвигателей переменного тока при их приемке в эксплуатацию измеряют сопротивление изоляции между фазами и между фазами и корпусом. При измерениях пользуются мегаомметром напряжением 500...1000 В для машин номинальным напряжением до 1000 В. Обычно значение сопротивления изоляции обмоток должно

быть не ниже 0,5 МОм. Сопротивление изоляции катушек аппаратов также должно составлять не менее 0,5 МОм. Корпуса электрических машин заземляют. Причем заземляющие проводники размещают так, чтобы они были доступными для осмотра, и окрашивают в отличительный цвет (обычно черный). Кроме того, создают надежный контакт заземляющих проводников с электродвигателем. В местах, где возможны механические повреждения, проводники защищают.

5.3. ПУСК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, КОНТРОЛЬ ИХ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Перед вводом в эксплуатацию асинхронных электродвигателей выполняют следующие операции:

1) осматривают крепежные детали, при необходимости подтягивают болты и гайки;

2) проверяют наличие смазки в подшипниках: если требуется, то пополняют ее;

3) проворачивают вал электродвигателя и убеждаются в свободном вращении его в обе стороны;

4) измеряют сопротивление изоляции обмоток. Сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм;

5) проверяют работу приводов пускозащитной аппаратуры;

6) оценивают состояние заземления. Ослабевшие и окислившиеся контакты разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином, собирают и затягивают.

Если на выводных концах отсутствует маркировка, то начала и концы фаз можно определить опытным путем. Наиболее прост способ «открытого треугольника», разработанный автором. Сущность его заключается в следующем. Вначале, определяют при помощи контрольной лампы или мегаомметра пáры выводов, относящиеся к фазам. Затем эти пары соединяют в открытый треугольник (последовательно). Полученную цепь присоединяют к источнику тока, как показано на рисунке 5.1. На каждой фазе измеряют напряжение. Если вольтметры показывают одинаковое напряжение, то фазы включены в сеть согласно, т. е. начало — конец — начало — конец — начало — конец. При этом можно сразу присвоить соответствующие обозначения. Если же один из вольтметров покажет наибольшее напряжение, то это означает, что данный вольтметр подключен к фазе двигателя, включенной встречно по отношению к двум другим.

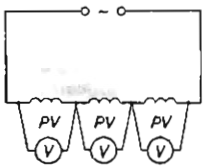


Рис. 5.1. Соединение фаз трехфазного электродвигателя в открытый треугольник

Прямой пуск асинхронного короткозамкнутого двигателя чрезвычайно прост и состоит во включении пускового аппарата (рубильника, магнитного пускателя, автоматического или пакетного выключателей). При пуске короткозамкнутых электродвигателей следует учитывать, что сила пускового тока в 5—7 раз превышает номинальную. Поэтому такие электродвигатели могут выдержать максимально три пуска из холодного состояния с интервалом около одной минуты и 1—2 пуска при горячем состоянии.

Асинхронный электродвигатель с фазным ротором пускают при помощи пускового реостата, включенного в цепь ротора. При этом рукоятку пускового реостата устанавливают в положение «Пуск», щетки опускают на контактные кольца при разомкнутом короткозамыкающем устройстве. После включения коммутирующего аппарата ротор электродвигателя начинает вращаться, после чего сопротивление реостата медленно выводят. Когда ротор достигнет номинальной частоты вращения, пусковой реостат выводят полностью. При этом щетки поднимаются и обмотка ротора автоматически закорачивается. После отключения электродвигателя рукоятку пускового реостата устанавливают в положение «Пуск», чтобы подготовить электродвигатель к следующему пуску.

При включении короткозамкнутого электродвигателя от источника малой мощности может резко снизиться напряжение в сети, что вызовет ухудшение работы других потребителей, питающихся от этого же источника.

При пуске асинхронного электродвигателя от трансформатора потери напряжения (%)

$$\Delta U_{\%} = \frac{z_л + z_к}{z_л + z_к + z_д} \cdot 100, \qquad (5.1)$$

где $z_л$ — сопротивление линии, зависящее от марки, сечения и длины провода; $z_к$ — сопротивление короткого замыкания трансформатора, определяемое по его паспортным данным; $z_д$ — сопротивление электродвигателя при пуске;

$$z_д = \frac{U_н}{\sqrt{3} I_н}, \qquad (5.2)$$

где $U_н$ — номинальное напряжение; $I_н$ — сила пускового тока.

Прямой пуск асинхронных короткозамкнутых электродвигателей допускается только в том случае, если при этом не произойдет снижение напряжения сети на 15...20 % номинального.

При решении вопроса о прямом пуске асинхронных электродвигателей в зависимости от рода источника питания можно воспользоваться таблицей 5.2.

Для снижения силы пускового тока существует ряд способов пуска асинхронных короткозамкнутых электродвигателей: пуск электродвигателя с переключением обмотки со звезды на треугольник (для электродвигателя, имеющего нормальное соединение обмотки

5.2. Предельные значения мощности электродвигателей (%), пускаемых от различных источников питания

Источник питания	Характер пусков	Р, % мощности источника питания
Трансформатор, питающий только силовую сеть	Частые	20
	Редкие	30
Трансформатор, питающий сеть со смешанной нагрузкой	Частые	4
	Редкие	8
Синхронный генератор	Произвольный	12

в треугольник), автотрансформаторный пуск и пуск при помощи реактора. Однако при реализации этих способов пуска требуется дополнительная аппаратура, что приводит к некоторому усложнению и удорожанию электропривода.

Срок службы электродвигателя обусловлен температурой нагрева изоляции обмотки, поэтому его нагрузку (мощность) устанавливают, исходя из условий нагрева. Увеличение нагрузки сверх номинальной приводит к перегреву изоляции и быстрому выходу ее из строя. Недогрузка, хотя и не оказывает отрицательного влияния на изоляцию обмотки, но ведет к недоиспользованию электродвигателя, ухудшению его КПД и cos φ. Так, при 50%-ной нагрузке крупных электродвигателей cos φ уменьшается на 15%, а у мелких электродвигателей — до 30%. Следовательно, в процессе эксплуатации нагрузку необходимо контролировать.

Для контроля нагрузки асинхронного электродвигателя мощностью свыше 30 кВт в одну из его фаз устанавливают амперметр, на шкале которого красной чертой отмечают значение силы тока двигателя на 5 % выше номинальной. Предел измерения амперметра выбирают примерно по удвоенной силе рабочего тока двигателя. На период пуска двигателя амперметр шунтируют.

Для контроля нагрузки электродвигателей малой и средней мощности (до 30 кВт) амперметр устанавливают в том случае, если регулируется загрузка рабочей машины.

В процессе эксплуатации нагрузку электродвигателей можно также контролировать с помощью токоизмерительных клещей Ц-91.

От токов короткого замыкания асинхронные электродвигатели защищают предохранителями и автоматическими выключателями с электромагнитными расцепителями; а от перегрузок — тепловыми реле, встроенными в магнитные пускатели, или автоматическими выключателями с тепловыми расцепителями.

Температура нагрева электродвигателя зависит от его нагрузки и режима работы. С увеличением нагрузки температура возрастает, что ускоряет старение электроизоляционных материалов. Поэтому вопрос о контроле температуры электродвигателя в период эксплуатации так важен. При наличии достаточного опыта температуру отдельных

частей электродвигателя можно определить на ощупь. При этом, если ладонь выдерживает температуру нагрева, то можно считать, что двигатель не перегревается.

Температуру частей электродвигателя можно измерять также спиртовым термометром. При этом для улучшения теплопередачи шарик термометра следует обернуть алюминиевой фольгой. Во избежание потерь теплоты термометры в месте приложения покрывают войлоком или ватой.

При использовании ртутных термометров необходимо принимать во внимание влияние переменных магнитных полей, которые могут вызвать увеличение показаний термометра. Поэтому в местах, где действуют сильные магнитные поля, температуру частей электродвигателя следует измерять спиртовыми термометрами. При измерении температуры электродвигателя термометрами необходимо учитывать перепад температур между станиной и обмоткой, а также между лобовой и пазовой частями обмотки. Поскольку температуру коллектора и контактных колец измеряют после остановки электродвигателя в период начала его охлаждения, точность результатов измерений зависит от выбора рода термометра. Здесь целесообразно использовать термометры с малой тепловой инерцией.

При определении температуры подшипников скольжения термометр можно помещать непосредственно в масляный резервуар подшипника.

Температуру обмотки машины можно определить по изменению ее омического сопротивления в период нагрева. Сопротивление обмотки можно измерить методом вольтметра—амперметра или моста постоянного тока. В последнем случае температура обмотки (°С)

$$t_{об} = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(235 + t_1) + t_1, \qquad (5.3)$$

где t_1 — температура обмотки в холодном состоянии, °С; R_1 — сопротивление обмотки при температуре t_1, Ом; R_2 — сопротивление обмотки в период нагревания, Ом.

Предельно допустимые превышения температуры отдельных частей (°С) электродвигателей с изоляцией класса нагревостойкости А при температуре окружающей среды 40 °С приведены ниже.

Обмотки	
статора	65
фазного ротора	65
якоря и возбуждения	65
Контактные кольца	70
Коллекторы	65
Подшипники	
скольжения	40
качения	55

5.4. СПОСОБЫ СУШКИ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В процессе эксплуатации, транспортирования и хранения изоляционные конструкции электродвигателей подвергаются воздействию окружающей среды. При этом они увлажняются. Попадание влаги в обмотку приводит к ухудшению диэлектрических характеристик изоляции и преждевременному выходу электродвигателя из строя.

Степень увлажнения обмоток электродвигателей напряжением до 500 В следует контролировать по изменению сопротивления изоляции $R_{из}$. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром напряжением 500...1000 В между фазами и между фазами и корпусом. Сопротивление изоляции (МОм) обмоток при температуре 75 °С должно быть не ниже рассчитанных по формуле

$$R_{из} = \frac{U_н}{1000 + 0{,}01 P_н}, \qquad (5.4)$$

где $U_н$ — номинальное напряжение двигателя, В; $P_н$ — номинальная мощность двигателя, кВт.

Практически сопротивление изоляции обмоток электродвигателей напряжением до 500 В должно быть не ниже 0,5 МОм. Если перед пуском сопротивление изоляции обмоток окажется ниже нормированного, то электродвигатель следует просушить. Существует несколько способов сушки: конвективная (в сушильных шкафах); токовая; потерями в стали статора и др.

В процессе сушки обмоток любым способом необходимо контролировать температуру сушки и сопротивление изоляции. При этом температура должна быть не выше предельно допустимой для данного класса нагревостойкости изоляции.

В первый период сушки сопротивление изоляции обмоток несколько снижается, если изоляция была увлажнена. Затем, когда начинается удаление влаги из изоляции, оно возрастает и при достижении равновесной влажности стабилизируется. Изменение температуры t и сопротивления изоляции $R_{из}$ увлажненной обмотки при сушке показано на рисунке 5.2. Сушка считается оконченной, если значение сопротивления изоляции остается неизменным в течение времени $\tau = 1...2$ ч.

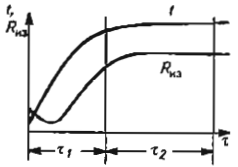


Рис. 5.2. Зависимость температуры t и сопротивления изоляции $R_{из}$ обмоток электродвигателя от времени τ при сушке

Если обмотка электродвигателя сильно увлажнена и сопротивление изоляции после сушки остается ниже нормы, следует провести циклическую сушку. В этом случае процесс сушки складывается из периодических нагреваний и охлаждений обмотки. При охлаждении обмотки влага переходит от более нагретых внутренних участков к поверхности, и процесс сушки ускоряется.

Конвективная сушка. Осуществляется в специальных сушильных шкафах. Источником теплоты могут служить пар, электроэнергия или газ. Во всех случаях теплоносителем является нагретый воздух. При этом способе сушки теплота передается от статора к обмотке, поэтому наружные ее слои высыхают быстрее, чем внутренние. Для более равномерного удаления влаги из изоляции следует температуру в сушильном шкафу поднимать постепенно.

Токовая сушка. Заключается в пропускании по обмоткам электрического тока пониженного напряжения (15...20 %). При этом теплота генерируется непосредственно в проводниках обмотки и влага первоначально удаляется из центра изоляционной конструкции. Сушке может быть подвергнут собранный электродвигатель или один статор. Источник питания может быть как постоянного, так и переменного тока. В случае сушки переменным током теплота дополнительно выделяется в стали статора за счет потоков рассеивания.

Проводить токовую сушку можно одно- или трехфазным током. Схема соединения обмоток a, b, c статора асинхронного электродвигателя при сушке приведена на рисунке 5.3.

В практике в качестве источника питания для сушки можно использовать сварочный трансформатор. Токовый метод значительно сокращает продолжительность сушки по сравнению с конвективным.

Сушка потерями в стали. При этом способе нагревание электродвигателя осуществляется индукционными токами, возникающими при пропускании переменного тока по специальной, намагничивающей обмотке, намотанной на статор. Намагничивающую обмотку выполняют изолированным проводом. Для регулирования температуры нагрева узла намагничивающую обмотку секционируют. Схема сушки обмотки статора приведена на рисунке 5.4.

Число витков намагничивающей обмотки

$$w = \frac{U}{4{,}44 f B S_0}, \qquad (5.5)$$

где U — напряжение источника питания, В; f — частота, Гц; B — магнитная индукция в спинке статора, Т; S_0 — площадь поперечного сечения спинки статора, м^2;

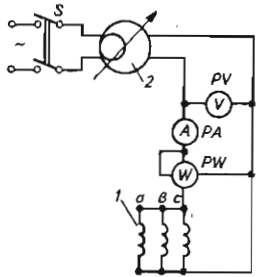


Рис. 5.3. Схема токовой сушки обмоток электрических машин:
1 — обмотки; *2* — потенциал-регулятор

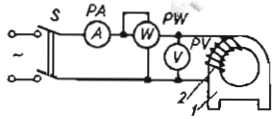


Рис. 5.4. Схема сушки обмоток электрических машин потерями в стали:
1 — статор машины; *2* — намагничивающая обмотка

5.3. Напряженность магнитного поля H (А/м) электротехнических сталей в зависимости от индукции B

B (Т)	Марка электротехнической стали	
	Э11–Э13	Э41–Э43
0,5	225	280
0,6	287	331
0,7	319	382
0,8	334	445
1,0	382	554

$$S_0 = k_c(l_1 - n_к в_к)h_c, \tag{5.6}$$

где k_c — коэффициент заполнения пакета сталью; k_c = 0,93...0,95; l_1 — полная длина сердечника, м; $n_к$ и $в_к$ — число и ширина вентиляционных каналов; h_c — высота спинки статора, м.

Сила тока в намагничивающей обмотке

$$I_м = \frac{\pi H D_0}{w}, \tag{5.7}$$

где H — напряженность магнитного поля стали при максимальной магнитной индукции, А/м (табл. 5.3); D_0 — средний диаметр, соответствующий середине спинки статора, м;

$$D_0 = D_{вн} - h_c, \tag{5.8}$$

где $D_{вн}$ — внешний диаметр активной стали, м.

Мощность сушки (Вт)

$$P = pG, \tag{5.9}$$

где p — удельные потери в стали статора на 1 кг стали, Вт/кг,

Индукция B, Т	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Удельные потери p, Вт/кг	0,55	0,79	1,1	1,4	2,2

$$G = 24,5 D_0 S_0, \tag{5.10}$$

где G — масса активной стали статора без зубцового слоя, кг.

В первый момент сушки для ускорения разогрева статора увеличивают индукцию до 0,7...0,9 Т, а затем при достижении необходимой температуры переключением на большее число витков уменьшают ее до 0,4...0,5 Т. Последними двумя способами можно просушить обмотку электродвигателя на месте ее установки без разборки.

5.5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве (ППРЭсх), предусматриваются следующие виды работ:

а) производственное техническое обслуживание, которое осуществляет персонал, обслуживающий рабочие машины. Оно заключается в ежедневном осмотре электрооборудования, очистке его от пыли и грязи и устранении мелких неисправностей;

б) технические осмотры (уходы), которые проводят для определения состояния электрооборудования и выявления объема подготовительных работ, подлежащих выполнению при очередном ремонте. В период технических осмотров чистят оборудование и устраняют мелкие неисправности без разборки. Осмотры выполняются электромонтерами, имеющими степень квалификации (группу) не ниже III, в период естественных остановок рабочих машин (в обеденный перерыв, пересменок, во время пауз в работе привода и т. п.);

в) текущий ремонт, который проводят с разборкой оборудования. При этом выполняют все операции технического ухода (осмотра), а также заменяют или восстанавливают детали или узлы, срок службы которых равен межремонтному периоду. Текущий ремонт выполняют электромонтеры, имеющие степень квалификации не ниже III, в специальной мастерской. При затруднении транспортирования оборудования текущий ремонт можно проводить на месте установки.

Технические осмотры (уходы) и текущие ремонты проводят по заранее составленному плану. Смазку заменяют по специальному графику, который должен быть увязан с планом проведения технических осмотров и текущих ремонтов.

В конце года или сезона эксплуатации для уточнения состояния электрооборудования проводят сезонное обслуживание.

Продолжительность межосмотровых и межремонтных периодов, согласно системе ППРЭсх, приведена в таблице 5.4.

Технический уход за асинхронными электродвигателями предусматривает следующие операции:

1) очистку от пыли и грязи, осмотр электродвигателя, проверку станины и подшипниковых щитов на отсутствие трещин;

2) проверку затяжки крепежных деталей, крепления к фундаменту или рабочей машине, плотности посадки шкива, полумуфты или звездочки;

3) проверку и ремонт заземления;

4) осмотр и ремонт выводов;

5) проверку состояния щеток, контактных колец, пускового реостата и соединительных проводов (в электродвигателе с фазным ротором);

6) проверку смазки в подшипниках. При необходимости ее пополняют до 2/3 объема камеры;

5.4. Продолжительность межосмотровых и межремонтных периодов

Оборудование	Продолжительность периодов		Периодичность замены смазки в подшипниках, мес
	между техническими уходами, дней	между текущими ремонтами, мес	
Электродвигатели переменного тока в чистых сухих помещениях	45	12	6
То же, в пыльных помещениях (пункты или цехи приготовления кормов и др.)	30	6	4
То же, во влажных и сырых помещениях (водокачки, кормокухни) и на открытом воздухе под навесом	15	6	4
То же, в сырых и особо сырых помещениях с выделением аммиака (животноводческие помещения)	10	6	4

Примечание. Для определения продолжительности работ электродвигателей при одной смене приведенные данные умножают на коэффициент 1,4, при трех сменах — на 0,6.

7) проверку подшипников на отсутствие заедания и задевания ротора о статор;

8) включение электродвигателя и проверку степени нагрева корпуса и подшипниковых щитов при отсутствии посторонних шумов.

В объем *текущего ремонта* асинхронных электродвигателей входят следующие операции:

1) очистка электродвигателя от пыли и грязи, отсоединение питающих проводов и заземляющих шин, а у электродвигателей с фазным ротором — приводов пускового реостата;

2) отсоединение электродвигателя от рабочей машины и доставка его в ремонтную мастерскую;

3) разборка электродвигателя и его очистка от пыли и грязи;

4) осмотр поверхности стали статора и ротора и зачистка мест, покрытых коррозией;

5) проверка целостности и ремонт изоляции лобовых частей обмоток;

6) измерение сопротивления изоляции обмоток между фазами и корпусом при помощи мегаомметра напряжением 500...1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. При меньших значениях сопротивления изоляции обмотку сушат;

7) проверка обмотки на отсутствие межвиткового замыкания при помощи электромагнита и стальной пластинки либо портативного дефектоскопа;

8) проверка состояния и ремонт выводных проводов электродвигателя;

9) проверка состояния короткозамыкающих колец и вентиляционных лопаток короткозамкнутого ротора;

10) очистка подшипников качения от старой смазки и промывка их бензином. При необходимости смазку заменяют;

5.5. Допустимые значения воздушного зазора (мм) асинхронных электродвигателей при различных частотах вращения

Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$	
	500...1000	3000
До 1	0,25	0,3
1,1...2,0	0,3	0,35
2,1...7,5	0,35	0,5
7,6...15,0	0,4	0,65
15,1...40,0	0,5	0,8

11) проверка зазора между статором и ротором (табл. 5.5);

12) сборка электродвигателя и проверка свободного вращения ротора в обе стороны, окраска корпуса;

13) пуск электродвигателя на холостом ходу для проверки отсутствия посторонних шумов; измерение силы тока и потерь холостого хода (их значения должны соответствовать номинальным);

14) установка электродвигателя на рабочее место, пуск совместно с рабочей машиной для проверки правильности его вращения и отсутствия вибрации.

5.6. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ

Погружные электрические насосы (рис. 5.5) представляют собой агрегаты, состоящие из электродвигателя, насоса и ряда вспомогательных узлов, и предназначаются для откачки чистой воды из артезианских скважин. Электродвигатель погружного насоса — трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором специального исполнения. Электронасос комплектуется станцией управления, которая предназначена для ручного и автоматического управления его работой, а также для защиты электродвигателя от аварийных режимов.

Перед монтажом агрегата на скважине проверяют, насколько свободно вращается вал насоса. Если ротор не вращается, отсоединяют насос от электродвигателя и проводят соответствующее регулирование. Вначале проверяют осевой зазор вала. При неправильном осевом регулировании электродвигатель может выйти из строя. Перед включением электронасоса проверяют электрическую и механическую схемы установки. Колебания напряжения сети не должны превышать +10...−5 %.

Первое включение электродвигателя можно осуществлять только через 2 ч после погружения агрегата в воду, когда полость негерметизированного электродвигателя заполнится водой. При герметизации электродвигателя (а это целесообразно и применяется в настоящее время) его полость заранее заполняют чистой дистиллированной или ингибированной водой.

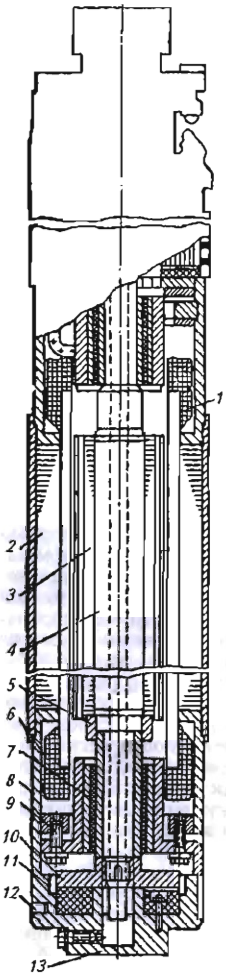


Рис. 5.5. Погружной электронасос:
1 — обмотка; 2 — статор; 3 — ротор; 4 — вал электродвигателя; 5 — специальная гайка; 6 — корпус подшипника; 7 — втулка; 8 — кольцо; 9 — болт; 10 — пята; 11 — уплотнение; 12 — подпятник; 13 — корпус подпятника

В процессе эксплуатации систематически контролируют исправность приборов и станции управления. Сила потребляемого электродвигателем тока не должна превышать допустимой.

Осмотр станции управления проводят не реже одного раза в месяц. При этом проверяют затяжку крепежных болтов, а также состояние контактов пускателя и реле. Подгоревшие и окислившиеся контакты зачищают.

С целью предупреждения выхода агрегата из строя периодически проводят его демонтаж, профилактический осмотр и замену изношенных деталей. Периодичность проведения профилактических осмотров устанавливает завод-изготовитель.

Кроме этого, насос останавливают, демонтируют и осматривают, если потребляемая сила тока электродвигателя превышает допустимую, а также когда прекратилась или снизилась более чем на 25 % подача воды.

5.7. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В процессе эксплуатации электродвигателей возникают различные неисправности, которые могут привести к остановке механизмов и их повреждению. Среди неисправностей электрической части двигателей наиболее распространены обрывы, междувитковые замыкания, замыкания на корпус или между фазами. Механические неисправности заключаются в нарушении центровки агрегатов, ослаблении посадки шкивов, полумуфт или звездочек, ослаблении крепежных деталей, недостаточной жесткости фундамента и т. д. Следствием механических повреждений может быть

перегрев подшипников скольжения, который происходит по причине замедленного вращения колец или сгущения масла, а также из-за неправильной центровки машины и механизма. Для устранения этой неисправности проверяют смазывающие кольца и при необходимости заменяют их. Загустевшее масло заменяют другим. При нарушении центровки проверяют осевую линию валов и регулируют точность установки машины.

Перегрев подшипников качения может возникнуть вследствие неправильной установки подшипникового щита. В этом случае его разбирают и устраняют заедание и перекосы. Проверяют правильность посадки подшипниковых щитов. Перегрев подшипника качения может быть вызван также плохой центровкой машины и загрязнением смазки.

Вибрация машины может возникнуть вследствие недостаточной жесткости фундамента, ослабления крепежных деталей и нарушения центровки двигателя и рабочей машины. Кроме того, причиной вибрации может стать неуравновешенность вращающихся частей машины, что можно устранить балансировкой. Допустимая вибрация подшипников (мм), которую можно измерить вибрографом, приведена ниже в зависимости от частоты вращения вала машины:

Частота вращения, мин$^{-1}$	750	1000	1500	3000
Удвоенная амплитуда колебаний, мм	0,16	0,13	0,10	0,05

В *электродвигателях постоянного тока* наиболее часто встречаются следующие неисправности:

пробой коллектора на корпус и замыкания между ламелями. Это может быть вызвано попаданием пыли между изоляцией корпусов или ламелей и разрушением изоляции. Замыкание коллектора на корпус можно обнаружить при помощи контрольной лампы или мегаомметра, замыкания между ламелями — методом милливольтметра (рис. 5.6). При замыкании между ламелями стрелка милливольтметра не отклоняется;

пробой обмотки якоря на корпус. Может возникнуть вследствие разрушения изоляции от длительного перегрева или механического повреждения. Место замыкания якоря на корпус (петлевой обмотки) можно обнаружить при помощи милливольтметра по схеме, приведенной на рисунке 5.7. Если секция замкнута на корпус, то как только к ней начинают приближать щуп, показания милливольтметра сначала снижаются до нуля, а при дальнейшем перемещении щупа в том же направлении увеличиваются, но с противоположным знаком;

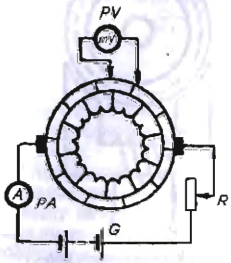


Рис. 5.6. Определение места замыкания между ламелями методом милливольтметра

обрывы в обмотке якоря, при которых размыкается цепь между двумя или не-

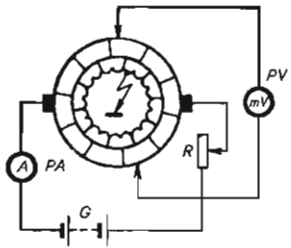


Рис. 5.7. Определение места замыкания обмоток якоря на корпус методом милливольтметра

сколькими ламелями. Происходят вследствие перегорания проводников из-за межвиткового замыкания или замыкания на корпус, некачественной пайки, вибрации и т. п. Эту неисправность также можно определить при помощи милливольтметра;

межвитковое замыкание в обмотке якоря. Возникает из-за некачественной укладки секций в пазы, механических повреждений лобовых частей и разрушения изоляции проводников вследствие теплового старения. Обнаружить эту неисправность можно при помощи электромагнита и стальной пластинки (рис. 5.8). Если есть замкнутые витки, пластинка притягивается к тем пазам, где лежит поврежденная секция;

усиление искрения щеток. Может произойти из-за загрязнения, биения или неравномерного износа коллектора, разрушения или некачественной притирки щеток, ослабления или зажатия щеток в обоймах. Местные нагревы обмотки якоря указывают на межвитковые замыкания. Искрение щеток только под нагрузкой (на холостом ходу электродвигателя не искрят) указывает на неправильное чередование главных и дополнительных полюсов или шунтирование обмоток дополнительных полюсов. Повышенное искрение щеток возникает также при их сдвиге с нейтрали;

повышенный нагрев электродвигателя. Может возникнуть из-за межвиткового замыкания в обмотке якоря или возбуждения, замыкания между ламелями, неодинаковости зазора между якорем и отдельными полюсами и т. д.;

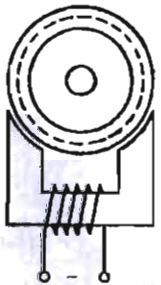


Рис. 5.8. Определение места межвитковых замыканий в обмотках якорей при помощи электромагнита и стальной пластинки

перегрев коллектора и щеток. Может произойти из-за биения коллектора, выступания изоляции между ламелями. Кроме этого, могут быть установлены слишком твердые щетки или давление на щетки может быть слишком большим.

К основным неисправностям обмотки возбуждения относятся ослабление крепления катушек к полюсам, обрыв вследствие некачественной пайки соединений, межвитковое замыкание и замыкание на корпус. Обрыв и замыкание на корпус легко обнаружить при помощи контрольной лампы или мегаомметра. Замкнутую на корпус катушку можно обнаружить, измеряя падение напряжения между каждой катушкой и корпусом. У поврежденной катушки его значение будет наименьшим.

Витковое замыкание можно обнаружить по местному нагреву катушек при пропускании по ним переменного тока или сравнив их омические сопротивления.

При эксплуатации *асинхронных электродвигателей* чаще всего встречаются следующие неисправности:

невозможность осуществить пуск электродвигателя с короткозамкнутым ротором. При возникновении этой неисправности прежде всего индикатором или контрольной лампой проверяют напряжения в сети и на зажимах электродвигателя, а также состояние рабочей машины (не заторможена ли);

перегрев электродвигателя в период работы машины. Может происходить вследствие перегрузки, пониженного напряжения сети и возникновения межвиткового замыкания в обмотке статора. При появлении признаков перегрузки измеряют напряжение сети и силы тока по фазам; они должны соответствовать норме;

межвитковое замыкание. Можно обнаружить его первоначально по местным нагревам корпуса электродвигателя и асимметрии фазных токов, в дальнейшем может появиться дым;

затруднения при пуске электродвигателя с короткозамкнутым ротором. При пуске электродвигатель не достигает номинальной частоты вращения, пуск сопровождается гудением электродвигателя; при этом силы тока по фазам электродвигателя неодинаковы. Для устранения этой неисправности проверяют маркировку выводных концов;

невозможность осуществить пуск электродвигателя с фазным ротором. Электродвигатель не пускается в ход при наличии напряжения на статоре и одинаковых сил тока по фазам, а также одинаковых напряжений на кольцах ротора. Причина этой неисправности — обрыв в пусковом реостате или соединительных проводах;

затруднение при пуске электродвигателя с фазным ротором. Электродвигатель не достигает номинальной частоты вращения или теряет скорость при перегрузке, гудит. Причина такой неисправности — обрыв в цепи ротора. Он может быть в обмотке ротора, щеточном аппарате, пусковом реостате или обмоточных проводах.

5.8. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Наиболее часто в эксплуатационной практике встречаются следующие аварийные режимы: короткое замыкание, перегрузки, работа в неполнофазном режиме, снижение напряжения и др.

Автоматические выключатели предназначены для защиты электроприемников и сетей при перегрузках и коротких замыканиях и для нечастых оперативных коммутаций. Используемые в сетях напряжением до 1000 В автоматические выключатели условно разделяют на три группы: малые установочные серий АП-50, АК-63 и АЕ-2000 (сила тока от 0,63 до 100 А); установочные серий А3100 и 3700 (сила тока от 15 до 600 А); большие АВМ и «Электрон» (сила тока от 600 до 6300 А). Размещают автоматические выключатели на распределительных панелях и в шкафах.

В автоматическом выключателе устанавливают электромагнитный расцепитель, который срабатывает при коротких замыканиях без выдержки времени, и тепловой, срабатывающий с обратно зависимой от силы тока выдержкой времени при перегрузках. Также может быть установлен комбинированный расцепитель, содержащий тепловой и электромагнитный расцепители. Выпускают также автоматические выключатели с дополнительными расцепителями: минимального напряжения или с дистанционным управлением. Некоторые автоматические выключатели дополняют устройствами автоматического отключения при возникновении значительных токов утечки или при несимметрии напряжений.

К устройствам, реагирующим на увеличение силы тока электродвигателя, относят устройства защиты с электромагнитным принципом действия; электромагнитные токовые реле, автоматические выключатели, тепловые реле, предохранители.

К устройствам, реагирующим на увеличение температуры, относят устройства встроенной температурной защиты (УВТЗ) с использованием позисторов в качестве температурного датчика.

К устройствам, реагирующим на изменение параметров питающей электроэнергии, относят реле обрыва фаз (Е-511, ЕЛ-10); реле контроля асимметрии; нулевую защиту магнитного пускателя, реагирующую на снижения напряжения свыше 15 % номинального.

В комбинированных устройствах совмещены два и более вышеизложенных принципа защиты. К ним относят универсальное фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ-М, ФУЗ-У); устройства защитного отключения (УЗО) типов ЗОУП-25, РУД-05-УЗ, ИЭ-9801 и др.; автоматический выключатель с защитой от токов утечки (АЕ 2443); устройство защиты электродвигателя (УЗД-1).

5.9. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

К эксплуатации и ремонту электродвигателей допускаются электромонтеры, имеющие степень квалификации (группу) не ниже III и прошедшие инструктаж на рабочем месте. Ответственность за безопасность при обслуживании и ремонте несет руководитель электротехнической службы хозяйства.

Электромонтеры должны иметь основные защитные средства для установок до 1000 В: диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками и указатели напряжения. Дополнительные средства: диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки и плакаты. Перед применением защитных средств следует внешним осмотром убедиться в их исправности, обращая внимание на дату их проверки.

При выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо строго соблюдать правила безопасности при эксплуатации электродвигателей.

Распоряжение на проведение работ (устное или оформленное нарядом) дает руководитель электротехнической службы хозяйства или лицо, его заменяющее, со степенью квалификации по электробезопасности не ниже IV группы.

При техническом обслуживании электроустановки отключают от питающей сети. Между ножами и губками отключающего рубильника помещают лист изоляционного материала, а на рукоятку привода рубильника или автоматического включателя вешают плакат: «Не включать! Работают люди». Перед началом работ необходимо принять меры, предупреждающие возможность вращения ротора электродвигателя от рабочей машины.

Рабочие электрифицированных механизмов должны быть проинструктированы по правилам эксплуатации и правилам безопасности при работе на установках.

Глава 6
ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сельскохозяйственные потребители имеют характерные особенности в режимах потребления электроэнергии, что отражается непосредственно на работе электрооборудования, в том числе и на трансформаторах распределительных сетей.

Одна из таких особенностей заключается в асимметрии нагрузки по фазам сельских сетей. Так называемая «неслучайная несимметрия токов по фазам», возникающая из-за неравномерного распределения потребителей по фазам, в условиях эксплуатации может быть сведена к нулю. Однако статистическая, или вероятностная, несимметрия нагрузки по фазам, вызванная случайными включениями и отключениями потребителей, практически остается всегда.

Распределительные трансформаторы сельских электрических сетей имеют, как правило, смешанную нагрузку, а именно, осветительно-бытовую и однофазную силовую (сварочные трансформаторы).

По правилам эксплуатации степень неравномерности нагрузки $k_н$ различных фаз, отходящих от подстанций линий, не должна превышать 20 %. Определяют ее следующим образом:

$$k_н = \frac{100(I_{max} - I_{ср})}{I_{ср}} \leq 20\ \%, \qquad (6.1)$$

где I_{max} — сила тока в максимально нагруженной фазе в момент наибольшей нагрузки трансформатора; $I_{ср}$ — среднее арифметическое значение силы тока в трех фазах в тот же момент времени.

Около 40 % трансформаторов сельских сетей имеют недопустимую асимметрию нагрузки по фазам. Среднее значение асимметрии токов составляет 32...50 %. Асимметрия токов по фазам отрицательно сказы-

вается на работе токоприемников (снижается мощность электродвигателей, возрастают потери в линиях и потребителях, снижается коэффициент мощности). Поэтому электропромышленность страны выпускает трансформаторы для сельского хозяйства с соединением обмоток «треугольник — звезда» с нулем и «звезда — зигзаг» с нулем, обеспечивающих высокое качество напряжения даже при асимметрии токов по фазам.

Асимметрия токов по фазам в трансформаторах с соединением обмоток «звезда — звезда» с нулем может привести к дополнительному нагреву трансформаторов за счет добавочных потерь от этой асимметрии. Поэтому важно знать степень нагрузки трансформаторов сельских сетей.

Сельскохозяйственные потребители характеризуются крайне неравномерным графиком нагрузки в течение суток с утренними и вечерними максимумами и провалами нагрузки в дневное и ночное время. Такой график обусловливает малую степень нагрузки трансформаторов. Если в городских распределительных сетях средняя нагрузка трансформаторов составляет 0,2...0,7 номинальной мощности, повышаясь в отдельных случаях до 0,9 (и при этом наблюдаются перегрузки трансформаторов), то в сельских сетях нагрузка трансформаторов составляет в среднем 0,2...0,4 номинальной. Причем такая нагрузка сохраняется на протяжении длительного времени.

Таким образом, трансформаторы сельских распределительных сетей слабо используются по мощности и могут допускать значительные перегрузки даже с учетом асимметрии нагрузки по фазам. Последнее закреплено специальным стандартом, который разрешает в определенных условиях перегрузку трансформаторов, равную 50 %.

Статистика показывает, что большая часть трансформаторов выходит из строя не зимой в период максимальной нагрузки, а летом при минимальной нагрузке. На нагрев трансформатора значительное влияние оказывает окружающая среда — ее температура и влажность. В этих условиях надежная работа трансформатора определяется в основном условиями его эксплуатации.

6.2. ПОДГОТОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ К ВКЛЮЧЕНИЮ

Объем работ по подготовке трансформатора к включению определяется конкретными условиями: его мощностью и исполнением, в том числе герметичностью, датой выпуска или ремонта, условиями транспортирования, длительностью и условиями хранения перед монтажом и т. д.

Некоторые энергопредприятия продолжают проводить ревизию каждого вновь устанавливаемого трансформатора, чтобы выявить возможные дефекты, появившиеся по вине заводов-изготовителей

или ремонтного предприятия, и повреждения из-за неправильных транспортирования, хранения и монтажа.

Перед включением трансформатора делают следующее: а) осматривают его; б) протирают изоляторы бензином и сухой тканью; в) заливают в корпус оправы термометра трансформаторное масло, затем устанавливают термометр; г) заземляют бак трансформатора; д) выполняют физико-химический анализ масла и испытывают его электрическую прочность; е) измеряют сопротивление постоянному току обмоток на всех ответвлениях (сопротивления не должны различаться более чем на 2 %, если нет особых указаний в паспорте трансформатора); ж) определяют сопротивление изоляции между обмоткой низшего напряжения (НН) и баком, обмоткой высшего напряжения (ВН) и баком, обмотками ВН и НН; з) убеждаются в том, что переключатель установлен и зафиксирован в одном из рабочих положений; и) снимают прозрачный колпачок и фланец с воздухоосушителя и удаляют содержащиеся в нем силикагель и цеолит; к) засыпают в воздухоочиститель вначале индикаторный силикагель, а затем цеолит, поставляемый комплектно в герметичной упаковке. В случае увлажнения или повреждения герметичности упаковки силикагель и цеолит нужно просушить (при увлажнении индикаторный силикагель меняет свою окраску с голубой на розовую); л) устанавливают катки трансформатора — из транспортного положения в рабочее; м) проверяют наружным осмотром состояние маслоуплотнительных соединений и при обнаружении ослабления крепления или течи масла подтягивают гайки; н) устанавливают уровень масла в расширителе против отметки на маслоуказателе, соответствующей температуре окружающей среды (для этого масло сливают или доливают).

Вопрос о допустимости включения трансформатора без сушки решают по результатам испытаний и с учетом условий, в которых находился трансформатор до и во время монтажа.

Проверку состояния трансформаторов 1-й группы напряжением до 35 кВ включительно и мощностью до 1000 кВ · А, транспортируемых с маслом и расширителем, до и во время монтажа проводят в следующем порядке и объеме: а) осматривают трансформатор и проверяют пломбы на кранах и пробке для отбора проб масла; б) берут пробу масла из трансформатора и проводят сокращенный анализ; в) измеряют сопротивление изоляции R_{15} и R_{60} и определяют отношение R_{60}/R_{15}.

Условия включения трансформатора без сушки следующие: а) уровень масла должен быть в пределах отметок маслоуказателя; б) характеристики масла должны соответствовать действующим нормам; в) значение отношения R_{60}/R_{15} обмоток при температуре 10...30 °С (283...303 К) должно быть не менее 1,3; г) если первое условие не соблюдено, но обмотки трансформатора и переключатель покрыты маслом или если не выполнено второе условие, но в масле отсутствуют следы воды и пробивное напряжение масла снизилось по сравнению с нормированным не более чем на 5 кВ, необходимо дополнительно

6.1. Наибольшие допустимые значения R_{60}/R_{15} силовых масляных трансформаторов различной мощности на напряжение до 35 кВ в зависимости от температуры обмоток t

Мощность трансформатора, кВ · А	t, °С (К)						
	10 (283)	20 (293)	30 (303)	40 (313)	50 (323)	60 (333)	70 (343)
До 6300 включительно	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,5	6
10000 и более	0,8	1	1,3	1,7	2,3	3	4

6.2. Максимально допустимые значения отношения C_2/C_{50} обмоток масляных трансформаторов различной мощности в зависимости от температуры обмоток

Мощность трансформатора, кВ · А	t, °С (К)		
	10 (283)	20 (293)	30 (303)
До 6300 включительно	1,1	1,2	1,3
10000 и более	1,05	1,15	1,25

измерять значения и отношение емкостей C_2/C_{50}. Значения отношений R_{60}/R_{15} и C_2/C_{50} должны быть не ниже нормированных (табл. 6.1 и 6.2).

Трансформаторы мощностью более 100 кВ · А, но менее 2500 кВ · А напряжением 35 кВ, транспортируемые с маслом, могут быть включены без сушки при соблюдении одной из следующих комбинаций условий включения: а, б, в; б, в, г; а, в, г; а, б, г.

Для трансформаторов мощностью до 100 кВ · А включительно достаточно испытать масло только на пробивное напряжение при отсутствии в масле следов воды. Измерить сопротивление R_{60} и записать результат измерения в протокол испытаний. Для включения этих трансформаторов в работу без сушки должна быть соблюдена одна из следующих комбинаций условий: а, б; б, г; а, г.

После капитального ремонта со сменой обмоток дополнительно определяют силу тока холостого хода, проверяют группу соединения обмоток, коэффициент трансформации и при необходимости выполняют проверку обозначений начал и концов обмоток — фазировку трансформатора.

Одновременно с трансформаторами осматривают цепи первичных и вторичных соединений, измеряют сопротивление их изоляции и испытывают их повышенным напряжением, проверяют измерительные приборы и испытывают релейную защиту, проверяют работу выключателей и разъединителей. Трансформатор толчком включают на номинальное напряжение и осматривают его, проверяя плотность швов, прокладок, фланцевых соединений и т. п.

6.3. ОСМОТРЫ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При эксплуатации трансформаторы подвергают наружным осмотрам без отключения: в установках с постоянным дежурным персоналом или с дежурством на дому один раз в сутки, на станциях и подстанциях без постоянного дежурного один раз в месяц, на трансформаторных пунктах не реже одного раза за полугодие; инженерно-технический персонал проводит контрольный осмотр трансформаторов не реже одного раза в год.

При появлении сигнала от газового реле, а также после каждого аварийного отключения трансформатора проводят его внеочередной осмотр. В зависимости от местных условий и состояния трансформатора сроки осмотров могут быть изменены главным инженером предприятия.

Наружный осмотр трансформатора состоит в проверке: уровня и температуры масла и его соответствия отметкам на расширителе или маслоуказателе; чистоты и целостности изоляторов, состояния кабелей и ошиновки; чистоты поверхности кожуха, отсутствия подтеков масла из него и расширителя через крышку, фланцы и сливные краны; вентиляции в трансформаторном помещении, целостности дверей, окон, запоров; предохранителей, разъединителей, приводов и заземления. На мачтовых подстанциях осмотр выполняют при отключенной подстанции, но без отключения линии высокого напряжения.

Наряду с наружными осмотрами трансформаторы подвергают текущим ремонтам с отключением напряжения без выемки сердечника. Эти ремонты проводят не реже одного раза в три года, а для трансформаторов 35/6—10 кВ центральных подстанций — не реже одного раза в год.

Регулирующие устройства трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой ремонтируют после выполнения операций по переключению в соответствии с заводскими инструкциями. В объем текущего ремонта входят: чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контактов и соединений, измерение сопротивления изоляции обмоток и определение степени их увлажнения. Помимо наружных осмотров и текущих ремонтов трансформаторы в период эксплуатации подвергают следующим профилактическим испытаниям: а) испытанию электрической прочности масла — один раз в год; б) сокращенному химическому анализу масла — один раз в три года.

6.4. РЕЖИМЫ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При сколь угодно длительной номинальной нагрузке превышение температуры частей трансформатора над температурой окружающей среды не должно превосходить определенных значений. Согласно

нормам, максимально допустимую температуру охлаждающего воздуха принимают равной 35 °С, охлаждающей воды 25 °С.

Для местности, где максимальная температура окружающей среды равна 35 °С, среднегодовая составляет 5 °С. Поэтому трансформаторы, установленные в этой местности, можно нагружать до номинальной мощности.

Если среднегодовая температура воздуха в местности, где установлен трансформатор, отличается от 5 °С, то указанная на его заводском щитке номинальная мощность (кВ · А) должна быть пересчитана по формуле

$$S'_{н} = S_{н}\left(1 + \frac{5 - t_{ср}}{100}\right), \qquad (6.2)$$

где $S_{н}$ — номинальная мощность трансформатора, указанная на его заводском щитке, кВ · А; $t_{ср}$ — среднегодовая температура в местности, где установлен трансформатор.

Кроме того, в часы, когда температура окружающего воздуха будет выше 35 °С (но не выше 45 °С), нагрузка трансформатора должна быть уменьшена на 1 % номинальной мощности на каждый градус подъема температуры свыше 35 °С.

В практике эксплуатации за наибольшую допустимую температуру верхних слоев масла принимают температуру, которая наблюдается в процессе длительной работы трансформатора с номинальной нагрузкой при температуре окружающего воздуха 35 °С. При этом температура масла не должна превышать 95 °С, а температура обмоток трансформатора достигнет максимального значения 105 °С. В закрытых трансформаторных подстанциях превышение температуры горячего воздуха на выходе из камеры над температурой холодного воздуха на входе должно быть не больше 15 °С.

Абсолютная температура воздуха в трансформаторном помещении, измеренная на расстоянии 1,5...2 м от бака трансформатора на середине его высоты, не должна превосходить более чем на 5...8 °С температуру наружного воздуха.

Температуру верхних слоев масла контролируют с помощью термометра и маслоуказателя. На расширителе нанесены три контрольные черты на уровне масла, соответствующие температуре окружающей среды −35, + 15 и +35 °С. Термометры устанавливают на трансформаторах мощностью 63 кВ · А и выше. У трансформаторов небольшой мощности их ставят во вваренные на крышке бака штуцеры; при этом штуцер заливают маслом.

На трансформаторах мощностью свыше 1000 кВ · А для контроля температуры верхних слоев масла устанавливают термометры манометрического типа или с дистанционной подачей сигнала (например, ТС-100).

Расчетный срок службы трансформаторов при номинальной нагрузке и номинальных условиях охлаждения составляет примерно 20 лет.

Согласно нормам принимают, что при изменении температуры изоляции трансформатора на 6 °С срок ее службы изменяется вдвое (сокращается при повышении температуры и увеличивается при ее понижении). В условиях эксплуатации у большинства трансформаторов нагрузка изменяется в течение суток и года. Особенно резко это проявляется в сельских электрических сетях. Из-за неравномерности суточных графиков нагрузки трансформаторы имеют значительный запас по сроку службы изоляции. Поэтому в зависимости от суточного графика нагрузки допускаются систематические перегрузки трансформаторов по силе тока до полуторакратной.

В аварийных случаях независимо от длительности предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды допускаются следующие кратковременные перегрузки трансформаторов по силе тока сверх номинальной: 30 % — 120 мин; 45 % — 80 мин; 60 % — 45 мин; 75 % — 20 мин; 100 % — 10 мин; 200 % — 1,5 мин.

В аварийных случаях, если коэффициент начальной нагрузки не более 0,93, допускается в течение 5 суток перегрузка трансформаторов по силе тока 40 % сверх номинальной на время максимумов нагрузки общей продолжительностью не более 6 ч в сутки.

Если максимум типового (среднего) графика нагрузки летом меньше номинальной мощности трансформатора, то в зимние месяцы допускается дополнительная 1%-ная перегрузка трансформатора на каждый процент перегрузки летом, но не более чем на 15 %, причем суммарная нагрузка должна быть не более 150 % номинальной. Чтобы следить за нагрузкой трансформаторов мощностью 1000 кВ · А и выше, на них устанавливают амперметры, шкалы которых выбирают с учетом допустимых перегрузок трансформаторов.

6.5. КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ИЗОЛЯЦИИ И СУШКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

В процессе хранения, транспортирования и монтажа трансформаторов их изоляция (масло, дерево, картон, бумага, пряжа) увлажняется под воздействием окружающей среды. В процессе эксплуатации трансформаторы увлажняются как в результате тепло- и влагообмена между трансформатором и средой (трансформатор «дышит», осушаясь при нагреве и увлажняясь при охлаждении), так и вследствие окислительных процессов, происходящих в масле при его нагреве.

При увлажнении ухудшаются изоляционные характеристики трансформатора, что может стать причиной выхода его из строя при включении или эксплуатации.

Один из методов контроля за состоянием изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации — это профилактические испытания. Если результаты этих испытаний отрицательны, то проводят комп-

лекс измерений, чтобы оценить степень увлажнения изоляции трансформатора.

После длительного хранения трансформатора или нахождения его в нерабочем состоянии в неблагоприятных климатических условиях, прежде чем приступить к измерениям по оценке степени увлажнения изоляции, проводят сокращенный химический анализ и испытание электрической прочности трансформаторного масла.

Для трансформаторов мощностью до 2500 кВ · А напряжением 35 кВ включительно с расширителем, а также трансформаторов без расширителя мощностью до 100 кВ · А включительно, транспортируемых с маслом, условия включения без сушки следующие:

1) уровень масла — в пределах отметок маслоуказателя;

2) в масле нет следов воды, пробивное напряжение масла не ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно и не менее 30 кВ для трансформаторов напряжением до 35 кВ;

3) коэффициент абсорбции R_{60}/R_{15}, измеренный мегаомметром на напряжение 2500 В, не менее 1,3 при температуре 10...30 °С. Сопротивление изоляции обмоток трансформаторов R_{60} не нормируется, значение его указывают в паспорте трансформатора. Полученное значение сопротивления изоляции R_{60} (при одинаковых температурах) сравнивают с паспортным. Оно не должно быть ниже последнего более чем на 30 %. Новое значение сопротивления изоляции R_{60} также записывают в паспорт трансформатора с указанием даты измерения и температуры масла, при которой измеряли сопротивление;

4) если уровень масла ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель покрыты маслом, или если пробивное напряжение масла снижено не более чем на 5 кВ по сравнению с требуемым, то дополнительно измеряют значение C_2/C_{50} или tgδ обмоток в масле.

Отношение C_2/C_{50} измеряют с помощью прибора контроля влажности типа ПКВ или ЕВ. При температуре 10...30 °С это отношение должно быть меньше 1,1...1,3. Значение tg δ обмоток трансформатора измеряют при помощи мостов переменного тока, например МД-16. Для указанных выше трансформаторов при температуре обмоток 10...30 °С tg δ должен быть не более 0,015...0,026.

Для включения без сушки трансформаторов мощностью более 100 кВ · А, но менее 2500 кВ · А, напряжением до 35 кВ, транспортируемых с маслом, достаточно соблюсти условия: 1, 2 и 3, или 2, 3 и 4, или 1, 3 и 4.

Изоляцию обмоток трансформаторов можно сушить различными способами: потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности; в сушильных печах; при помощи ламп инфракрасного света; током короткого замыкания. Однако в условиях эксплуатации получили распространение наиболее экономичные и удобные способы сушки: потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности. И в том, и в другом случае сушку можно проводить на месте установки трансформаторов при любой температуре окружающей среды, но со сливом масла из баков.

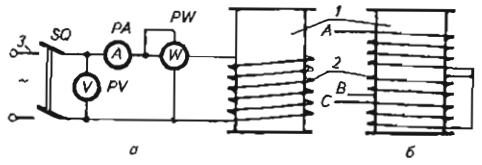


Рис. 6.1. Схема сушки трансформатора при помощи намагничивающей обмотки: *а* — однофазной; *б* — трехфазной (фазы A, B, C); *1* — нагреваемый трансформатор; *2* — намагничивающая обмотка; *3* — источник питания

Сушка потерями в собственном баке. Иногда этот способ называют индукционным. Нагрев происходит за счет потерь в баке (рис. 6.1). Чтобы получить более равномерное распределение температуры внутри бака, намагничивающую обмотку наматывают на 40...60 % высоты бака (снизу), причем на нижней части бака витки располагают гуще, плотнее, чем на верхней. Провод для обмотки может быть выбран любой.

Обмотку рассчитывают следующим образом:

Число витков

$$w = \frac{UA}{l}, \qquad (6.3)$$

где U — напряжение источника тока, В; A — коэффициент; l — периметр бака, м.

Значение A определяют по таблице 6.3 в зависимости от удельных потерь мощности (кВт/м^2)

$$\Delta P = k_т \frac{F}{F_0}(t_к - t_0), \qquad (6.4)$$

где $k_т$ — коэффициент теплоотдачи, кВт/(м^2 · °С); для утепленного бака $k_т$ = = 5 кВт/(м^2 · °С), для неутепленного $k_т$ = 12 кВт/(м^2 · °С); F — площадь поверхности бака трансформатора, м^2; F_0 — площадь поверхности бака, занятая обмоткой, м^2; $t_к$ — температура нагрева бака; обычно равна 105 °С; t_0 — температура окружающей среды, °С.

6.3. Зависимость A от удельных потерь мощности ΔP

ΔP, кВт/м^2	A	ΔP, кВт/м^2	A
0,75	2,33	1,4	1,74
0,8	2,26	1,6	1,65
0,9	2,12	1,8	1,59
1,0	2,02	2,0	1,54
1,1	1,92	2,5	1,42
1,2	1,84	3,0	1,34

Сила тока в обмотке (А)

$$I = \frac{\Delta P F_0}{U \cos \varphi}, \qquad (6.5)$$

где $\cos \varphi = 0{,}5...0{,}7$ для трансформаторов с гладкими или трубчатыми баками; для трансформаторов с ребристыми баками $\cos \varphi = 0{,}3$.

Чем толще стенки бака, массивнее детали наружного крепежа, тем выше значение $\cos \varphi$.

Температуру нагрева трансформатора можно регулировать изменением подводимого напряжения, изменением числа витков намагничивающей обмотки, периодическими отключениями питания намагничивающей обмотки.

Сушка токами нулевой последовательности (ТНП). Этот способ отличается от предыдущего тем, что намагничивающей обмоткой служит одна из обмоток трансформатора, соединенная по схеме нулевой последовательности (рис. 6.2). Трансформаторы, применяемые в сельской электрификации, чаще всего имеют 12-ю группу соединения обмоток. В этом случае очень удобно использовать в качестве намагничивающей обмотку низшего напряжения (НН), которая имеет выведенную на нуль точку.

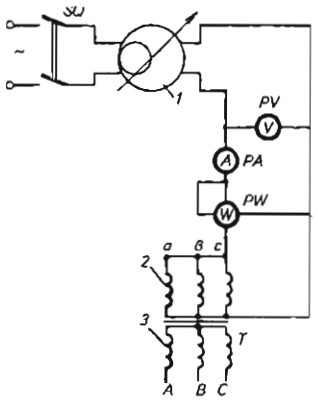


Рис. 6.2. Схема сушки трансформатора токами нулевой последовательности:
1 — потенциал-регулятор; *2* — обмотка низшего напряжения (НН); *3* — обмотка высшего напряжения (ВН)

При сушке трансформатора токами нулевой последовательности нагрев происходит за счет потерь в намагничивающей обмотке, в стали магнитопровода и его конструктивных деталях, а также в баке от действия потоков нулевой последовательности. Таким образом, при сушке трансформаторов токами нулевой последовательности имеются внутренние и внешние источники теплоты. Эта сушка представляет собой как бы сочетание двух способов сушки: током короткого замыкания и потерями в собственном баке.

Параметры сушки трансформаторов токами нулевой последовательности можно определить следующим образом. Мощность, потребляемая намагничивающей обмоткой (кВт):

$$P_0 = \Delta P F, \qquad (6.6)$$

где ΔP — удельный расход мощности, кВт/м^2.

Для трансформаторов без тепловой изоляции бака, сушка которых протекает при температуре активной (выемной) части 100...110 °С и окружающей среды 10...20 °С, можно принять $\Delta P = 0{,}65...0{,}9$ кВт/м^2. Меньшее значение удельной мощности принимают для трансформаторов меньшей мощности.

Подводимое напряжение при соединении намагничивающей обмотки в звезду

$$U_0 = \sqrt{\frac{P_0 z_0}{3 \cos \varphi}}, \qquad (6.7)$$

где z_0 — полное сопротивление нулевой последовательности фазы обмотки, Ом; его можно определить опытным путем;

$$\cos \varphi = 0{,}2...0{,}7.$$

Чем больше мощность трансформатора, массивнее детали его внутреннего крепежа, толще стенки бака, меньше расстояние между магнитопроводом и баком, тем больше значение $\cos \varphi$. Значение его также можно определить опытным путем.

Силу фазового тока сушки (А), необходимого для выбора измерительных приборов и площади поперечного сечения подводящих проводов, для трансформаторов с трубчатыми баками можно найти из выражения

$$I_0 = I_н \sqrt{\frac{10}{S_н}}, \qquad (6.8)$$

где $I_н$ — сила номинального тока, А; $S_н$ — номинальная мощность трансформатора, кВ · А.

При внутреннем источнике теплоты сушка трансформаторов токами нулевой последовательности характеризуется значительно меньшими потреблением мощности (до 40 %) и временем сушки (тоже до 40 %) по сравнению с сушкой трансформатора потерями в собственном баке.

Недостаток сушки трансформаторов токами нулевой последовательности заключается в том, что напряжение питания нестандартное, т. е. необходим специальный источник тока. Чаще всего таким источником тока может быть сварочный трансформатор.

После сушки трансформатора выполняют его ревизию, проверяют прочность крепления изоляционных клиньев между токоведущими частями и магнитопроводом — расклиновку обмоток, определяют сопротивление изоляции стяжных шпилек магнитопровода (должно быть не ниже 5 МОм для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно), подтягивают все болтовые соединения. Температура трансформатора при ревизии должна быть на 5...10 °С выше температуры окружающего воздуха.

Продолжительность пребывания активной части трансформатора на открытом воздухе не должна превышать 16 ч в сухую погоду (относительная влажность воздуха до 75 %) и 12 ч во влажную (относительная влажность воздуха свыше 75 %). Все трансформаторы после заливки маслом до включения выдерживают 48 ч в теплом помещении и 120 ч в холодном.

6.6. ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ ТРЕБОВАНИЯ

Качественное трансформаторное масло имеет светло-желтый цвет. Сильное потемнение в процессе эксплуатации свидетельствует о порче масла вследствие загрязнения или окисления. Хорошее масло имеет слабый запах керосина. Оно должно сохранять прозрачность при охлаждении до 5 °С. Прозрачность проверяют в стеклянном прямоугольном сосуде, на одну из стенок которого наклеивают полоску бумаги с нанесенными на нее черной тушью линиями толщиной 0,1; 0,5 и 1 мм. Если через слой масла в 100 мм четко видны все линии, то масло хорошее; если линия толщиной 0,5 мм видна нечетко, а линия толщиной 1 мм четко, то желательна очистка; при меньшей прозрачности масла необходима немедленная очистка.

В масле не должно быть воды. Если при опускании в пробирку с маслом раскаленной проволоки раздается треск, то это означает, что в масле есть влага и его необходимо очищать или сушить.

Кислотность масла характеризуется кислотным числом, которое представляет собой количество КОН — гидроксида калия (мг), необходимое для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла. Это количество должно быть не более 0,05 мг КОН/г для чистого и сухого масла и не должно превышать 0,25 мг КОН/г для эксплуатационного.

Вязкость масла должна быть $(2{,}8...3{,}5) \cdot 10^{-6}$ м^2/с при температуре 20 °С и $(1{,}1...1{,}3) \cdot 10^{-6}$ м^2/с при 50 °С.

Температура вспышки масла любого типа должна быть не менее 140 °С, допускается снижение температуры вспышки не более чем на 5 °С.

Зольность должна быть не более 0,005 %. О наличии серы свидетельствует потемнение полированной медной пластинки после кипячения ее в масле в течение 12 ч.

Для определения растворимых в воде кислот и щелочей используют реакцию водной вытяжки, проводимую при помощи индикаторов, способных резко изменить свой цвет в присутствии незначительных количеств кислоты или щелочи (например, водный раствор метилоранжа).

Пробивное напряжение эксплуатационного масла, характеризующее его электрическую прочность и определяемое при помощи стандартных аппаратов (например, АИИ-70, АКИ-50, АИИМ-72, АМИ-80 и т. д.), должно быть не менее 25 кВ для аппаратов напряжением до

15 кВ и не ниже 30 кВ для аппаратов напряжением до 35 кВ включительно.

Сокращенный химический анализ масла охватывает определение температуры вспышки, электрической прочности, кислотного числа, реакции водной вытяжки или количественное определение водорастворимых кислот, качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей. Пробы масла отбирают в совершенно сухую бутылку с притертой стеклянной пробкой. Летом пробу берут в сухую погоду, а зимой в морозную. Пробу масла берут, открывая спускной вентиль в нижней части трансформатора, дают стечь небольшому количеству масла, чтобы смыть грязь у выходного отверстия вентиля, и только после этого набирают в бутылку примерно 0,75 л масла для испытания на пробой и 1,5 л для сокращенного химического анализа. При транспортировании пробку бутылки заливают парафином.

Перед испытаниями бутылку с маслом прогревают до температуры помещения, чтобы избежать конденсации паров воды в масле и уменьшения пробивного напряжения.

Воду из масла удаляют, нагревая его различными способами: током короткого замыкания, потерями в собственном баке, токами нулевой последовательности. В некоторых случаях для очистки масла достаточно его отстоять в соответствующей емкости в помещении с относительно сухим и чистым воздухом. Но наибольшее распространение получила сушка масла при помощи центрифугирования при температуре 40...50 °С. При этом масло очищается не только от воды, но и от тяжелых механических примесей. Легкие механические примеси, а также и воду из масла удаляют при помощи фильтрпрессов. В фильтрпрессе масло при температуре 40...50 °С под давлением 0,3...0,5 МПа (3...5 кгс/см^2) прогоняют через фильтровальную бумагу, которая впитывает влагу и задерживает механические примеси — волокна, шлам, сажу и т. д.

Фильтровальную бумагу при очистке меняют через 1...4 ч. Ее можно промывать, сушить и вновь использовать.

Фильтрпресс обычно включают после центрифуги, добиваясь почти предельной очистки масла от примесей. Центрифугирование и фильтрование очищают масло, но не восстанавливают его утраченных свойств. Для удаления из масла продуктов окисления и для восстановления его прежних качеств прибегают к регенерации.

Регенерацию масел осуществляют при помощи адсорбентов — веществ, способных поверхностью своих частиц поглощать продукты старения масла и влагу (явление адсорбции). В качестве адсорбентов используют природные отбеливающие глины, земли, опоки, аморфные или активированные угли, оксиды алюминия, силикагели (измельченная кремниевая кислота) и цеолит.

Регенерацию проводят контактным или перколяционным способами. В первом случае обычно применяют менее активные адсорбенты — отбеливающие глины. Адсорбент в размолотом прокаленном ви-

де добавляют в подогретое до 80...90 °С масло, перемешивают, отстаивают, после чего масло отправляют на фильтрование. Во втором случае масло пропускают через адсорбент, а затем фильтруют.

В последнее время регенерацию масла осуществляют непосредственно в трансформаторе в период его эксплуатации, для чего трансформаторы оборудуют специальными термосифонными фильтрами, поглотительными патронами и воздухоосушителями, заполняемыми обычно силикагелем. В процессе эксплуатации масло, проходя через силикагель, восстанавливает свои свойства.

6.7. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Для повышения надежности электроснабжения современного сельскохозяйственного производства на сельских подстанциях стремятся устанавливать по два трансформатора, которые чаще всего работают параллельно (рис. 6.3). Число работающих трансформаторов влияет на стоимость потерь энергии в них (необходимо учесть и надежность их работы под напряжением). В каждом конкретном случае путем технико-экономических расчетов определяют наиболее приемлемый вариант включения трансформаторов. Это позволяет снизить суммарные потери электроэнергии и обеспечить минимум ущерба при отказе в работе одного из трансформаторов.

Для включения трансформаторов на параллельную работу необходимо, чтобы они имели: одинаковые группы соединения обмоток; равенство номинальных первичных и вторичных напряжений, что практически сводится к равенству коэффициентов трансформации (с допуском 0,5...1 %); равенство напряжений короткого замыкания (с допуском до 10 %); отношение мощностей трансформаторов 1 : 3 (при больших отклонениях затрудняется фазировка).

Для определения правильного подключения зажимов выполняют фазировку, для чего в схеме на рисунке 6.4 необходимо включить выключатели SQ_1, SQ_2 и SQ_3 при выключенных SQ_4 и SQ_5 (см. рис. 6.3) и измерить напряжения $a_4\,a'_4$, $b_4\,b'_4$ и $c_4\,c'_4$ на зажимах Q_4 (см. рис. 6.4). Эти напряжения должны быть равны нулю; в противном случае необходима последовательная перестановка зажимов a_4, b_4 и c_4 (при одинаковых группах соединения обмоток).

Оперативный персонал (или работники электролаборатории под его наблюдением) проводит фазировку по распоряжению группы по электробезопасности. На этой работе должно быть занято не менее двух лиц, имеющих III и IV степени квалификации. Без участия оперативного персонала фазировку проводят по наряду.

Перед началом работы надевают головной убор, плотно застегивают одежду и надевают диэлектрические перчатки и очки. Стоять следует устойчиво на изолированном основании и не касаться стен или заземленных частей.

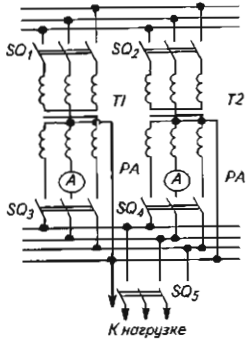


Рис. 6.3. Принципиальная схема параллельной работы двух трансформаторов:
T1 и *T2* — трансформаторы; $SQ_1 ... SQ_5$ — выключатели

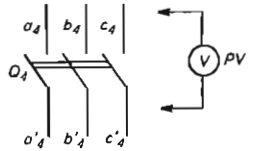


Рис. 6.4. Схема определения правильности соединения выводов обмоток трансформатора при их параллельной работе (фазировка)

Перед фазировкой проверяют напряжение на всех шести зажимах от обоих источников питания: при напряжении до 220 В — токоискателем, при напряжении выше 220 В — указателем напряжения с дополнительным резистором.

При фазировке щупом указателя напряжения прикасаются к токопроводящему проводу какой-либо фазы, а щупом другой трубки с дополнительным резистором — к той же фазе другого источника. При совпадении одноименных фаз лампы светиться не будут, так как отсутствует разность потенциалов. Если фазы перепутаны, то указатель покажет наличие напряжения. Тогда фазировку исправляют только после полного снятия с электроустановки напряжения и выполнения других необходимых мер безопасности.

Указатель напряжения, используемый при фазировке, должен быть рассчитан на двойное рабочее напряжение фазируемых цепей или иметь соответствующий дополнительный резистор.

6.8. ЭКОНОМИЧНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Для повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей на сельских подстанциях устанавливают несколько трансформаторов, которые чаще всего работают на общие шины при неравномерном графике нагрузки.

Число одновременно работающих трансформаторов влияет на экономичность их использования и стоимость потерь энергии в них. Очевидно, что по мере снижения нагрузки часть трансформаторов можно отключить и тем самым сократить потери энергии. Определим условия выбора оптимального варианта включения двух трансформаторов

на параллельную работу при изменении их нагрузки. Чтобы найти предельную мощность нагрузки, при которой надо изменять схему, приравняем стоимость годовых потерь энергии в одном или двух трансформаторах одинаковой мощности $S_н$ при одной и той же искомой оптимальной (предельной) нагрузке $S_{пр}$:

$$P_х З_х \cdot 8760 + P_к З_к \tau (S_{пр}/S_н)^2 = 2P_х З_х \cdot 8760 + 2P_к З_к \tau (S_{пр}/2S_н)^2, \quad (6.9)$$

где $P_х$, $P_к$ — активные потери холостого хода и короткого замыкания; $З_х$, $З_к$ — приведенные затраты на потери энергии при числе часов потерь соответственно 8769 и τ.

Отсюда

$$\frac{S_{пр}}{S_н} = \sqrt{\frac{2P_х З_х \cdot 8760}{P_к З_к \tau}}. \quad (6.10)$$

При увеличении нагрузки выше расчетной целесообразно включить оба трансформатора, а при понижении — один. Для трансформаторов напряжением 35/10 кВ номинальной мощностью от 1 до 6,3 мВ · А и при средних соотношениях параметров, входящих в выражение, предельная нагрузка составляет примерно 100...110 % номинальной мощности одного трансформатора.

Однако в данном конкретном случае не учитывается, что и на передачу реактивной мощности также затрачивается активная мощность. Поэтому при определении числа параллельно работающих трансформаторов n, наиболее выгодного по потерям, реактивные потери переводят в активные путем умножения реактивной мощности потерь на экономический эквивалент $K_р$:

$$P_Σ = n(P_х + K_р Q_х) + \frac{1}{n}(P_к + K_р Q_к)β^2, \quad (6.11)$$

где $K_р$ — для трансформаторов распределительных сетей напряжением 6...10 кВ равен 0,15, а трансформаторов 35...110 кВ — 0,08; $Q_х$, $Q_к$ — реактивные мощности холостого хода и короткого замыкания.

Учитывая равенство (6.11), на подстанциях с трансформаторами одинаковой мощности и конструкции число одновременно включенных трансформаторов можно определить следующими неравенствами: при возрастании нагрузки выгодно к n параллельно работающим трансформаторам подключить еще один трансформатор, если суммарная нагрузка $S_Σ$ удовлетворяет условию:

$$S_Σ > S_н \sqrt{\frac{(n+1)(P_х + K_р Q_х)}{n(P_к + K_р Q_к)}},$$

где $S_н$ — сумма номинальных мощностей трансформатора.

При убывании нагрузки, наоборот, целесообразно отключить один из трансформаторов, если

$$S_Σ < S_н \sqrt{\frac{(n-1)(P_х + K_р Q_х)}{n(P_к + K_р Q_к)}}.$$

Реактивные потери можно вычислить по формулам:

$$Q_х = \frac{i_х}{100} S_н; \; Q_к = \frac{u_к}{100} S_н,$$

где $i_х$, $u_к$ —относительные сила тока холостого хода и напряжение короткого замыкания, % соответствующих номинальных параметров.

Для трансформаторов различной мощности такую задачу обычно решают графическим методом, при использовании которого на графике строят зависимость приведенных потерь от нагрузки каждого трансформатора и всей параллельной схемы. На основе полученных графиков делают вывод о целесообразности включения в работу определенного числа трансформаторов.

6.9. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИСПЫТАНИЯХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Осмотр силовых трансформаторов выполняют непосредственно с земли или со стационарных лестниц с поручнями. На трансформаторах, находящихся в работе или резерве, доступ к смотровым площадкам должен быть закрыт предупреждающими плакатами «Не влезай! Убьет».

Отбор газа из газового реле работающего трансформатора следует выполнять после разгрузки и отключении трансформатора.

Работы, связанные с выемкой активной части из бака трансформатора или поднятием колокола, выполняют по специально разработанному для местных условий проекту производства работ.

К проведению работ внутри баков трансформатора допускают только специально подготовленных рабочих и специалистов, хорошо знающих устройство трансформатора. Спецодежда работающих должна быть чистой и удобной, не иметь металлических застежек, защищать тело от перегрева и загрязнения маслом. В качестве обуви необходимо использовать резиновые сапоги.

Освещение при выполнении работ внутри трансформатора обеспечивается переносными светильниками напряжением не более 12 В с защитной сеткой и только заводского исполнения или аккумуляторными фонарями. При этом разделительный трансформатор для переносного светильника устанавливают вне бака трансформатора.

Работы по регенерации трансформаторного масла, его осушке, очистке, дегазации проводят в специальной защитной одежде и специальной обуви.

В процессе слива и залива трансформаторного масла в силовые трансформаторы напряжением 110 кВ и выше вводы трансформаторов заземляют во избежание появления на них электростатического заряда.

На мачтовых трансформаторных подстанциях, переключательных пунктах и других устройствах, не имеющих ограждений, приводы разъединителей, выключателей нагрузки, шкафы напряжением выше 1000 В и щиты напряжением до 1000 В должны быть заперты на замок. Стационарные лестницы на площадке обслуживания должны быть сблокированы с разъединителями и заперты на замок.

Глава 7
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

7.1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Чтобы обеспечить нормальную работу воздушных линий электропередачи, необходимо своевременно проводить соответствующие работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

Задачи эксплуатации могут быть решены при выполнении следующих условий: постоянное наблюдение за воздушными линиями (осмотры); соблюдение допустимых режимов работы по токам нагрузки; проведение измерений, профилактических испытаний и планово-предупредительных ремонтов; ведение технической документации; тщательное расследование причин аварий и разработка мероприятий по их устранению.

На воздушных линиях напряжением до 1000 В применяют деревянные опоры из антисептированной древесины, деревянные на железобетонных или деревянных (антисептиированных) приставках и железобетонные. Опоры рассчитывают по предельным механическим нагрузкам, возникающим в нормальных режимах работы воздушных линий. Расчетные сочетания механических нагрузок определяют в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП).

В местах, где есть опасность наезда транспорта на опоры, их защищают отбойными тумбами. На каждой опоре на высоте 2,5...3,0 м от земли пишут порядковый номер и год ее установки. Расположение проводов на опоре не зависит от района климатических условий. Нулевой провод располагают, как правило, ниже фазных проводов. Провода наружного освещения прокладывают совместно с проводами воздушных линий, но располагают под нулевым проводом.

Расстояние между проводами устанавливают в зависимости от района гололедности и длины пролета. Так, на воздушных линиях в I, II и III районах гололедности вертикальное расстояние между проводами на опорах должно быть не менее 40 см, а горизонтальное при пролетах более 30 м — не менее 30 см.

Горизонтальное расстояние между проводами при спусках на опорах должно быть не менее 15 см, а расстояние от провода до элементов опоры — не менее 5 см. Допускается совместно подвешивать на опорах провода сети напряжением 380/220 В с проводами радиотрансляционной сети. При этом провода воздушных линий располагают над проводами радиотрансляции, и расстояние от нижнего провода воздушной линии до верхнего провода радиотрансляции должно составлять не менее 1,5 м, а в пролете — не менее 1,25 м. В пролете допускается пересечение проводов воздушных линий с проводами связи. Провода воздушных линий должны быть расположены выше и иметь двойное крепление.

При наибольшей стреле провеса расстояние от проводов до поверхности земли в проезжей части улиц и дорог должно быть не менее 6 м. На ответвлениях к вводам в здания расстояние от проводов до тротуара и пешеходных дорожек может быть уменьшено до 3,5 м.

Ввод в эксплуатацию. После завершения работ по сооружению воздушных линий руководство предприятия электросетей назначает рабочую комиссию по приемке воздушных линий в эксплуатацию. В комиссию входят представители предприятия электросетей, подрядчика, субподрядчика, проектной организации, а также других заинтересованных организаций.

Рабочая комиссия представляет следующие технические документы: 1) рабочий проект воздушных линий с изменениями, внесенными в процессе строительства; 2) исполнительную схему сети с указанием марок и площадей сечения проводов, типов опор, защитных заземлений, средств грозозащиты и т. д.; 3) акты осмотров переходов и пересечений; 4) акты на скрытые работы по устройству заземлений и заглублений опор; 5) протоколы измерений сопротивления заземлителей; 6) паспорт линии.

Непосредственно перед сдачей в эксплуатацию вновь сооруженной или вышедшей из капитального ремонта воздушной линии проверяют следующее: техническое состояние и соответствие линии проекту; равномерность распределения нагрузки по фазам; заземляющие и грозозащитные устройства; стрелы провеса и расстояния до земли и на пересечениях.

После принятия воздушных линий рабочей комиссией и ликвидации всех недоделок воздушную линию представляют Государственной приемочной комиссии, назначенной районным энергетическим управлением.

Государственная приемочная комиссия на основании осмотра воздушной линии, актов рабочей комиссии, технической документации и ряда других дополнительных документов определяет качество работ, соответствие их проекту и возможность сдачи воздушной линии в эксплуатацию. После включения воздушной линии под напряжение и нормальной работы ее в течение суток Государственная приемочная комиссия подписывает акт приемки воздушной линии в эксплуатацию.

Осмотры и техническое обслуживание. В процессе эксплуатации воздушных линий проводят периодические и внеочередные осмотры. К периодическим осмотрам относятся дневные, ночные, верховые и контрольные.

Дневные осмотры проводят для проверки состояния элементов воздушных линий и ее трассы. При этом подтягивают бандажи и восстанавливают нумерацию опор. Элементы линии, недоступные для осмотра с земли невооруженным глазом, монтер-обходчик осматривает в бинокль.

Ночные осмотры проводят для выявления свечения или искрения в местах неплотных соединений, а также для выявления дефектных ламп уличного освещения.

При выполнении дневных и ночных осмотров линии обходчик не поднимается на опоры и линия не отключается.

Однако не все дефекты можно выявить при осмотре с земли. Поэтому не реже одного раза в шесть лет проводят *верховой осмотр* воздушных линий. Линию при этом отключают и заземляют. Во время верхового осмотра проверяют крепление изоляторов и арматуры, степень загрязнения изоляторов, состояние верхних частей опор, соединений проводов и т. п.

Для контроля за работой персонала, обслуживающего воздушную линию, проверки выполнения противоаварийных мероприятий, проведения оценки состояния воздушных линий и их трасс инженерно-технический персонал проводит выборочные контрольные осмотры линий.

Внеочередные осмотры воздушных линий электропередачи проводят при наступлении гололеда, сильных морозов (ниже −40 °С), после ледохода, разлива рек, при лесных и степных пожарах, а также после автоматического отключения линии.

Периодичность проводимых осмотров приведена в таблице 7.1.

При проведении периодических осмотров проверяют, чистая ли трасса, касаются ли провода ветвей деревьев; нет ли ожогов, трещин, боя изоляторов, обрывов проводов; обращают внимание на целостность вязок, регулировку проводов; на состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, на целостность бандажей и заземляющих устройств,

7.1. Периодичность осмотров воздушных линий

Осмотры	Периодичность осмотров	Исполнитель
Дневной	Не реже 1 раза в 6 мес (для районных электросетей), 1 раз в мес (для потребителей)	Электромонтер, квалификационная группа не ниже II
Ночной	По мере необходимости	То же
Верховой	Не реже 1 раза в 6 лет	Электромонтер, квалификационная группа не ниже III
Контрольный	Не реже 1 раза в год	ИТР, квалификационная группа не ниже IV
Внеочередные	–	Назначается главным инженером РЭС

на состояние соединителей, наличие набросов и следов перекрытий, а также на состояние вводных ответвлений и предохранителей.

Все повреждения, нарушения, обнаруженные во время осмотров, заносят в листок осмотра.

При осмотрах воздушных линий выявляются не все неисправности. Поэтому правилами технической эксплуатации предусмотрено проведение следующих проверок и измерений:

проверка состояния деревянных опор с определением степени загнивания отдельных деталей — не реже одного раза в три года;

измерение сопротивлений заземлений — не реже 1 раза в 6 лет;

проверка состояния железобетонных опор и приставок с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности — делают после первых 3 лет эксплуатации и в дальнейшем один раз в 6 лет;

измерение расстояний от проводов воздушной линии до пересекаемых сооружений и до земли — во всех случаях, когда возникают сомнения в соответствии требуемых расстояний.

Загнивание разных частей деревянных опор возникает и развивается неодинаково. Этот процесс быстро прогрессирует при влажности 30...60 %. Такая влажность наблюдается в подземной части приставок, в торцах деталей опор и в местах сопряжения деталей, где долго задерживается влага. Поэтому степень загнивания древесины опоры и приставки определяют на глубине 30...40 см ниже уровня земли, на уровне земли, на траверсе, а также у верхних бандажей в местах закрепления раскосов и распорок.

Наиболее часто происходит поверхностное круговое загнивание опоры — иногда только с одной стороны, обращенной на север, которая большую часть времени находится в тени. Реже древесина гниет с ядра ствола. В деталях опор гниение происходит вдоль трещин, где влага долго держится из-за плохого проветривания.

По глубине и характеру распространения загнивания можно определить эквивалентный диаметр оставшейся здоровой части древесины и решить вопрос о необходимости замены той или иной детали.

Проверка древесины на загнивание состоит из внешнего осмотра и простукивания деталей по всей их длине, а также измерения глубины загнивания в опасном сечении и глубины трещин.

Внешним осмотром выявляют поверхностные очаги загнивания (круговые или местные), трещины. При простукивании молотком (массой не более 0,4 кг) по звуку выявляют наличие внутреннего загнивания. После определения опасного сечения, наиболее подверженного гниению, измеряют глубину загнивания. Определяют ее специальными пружинными приборами или, при отсутствии таковых, щупом или буравчиком. Щуп — заостренный пруток или шило с нанесенными на нем делениями (через 0,5 см). Усилием рук щуп вводят в загнившие слои древесины. Встретив здоровые слой, он задерживается. Глубина проникновения щупа в древесину соответствует глубине загнивания. Щупом можно с достаточной для практики точностью определить глубину только наружного загнивания.

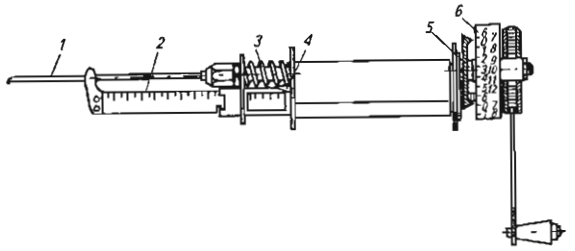


Рис. 7.1. Прибор для измерения глубины загнивания древесины при помощи буравчика:
1 — буравчик; *2* — рейки со шкалой; *3, 5* — пружины; *4, 6* — шкалы

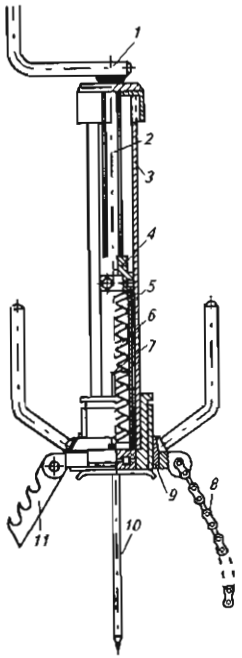


Рис. 7.2. Прибор ПД-1:
1 — ручка; *2* — винт; *3* — корпус; *4, 9* — гайки; *5* — внутренний цилиндр; *6* — пружина; *7* — указатель; *8* — цепь; *10* — игла; *11* — ушки

Более точно глубину загнивания определяют буравчиком (рис. 7.1) или прибором ПД-1 (рис. 7.2), снабженным иглой. Прибором по ходу погружения иглы в древесину измеряется усилие прокалывания. Границу здоровой древесины определяют по резкому увеличению усилия прокалывания.

Степень загнивания деталей, расположенных вертикально или наклонно (стойки, приставки и т. д.) определяют в трех точках по окружности детали, а в горизонтально расположенных деталях (траверсы и т. д.) — в двух точках: сверху и снизу напротив первой.

Среднюю глубину поверхностного загнивания в каждом сечении находят как среднее арифметическое результатов измерений.

Диаметр здоровой части древесины (эквивалентный диаметр)

$$d_э = D - 2b_{ср}, \qquad (7.1)$$

где D — наружный диаметр детали; $b_{ср}$ — средняя глубина загнивания.

Детали опоры бракуют, если диаметр здоровой части древесины меньше наименьшего допустимого в эксплуатации, определенного расчетом. Наименьшие допустимые диаметры (см) основных деталей опор (стойки или приставки у земли) высотой 7,2 м для линии электропередачи, несущей до девяти проводов (пять проводов марки АС50 и четыре провода марки ПСО4), приведены ниже:

Опоры	
Одностоечная (0,4 кВ)	17
А-образная	
концевая	17
угловая	18

В целях упрощения расчета эквивалентного диаметра условно принимают, что при любой форме внутреннего загнивания здоровая часть древесины в сечении представляет собой либо круговое кольцо с полным внутренним загниванием (с ядром загнивания в центре), либо круговое кольцо со здоровым ядром в центре (неполное внутреннее загнивание).

По результатам измерений вычисляют среднюю толщину наружного здорового слоя, среднюю толщину гнилого слоя древесины и диаметр здоровой сердцевины.

Момент сопротивления загнившей детали, имеющей сечение в виде кольца,

$$W_1 = \frac{\pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right), \qquad (7.2)$$

где D — наружный диаметр кольца; d — внутренний диаметр кольца.

Момент сопротивления на изгиб круга

$$W_2 = 0{,}1 d_э^3. \qquad (7.3)$$

Эквивалентный диаметр загнившей древесины определяют путем подбора равнопрочной круглой детали с вполне здоровой древесиной по всему сечению.

Как показали испытания, момент сопротивления деталей при полном внутреннем загнивании снижается вследствие старения и прочих скрытых дефектов. Поэтому вводят поправочный коэффициент, учитывающий это ослабление прочности древесины, и эквивалентный диаметр рассчитывают по формуле

$$d_э = k\sqrt[3]{\frac{D^4 - d^4}{D}}. \qquad (7.4)$$

Значение коэффициента k определяют в зависимости от толщины стенки $\delta_{ср}$ (см)здорового слоя:

$\delta_{ср}$	2	3	4	5	6
k	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0

Бракуют детали как и при наружном загнивании, путем сравнения диаметра равнопрочного сечения (эквивалентного диаметра) с минимально допустимым диаметром для данной детали.

При полном внутреннем загнивании и толщине здорового слоя меньше 2 см деталь подлежит немедленной замене. Если эквивалентный диаметр больше расчетного на 2...4 см, деталь остается в эксплуатации, но требуется ежегодная проверка, а при большем превышении эквивалентного диаметра над расчетным — проверка через 3 года.

Наличие на древесине сквозных трещин, крупных сучков расценивается как ослабление древесины по внутреннему загниванию на 1—2 см. Ослабление древесины по внутреннему загниванию врубками и притесами расценивается как наружное загнивание на глубину врубок. Отверстия, просверленные во время испытаний, необходимо забить деревянными пробками и хорошо замазать противогнилостным составом (суперобмазкой, креозотом, горячей смолой).

При проверке заземляющих устройств их осматривают и измеряют сопротивление. Заземляющие устройства, находящиеся в земле, проверяют выборочно со вскрытием грунта. Обращают внимание на глубину заложения (не менее 0,5 м, а в пахотной земле 1 м). Размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников должны быть не менее 6 мм^2 в сечении, а при прямоугольном сечении — не менее 48 мм^2 и т. д. Сопротивление заземляющих устройств следует измерять в периоды наименьшей проводимости почвы: летом — при наибольшем просыхании почвы, зимой — при наибольшем промерзании. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать значения, нормируемого по Правилам устройства электроустановок, более чем на 10 %.

Измеряют сопротивление заземляющих устройств специальными приборами МС-07, МС-08 и М-416. В сетях с занулением для наиболее удаленных электроприемников 1 раз в 5 лет измеряют прибором М417 сопротивление фаза — нуль. Для надежной работы плавких вставок предохранителей или во время отключения автоматов при однофазном коротком замыкании в конце линии сопротивление петли фаза — нуль должно быть таким, чтобы сила тока короткого замыкания превышала по крайней мере втрое силу номинального тока плавкой вставки или в 1,4 раза силу тока отключения мгновенного расцепителя автоматического выключателя.

При проверке состояния железобетонных опор и приставок их осматривают, измеряют ширину раскрытия трещин, определяют размеры раковин и сколов. На железобетонных опорах допускаются раковины и выбоины размером не более 10 мм (по глубине, ширине и длине) и числом не более двух на 1 м длины. Для железобетонных опор с ненапряженной арматурой на 1 м длины допускается не более шести кольцевых трещин шириной до 0,2 мм. Для опор с частично напряженной арматурой допускается ширина раскрытия трещин до 0,05 мм. На опорах с полностью напряженной арматурой трещины не допускаются. Размеры трещин измеряют набором щупов или оптическим трещиномером. Обнаруженные трещины промазывают полимерцементным раствором и краской.

Стрелы провеса и габариты измеряют во всех случаях, когда их соответствие проектным данным вызывает сомнение.

Габариты воздушных линий можно измерять без снятия и со снятием напряжения. Без снятия напряжения измерения выполняют при помощи теодолита, специальных оптических угломерных приборов или изолирующими штангами. Простым и удобным прибором для измерения габаритов является также карманный высотомер. Для непосредственного измерения габаритов линий применяют изолирующие штанги: один монтер касается провода линии концом штанги, другой измеряет расстояние от нижнего конца штанги до земли.

Со снятием напряжения расстояние от проводов воздушной линии до поверхности земли измеряют при помощи веревки, рулетки или рейки. Расстояние по горизонтали от проводов до строений, деревьев и других предметов, расположенных вблизи линий, измеряют непосредственно. Стрелы провеса измеряют угломерными приборами либо путем глазомерного визирования; фактически стрела провеса может отличаться от нормируемой не более чем на 5 %.

Стрелы провеса и габариты линии не рекомендуется измерять при скорости ветра, превышающей 8...10 м/с.

Соблюдение режимов работы по токовым нагрузкам. Провода воздушных линий при протекании по ним электрического тока нагреваются. Правилами устройств электроустановок (ПУЭ) установлена предельно допустимая температура голых проводов при длительном протекании тока, равная 70 °С. Для проводов воздушных линий предусмотрены длительно допустимые токовые нагрузки, рассчитанные из условия того, что температура окружающей среды равны 25 °С (длительно допустимые токовые нагрузки голых проводов на открытом воздухе приводятся в ПУЭ и ПТЭ).

Если температура окружающей среды отличается от 25 °С, длительно допустимую нагрузку (А) определяют с учетом поправочного коэффициента:

$$I_t = kI_н,$$

где $I_н$ — сила тока нагрузки А;

$$k = \sqrt{\frac{t_{пр} - t_{окр}}{t_{пр} - 25}}, \qquad (7.5)$$

где $t_{пр}$ — предельно допустимая температура нагрева провода °С; $t_{окр}$ — температура окружающей среды °С.

Предельно допустимые токовые нагрузки допускаются только в аварийных случаях. Во всех остальных случаях сила тока должна быть

не более рабочей максимальной, взятой в качестве исходного параметра при расчете и выборе проводов низковольтной сети. Режим напряжения линии контролируется на вторичных зажимах трансформатора (на вводах потребителя). Если отклонение напряжения выше допустимого, то пользуются переключателем трансформатора (в отключенном состоянии).

7.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В объем эксплуатации кабельных линий входят: 1) контроль за токовыми нагрузками, температурными режимами и напряжением сети; 2) систематические и внеочередные осмотры трасс; 3) профилактические испытания и измерения; 4) контроль за выполнением работ на трассах и проведение разъяснительной работы среди населения, руководителей предприятий и учреждений.

Чтобы исключить возникновение в кабелях опасных механических напряжений от возможных смещений почвы и температурных деформаций, кабели укладывают змейкой с запасом по длине 1...3 %. При открытой прокладке кабели защищают от непосредственного воздействия солнечных лучей и других теплоизлучений. При прохождении трассы по территории электрифицированного рельсового транспорта (трамвай и др.) кабели необходимо защищать от опасного влияния блуждающих токов. Кабели, прокладываемые внутри помещений, не должны иметь наружных защитных покровов из горючих волокнистых материалов.

Все проложенные кабели, а также муфты и концевые заделки снабжают бирками. На бирках для кабелей указывают марку, напряжение, наименование кабельной линии, для муфт и заделок — номер, дату монтажа и фамилии монтеров, проводивших монтаж.

Кабели можно прокладывать в тоннелях, каналах, блоках, траншеях и подземных лотках. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий. По капитальным затратам наиболее экономична прокладка кабелей в специально вырытых траншеях. Кабели напряжением до 1000 В в местах возможных механических повреждений, например в местах частых раскопок, покрывают плитами или кирпичом. Глубина заложения кабельных линий должна составлять 0,7 м, а при пересечении улиц 1 м.

При параллельной прокладке нескольких кабелей в одной траншее расстояние между ними по горизонтали должно быть не менее 100 мм. Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

Допускается перемещение кабелей, находящихся под напряжением, на расстояние 5...7 м с соблюдением следующих условий: 1) температура кабеля должна быть не ниже 5 °С; 2) при захвате кабеля пользуются специальными изолирующими клещами или диэлектрическими перчатками; 3) поверх диэлектрических перчаток для защиты их от

механических повреждений надевают брезентовые рукавицы; 4) кабели около муфты для исключения изгиба закрепляют на досках.

Ввод в эксплуатацию. Все кабельные линии должны удовлетворять требованиям Правил устройства электроустановок. Каждую вновь смонтированную линию принимает специальная комиссия, состоящая из представителей монтажных и эксплуатирующих организаций. Комиссия знакомится с технической документацией на проложенный кабель и актами на скрытые работы, проверяет трассу кабеля и проводит ряд испытаний.

Техническая документация, предъявляемая приемной комиссии, должна содержать: а) проект кабельной линии; б) перечень отклонений от проекта с указанием их причин и согласование с проектной и другими заинтересованными организациями; в) исполнительные чертежи в масштабе не менее 1 : 500 с нанесением координат трассы и муфт; г) акты на скрытые работы, в том числе акты на пересечения и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями, акты на монтаж кабельных муфт и т. д.; д) акты на осуществление антикоррозийных мероприятий и защиты от блуждающих токов.

Вновь сооружаемую или вышедшую из капитального ремонта кабельную линию испытывают следующим образом: а) проверяют на обрыв и выполняют фазировку жил; б) измеряют сопротивление заземления концевых заделок; в) проверяют действие установленных устройств защиты от блуждающих токов; г) испытывают изоляцию повышенным напряжением.

На каждую кабельную линию (при вводе ее в эксплуатацию) заводят паспорт, в котором отражают основные технические данные линии и в который записывают все сведения по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации, и устанавливают максимальные токовые нагрузки.

Соблюдение режимов работы по токовым нагрузкам. Срок службы кабеля прямо связан с температурой его нагрева, которая зависит от силы тока нагрузки. Допустимые температуры нагрева токоведущих жил определяются конструкцией кабеля (типом применяемой изоляции), рабочим напряжением, режимом его работы (длительный, кратковременный).

Длительно допустимые температуры токоведущих жил не должны превышать следующих значений (°С) для кабелей с изоляцией:

пропитанной бумажной (напряжение до 3 кВ)	80
резиновой	65
полихлорвиниловой	70

Допустимые токовые нагрузки для нормального длительного режима кабельной линии определяют по таблицам, приведенным в электротехническом справочнике. Эти нагрузки зависят от способа прокладки кабеля и вида окружающей среды (земля, воздух).

Для кабелей, проложенных в земле, длительно допустимые токовые нагрузки приняты из расчета прокладки одного кабеля в траншее

на глубине 0,7...1 м при температуре земли $t_{окр.н} = 15$ °С. Для кабелей, проложенных на воздухе, температура окружающей среды $t_{окр.н}$ принята равной 25 °С.

Если расчетная температура окружающей среды $t_{окр.р}$ отличается от принятых условий $t_{окр.н}$, вводят поправочный коэффициент

$$k_1 = \sqrt{\frac{t_д - t_{окр.р}}{t_д - t_{окр.н}}}, \qquad (7.6)$$

где $t_д$ — допустимая температура жилы кабеля, °С.

За расчетную температуру почвы принимают наибольшую среднемесячную температуру (из всех месяцев года) на глубине прокладки кабеля. За расчетную температуру воздуха принимают наибольшую среднюю суточную температуру, повторяющуюся не менее трех дней в году.

При прокладке в одной траншее нескольких кабелей вводят поправочный коэффициент k_2, зависящий от числа параллельно проложенных кабелей и расстояния в свету между ними.

В условиях необходимости применения обоих поправочных коэффициентов длительно допустимая сила тока нагрузки (А)

$$I_д = I_н k_1 k_2. \qquad (7.7)$$

Длительно допустимые нагрузки определяют по участку трассы кабельной линии с наихудшими условиями охлаждения, если длина участка не менее 10 м.

Кабельные линии напряжением до 6...10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных при коэффициенте k_1 не более 0,6...0,8, могут кратковременно и длительно перегружаться (в соответствии с Правилами эксплуатации электроустановок). Чтобы более точно определить нагрузочную способность кабеля, рекомендуется измерить температуру металлических оболочек кабелей $t_{об}$, а затем вычислить температуру жилы кабеля

$$t_ж = t_{об} + \Delta t_{каб}, \qquad (7.8)$$

где $t_{об}$ — температура оболочки, измеренная в опыте, °С; $\Delta t_{каб}$ — перепад температур от оболочки до жилы кабеля, °С.

Если в результате измерений температура жилы кабеля $t_ж$ окажется ниже допустимого значения $t_{ж.доп}$, то можно скорректировать нагрузку кабеля, увеличив ее до значения, определяемого формулой

$$I_д = I_и \sqrt{\frac{t_{ж.доп} - t_{окр}}{t_ж - t_{окр}}}, \qquad (7.9)$$

где $I_и$ — измеренная сила тока нагрузки А.

Температуру жилы кабеля рекомендуется измерять при помощи термометров сопротивления или термопар для самых неблагоприятных

условий работы: максимальная нагрузка и наивысшая температура окружающей среды. При равномерном графике силы тока нагрузки кабельной линии в течение суток температуру оболочки кабеля достаточно измерить дважды с интервалом 1...2 ч. Если график силы тока нагрузки неравномерен, температуру оболочки кабеля измеряют в течение суток через каждые 1...2 ч; одновременно измеряют силу тока нагрузки. По полученным данным строят суточные графики температуры оболочки кабеля и силы тока нагрузки. При подсчете температуры жилы кабеля за $t_{об}$ принимают максимальное значение температуры оболочки по графику, а за $I_и$ — максимальное значение силы тока нагрузки длительностью не менее 2 ч, хотя эти значения могут быть сдвинуты по времени.

Температуру окружающей среды для кабелей, проложенных в туннелях, каналах, измеряют на входе в туннель и на выходе из него, для кабелей, проложенных в земле, — на расстоянии 3...5 м от крайнего кабеля на глубине его прокладки.

На ответственных кабельных линиях с постоянным дежурным персоналом контроль за силой тока нагрузки ведут по стационарным измерительным приборам, показания которых заносят в суточные ведомости. Для наглядности на шкалах щитовых амперметров красной чертой отмечают допустимую силу тока кабельной линии. При отсутствии дежурного персонала для контроля за нагрузками кабельных линий периодически измеряют силу тока стационарными или переносными приборами. Измерения выполняют 2—3 раза в год: один раз в летний и один-два раза в осенне-зимний максимумы.

Одновременно с контролем за силой тока нагрузки выполняют измерения рабочего напряжения кабельных линий, которое в нормальных условиях эксплуатации не должно превосходить номинального более чем на 15 %. В сетях с изолированной нейтралью или в компенсированных сетях допускается работа кабельных линий в режиме однофазного замыкания на землю. Продолжительность работы в режиме однофазного замыкания на землю определяется расчетным путем и составляет обычно не более 2 ч.

Профилактические испытания. Профилактические испытания кабелей проводят не реже одного раза в год, а испытания кабелей, находящихся в благоприятных условиях по нагрузке (температурному режиму) и способу прокладки (исключена возможность механических повреждений), — не реже одного раза в 3 года.

Внеочередные испытания кабельных линий проводят после ремонтных работ и после окончания земляных работ на трассе кабельных линий. Профилактические испытания изоляции кабельных линий выполняют: а) измерением сопротивления их высоковольтным мегаомметром; б) воздействием повышенного напряжения постоянного тока; в) измерением диэлектрических потерь на вертикальных участках. Испытания изоляции мегаомметром на 1000...2500 В проводят для выявления резких нарушений целости изоляции кабеля (обрыв фаз, короткое замыкание на землю и т. д.).

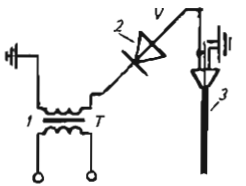


Рис. 7.3. Принципиальная схема испытания кабеля:
1 — повышающий трансформатор; *2* — выпрямитель; *3* — испытуемый кабель

Основной способ профилактических испытаний кабельных линий — воздействие повышенного напряжения. Профилактические испытания обычно проводят в теплое время года, в период наибольшей вероятности ухудшения качества изоляции. В целях снижения мощности испытательной установки испытание повышенным напряжением проводят на постоянном токе (рис. 7.3). При испытаниях напряжение поднимают плавно (со скоростью не более 1...2 кВ в 1 с) до испытательного значения и поддерживают в течение всего периода испытаний (5 мин). Кабельную линию считают выдержавшей испытание, если во время его проведения не наблюдалось резких толчков силы тока и не произошло пробоя или перекрытия изоляции, а также роста силы тока утечки.

При испытаниях трехфазных кабелей каждую жилу испытывают по очереди по отношению к двум другим и свинцовой оболочке (свободные жилы вместе с оболочкой соединяют с землей). При этом как междуфазовую изоляцию, так и изоляцию жил по отношению к земле испытывают одинаковым напряжением. Для кабелей 2...10 кВ это напряжение принимают равным (5...6) $U_н$.

7.3. ОХРАНА ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ И НАДЗОР ЗА НИМИ

Повреждения на воздушных линиях возникают чаще всего вследствие недопустимого приближения к проводам различных механизмов, из-за набросов металлических предметов на провода и т. д. Для обеспечения сохранности воздушных линий и предотвращения несчастных случаев с людьми согласно СНиП 12-03—99 «Безопасность труда в строительстве» установлены охранные зоны и минимальные допустимые расстояния между линиями электропередачи и ближайшими зданиями, сооружениями, а также зелеными насаждениями.

Для воздушных линий электропередачи (за исключением ответвлений к вводам в здания) охранная зона представляет собой полосу, ограниченную параллельными прямыми, отстоящими от проекций крайних проводов на поверхность земли на 2 м с каждой стороны.

Для кабельных линий электропередачи охранная зона — это полоса, ограниченная параллельными прямыми, отстоящими от крайних кабелей на 1 м с каждой стороны, а при прохождении под тротуарами — на 0,6 м в сторону здания и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

В пределах охранных зон линий, без согласия эксплуатационной организации, запрещается:

проводить строительные и монтажные работы, устраивать спортивные площадки для игр, складировать корма, топливо и другие материалы;

устраивать проезды для машин и механизмов, имеющих общую высоту от поверхности земли более 4,5 м, а также стоянки автомобильного и гужевого транспорта;

выполнять всякого рода действия, которые могут привести к повреждениям линии, и в частности осуществлять набросы на провода, привязывать и приставлять к опорам посторонние предметы, влезать на опоры;

проводить работы вблизи воздушных линий электропередачи с использованием различного рода механизмов. Это допускается при условии, если расстояние по воздуху от механизмов или от выдвижной их части до ближайшего провода, находящегося под напряжением, не менее 1,5 м. На автомобильных дорогах в местах пересечения с линией электропередачи с обеих сторон устанавливают сигнальные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

Порядок эксплуатации линий электропередачи на территории промышленных предприятий организация, эксплуатирующая воздушные линии, согласовывает с администрацией промышленных предприятий.

Чтобы предупредить повреждения воздушных линий предприятия электрических сетей должны сделать следующее: а) ознакомить руководство предприятий, расположенных в зоне электросетей, с правилами охраны электрических сетей; б) оказывать помощь в проведении инструктажа о правильной организации работ вблизи воздушных линий среди рабочих указанных предприятий; в) разъяснять учащимся опасность и недопустимость детских игр под проводами воздушных линий, рассказывать об ущербе, который может нанести их отключение.

Надзор за кабельными линиями заключается в периодических обходах и осмотрах. Трассы кабельных линий напряжением до 35 кВ монтеры осматривают в следующие сроки: а) кабели, проложенные в земле и туннелях, в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже одного раза в 3 мес; б) концевые муфты, кабельные колодцы — один раз в год.

Сроки контрольных осмотров кабельных линий, проводимых инженерно-техническим персоналом, устанавливают с учетом местных условий.

Внеочередные обходы трасс выполняют весной во время таяния снега, ледоходов, паводков, после ливней и в период осенних дождей, когда наблюдаются наибольшие размягчения и размыв грунта, в результате чего возможны повреждения кабелей.

При осмотрах проверяют, чтобы на трассе не выполнялись работы, не согласованные с эксплуатирующей организацией; не осуществлялись строительство сооружений, раскопка земли, посадка деревьев, устройство складов, свалок, выливание растворов кислот, щелочей и солей, земляные работы на глубине более 0,3 м и выравнивание грунта при помощи механизмов.

Все замечания по результатам обходов и осмотров трасс кабельных линий записывают в журнал. О дефектах, требующих немедленного устранения, персонал, проводящий осмотр, обязан кроме записи в журнал немедленно сообщить непосредственному начальнику. В дальнейшем на основании просмотра журнала дефектов инженерно-технический персонал намечает мероприятия и сроки по устранению неисправностей. Если объем работ большой или если необходимы значительные материальные затраты, работы включают в план капитального ремонта.

Если во время осмотра обнаружены нарушения действующих Правил по охране высоковольтных электрических сетей (например, ведутся земляные работы без разрешения), необходимо немедленно прекратить работы, составить акт о нарушении правил и вызвать представителя администрации (инспекции) или органов милиции. Если на проведение земляных работ вблизи кабельных трасс есть разрешение, то в проекте на эти работы должны быть предусмотрены специальные меры по обеспечению сохранности кабельных линий.

Правила технической эксплуатации запрещают работать с землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабелей. Отбойные молотки и ломы для рыхления грунта над кабелями можно применять лишь на глубине не более 0,4 м при нормальной глубине заложения кабелей. Клин-бабы и другие аналогичные ударные механизмы разрешается применять на расстоянии не ближе 5 м от кабелей.

В течение всего времени проведения работ следует обеспечить периодический контроль за соблюдением предписанных мер по обеспечению сохранности кабельной линии.

7.4. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Работы на воздушных линиях с точки зрения условий безопасности особо опасны по следующим причинам:

работы, как правило, связаны с подъемом на опоры на большую высоту;

работы часто проводятся под напряжением или вблизи других действующих линий;

рабочее место не постоянное, что затрудняет контроль за соблюдением правил безопасности со стороны инженерно-технического персонала, а также доставку и проверку нужных защитных средств.

Все лица, обслуживающие линии, должны пройти медицинское обследование и иметь разрешение на работу на высоте. Они проходят соответствующее обучение с последующей проверкой знаний по охране труда. Им необходимо иметь практические навыки безопасных методов работы, знать приемы освобождения пострадавшего из-под напряжения, приемы искусственного дыхания и правила оказания первой помощи.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не допускаются к работе на высоте, под напряжением, к рубке и валке деревьев и к пропитке древесины антисептиками.

Обслуживание воздушных линий в отношении соблюдения правил безопасности подразделяется на следующие категории работ: на отключенных линиях; на линиях, находящихся под напряжением; на отключенных линиях, когда провода других линий, подвешенных на опорах этой линии, остаются под напряжением; на линиях под напряжением до 1000 В при подвеске из проводов на опорах линий напряжением выше 1000 В; вблизи других действующих линий.

На воздушных линиях можно работать только при условии проведения необходимых организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность. Кроме случаев, оговариваемых правилами безопасности, работы на воздушных линиях должны выполнять не менее двух человек.

Организационные мероприятия состоят из оформления наряда или распоряжения (письменного или устного), допуска к работе, надзора во время работы и оформления окончания работы.

Оформление работы нарядом или распоряжением подтверждает необходимость ее выполнения, возможность создания безопасных условий труда и достаточность квалификации лиц, выполняющих работу. По наряду выполняют работы на неотключенных линиях с подъемом на опору выше 3 м от земли.

К *техническим мероприятиям* относятся отключение напряжения, принятие мер от случайной подачи напряжения, вывешивание плакатов «Не включать! — Работают люди.», проверка отсутствия напряжения и наложение заземлений.

При выполнении работ с полным снятием напряжения напряжение отключают рубильниками, автоматическими выключателями, разъединителями, предохранителями с созданием видимого разрыва со всех сторон возможной подачи напряжения. После этого снимают предохранители в цепях оперативного тока управления коммутационной аппаратурой (предохранители, накладки) или устанавливают блокирующие устройства — листы изоляционного материала и т. д. Вывешивают плакаты, запрещающие подачу напряжения. При помощи указателей напряжения убеждаются в отсутствии напряжения на отключенной линии и только после этого накладывают заземляющее устройство (включают заземляющие разъединители, ножи и т. п.).

При работе на линии переносное заземление накладывают на опоре, ближайшей к месту проведения работ. При работах, связанных с нарушением целостности проводов, заземление устанавливают с двух сторон участка работ. Наложение, крепление и снятие заземления выполняют в диэлектрических перчатках или при помощи изолирующих штанг.

На деревянных или железобетонных опорах с заземляющим спуском заземление присоединяют к этому спуску; если его нет, — к искусственному заземлению; вбитому в землю металлическому стержню; буру,

ввернутому на глубину 0,5...1 м. На воздушных линиях с заземленной нейтралью переносные заземления на месте работ допускается присоединять к нулевому проводу.

Если линию осматривает один человек, он работает без наряда, не поднимаясь на опоры. Осматривающий должен считать линию находящейся под напряжением, так как даже на отключенную линию в любой момент может быть подано напряжение. При обходе в темное время суток следует идти по краю трассы, чтобы случайно не наступить на оборванный провод. Обнаружив оборванный провод, осматривающий может убрать его, пользуясь изолирующими средствами.

Перед подъемом на опору необходимо убедиться в прочности ее основания. Если основание опоры подгнило более чем на 2,5...3 см по радиусу, на нее запрещается подниматься, не закрепив ее предварительно оттяжками.

На опору разрешается подниматься только с применением монтерских когтей или специальных приспособлений. При работе на опоре следует всегда стоять на обеих ногах, закрепившись на ней цепью монтерского пояса. Предохранительные пояса, монтерские когти и страхующие канаты проверяют каждые 6 мес.

На угловые одностоечные опоры не разрешается подниматься со стороны внутреннего угла. Нельзя также влезать (и работать) на ту сторону, с которой натягивается провод.

На опору со значительным наклоном нельзя подниматься до тех пор, пока она не будет выпрямлена и закреплена в грунте. Перед подъемом на опору необходимо проверить исправность предохранительного пояса, когтей, диэлектрических перчаток, инструмента с изолированными рукоятками, приспособлений и т. п.

При работах без снятия напряжения с подъемом до верха опоры большое значение для безопасности имеет одежда. Она должна быть удобной, не стеснять движений, ее следует застегнуть на все пуговицы, а рукава опустить и застегнуть у кистей рук.

Особую осторожность необходимо соблюдать при работах на опорах с совместной подвеской проводов линий напряжением до 1000 В и радиотрансляции, линий до 1000 и свыше 1000 В, а также при наличии параллельных линий электропередачи напряжением выше 1000 В.

При работах, на которых не исключена возможность касания или приближения на опасное расстояние к проводам другой действующей линии напряжением выше 1000 В, эту действующую линию необходимо отключить и заземлить вблизи места проведения работ. Если ведется раскатка провода по земле в зоне влияния другой линии напряжением выше 1000 В, провод должен быть заземлен. Особую опасность представляют работы на переходах и пересечениях. В этом случае все работы выполняют по наряду и принимают специальные меры, предотвращающие случайное прикосновение к проводам пересекаемых линий.

Глава 8

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

8.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При электроснабжении сельскохозяйственного производства широко распространены комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН). Шкафы КРУН можно использовать как распределительные устройства напряжением 6...10 кВ и как элементы комплектных трансформаторных подстанций (КТП) напряжением 35/6...10 и 220/110/6...10 кВ. В шкафах КРУН напряжением 6...10 кВ устанавливают малообъемные масляные выключатели с грузовыми и пружинными приводами, трансформаторы напряжения с разрядниками и др.

Для сельской электрификации широко используют потребительские трансформаторные подстанции напряжения 6...10/0,4 кВ, состоящие из высоковольтного ввода (6...10 кВ) трехфазных понижающих трансформаторов и распределительного устройства напряжением до 1000 В.

Трансформаторные подстанции напряжением 35...220 кВ часто выполняют по упрощенным схемам без выключателей на стороне высшего напряжения. В таких подстанциях вместо выключателей применяют отделители и короткозамыкатели или силовые предохранители. Промышленность серийно выпускает комплектные трансформаторные подстанции напряжением 35/6...10, 110/6...10 и 110/35/6...10 кВ с одним и двумя трансформаторами без выключателей на стороне высшего напряжения.

Основным требованием к распределительным устройствам является обеспечение:

надежности работы;

безопасных оперативных переключений;

защиты электрооборудования от аварийных режимов;

удобства обслуживания ячеек;

сигнализации о состоянии оборудования распределительного устройства.

Задачи обслуживания распределительных устройств: поддержание в работоспособном состоянии оборудования; периодическое обслуживание оборудования; оперативное управление оборудованием.

8.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств складывается из осмотров, профилактических испытаний и ремонтов.

Для наружного осмотра не требуется отключать оборудование. В процессе осмотра проверяют состояние электрооборудования, выявляют неисправности и принимают меры к их устранению. Периодичность осмотра выбирают в зависимости от типа устройства, его назначения и формы обслуживания. Примерные сроки осмотров устанавливают следующим образом.

1. В распределительных устройствах, обслуживаемых сменным персоналом, дежурящим на самой подстанции или на дому, — ежесуточно. В неблагоприятную погоду (мокрый снег, туман, сильный и продолжительный дождь, гололед и т. п.), а также после коротких замыканий и при появлении сигнала о замыкании на землю в сети проводят дополнительные осмотры. Рекомендуется один раз в неделю осматривать устройство в темноте для выявления возможных разрядов коронирования в местах повреждения изоляции и местных нагревов токоведущих частей.

2. В распределительных устройствах подстанций напряжением 35 кВ и выше, не имеющих постоянного дежурного персонала, график осмотра составляют в зависимости от типа устройства (закрытое или открытое) и от значения подстанции для энергосистемы. В этом случае осмотры выполняет начальник группы подстанций или назначенный для этого мастер не реже одного раза в месяц.

3. Трансформаторные подстанции и распределительные устройства электрических сетей напряжением 10 кВ и ниже, не имеющие дежурного персонала, осматривают не реже одного раза в шесть месяцев.

4. Внеочередные осмотры на объектах без постоянного дежурного персонала проводят в сроки, устанавливаемые местными инструкциями с учетом мощности короткого замыкания и состояния оборудования. Во всех случаях, независимо от значения отключенной мощности короткого замыкания, осматривают выключатель после цикла неуспешного автоматического повторного включения (АПВ) и отключения короткого замыкания.

Обо всех неисправностях, замеченных при осмотрах распределительных устройств, делают запись в эксплуатационный журнал. Неисправности, которые угрожают нарушением нормальной работы, необходимо устранять в кратчайший срок.

Исправность резервных элементов распределительных устройств (трансформаторов, выключателей, шин и др.) нужно регулярно проверять, включая их под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями. Резервное оборудование должно быть в любой момент готово к включению без какой-либо предварительной подготовки. Периодичность очистки распределительных устройств от пыли и грязи зависит от местных условий и устанавливается главным инженером предприятия.

8.3. ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

При сдаче распределительных устройств в эксплуатацию выполняют *приемо-сдаточные испытания* электрооборудования. Проводят их в соответствии с Объемами и нормами испытаний электрооборудования и Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей. При этом изоляцию электрооборудования подвергают испытанию повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок. Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудования любого напряжения. Изоляторы и оборудование номинальным напряжением, превышающим номинальное напряжение установки, в которой они эксплуатируются, можно испытывать повышенным напряжением по нормам, принятым для класса изоляции данной установки.

В качестве испытательного напряжения используют обычно *напряжение промышленной частоты*. Продолжительность действия испытательного напряжения для гигроскопичной изоляции составляет 5 мин, для изоляции всех остальных видов — 1 мин. В тех случаях, когда изоляцию испытывают как переменным, так и постоянным током, испытание постоянным током должно предшествовать испытанию переменным.

Изоляция считается выдержавшей испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоя, выделений газа или дыма, резкого снижения напряжения, возрастания силы тока через изоляцию и ее местного нагрева.

Испытание изоляции ячеек и сборных шин проводят комплексно для всего оборудования, смонтированного в ячейке: опорных и проходных изоляторов, трансформаторов тока, разъединителей, выключателей и реакторов. В этих испытаниях не участвуют силовые кабели; перед испытанием их отсоединяют. Схема испытания изоляции оборудования ячейки КРУ приведена на рисунке 8.1.

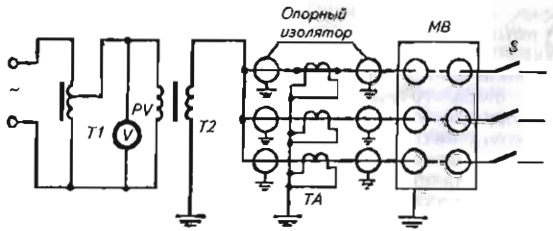


Рис. 8.1. Принципиальная схема испытания изоляции ячейки КРУ:
TA — трансформатор тока; *MB* — масляный выключатель; *S* — разъединитель; *T1* — автотрансформатор; *T2* — повышающий трансформатор

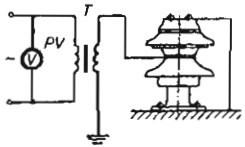


Рис. 8.2. Принципиальная схема испытания опорного изолятора повышенным напряжением

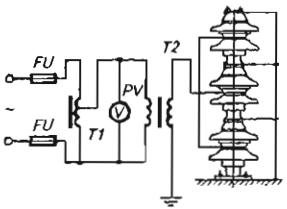


Рис. 8.3. Принципиальная схема испытания нескольких изоляторов подвесной гирлянды повышенным напряжением:
T1 — автотрансформатор; *T2* — повышающий трансформатор

Испытательное напряжение оборудования ячейки составляет:

для КРУ напряжением 6 и 10 кВ соответственно 32 и 42 кВ;

для наружных РУ напряжением 10; 35 и 110 кВ соответственно 47; 110 и 295 кВ.

Испытанию можно подвергать одновременно все три фазы относительно земли при включенном выключателе по данной схеме.

Если ячейка содержит однобаковый масляный выключатель, то следует испытывать каждую фазу при двух других заземленных фазах и одновременном испытании междуфазовой изоляции масляного выключателя.

Если ячейка отключена от шин для испытания, но на момент испытания шины находятся под напряжением, необходимо соблюдать изоляционные расстояния по воздуху между ножами и губками отключенного шинного разъединителя.

Испытания опорных и подвесных изоляторов повышенным напряжением можно выполнять для каждого изолятора в отдельности (рис. 8.2) или для нескольких изоляторов одновременно (рис. 8.3). Значение испытательного напряжения, приложенного к каждому элементу штыревого изолятора и подвесной гирлянды, должно быть равно 50 кВ.

Нормы на испытательные напряжения переменного тока для изоляторов проходного типа, а также для одноэлементных опорных изоляторов приведены в таблице 8.1.

Для выявления дефектов подвесных и опорных изоляторов подстанций в условиях эксплуатации измеряют распределение напряжения по изоляции при помощи специальной штанги. Метод основан на измерении напряжения, которое приходится на каждый изолятор гирлянды (колонки) или на каждый элемент изолятора. Для каждой гирлянды, состоящей из однотипных изоляторов, и для каждого типа изолятора, состоящего из отдельных элементов, распределение рабочего напряжения носит вполне определенный характер. Если в гирлянде или колонке есть дефектный изолятор, распределение напряжения резко меняется. Изолятор подлежит замене, если значение приходящегося на него напряжения, измеренное штангой, снизилось по сравнению с напряжением, приходящимся на годный изолятор, в 1,5...2 раза.

8.1. Испытательные напряжения изоляторов, кВ

Объект испытаний	Номинальное напряжение изоляторов, кВ				
	6	10	20	35	110
	Испытания отдельно от объекта				
Аппараты и трансформаторы тока наружной установки	46	60	73	105	285
внутренней установки	42	55	66	100	—
	Испытания совместно с объектом				
Аппараты и трансформаторы тока	42	55	66	95	260

Методика испытания изоляции *постоянным током* аналогична методике при испытаниях переменным током, однако при этом дополнительно ведется контроль за силой тока утечки. Сила тока, проходящего через изоляцию при испытаниях постоянным током, в большинстве случаев не превышает 5...10 мА, что обусловливает небольшую мощность испытательного трансформатора. Испытание изоляции постоянным током проводят при помощи специальных испытательных аппаратов АКИ-50, АИИ-70 и АИИМ-72.

Основной контроль за состоянием разрядника заключается в ежегодном измерении его силы тока проводимости и напряжения пробоя. Резкое снижение силы тока проводимости указывает на обрыв цепи шунтирующих сопротивлений, а его резкое возрастание — на отсыревание керамических шунтирующих сопротивлений в результате проникновения в полость разрядника влаги (нарушение герметизации).

Согласно Правилам устройства электроустановок, испытательное напряжение для разрядников РВС-3, РВС-6, РВС-10 и РВС-30 составляет соответственно 4; 6; 10; 24 кВ, а для разрядников типа РВП-3, РВП-6 и РВП-10 — соответственно 4; 6 и 10 кВ.

Профилактические испытания аппаратов распределительных устройств проводят в следующие сроки:

а) масляных выключателей и их приводов, а также приводов дистанционного управления разъединителями — одновременно с капитальным ремонтом, а маслонаполненных баковых измерительных трансформаторов — не реже одного раза в 6 лет;

б) бетонных реакторов, конденсаторов связи, статических конденсаторов — не реже одного раза в 3 года;

в) штыревых изоляторов (6...10 кВ) шинных мостов, а также изоляторов ШТ-35 — не реже одного раза в год; штыревых изоляторов

ИШД-35 и ОС-1 — не реже одного раза в 3 года; остальных аппаратов (разрядников) и подвесных изоляторов — не реже одного раза в 6 лет;

г) контактов соединений шин и присоединений к аппаратуре — не реже одного раза в 4 года;

д) запасного электрооборудования, запасных частей и деталей — не реже одного раза в 3 года.

При наличии дефектов в оборудовании сроки между испытаниями сокращаются и дополнительно определяются техническим руководителем предприятия.

Профилактические испытания электрооборудования сводятся в основном к проведению испытаний изоляции и измерению переходных сопротивлений контактов различной аппаратуры. Профилактические испытания изоляции в условиях эксплуатации необходимы для того, чтобы выявить дефекты, которые нельзя обнаружить путем внешнего осмотра. Эти дефекты не нарушают нормальной работы оборудования, но в дальнейшем могут привести к аварии в установке. Профилактическим испытаниям с целью проверки состояния изоляции подвергают опорные и проходные изоляторы, линейные вводы, аппаратные изоляторы разъединителей и предохранителей, выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники и т. п. В объем испытаний изоляции входят: измерение сопротивления изоляции, тангенс угла диэлектрических потерь, значение силы тока утечки и испытание повышенным напряжением.

8.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Вновь смонтированные устройства релейной защиты и контрольно-измерительные приборы перед вводом в работу должны пройти наладку и приемные испытания. Работу по наладке, проведенную специализированной наладочной организацией, принимает местная служба Релейной защиты, автоматики, измерений и телемеханики (РЗАИТ).

При сдаче в эксплуатацию устройств релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей оперативному персоналу в течение 1...2 мес передается следующая документация:

а) проектная документация, скорректированная при монтаже и наладке (чертежи, пояснительные записки и кабельный журнал);

б) заводская документация (инструкции, паспорта оборудования и аппаратуры и т. п.);

в) протоколы наладки и испытаний и исполнительные принципиально-монтажные схемы устройств;

г) данные о выполненных уставках;

д) инструкции по эксплуатации устройств для оперативного персонала, в которых сформулированы условия и порядок ввода в работу и вывода из работы этих устройств защиты, перечислены испытательные блоки, разъемные накладки, рубильники и т. п., которыми при

этих операциях должен пользоваться оперативный персонал, порядок переключения устройств с одних трансформаторов напряжения на другие, указания о порядке изменения уставок соответствующих устройств в зависимости от режима работы и схемы первичных соединений, порядок и сроки проведения периодических операций контроля неисправности или опробывания и т. п.

В местной службе РЗАИТ на каждое присоединение или устройство релейной защиты, электроавтоматики и телемеханики, находящееся в эксплуатации, должна иметься, помимо указанной выше, следующая техническая документация:

а) паспорт-протокол устройства;

б) инструкции по эксплуатации для персонала местной службы РЗАИТ (по каждому типу устройства);

в) данные о селективности в виде карт, таблиц, уставок и характеристик для реальных режимов работы электростанции или электросети.

Протоколы и исполнительные схемы готовит либо наладочная организация, либо местная служба РЗАИТ, в зависимости от того, кто проводил наладку. В равной степени допускается пользоваться как исполнительными принципиальными и монтажными схемами, так и исполнительными принципиально-монтажными. Изменения в схемах действующих устройств должны быть отражены в технической документации.

Паспорт-протокол представляет собой основной документ учета состояния каждого устройства релейной защиты, электроавтоматики и телемеханики. Составляют его на основе данных наладки и приемных испытаний, а затем записывают в него результаты всех эксплуатационных плановых и послеаварийных проверок.

Данные о селективности составляют в виде карт, таблиц уставок и характеристик. Например, карта уставок по форме представляет собой упрощенную схему электрических соединений, на которой условными обозначениями показаны смонтированные устройства релейной защиты и автоматики с нанесением основных уставок и параметров срабатывания (сил тока, напряжений, сопротивлений, выдержек времени и т. д.).

Перечисленные документы служат не только для оценки селективности, чувствительности и взаимодействия, в том числе и резервирования установленных устройств релейной защиты и автоматики при различных нарушениях, но и для проверки допустимости того или иного режима работы оборудования и линий электропередачи по условиям принятой настройки устройств релейной защиты и автоматики.

Персонал, обслуживающий аппаратуру релейной защиты и автоматики, должен помнить, что реле и вспомогательные устройства защиты, автоматики и телемеханики должны быть опломбированы, за исключением тех, характеристики которых дежурный персонал может изменять в зависимости от режима работы и схемы соединений. Опломбированные устройства разрешается вскрывать только работникам центральной и местной служб РЗАИТ. Изменение уставок защиты отражают в журнале уставок и учета действия защиты.

На щите управления должен находиться журнал, в котором фиксируют изменения в схемах вторичных цепей, замену аппаратуры, установленной на щите управления, изменения характеристик реле, результаты опробывания реле и т. п.

При неуспешном АПВ оперативному персоналу разрешается повторно включать (дистанционно, при помощи телеуправления) отключившиеся выключатели линий, шин и трансформаторов без предупреждения потребителей и осмотра оборудования. Исключение составляют линии, шины и трансформаторы, на которые может быть подано несинхронное напряжение с недопустимым толчком тока, а также отключившиеся под действием защиты от внутренних повреждений.

Дежурный персонал не должен вмешиваться в работу автоматических устройств. Только в случаях, когда средствами автоматики не восстановилось электроснабжение, персонал вручную восстанавливает нормальное положение.

Устройства релейной защиты, автоматики, телемеханики и вторичные цепи рекомендуется периодически проверять согласно действующим инструкциям.

Полные плановые проверки релейной защиты и вторичных цепей следует проводить не реже одного раза в 3 года (как правило, одновременно с ремонтом соответствующих первичных цепей и силового оборудования). Периодичность частичных проверок устанавливают в зависимости от местных условий (в промежутках между полными проверками).

Для проверки защитных устройств составляют годовой график, который утверждают главный инженер предприятия и службы релейной защиты и автоматики. При полной проверке защиты снимают вольт-амперные характеристики трансформаторов тока, выполняют наладку реле, проверяют состояние вторичных цепей.

При плановых проверках осматривают трансформаторы тока, проверяют сопротивление их изоляции и снимают характеристику намагничивания. Если при проверке вынимают встроенные трансформаторы тока, то дополнительно проверяют полярность и коэффициент трансформации на разных отводах их обмоток.

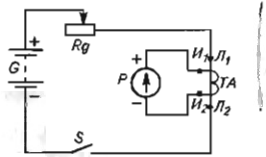


Рис. 8.4. Схема определения полярности выводов трансформатора тока *ТА*:
G — батарея; *P* — гальванометр; $R_д$ — добавочное сопротивление; *S* — ключ; $Л_1$ и $Л_2$ — начало и конец первичной обмотки; $И_1$ и $И_2$ — то же, вторичной обмотки

Полярность выводов обмоток трансформаторов тока легко проверить магнитоэлектрическим прибором (рис. 8.4). Если стрелка гальванометра *P* отклонится вправо, то к «+» источника питания и к «+» гальванометра подключены одноименные зажимы: либо оба «начала», либо оба «конца» обмоток. Характеристика намагничивания, т. е. зависимость напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора от силы проходящего по ней тока намагничивания, — это основная характеристика, определяющая исправность трансформатора тока, а также возможность применения его в различных схемах релейной защиты. Эту характеристику снимают по схеме, изображенной на рисунке 8.5, и сравнивают с ранее снятой.

Для проверки коэффициента трансформации в первичную обмотку подают ток, сила которого не менее 20 % номинальной. Коэффициент трансформации трансформатора тока определяют как отношение сил первичного и вторичного токов и сравнивают с ее номинальным значением.

Регулирование и измерение сил тока или напряжений срабатывания и возврата мгновенного реле тока и напряжения РТ-40 и аналогичных ему выполняют при нагрузках на контакты, соответствующих действительным условиям работы схемы защиты. Каждое измерение повторяют не менее трех раз для определения разброса и оценки состояния подпятников. Если разброс превышает 5 % среднего значения, то необходимо проверить состояние концов оси и подпятников реле. Схема для снятия характеристики реле тока РТ-40 показана на рисунке 8.6, а реле напряжения — на рисунке 8.7. Проверку ведут на всех уставках реле.

После проверки шкалы убеждаются в отсутствии искрения и вибрации контактов реле. Для этого реле подсоединяют к нагрузке, на которую оно работает в схеме, и поднимают напряжение на 30 % выше фиксированного. Если не отмечается наличия вибрации или искрения контактов, следует считать, что реле выдержало испытание.

Для проверки правильности подключения токовых цепей подают ток непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока. Эту проверку осуществляют после того, как завершены все работы на панели защиты и подключены все токовые цепи.

Завершающей является проверка защиты током нагрузки. Чтобы не отключалось оборудование, на котором установлена защита, выходные цепи ее отключают.

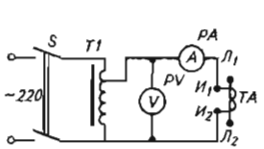


Рис. 8.5. Принципиальная схема снятия характеристики намагничивания трансформатора тока:
T1 — автотрансформатор; *TA* — трансформатор тока; $И_1$, $И_2$, $Л_1$, $Л_2$ — выводы соответственно вторичной и первичной обмоток трансформатора тока

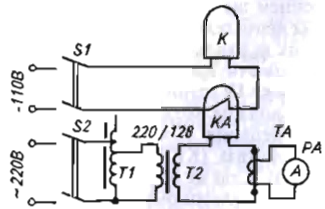


Рис. 8.6. Принципиальная схема испытания реле тока:
T1 — автотрансформатор; *T2* — трансформатор; *TA* — трансформатор тока; *KA* — реле тока; *K* — промежуточное реле

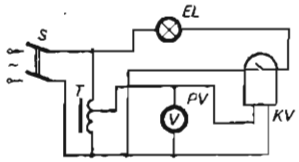


Рис. 8.7. Принципиальная схема испытания реле напряжения:
T — автотрансформатор; *KV* — реле напряжения; *S* — выключатель; *EL* — лампа

В объем частичных проверок входят измерение сопротивления изоляции, осмотр состояния аппаратуры и вторичных цепей, опробование действия защиты.

Сопротивление изоляции относительно земли электрически связанных цепей релейной защиты и всех других вторичных цепей для каждого присоединения нужно поддерживать на уровне не ниже 1 МОм, а для цепей, питающихся от отдельного источника напряжением 60 В и ниже, — на уровне не ниже 0,5 МОм.

8.5. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В УСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

Переключения в распределительных устройствах электростанций и подстанций выполняют по письменному или устному (телефонному) распоряжению. В последнем случае распоряжение записывают в специальный журнал с указанием лица, от которого оно получено. В случаях, не терпящих отлагательства (пожар, несчастный случай с людьми, стихийное бедствие), а также при ликвидации аварии допускается выполнять переключения без ведома вышестоящего персонала, но с последующим его уведомлением. Лицо, отдающее распоряжение о выполнении переключений, обязано предварительно проверить по оперативной схеме последовательность предполагаемых операций. Распоряжение считается выполненным только после сообщения исполнителем лично или по телефону о его исполнении.

Все переключения в схемах распределительных устройств напряжением выше 1000 В должны выполнять два человека, один из которых непосредственно выполняет переключения, а другой контролирует их правильность. Контролирующим лицом является старший по должности, имеющий степень квалификации по электробезопасности не ниже IV группы. Квалификация лица, выполняющего переключения, должна быть не ниже III группы.

Операции с выключателями в комплектных распределительных устройствах (КРУ) и комплектных трансформаторных подстанциях (КТП), а также в установках напряжением до 1000 В разрешается выполнять дежурному электромонтеру, имеющему степень квалификации по электробезопасности не ниже группы IV, единолично.

Переносные заземления устанавливают и снимают два человека, независимо от порядка оперативного обслуживания электроустановок. Одиночному дежурному разрешается устанавливать заземления единолично только при условии, что есть стационарные заземляющие ножи с механическим приводом.

Все простые переключения в схемах электроустановок напряжением выше 1000 В, а также сложные переключения в распределительных устройствах, полностью оборудованных блокировочными устройствами, предупреждающими неправильное проведение операций с разъединителями, разрешается выполнять без бланка переключений.

При ликвидации аварий переключения делают без бланков, но все операции записывают в оперативный журнал.

Все сложные переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В выполняют по бланкам переключений установленной формы. Чистые бланки переключений, пронумерованные главным инженером предприятия, хранят в специальном журнале. При сдаче смены в оперативном журнале делают отметку с указанием номера чистого бланка. После проведения переключений бланки подшивают в специальный журнал и хранят в течение одного месяца. Бланк переключений, составляемый для предупреждения возможных неправильных операций, представляет собой основной оперативный документ, определяющий содержание задания и последовательность выполнения особо опасных и сложных переключений.

В бланк переключений вносят не только операции с переключающими аппаратами, но и другие операции: включение и отключение оперативного тока; проверку установок на отсутствие напряжения; операции с защитой или спецавтоматикой; отключение и включение цепей питания защиты, измерительных приборов и автоматики; ввод и вывод автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резерва (АВР) и автоматической частотной разгрузки установку или снятие защитных переносных заземлений.

Бланк заполняют непосредственно перед началом переключений после получения распоряжения. Каждая операция, вносимая в бланк, должна иметь порядковый номер. Правильность записанных в бланк операций проверяют по оперативной схеме, которая должна точно отражать состояние оборудования на момент, предшествующий началу переключений.

Степень квалификации по электробезопасности лица, заполняющего бланк, не ниже V группы. В исключительных случаях, при отсутствии лица с V группой, бланк заполняет лицо с группой IV, но с обязательным сообщением по телефону лицу с V группой.

Заполненный бланк подписывают участники переключений и берут в распределительное устройство, где предстоит выполнять операции. Переключения по бланку выполняют в следующем порядке.

На месте переключений персонал проверяет по надписи наименование оборудования. Выполнять переключения по памяти без проверки надписи на оборудовании не разрешается. Убедившись в том, что аппараты выбраны правильно, контролирующее лицо зачитывает по бланку содержание подлежащей выполнению операции. Проводящее операцию лицо повторяет ее содержание и, получив подтверждение контролирующего, выполняет ее. Чтобы исключить пропуск очередной операции, все переключения выполняют строго по бланку; изменять порядок переключений запрещается.

Если возникают сомнения в правильности выполнения операций, переключения прекращают, порядок операций проверяют по оперативной схеме и в случае необходимости заполняют новый бланк переключений. После окончания переключений персонал записывает в оперативный журнал все операции с коммутационными аппаратами, изменения в схемах релейной защиты и автоматики, операции по включению и отключению заземляющих ножей, установке и снятию переносных заземлений.

Записи об установке и снятии заземлений подчеркивают в тексте цветными карандашами. Красным карандашом подчеркивают записи об установке заземления, синим — о снятии. Кроме того, при снятии какого-либо заземления под красной чертой сделанной ранее записи о его установке проводят синюю черту.

В суточную оперативную схему изменения вносят карандашом, чернилами или пастой красного цвета рядом с символом того коммутационного аппарата, положение которого изменилось в процессе переключений. Отключенное положение выключателей и разъединителей обозначают горизонтальными линиями (—), включенное — вертикальными (|). Установленные переносные заземления отмечают графическим знаком «Земля» с указанием номера заземления. При снятии заземлений знак перечеркивают.

К простейшим оперативным переключениям относятся отключение и включение кабельных и воздушных линий, отключение двигателей и т. д. При операциях с шинными и линейными разъединителями на линиях принят следующий порядок отключения: вначале отключают выключатель, затем линейные разъединители и только последними шинные. Такая последовательность диктуется тем, что в случае ошибочного отключения нагрузки разъединителем релейная защита отключит выключатель данного присоединения; в противном случае на шинах распределительного устройства возникнет короткое замыкание.

При включении линии вначале включают шинные разъединители, затем линейные и после этого выключатель. Необходимо всегда помнить о том, что ошибочные действия с шинными разъединителями вызывают более тяжелую аварию, чем с линейными.

8.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве получили распространение трансформаторные потребительские подстанции — мачтовые (открытые) и комплектные КТП.

При осмотре *мачтовых подстанций* с земли проверяют состояние предохранителей, разъединителей и приводов к ним, изоляторов, крепление проводов и ошиновки, заземляющих спусков и контактов, крепление и взаимное расположение проводов высшего и низшего напряжения, состояние конструкции подстанции и бандажей, наличие и состояние предупредительных плакатов, а также целостность

замков и лестниц. Перед проведением эксплуатационных проверок мачтовую подстанцию отключают.

Внешний осмотр с земли без снятия напряжения выполняют один раз в 6 мес. При этом запрещается подниматься на площадку подстанции и на лестницу. Все замеченные неисправности записывают в листок обхода.

Работы на подстанции, не связанные с подъемом выше площадки, на которой установлен трансформатор (замена плавких вставок, осмотр трансформатора и т. п.), разрешается выполнять после отключения разъединителя и заземления отключенной части подстанции без отключения высоковольтной линии. При выполнении работ, связанных с подъемом выше уровня верхней площадки (работа с разъединителем, замена трансформатора, смена изоляторов, проверка разрядников и пр.), нужно отключать питающую высоковольтную линию и устанавливать переносные защитные заземления в месте отключения линии и на подстанции, где ведутся работы.

Эти работы выполняют по наряду не менее двух работников; один из них должен иметь степень квалификации по электробезопасности не ниже IV группы, а второй не ниже III.

Текущий ремонт мачтовых подстанций делают по мере необходимости.

Обслуживание *комплектной трансформаторной подстанции* и уход за ней ведут линейные электромонтеры электроснабжающей организации. Дежурному электромонтеру, обслуживающему электропотребителей, вручают ключи от дверцы со стороны низшего напряжения (0,4 кВ). В обязанности дежурного электромонтера входит обслуживание потребителей, а также периодический осмотр части КТП (со стороны низшего напряжения) и уход за ней.

Во время ремонта и замены вышедших из строя приборов, аппаратов и предохранителей разъединитель обязательно отключают.

После срабатывания автоматического выключателя от перегрузки или короткого замыкания его включают повторно только спустя 15 мин, в течение которых остывает его тепловой элемент. Осматривают автоматические выключатели один раз в месяц, а также после каждого отключения короткого замыкания.

При температуре окружающего воздуха ниже 0 °С включают нагревательный элемент. Неисправные патроны высоковольтных предохранителей заменяют только после отключения подстанции как со стороны высшего, так и со стороны низшего напряжения.

8.7. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Безопасное выполнение переключений в распределительных устройствах можно гарантировать, если персонал строго соблюдает следующий порядок операций:

1) отключение токоведущих частей, на которых предполагается проводить работы;

2) отключение токоведущих частей, к которым не исключено случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние;

3) принятие мер, препятствующих ошибочной подаче напряжения к месту работ;

4) установка предупредительных плакатов;

5) установка временных ограждений из изолирующих материалов;

6) проверка всех зажимов отключенного оборудования и всех выводов выключателя на отсутствие напряжения;

7) заземление и закорачивание отключенных токоведущих частей со всех сторон, откуда может быть подано напряжение;

8) установка на месте работы плаката «Работать здесь!»

Отключение нужно сделать так, чтобы между отключаемыми и токоведущими частями, находящимися под напряжением, были разрывы, видимые со всех сторон.

Согласно межотраслевым правилам безопасности труда определены следующие расстояния от людей, применяемых ими инструментов, приспособлений и временных ограждений до электрооборудования в зависимости от значений напряжений установок (табл. 8.2), а также от механизмов, грузоподъемных машин, строп и грузов (табл. 8.3).

Особое внимание необходимо обращать на возможность обратного трансформирования низшего напряжения через трансформаторы. Чтобы этого не случилось, силовые и измерительные трансформаторы, относящиеся к отключаемому оборудованию, отключают также со стороны низшего напряжения. С целью предупреждения самопроизвольного или ошибочного включения выключателей и разъединителей в силовых цепях дистанционных приводов отключенных разъединителей вынимают предохранители на обоих полюсах. Все приводы разъединителей, доступные посторонним лицам, запирают на замок.

8.2. Расстояния от людей, применяемых ими инструментов, приспособлений и временных ограждений до токоведущих частей электрооборудования при различном напряжении

Напряжение, кВ	Расстояние, м	Напряжение, кВ	Расстояние, м	Напряжение, кВ	Расстояние, м
1...35	0,6	220	2,0	750	5,0
60,110	1,0	330	2,5	800 (постоянного тока)	3,5
150	1,5	400, 500	3,5	1150	8

8.3. Расстояния от механизмов, грузоподъемных машин, строп, грузов до токоведущих частей электрооборудования при различном напряжении

Напряжение, кВ	Расстояние, м	Напряжение, кВ	Расстояние, м	Напряжение, кВ	Расстояние, м
1...35	1	220	2,5	750	6,0
60, 110	1,5	330	3,5	800 (постоянного тока)	4,5
150	2,0	400, 500	4,5	1150	10

На всех ключах управления и приводах выключателей и разъединителей, с помощью которых может быть подано напряжение к месту работ, выполняющий отключение работник вывешивает плакаты: «Не включать — работают люди!» При работах на линии на приводах линейных разъединителей вывешивают плакаты: «Не включать — работа на линии!»

На схеме диспетчера, руководящего отключением, вывешивают столько плакатов, сколько работает бригад.

Временным ограждением могут служить специальные сплошные или решетчатые деревянные ширмы, изделия из миканита, резины и других изолирующих материалов, находящиеся в сухом состоянии и хорошо укрепленные.

Необходимость в установке ограждений, их вид, способ установки определяют в зависимости от местных условий и характера работ. На временных ограждениях вывешивают плакаты: «Стой — высокое напряжение!»

После установки предупредительных плакатов и временных ограждений персонал подготовляет комплект переносных заземлений, присоединяет их к заземляющей проводке и затем проверяет части установки, предназначенной для работы, на отсутствие напряжения.

Для проверки на отсутствие напряжения применяют указатель напряжения. Непосредственно перед проверкой убеждаются в исправности указателя, приблизив его к токоведущим частям, расположенным поблизости и заведомо находящимся под напряжением. Эти проверки проводят в диэлектрических перчатках. При проверке на отсутствие напряжения в открытых распределительных устройствах напряжением 35 и 110 кВ к рабочей части указателя, навинченного на штангу, пристраивают искровой промежуток. Если есть напряжение, то появляется световой и звуковой сигналы (характерный треск). Эту проверку делают только в сухую погоду. Проверив установку на отсутствие напряжения, заземляют и закорачивают токоведущие части всех фаз, на которых будут проводиться работы или от которых может быть подано напряжение на отключенную для работы часть установки.

Заземление на отключенное оборудование устанавливают непосредственно после проверки на отсутствие напряжения. При этом не допускается накладывать заземление, предварительно не присоединив его к заземляющему устройству. Зажимы переносного заземления накладывают при помощи штанги из изоляционного материала на заземляемые токоведущие части всех фаз, затем зажимы надежно присоединяют этой же штангой или непосредственно руками в диэлектрических перчатках. После наложения заземления на месте работ вывешивают плакат: «Работать здесь!» Временные переносные заземления выполняют из голых, гибких многожильных проводов площадью поперечного сечения не менее 25 мм^2, проверенных на термическую устойчивость.

При снятии заземления его вначале снимают с токоведущих частей, а затем отсоединяют от заземляющего контура. Наряд на работу закрывают после осмотра оборудования и места, где проводилась работа. Только после закрытия наряда включают оборудование в работу, предварительно выполнив следующие операции:

1) отключение заземляющих ножей или снятие переносных заземлений;

2) проверку изоляции;

3) удаление временных ограждений и предостерегающих плакатов;

4) установку на место постоянных ограждений и снятие всех плакатов, вывешенных до начала работ.

Если на отключенной установке работало несколько бригад, то включать ее можно только после закрытия всех нарядов.

Исправность изоляции включаемого после ремонта оборудования проверяют мегаомметром. Это позволяет выявить дефекты изоляции, которые трудно обнаружить осмотром.

Если обнаружено замыкание на землю, то до отключения поврежденного участка в закрытых распределительных устройствах нельзя приближаться к месту повреждения на расстояние менее 5 м, а на открытых подстанциях — на расстояние 10 м. Исключение составляют случаи, когда необходимо принять меры для ликвидации замыкания на землю или оказать первую помощь пострадавшим. В этих случаях персонал должен быть очень осторожным и пользоваться всеми необходимыми защитными средствами.

При несчастных случаях с людьми снять напряжение с соответствующей части установки можно без разрешения вышестоящего оперативного персонала.

Глава 9

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПУСКОВОЙ, ЗАЩИТНОЙ, РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

9.1. ОБЪЕМЫ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ПУСКОВОЙ, ЗАЩИТНОЙ И РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Любой новый вводимый в строй энергетический объект (потребительская станция, силовой электропривод и др.) может быть включен под напряжение только после комплексных испытаний. Согласно ПУЭ, объем этих испытаний для аппаратов напряжением до 1000 В следующий.

1. Измерение сопротивлений изоляции аппаратов. Значения сопротивлений изоляции должны быть не ниже приведенных в таблице 9.1.

9.1. Значения сопротивлений изоляции аппаратов

Испытуемая изоляция	Напряжение мегаомметра, В	Минимальное значение сопротивления изоляции аппаратов вторичных цепей напряжением до 1000 В, МОм	Примечание
Катушки контакторов магнитных пускателей и автоматических выключателей	500...1000	0,5	
Вторичные цепи управления, защиты, измерения	500...1000	1...10	Верхний предел для шин постоянного тока и шин напряжения на щите управления; нижний для присоединений вторичных цепей
Распределительные устройства, щиты и токопроводы	1000	0,5	Для каждой секции распределительного устройства

9.2. Испытательные параметры контакторов и автоматических выключателей

Операция	Число операций при испытании	Отклонение напряжения на шинах оперативного тока от номинального, %
Включение	5	90
Включение и отключение	5	100
Отключение	10	80

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции аппаратов, их катушек и вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами. Значение испытательного напряжения принимают равным 1000 В. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

3. Проверка действия максимальных (электромагнитных), минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей номинальной силой тока 200 А и более. Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы контакторов и автоматических выключателей при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Значения напряжений и число операций при испытании контакторов и автоматических выключателей многократными включениями и отключениями приведены в таблице 9.2.

5. Проверка действия тепловых расцепителей автоматических выключателей.

Помимо испытаний, предусмотренных ПУЭ, в процессе пусконаладочных работ проводят испытания, определяемые конструкцией и назначением аппарата и условиями его работы.

9.3. Параметры работы расцепителей автоматических выключателей

Тип автоматического выключателя	Время (ч) срабатывания тепловых элементов при соотношении $I_{исп}/I_н$			Время остывания тепловых элементов, мин
	1,35	1,45	1,1	
А3110	—	1	2	2
А3120	—	1	2	2,5
А3130	—	1	3	3
А3140	—	1	4	4
А3160	2	—	2	1

Примечание. Обозначения в табл. 9.3: $I_{исп}$ — сила испытательного тока; $I_н$ — номинальная сила тока расцепителя.

Автоматические выключатели. Пусконаладочные работы по автоматическим выключателям серии А3100 включают проверку тепловых и электромагнитных расцепителей и испытание изоляции автоматических выключателей.

Уставки расцепителей автоматических выключателей серии А3100 не регулируют. После калибровки на заводе-изготовителе крышки расцепителей опечатывают. На месте установки автоматических выключателей проверяют соответствие фактических уставок расцепителей их номинальным данным для оценки пригодности автоматических выключателей к эксплуатации.

Время срабатывания тепловых расцепителей (или тепловых элементов комбинированных расцепителей) при температуре окружающей среды 25 °С, а также время остывания теплового элемента приведены в таблице 9.3.

При контроле тепловых элементов расцепителей автоматических выключателей рекомендуется последовательно проводить проверку:

1) тепловых элементов на срабатывание при полюсной нагрузке испытательным током, сила которого равна двух- или трехкратной силе номинального тока расцепителя автоматического выключателя;

2) характеристик тепловых элементов при одновременной нагрузке всех полюсов двукратным (для А3160 и А3110) и трехкратным током (для А3120, А3130 и 3140). Время срабатывания расцепителя должно находиться в пределах, указанных в заводской инструкции для каждого типа автоматического выключателя;

3) силы начального тока срабатывания автоматических выключателей, у которых при проверке двух- или трехкратным током время срабатывания не совпадает с данными заводской инструкции.

Проверку электромагнитных элементов испытательным током выполняют для каждого автоматического выключателя отдельно. При проверке электромагнитных расцепителей силу испытательного тока от нагрузочного устройства устанавливают на 30 % ниже силы тока уставки автоматических выключателей А3110 и на 15 % ниже силы тока уставки остальных. При такой силе тока автоматический выключатель не должен отключаться. Затем силу испытательного тока повышают до тех пор, пока автоматический выключатель не отключится. Сила тока срабатывания не должна превышать силы тока уставки более чем на 30 % для автоматических выключателей А3110 и на 15 % для остальных.

Электромагнитные элементы комбинированных расцепителей в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя проверяют в следующем порядке. К нагрузочному устройству подключают эквивалентное сопротивление, равное полному сопротивлению (суммарному сопротивлению теплового элемента, электромагнитного и коммутирующих контактов) одного полюса испытываемого автомата. Регулирующим устройством устанавливают силу тока на 30 % ниже силы тока уставки для автоматических выключателей А3110 и на 15 % ниже для остальных. Не изменяя значения установленной силы испытательного тока от нагрузочного устройства, отключают эквивалентное сопротивление. Вместо него поочередно включают все полюсы автоматического выключателя, который при этом не должен отключаться. После этого эквивалентное сопротивление вновь присоединяют к нагрузочному устройству и устанавливают значение силы испытательного тока на 30 % выше силы тока уставки для автоматических выключателей типа А3110 и на 15 % для остальных. Затем, не изменяя силы установленного испытательного тока, отключают от нагрузочного устройства эквивалентное сопротивление и поочередно включают все полюсы автоматического выключателя. В этом случае он отключается под действием электромагнитных элементов. Чтобы убедиться в этом, необходимо после каждого отключения (пока не остыли тепловые элементы) попытаться включить автоматический выключатель вручную. Если он включается нормально, значит, он был отключен от электромагнитного элемента. При срабатывании теплового элемента повторного включения автоматического выключателя не происходит. Схема испытания расцепителей автоматических выключателей приведена на рисунке 9.1.

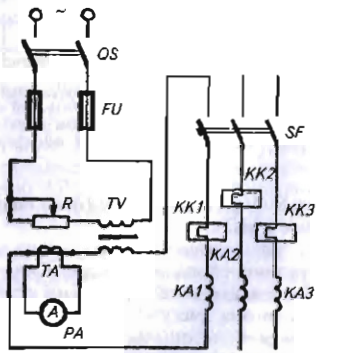


Рис. 9.1. Схема проверки тепловых и электромагнитных расцепителей автоматических выключателей:
TV — нагрузочный трансформатор; *KK* — тепловой расцепитель; *KA* — электромагнитный расцепитель; *SF* — автоматический выключатель

Дистанционный расцепитель должен четко срабатывать в пределах 75...105 % номинального напряжения.

При температуре окружающего воздуха 40 °С и его относительной влажности 60...80 % сопротивление изоляции выключателя в холодном состоянии должно быть не менее

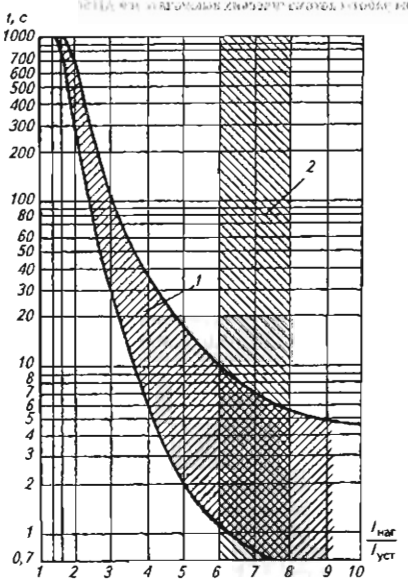


Рис. 9.2. Защитные характеристики автоматических выключателей АП50: *1* — зона разброса срабатываний для теплового расцепителя; *2* — зона разброса срабатываний для электромагнитного расцепителя; $I_{нат}/I_{уст}$ — отношение сил тока нагрузки и уставки

10 МОм, а в прогретом (номинальным током расцепителя) — не менее 5 МОм.

Расцепители автоматических выключателей АП 50 проверяют аналогично описанному выше. Силы тока срабатывания электромагнитных расцепителей приведены в таблице 9.4, а защитные характеристики автоматических выключателей — на рисунке 9.2. Пределы регулирования номинальной силы тока уставки тепловых расцепителей связаны с номинальными силами тока уставки (табл. 9.4).

Тепловые расцепители не срабатывают в течение 1 ч при силе тока нагрузки, составляющей 1,1 силы тока уставки, срабатывают не более чем через 30 мин при силе тока нагрузки, составляющей 1,35 силы тока уставки, и за 1—10 с, если сила тока нагрузки в 6 раз больше, чем уставки.

9.4. Параметры работы автоматических выключателей АП50

Номинальная сила тока уставки электромагнитных расцепителей автоматических выключателей, А	Сила тока мгновенного срабатывания, А	
	переменного при частоте 50 Гц	постоянного
1,6	11	14
2,5	17,5	22
4	28	36
6,4	45	57
10	70	90
16	110	140
25	175	320
40	280	352
50	350	440

Уставку автоматического выключателя регулируют рычагом на механизме его свободного расцепления. Время остывания теплового элемента после срабатывания расцепителя составляет не более 2 мин.

Сопротивление изоляции автоматического выключателя в холодном состоянии при относительной влажности среды 75 % должно быть не менее 20 МОм, в прогретом номинальным током состоянии — не менее 6 МОм.

На смену автоматическим выключателям АП 50 промышленность в настоящее время выпускает более совершенные выключатели типа АЕ.

Ремонт автоматических выключателей состоит в смене поврежденных элементов и необходимом регулировании узлов (по результатам испытаний).

Магнитные пускатели. Из низковольтной аппаратуры в сельскохозяйственном производстве широко распространены магнитные пускатели типов ПМЕ, ПА и П в закрытом и открытом исполнениях. Изготовляют пускатели с тепловыми реле, осуществляющими тепловую защиту электродвигателей, и без тепловых реле. В магнитных пускателях серии ПМЕ и пускателях третьей величины серии ПА использованы двухполюсные тепловые реле серии ТРН с температурной компенсацией, в пускателях четвертой—шестой величин серии ПА устанавливают тепловые реле серии ТРП.

Наладочные работы по магнитным пускателям, которые представляют собой разновидность контакторов переменного тока, проводят в том же объеме, что и по контакторам; дополнительно осуществляют наладку тепловых реле.

При наладке магнитных пускателей выполняют следующие операции: 1) внешний осмотр; 2) проверку изоляции токоведущих частей; 3) измерение сопротивления катушек постоянному току; 4) регулировку механической части; 5) проверку и настройку пускателя под током.

При внешнем осмотре проверяют соответствие аппарата и его катушек проекту, состояние главных и блокировочных контактов и их пружин, гибких соединений и искрогасительных камер и т. п.

Измерять сопротивление изоляции катушек и контактов целесообразно совместно со схемой управления в целом. Измерения выполняют мегаомметром на напряжение 500...1000 В. Сопротивление изоляции катушек магнитных пускателей, согласно Правилам устройства электроустановок, должно быть не ниже 0,5 МОм.

Сопротивление катушек постоянному току достаточно измерять с погрешностью до 2...3 %. Такие измерения могут быть выполнены омметрами и различными мостами.

Магнитные пускатели, поступившие с завода-изготовителя, как правило, полностью соответствуют каталожным данным. При пусконаладочных испытаниях проверка механической части обычно сводится к следующему:

1) затяжке болтов, крепящих подшипники, устранению затираний в подшипниках;

2) проверке свободной самоустановки и плотности прилегания якоря к ярму;

3) затяжке болтов, крепящих силовые контакты и выводы к ним;

4) регулировке растворов и провалов главных контактов и одновременности их замыкания;

5) проверке нажатия контактов (в случае необходимости), замене контактных пружин;

6) затяжке болтов и гаек системы вспомогательных контактов;

7) контроле центровки вспомогательных контактов, регулированию их зазоров, проверке и (при необходимости) замене пружин на пальцах вспомогательных контактов;

8) выяснению, нет ли затирания между контактами и дугогасительными камерами;

9) проверке крепления катушки;

10) зачистке рабочих поверхностей главных и вспомогательных контактов.

Плотное прилегание якоря к ярму дает возможность избежать вибрации (гудения) и связанного с ней повышенного износа аппарата. Плотность прилегания якоря проверяют щупом толщиной 0,05 мм.

При регулировании растворов и провалов следует убедиться в одновременном замыкании контактов всех трех фаз и, главное, в наличии достаточного провала. Уменьшенный провал контакта на одной из фаз может привести к разрыву цепи, перегреву и даже сгоранию обмотки двигателя, включенного на две фазы.

При проверке и настройке аппаратов под напряжением измеряют напряжения втягивания и отпадания магнитопровода. Минимальное напряжение на зажимах втягивающей катушки, при котором включение пускателя надежно, должно быть не выше 85 % номинального. Нагрев катушек аппаратов переменного тока почти не влияет на значение напряжения втягивания, так как активное сопротивление катушек мало по сравнению с индуктивным. Напряжение отпадания не нормируют, но его следует измерить, так как оно характеризует состояние некоторых элементов аппарата (остаточный немагнитный

зазор, конечное нажатие пружин, свободный ход якоря). Напряжение отпадания измеряют также при снижении напряжения в питающей сети.

Под напряжением магнитные пускатели испытывают в первую очередь на гудение и вибрацию. Причиной гудения может быть плохое прилегание якоря к ярму, повреждение короткозамкнутых витков или неправильный их подбор (при ревизии и сборке), несоответствие катушки каталожным данным, нарушение шихтовки магнитопровода.

При значительном гудении магнитного пускателя следует проверить плотность прилегания якоря к ярму и снять отпечаток. Для этого на поверхность касания ярма с якорем кладут белую и копировальную бумагу и включают пускатель. Если обнаружены перекосы, то проводят дополнительную механическую регулировку, а при необходимости — притирку полюсов.

В процессе включения аппаратов переменного тока индуктивность катушки значительно увеличивается по мере уменьшения воздушного зазора. Общее сопротивление катушки определяется в основном ее индуктивным сопротивлением, поэтому сила тока, протекающего через катушку в момент включения, когда индуктивное сопротивление мало, может быть в 10—15 раз больше, чем при подтянутом якоре. Вследствие этого проверку магнитных пускателей на напряжение втягивания нужно проводить очень быстро во избежание перегрева катушек и регулировочных устройств током включения. Во время испытания магнитных пускателей желательно измерить силу тока, протекающего через катушку при втянутом якоре и номинальном напряжении. При испытании магнитных пускателей с нагрузкой на контактной системе должна быть также проверена надежность гашения дуги. Четкость гашения дуги оценивается визуально наблюдением за характером вспышки при размыкании контактов и по состоянию контактных поверхностей.

Тепловые реле. В однофазных реле серии ТРП внутри биметаллического элемента реле, имеющего U-образную форму, расположен нихромовый нагреватель. Нагрев термоэлементов осуществляется комбинированным способом: ток проходит через нагреватель и частично через биметалл. Реле допускает регулирование силы тока уставки в пределах ±25 %. Регулирование осуществляют при помощи механизма уставки, изменяющего напряжение ветвей термоэлемента. Механизм имеет шкалу, на которой нанесено по пять делений в обе стороны от нуля. Цена деления 5 % для открытого исполнения и 5,5 % — для защищенного. При температуре окружающей среды ниже 30 °С вносят поправку в пределах шкалы реле: одно деление шкалы соответствует изменению температуры на 10 °С. При отрицательных температурах стабильность защиты нарушается.

Деление шкалы, соответствующее силе тока защищаемого электродвигателя и окружающей температуре, выбирают следующим образом.

Определяют деление шкалы уставок тока без температурной поправки по выражению

$$\pm N_1 = \frac{I_{эл} - I_0}{cI_0}, \qquad (9.1)$$

где $I_{эл}$ — номинальная сила тока электродвигателя, А; I_0 — сила тока нулевой уставки реле, А; c — цена деления, равная 0,05 для открытых пускателей и 0,055 для защищенных.

Затем вводят поправку на окружающую температуру

$$N_2 = \frac{t_{окр} - 30}{10}, \qquad (9.2)$$

где $t_{окр}$ — температура окружающей среды, °С.

Поправку на температуру вводят при понижении температуры от номинальной (40 °С) более чем на 10 °С.

Результирующее расчетное деление шкалы

$$\pm N = (\pm N_1) + (-N_2). \qquad (9.3)$$

Если N оказывается дробным числом, его округляют до целого в большую или меньшую сторону в зависимости от характера нагрузки.

Самовозврат реле осуществляется пружиной после остывания биметаллической пластинки или вручную рычагом с кнопкой.

Реле серии ТРН — двухполюсные с температурной компенсацией. Работа реле почти не зависит от окружающей температуры. Реле ТРН-10А позволяют регулировать силу тока уставки в пределах от −20 до + 25 %; реле типов ТРН-10, ТРН-25 — в пределах от −25 до +30 %. Реле имеют только ручной возврат, осуществляемый нажатием кнопки через 1—2 мин после срабатывания.

Защитные характеристики тепловых реле различных серий (при нагреве от холодного состояния) приведены на рисунке 9.3.

В соответствии с требованиями ГОСТов встроенное в магнитный пускатель тепловое реле, через которое в течение длительного времени проходит номинальный ток, должно сработать не более чем через 20 мин после наступления 20%-ной перегрузки.

Для настройки реле подтоком собирают схему, приведенную на рисунке 9.4. Предварительно в течение 2 ч через контакты магнитного пускателя и нагревателя тепловых реле пропускают номинальный ток силой $I_н$. Затем силу тока повышают до $1{,}2I_н$ и проверяют время срабатывания реле. Если через 20 мин со времени увеличения силы тока реле не сработает, то следует постепенным уменьшением уставки найти такое положение, при котором реле сработает. Затем снизить силу тока до номинальной, дать аппарату остыть и вновь повторить опыт при силе тока $1{,}2I_н$.

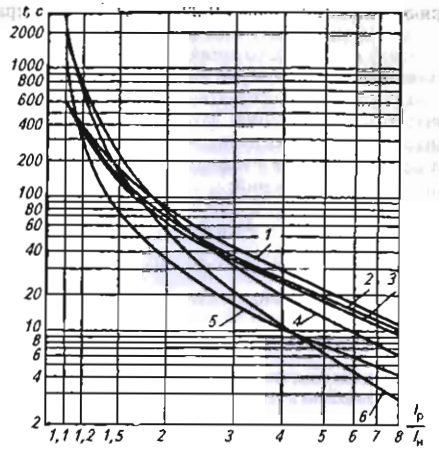


Рис. 9.3. Защитные характеристики тепловых реле различных серий (при нагреве от холодного состояния):
1 — ТРН-10; *2* — ТРН-40; *3* — ТРН-4; *4* — ТРН-25; *5* — ТРН-10А; *6* — ТРН-60; $I_р$ — рабочая сила тока; $I_н$ — номинальная сила тока

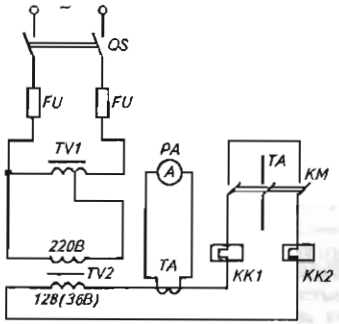


Рис. 9.4. Схема испытания теплового реле:
TV1 — автотрансформатор; *TV2* — нагрузочный трансформатор; *KK* — реле тепловое; *KM* — магнитный пускатель; *TA* — трансформатор тока

. Если при первоначальной проверке реле сработает слишком быстро (менее чем за 10 мин), силу тока следует снизить до номинальной, увеличить уставку и после остывания аппарата повторить опыт.

Предохранители. При проверке предохранителей перед включением объекта на длительную эксплуатацию их осматривают, чистят, проверяют контактные соединения. Затем проверяют правильность выбора номинальной силы тока плавкой вставки. Предохранители должны удовлетворять следующим условиям.

1. Соотношение напряжений:

$$U_{\text{п.н}} \geqslant U_{\text{с}},$$

где $U_{\text{п.н}}$ — номинальное напряжение предохранителя; $U_{\text{с}}$ — напряжение сети.

2. Соотношение сил токов:

$$I_{\text{пред}} \geqslant I_{\text{kmax}},$$

где $I_{\text{пред}}$ — предельная сила тока, отключаемого предохранителем; I_{kmax} — максимальная сила тока короткого замыкания в цепи, защищаемой предохранителем.

3. При установке на защищаемом присоединении магнитных пускателей

$$\frac{I_{\text{kmax}}}{I_{\text{вн}}} \geqslant 20, \qquad (9.4)$$

где $I_{\text{вн}}$ — номинальная сила тока плавкой вставки предохранителя, А.

Если тепловая защита отсутствует, допустимо, чтобы

$$\frac{I_{\text{kmax}}}{I_{\text{вн}}} \geqslant 10. \qquad (9.5)$$

4. Сила тока двухфазного короткого замыкания в конце защищаемого участка в сетях с изолированной нейтралью должна быть не менее утроенной номинальной силы тока плавкой вставки или не менее 125 % силы тока отключения максимального расцепителя автоматического выключателя. В установках с глухим заземлением нейтрали сила тока однофазного короткого замыкания должна быть не менее утроенной номинальной силы тока плавкой вставки или расцепителей автоматического выключателя с обратнозависимой от силы тока характеристикой. Для автоматических выключателей, имеющих только максимальный расцепитель, сила тока однофазного короткого замыкания в конце защищаемого участка должна быть больше уставки силы тока срабатывания расцепителя (с учетом разброса силы тока срабатывания) в 1,1 раза.

Проверочный расчет кратности силы тока короткого замыкания можно не делать, если по отношению к допустимым токовым нагрузкам защищаемого присоединения кратность защитных аппаратов не более:

300 % для номинальной силы тока плавкой вставки предохранителя;

450 % для силы тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель;

100 % для номинальной силы тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратнозависимой от силы тока характеристикой (независимо от отсечки);

150 % для силы тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратнозависимой от силы тока характеристикой; кратность тока срабатывания отсечки в этом случае не ограничивается.

5. Номинальная сила тока (А) плавкой вставки (расцепителя автоматического выключателя)

$$I_{\text{в.н}} = k_{\text{з}} I_{\text{нmax}}, \qquad (9.6)$$

где $k_{\text{з}}$ — коэффициент запаса, значение которого зависит от характера нагрузки; при постоянной нагрузке $k_{\text{н}} = 1,1...1,2$; $I_{\text{нmax}}$ — максимальная сила тока нагрузки, А.

Номинальные силы тока плавких вставок предохранителей в зависимости от типа защищаемого оборудования должны удовлетворять следующим условиям:

а) для короткозамкнутых асинхронных двигателей с легкими условиями пуска

$$I_{\text{в.н}} = \frac{kI_{\text{д.н}}}{2,5}, \qquad (9.7)$$

с тяжелыми условиями пуска

$$I_{\text{в.н}} = \frac{kI_{\text{д.н}}}{1,5...2}, \qquad (9.8)$$

где k — кратность пускового тока; $I_{\text{д.н}}$ — номинальная сила тока защищаемого двигателя, А;

б) в жилых домах, бытовых и общественных помещениях

$$I_{\text{в.н}} = 0,8I_{\text{доп.пр}}, \qquad (9.9)$$

где $I_{\text{доп.пр}}$ — длительно допустимая сила тока защищаемых проводов, А;

в) в цепях вторичной коммутации (оперативного тока, измерительных трансформаторов напряжения и др.) плавкие вставки выбирают по силе тока короткого замыкания.

Малая длительность перегорания вставки достигается, если выполнено условие

$$\frac{I_к}{I_{в.н}} \geqslant 10, \qquad (9.10)$$

где $I_к$ — сила тока короткого замыкания.

В цепях вторичной коммутации применяются закрытые предохранители с плавкими вставками на 6...10 А. Номинальная сила тока плавкой вставки в цепях трансформаторов напряжения должна быть на 25—30 % больше силы тока, потребляемого цепями напряжения в аварийном режиме. При защите цепей трансформаторов напряжения автоматическими выключателями должен быть обеспечен коэффициент чувствительности

$$k_ч = \frac{I_{к\,min}}{I_{уст}} \geqslant 2, \qquad (9.11)$$

где $I_{уст}$ — сила тока срабатывания электромагнитного расцепителя автомата, А.

Тепловой расцепитель должен быть выведен из работы;

г) для защиты электромагнитов включения соленоидных приводов масляных выключателей принимают номинальную силу тока плавкой вставки

$$I_{в.н} = (0{,}3...0{,}33)I_э, \qquad (9.12)$$

где $I_э$ — номинальная сила тока электромагнита включения, А.

При определении номинальной силы тока плавких вставок предохранителей нужно учитывать селективность работы. Для селективности последовательно включенных предохранителей номинальная сила тока плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к источнику питания, должна быть по шкале номинальных сил токов предохранителей на одну ступень (для силы тока до 160 А) или на две ступени (для силы тока свыше 160 А) больше номинальной силы тока вставки следующего, более удаленного от источника питания предохранителя.

9.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ПУСКОВОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

Одна из основных задач при эксплуатации пусковой и защитной аппаратуры — обеспечение безаварийной ее работы с тем, чтобы исключить простои производственных механизмов. Вследствие износа отдельных частей, старения материалов и неправильного режима эксплуатации пусковые аппараты или отдельные их детали портятся, разрушаются или полностью выходят из строя. Следовательно, для надежной и безаварийной работы электрооборудования необходимо своевременно выявлять различные неисправности и устранять их. Это достигается путем осмотров и введения системы планово-предупредительных ремонтов. Система эта предусматривает ежедневное эксплуатационное обслуживание, периодические технические уходы и ремонты, выполняемые в определенные сроки, а также профилактические испытания, проводимые в сроки, предусмотренные Правилами технической эксплуатации и заводскими инструкциями.

Своевременный осмотр распределительных устройств (РУ) и квалифицированное проведение технических уходов за ними, а также за пусковой и защитной аппаратурой обеспечивают нормальную их эксплуатацию и способствуют увеличению межремонтного периода.

При осмотре распределительных устройств и аппаратуры напряжением до 1000 В дежурный персонал проверяет следующее:

а) состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи крыш, исправность отопления, вентиляции, освещения и сети заземления;

б) наличие и исправность средств безопасности;

в) состояние контактов ошиновки и рубильников, автоматических выключателей, пускателей;

г) целость пломб у счетчиков и реле защиты;

д) состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, сколов и др.);

е) работу сигнализации и пр.

Все неисправности, замеченные при осмотре, записывают в журнал осмотров и ремонтов.

Периодичность технических уходов определяется в основном условиями, в которых работает оборудование, и его исполнением. Устанавливая периодичность технического обслуживания пусковой и защитной аппаратуры, учитывают также число часов использования ее и сезонность. Технический уход за пусковой и защитной аппаратурой ведет, как правило, дежурный эксплуатационный персонал.

Прежде чем приступить к техническому уходу, оборудование отключают от электрической сети.

При техническом уходе за пусковой и защитной аппаратурой выполняют следующее.

1. Осматривают и чистят распределительные устройства, щиты, сборки (в зависимости от местных условий, но не реже 1 раза в 3 мес).

2. Сняв крышку или кожух аппарата, удаляют пыль, грязь, копоть с наружных и доступных внутренних его частей, продувают их сжатым воздухом или очищают обтирочным материалом.

3. Ослабевшие винты и гайки крепления аппарата подтягивают.

4. Проверяют надежность заземления металлических корпусов сборок, щитов, пусковой и защитной аппаратуры. Ослабевшие контакты разбирают, зачищают контактные поверхности, смазывают техническим вазелином и собирают.

5. Проверяют состояние контактов в месте присоединения проводов к аппаратам. Ослабевшие контакты подтягивают. Контакты, имеющие цвета побежалости, потемневшую или окислившуюся поверхность, разбирают, зачищают и собирают.

6. Убеждаются в отсутствии механических повреждений, трещин, отслоений и обугленных участков на изоляции проводов, подводящих питание к аппаратам, и проводов цепей вторичной коммутации. Участки проводов, имеющие незначительные повреждения, изолируют полихлорвиниловой лентой.

7. Убеждаются в исправном действии аппарата при включении его вначале от руки при снятом напряжении, а затем и под напряжением.

8. Проверяют целостность уплотнений аппарата.

9. Восстанавливают надписи, указывающие принадлежность пусковой и защитной аппаратуры к электроприемнику.

Рубильники. При техническом уходе за рубильниками проверяют:

а) состояние контактных поверхностей ножей и губок. Подгоревшие и покрытые коррозией места, наплывы и брызги металла зачищают, а имеющую отслоения или выгорания изоляционную панель заменяют;

б) вхождение ножей в губки неподвижных контактов. Ножи должны входить одновременно, без перекосов и чрезмерных усилий. Если ножи входят неплотно, губки, потерявшие упругость, заменяют. Ослабевшие контактные пружины заменяют новыми;

в) контактные соединения между выводами рубильника и подводящими кабелями, работу механизма привода. Рубильник должен включаться и отключаться без чрезмерных усилий и заеданий. При большом люфте или заедании механизма привода его необходимо отремонтировать при текущем ремонте.

Если рубильник во включенном положении находится длительное время (несколько суток), то для удаления пленки оксида, образовавшегося на ножах и губках, необходимо один раз в сутки сделать 2...3 включения и отключения рубильника при снятой нагрузке.

Пакетные выключатели. При техническом уходе за пакетными выключателями проверяют исправность переключающей рукоятки и колец пакетов. Рукоятки и кольца с дефектами заменяют новыми. Убеждаются в отсутствии трещин и вмятин в изоляции контактных валиков. Несколько раз включают обесточенный выключатель, чтобы убедиться в сохранности пружины мгновенного включения и целости фиксирующих элементов. Для очистки поверхности контактов от оксидов (для аппаратов, непрерывно находящихся под нагрузкой) один раз в сутки выполняют 1...2 включения и выключения. Для выключателей с контактными напайками из серебра или металлокерамики этого делать не требуется.

Предохранители. Уход за предохранителями сводится к выполнению операций, относящихся к рубильникам и переключателям. Дополнительно необходимо осмотреть патроны предохранителей и убедиться в отсутствии трещин и сколов на корпусах патронов, а также отслоений и прогораний фибровых стенок. Если обнаружены перечисленные дефекты, предохранитель заменяют новым. Перегоревшую плавкую вставку заменяют калиброванной плавкой вставкой в соответствии с расчетной силой тока.

Магнитные пускатели. При техническом уходе за магнитными пускателями проверяют состояние:

а) контактной системы (отсутствие перекосов), одновременность замыкания контактов, нет ли коррозии на пружинах главных и вспомогательных контактов. Пружины, имеющие дефекты, заменяют новыми заводского изготовления; крепления магнитной системы и ослабевшие винты подтягивают;

б) катушки пускателя. Внешний изоляционный покров катушки должен быть без темных пятен, свидетельствующих о местных нагревах. Катушка должна быть плотно посажена на сердечник магнитопровода;

в) тепловых реле. Нагревательный элемент должен соответствовать мощности защищаемого двигателя. При выгорании металла на нагревательном элементе его заменяют новым. При проверке работы рычага возврата теплового реле убеждаются в его свободном перемещении и возврате в исходное положение под действием пружины.

Затем выполняют несколько включений пускателя вручную при отключенной питающей сети. При этом проверяют одновременность замыкания главных и вспомогательных контактов, убеждаются в отсутствии перекосов контактной системы, в легкости перемещения и в отсутствии задеваний системы подвижных контактов о дугогасительные камеры.

В завершение включают магнитный пускатель под напряжение, соблюдая правила безопасности. При этом проверяют четкость работы магнитного пускателя при дистанционном управлении и характер шума магнитной системы. Пускатель должен четко срабатывать без заметного торможения. Магнитная система должна издавать легкий равномерный гул без дребезжания. Ненормальное гудение и вибрация магнитной системы пускателя под напряжением могут возникнуть вследствие повреждения или перекоса короткозамкнутого витка на сердечнике магнитной системы, неплотного прилегания якоря к сердечнику, перекоса катушки и снижения напряжения сети более чем на 15 %.

Проверяя состояние кнопок управления пускателем, зачищают подгоревшие и покрытые коррозией контакты и детали, убеждаются в легкости хода, в отсутствии застревания толкателей кнопок и в целости корпуса; если он металлический, проверяют его заземление.

Работающие в схемах с магнитными пускателями защитные устройства (УВТЗ-1, ЗОУП, РУД и др.) представляют собой электронные приборы и нуждаются в особом уходе.

Автоматические выключатели. При техническом уходе за автоматическими выключателями проверяют их корпус и крышку, выполняют несколько включений выключателя при отсутствии напряжения и

убеждаются в одновременности замыкания контактов при свободном их перемещении, а также в отсутствии заедания рычагов и кнопок управления выключателем. Удаляют с дугогасительных камер и контактов брызги металла. Подгоревшие и покрытые коррозией контакты зачищают. При сильном обгорании или износе металлокерамических накладок контактов толщиной до 0,5 мм автоматический выключатель заменяют.

Щиты, сборки и щитки. При техническом уходе за щитами, сборками и щитками проверяют:

а) состояние контактных соединений в местах присоединения проводов и кабелей к аппаратам. Ослабевшие контакты подтягивают;

б) наличие маркировки шин, проводов, кабелей, предохранителей, надписей на корпусе или щитке, над или под зажимами и предохранителями. На предохранителях, кроме того, должна быть надпись, указывающая номинальную силу тока плавкой вставки;

в) состояние изоляции после технического осмотра и чистки распределительного устройства. Сопротивление изоляции каждой секции должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В.

9.3. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании.

Участки, которые подлежат техническому уходу, ограждают и вывешивают на них плакаты: «Не включать! Работают люди!»

Для работы под напряжением необходимо иметь разрешение от вышестоящего оперативного персонала, и проводить ее должны два человека, с тем чтобы при попадании одного под напряжение другой мог прийти на помощь.

При отключении щита или фидера на напряжение 380 и 220 В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственное лицо о проведении работ на данном участке.

Работа под напряжением допускается лишь в том случае, если нельзя отключить установку по условиям технологии. При этом работу поручают опытному электрику под наблюдением инженера с обязательным соблюдением мер предосторожности (использование резиновых ковриков и других изолирующих материалов).

Осмотры в распределительных щитах на напряжение до 1000 В может проводить дежурный электрик, имеющий степень квалификации по электробезопасности не ниже III группы.

При осмотре разрешается заменять лампы освещения, плавкие вставки предохранителей при снятом напряжении, ремонтировать или заменять выключатели, ремонтировать двери и замки.

Если напряжение снять невозможно, то допускается менять плавкие вставки под напряжением и под нагрузкой, предварительно убедившись в отсутствии короткого замыкания на линии. При этом работать нужно в предохранительных очках, в диэлектрических перчатках или пользоваться изолирующими клещами.

Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое монтеров, один из которых имеет степень квалификации по электробезопасности не ниже III группы.

Глава 10

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

10.1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Электропроводки — один из самых важных элементов в электроустановках. Они обеспечивают питание электрооборудования, поэтому их эксплуатация имеет такое большое значение.

Эксплуатация электропроводок заключается в систематическом проведении организационных и технических мероприятий по техническому обслуживанию и текущему ремонту. Техническое обслуживание электропроводок состоит в выполнении следующих операций: осмотр и очистка электропроводки, проверка заземления, состояния изоляции проводов и кабелей, а также проверка крепления и натяжения.

В процессе осмотра и очистки электропроводки можно обнаружить обрывы, увеличенный провес проводов или троса, подтеки мастики на кабельных воронках и др. При очистке волосяной щеткой удаляют пыль и грязь с провода и кабеля, а также с наружных поверхностей труб с электропроводкой и ответвительных коробок. В сырых и особо сырых помещениях при очистке применяют обтирочный материал.

При проверке заземления осматривают заземляющие проводники и их соединения с несущим тросом или струной, металлическими коробками, лотками, коробами, металлическими оболочками кабелей, трубами, а также проверяют наличие соединения заземляющего проводника с контуром заземления или заземляющей конструкцией.

Разъемные соединения разбирают, зачищают до блеска, собирают и затягивают. Поврежденные неразъемные соединения приваривают или припаивают.

Состояние изоляции проверяют мегаомметром на 1000 В не реже одного раза в год. При этом измеряют сопротивление изоляции между токоведущими проводниками, проводниками и заземленными элементами конструкций электропроводки. Сопротивление изоляции при температуре 293 К (20 °С) должно быть не менее 0,5 МОм. При сопротивлении изоляции менее 0,5 МОм участки проводки с низким сопротивлением подлежат замене. Осматривают изоляцию проводов и кабелей. Поврежденные участки изоляции проводов изолируют хлопчатобумажной изоляционной лентой, а в сырых и особо сырых помещениях для изолирования применяют поливинилхлоридную липкую ленту (ПВХ).

В процессе проверки крепления осматривают изоляторы и ролики. Имеющие трещины и надколотые изоляторы и ролики заменяют. Слабо установленные изоляторы и ролики закрепляют. Осматривают анкерные устройства концевого крепления тросовой проводки к строительным элементам здания, натяжные устройства и трос. Участки, пораженные коррозией, зачищают и покрывают эмалью. Допускается защищенные поверхности смазывать техническим вазелином. Натяжные устройства с сорванной резьбой заменяют. Проверяют надежность крепления труб с электропроводкой, лотков, коробов, а также приспособлений, защищающих кабели от механических повреждений, ослабленные крепления подтягивают, а при необходимости заменяют.

Для проверки электрических соединений внутри ответвительных коробок открывают их крышки. При наличии внутри коробки, на контактах и проводах влаги или пыли проверяют состояние уплотнений крышки коробки и на вводах в коробку. Уплотнения, потерявшие упругость и не обеспечивающие герметичность коробок, заменяют. Осматривают клеммы и подсоединенные к ним провода. Соединения, имеющие следы окисления или оплавления, разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином и собирают. Винты и гайки с сорванной резьбой заменяют. Осматривают соединения, выполненные методом скрутки, сварки, пайки и опрессовки. В соединениях, имеющих обгорелый или поврежденный слой изоляции, снимают изоляцию, устраняют причину нарушения контакта (зачищают и пропаивают, опрессовывают и т. д.) и вновь изолируют изоляционной лентой. В сырых и особо сырых помещениях соединения изолируют покрытием полихлорвиниловым лаком с последующей намоткой трех-четырех слоев полихлорвиниловой липкой изоляционной ленты.

Если осмотром обнаруживают ослабленные (с большим значением провеса) участки проводки, то проверяют натяжение. При необходимости участки с большим провесом перетягивают. Стальные тросы натягивают до минимально возможной стрелы провеса. При этом усилие натяжения не должно превышать 75 % разрывного усилия, допускаемого для данного сечения троса.

10.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Из электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве, осветительные и облучательные установки — самые многочисленные, хотя и потребляют около 10 % всей затрачиваемой в отрасли электроэнергии. Электрическое освещение наряду с другими устройствами создает комфортные условия для работающих и положительно влияет на производительность труда; позволяет поддерживать рациональные режимы протекания ряда технологических процессов и способствует увеличению выпуска продукции.

Эксплуатация осветительных и облучательных установок заключается в систематическом проведении организационных и технических мероприятий по соблюдению режимов освещения и облучения, а также по снижению энергозатрат и улучшению их технико-экономических показателей.

На многих сельскохозяйственных объектах используют еще электроосветительные установки, выполненные по устаревшим проектам. Эксплуатационный персонал должен систематически внедрять прогрессивные источники света и схемы управления ими, т. е. корректировать комплектование электроосветительных установок. Замена ламп накаливания на газоразрядные, имеющие при одинаковой мощности в 5...6 раз больший световой поток, позволяет повысить освещенность рабочих мест и сэкономить значительное количество электроэнергии. В процессе эксплуатации световой поток к концу срока службы снижается у ламп накаливания на 15 %, люминесцентных — на 45, ламп типа ДРЛ — на 30 %. Несвоевременная замена ламп может вызвать необходимость в установке новых светоточек, что приведет к увеличению потребляемой мощности.

Ряд положительных эффектов дает автоматизация работы осветительных установок. При этом достигается экономия электроэнергии, увеличивается срок службы ламп, обеспечивается оптимальный режим освещения и др. Для автоматизации управления наружным освещением используют фотореле АО, ФР-2, ФРМ и др. Такие аппараты можно применять для внутренних установок, обеспечивающих непрерывное освещение помещения в ночной период, а также для управления дежурным освещением. При помощи программных реле времени ЕС, 2РВМ обеспечивают рациональные циклы включения—отключения основного и дежурного освещения, согласованные с технологическими процессами на объекте. Для централизованного управления освещением в помещениях животноводческих ферм и комплексов разработаны схемы импульсного телеуправления по проводам низковольтных воздушных линий.

Электрические лампы, особенно лампы накаливания, очень чувствительны к колебаниям напряжения. При понижении напряжения световая отдача их резко снижается, а при повышении — катастрофически падает срок службы лампы. Если напряжение выше номиналь-

ного на 10 %, то вместо 1000 ч лампа служит 300 ч. Чтобы устранить перенапряжение в осветительных сетях, своевременно регулируют напряжение силовых трансформаторов и применяют различные ограничители напряжения: автотрансформаторные, тиристорные или резисторные. Они могут работать в режиме стабилизации или ограничения напряжения у групп ламп.

Экономичность работы электроосветительных установок зависит от состояния отражающих поверхностей потолков и стен помещений, поверхностей ламп и светильников, а также окон помещения. Например, в помещении с побеленными потолками и стенами коэффициент отражения составляет 75 %, а там, где поверхности покрыты пылью или не оштукатурены, коэффициент отражения не превышает 10 %. Поверхности помещений требуется чистить, что осуществляют хозяйственные службы предприятия по мере необходимости. Светильники моют электромонтеры (напряжение при этом отключают): в помещениях с большим выделением пыли (мельницы) — 4 раза в месяц; со средним выделением пыли (птичники) — 3 раза в месяц, с малым выделением пыли (животноводческие помещения) — 2 раза в месяц, в помещениях с незначительным выделением пыли и в установках наружного освещения — по мере необходимости, но не реже 1 раза в четыре месяца.

Производственная эксплуатация облучательных установок инфракрасного обогрева (ССПО1, ЛатвИКО, ОРИ, ЭО, ОРК-2, ОУ-4 и др.), бактерицидного действия (ОБУ, ОБИ, ОБНУ и др.), а также комбинированных облучателей (ИКУФ, «Луч» и др.) имеет свои особенности. Для каждой установки в соответствии с инструкциями составляют график и режим работы. Облученность контролируют уфиметром. Излучаемая ультрафиолетовая радиация зависит от подводимого к лампе напряжения; при отклонении его более чем на 5 % вносят поправки в режим облучения. Обычно это выполняют экспериментально, т. е. по показаниям уфиметра подбирают рациональный режим работы каждой установки.

По мере старения лучистый поток ламп снижается, и в связи с этим пропорционально увеличивается продолжительность ежесуточного облучения. Если интенсивность облучения, создаваемого лампой, уменьшилась более чем на 30 %, лампу заменяют новой.

При работе с облучательными установками следует соблюдать специальные меры предосторожности: сокращать облученность на уровне до 2 м от пола, экранировать лампы, периодически проветривать помещение для удаления избытка озона и оксидов азота, защищать открытые участки тела обслуживающего персонала от облучения и применять защитные очки из дымчатого стекла.

Техническая эксплуатация осветительных и облучательных установок заключается в систематическом выполнении технического обслуживания и текущего ремонта с целью поддержания высокой надежности оборудования.

Техническое обслуживание проводят в плановом порядке один раз в 3...6 мес на месте установки светильников и облучателей в периоды технологических пауз. Типовой объем работ включает следующие общие для всех установок операции: измерение освещенности (облученности) в контрольных точках; очистку от пыли и грязи; проверку работоспособности установки; проверку соответствия ламп типу светильника (облучателя); замену стекол, имеющих трещины или сколы; проверку состояния патронов и зачистку их контактов; подтяжку ослабевших зажимов; проверку состояния изоляции проводов в месте ввода в арматуру, а также надежность присоединения нулевого провода к зажиму на корпусе светильника (облучателя).

В установках с газоразрядными лампами дополнительно выполняют техническое обслуживание пускорегулирующей аппаратуры.

Текущий ремонт светильников и облучательных установок осуществляют в плановом порядке один раз в 12...24 мес на месте размещения светильников и облучателей или в мастерской. Для всех видов облучателей и светильников текущий ремонт имеет следующие общие операции: очистку установки; разборку светильников (облучателей); выявление неисправностей и их устранение; при необходимости выправку и окраску корпуса светильника (облучателя) и экранирующей решетки белой эмалью; сборку схемы установки; проверку сопротивления изоляции проводов и работоспособности ламп; установку их в светильник (облучатель); проверку работоспособности установки и создаваемой ею освещенности (облученности).

В установках с газоразрядными лампами выполняют следующие дополнительные работы: проверяют состояние защитного стекла или решетки, исправность резисторов, конденсаторов и дросселя; проверяют и (при необходимости) восстанавливают работоспособность пускорегулирующей аппаратуры.

Для своевременного устранения отказов осветительных и облучательных установок в хозяйстве должны быть запасные части (в процентах от установленного числа): лампы накаливания — 100; газоразрядные лампы — 20...40, патроны — 2; стартеры — 6; дроссели — 3; защитные стекла — 12; уплотнительные кольца — 20. Состав запасных частей пополняют ежегодно.

10.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В эксплуатацию электронагревательные установки принимает рабочая комиссия, в которую входят представители государственных служб энергетического и пожарного надзора, электротехнической службы хозяйства, строительно-монтажных и других организаций. Комиссия проверяет: техническую документацию (утвержденный проект, паспорт электронагревательного устройства, акты измерения сопротивления изоляции, сопротивления заземляющих устройств и

электрического потенциала на поверхности электронагревательного устройства); соответствие выполненных работ требованиям проекта и нормативам по электро- и пожаробезопасности; работоспособность устройства, соответствие потребляемой мощности и температуры нагрева паспортным данным. Результаты работы комиссия оформляет актом.

Производственная эксплуатация электронагревательных устройств направлена на повышение их технологической и энергетической эффективности. С этой целью электротехническая служба (ЭТС) корректирует комплектование электронагревательных устройств, подбирает такие режимы работы, при которых удовлетворяются агрозоотехнические требования по температуре нагрева, а также требования энергосистемы по использованию внепиковой нагрузки.

Рациональное комплектование электронагревательных устройств позволяет в полной мере реализовать их потенциальные возможности. Благодаря простоте передачи электрической энергии такие устройства можно располагать непосредственно в зоне обогреваемого объекта, они в состоянии поддерживать оптимальные температуры и создавать любые сочетания теплоотдающих потоков (конвекция, излучение, теплопроводность). Поэтому для сельскохозяйственных объектов с небольшой плотностью тепловых нагрузок (фермы, небольшие животноводческие комплексы) применяют децентрализованные схемы электротеплоснабжения. При этом не только сокращаются капиталовложения, но и экономится электроэнергия. Использование центральных электрокотельных оправдано лишь на крупных животноводческих комплексах. В системах обеспечения микроклимата животноводческих помещений средства местного электрообогрева более эффективны, чем установки общего воздушного отопления. Например, замена электрокалориферных установок на электрообогреваемые полы в свинарнике-маточнике позволяет в 2...3 раза снизить энергозатраты на создание требуемого микроклимата.

Правильным выбором режима работы электронагревательного устройства обеспечивается не только соблюдение технологических требований к нагреву, но и выравнивание графика электрической нагрузки. С целью выравнивания графика электрической нагрузки отключают электронагревательное устройство в периоды утреннего и вечернего максимумов, а в схему (конструкцию) его вводят аккумуляторы теплоты, которые выполняют в виде теплоизолированных водяных баков или сердечников из твердых теплоаккумулирующих материалов (кирпич, бетон и др.). Необходимый объем теплоаккумулирующего материала зависит от вида графика теплопотребления, теплоемкости, наибольшей температуры нагрева (заряда) и наименьшей температуры охлаждения (разряда) материала, а также от продолжительности отключения электронагревательного устройства. Наиболее экономичны устройства с твердыми теплоаккумулирующими материалами, отключаемые лишь в утренние и вечерние часы пиковых нагрузок. Чтобы обеспечить заданный режим включения—отключения и требуемые параметры теплоносителя, теплоаккумулирующие электронагревательные устройства снабжают автоматическим регулированием по теплоотдаче и по графику нагрузок энергосистемы.

Грамотная эксплуатация энергосберегающих систем энерготеплоснабжения позволяет снизить установленную мощность электронагревательного устройства и расход электроэнергии. Для этого применяют теплообменные системы вентиляции, используют теплоту земли или солнца и другие нетрадиционные источники энергии. В простейших теплообменных системах загрязненный теплый воздух перед удалением из помещения пропускают через теплообменник, в котором он отдает значительную долю своей теплоты приточному холодному воздуху. Рециркуляция 30 % отработанного воздуха снижает на 20...30 % расход энергии на отопление и вентиляцию.

Техническая эксплуатация электронагревательных устройств направлена на поддержание их высокой надежности путем своевременного и качественного проведения технического обслуживания и текущего ремонта.

Техническое обслуживание проводят в плановом порядке один раз в два месяца на месте размещения электронагревательного устройства, без демонтажа и разборки и без нарушения хода технологических процессов. Типовой состав работ, общий для всех видов устройств, включает следующие операции: очистку снаружи от пыли и грязи; проверку и при необходимости закрепление контактных соединений; проверку исправности заземления; включение устройства в работу и проверку соответствия ее параметров заданным.

Текущий ремонт выполняют ежегодно, без демонтажа установки, но с частичной разборкой. Ремонт элементов нагревательного блока и настройку аппаратуры автоматики целесообразно выполнять в мастерской. Для всех установок общими будут следующие операции: очистка от пыли и загрязнения; разборка и обеспечение доступа к основным узлам и деталям; устранение неисправностей; проверка работоспособности схемы управления; измерение сопротивления изоляции нагревательных элементов и переходного сопротивления заземления; включение нагревательного устройства в работу и проверка соответствия его параметров требуемым значениям во всех режимах работы. По отдельным видам электронагревательных устройств выполняют дополнительные работы.

При эксплуатации электронагревательных установок следует учитывать особенности их конструкции и обслуживания. Так, в водонагревателях емкостного типа следует избегать установки вентилей на водоразборном трубопроводе, что грозит взрывом водонагревателя. В электродных котлах следует опасаться выноса электрического потенциала с отбираемой водой. В электрокалориферах необходимо следить за исправностью блокировки, препятствующей включению ТЭНов при отключенном вентиляторе (флажковое реле).

10.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Допустимое напряжение прикосновения для крупного рогатого скота очень мало (24 В при времени действия более 5 с). Кроме того, если коровы попадают под напряжение 3...4 В, у них снижается надой молока, причем это снижение достигает 40 %. Поэтому к устройству электроустановок в животноводческих помещениях предъявляют особые требования. Чтобы устранить возможность появления в цепях зануления напряжения относительно земли, к симметричности нагрузок по фазам предъявляют высокие требования. Для этого на ферме, как правило, применяют электроприемники в трехфазном исполнении. Допускается использовать однофазные электроприемники мощностью не более 1,3 кВт, включаемые на линейное напряжение, и мощностью 0,6 кВт, включаемые на фазное напряжение. Осветительная нагрузка на фермах должна равномерно распределяться по всем фазам.

Пусковую и защитную аппаратуру электроустановок рекомендуется размещать вне помещений, в которых содержатся животные и птица. Пульты и кнопки управления устанавливают непосредственно у рабочих машин. Если невозможно расположить аппаратуру управления в специальных помещениях, принимают меры для защиты ее от воздействия окружающей среды либо используют оборудование соответствующего исполнения, удовлетворяющее условиям окружающей среды. В животноводстве нужно применять электрооборудование специального сельскохозяйственного исполнения. Допускается использовать оборудование общепромышленного назначения химовлагостойкого исполнения.

Чтобы снизить возможность поражения электрическим током людей и животных, на фермах можно применять электрические водонагреватели только элементного или электродного типов промышленного производства.

Водонагреватели электродного типа допускаются в эксплуатацию оборудованными блокировочным устройством, исключающим открытие водозаборного крана до отключения водонагревателя от сети.

Для защиты от поражения электрическим током в сетях 380/220 В с заземленной нейтралью металлические части электрооборудования, которые в результате пробоя изоляции могут оказаться под напряжением, присоединяют к нулевому проводу (зануляют). Однако на зануленном оборудовании животноводческих ферм при пробое изоляции (однофазном коротком замыкании на корпус) перераспределяется падение напряжения между фазным и нулевым проводами. При этом на нулевом проводе относительно земли появляется напряжение более 65 В. Все зануленное оборудование (металлические трубопроводы, транспортеры для раздачи кормов, уборки навоза и другие машины и механизмы, к которым могут прикасаться животные) оказывается под недопустимым напряжением прикосновения. Для этого

металлические конструкции, к которым могут прикасаться животные, надежно изолируют от корпусов электрооборудования, электроаппаратуры, т. е. от нулевого провода электросети. Для этого в ответвлениях от магистральных линий водопроводов к автопоилкам, к электронагревателям и другим электроприемникам, связанным с водопроводами, в вакуумпроводах доильных агрегатов устанавливают изолирующие вставки. Длину вставки определяют расчетом, но на трубопроводах с токопроводящими жидкостями она должна быть не менее 1 м.

Изолирующие вставки систематически, не реже одного раза в год, проверяют на чистоту и целость внутренней и наружной поверхностей. Цепи для привязки скота, кормушки, поилки и другие части оборудования ферм, к которым возможно непосредственное касание животных, рекомендуется изготовлять из изоляционного материала (нейлона, пластмассы и т. п.).

Однако очень часто полную изоляцию металлических конструкций животноводческих помещений от электрооборудования и нулевого провода электросети выполнить практически невозможно. В этих случаях электробезопасность животных на фермах крупного рогатого скота можно обеспечить путем устройства выравнивания электрических потенциалов. Для этого вдоль каждого стойла на уровне расположения передних и задних ног животных, под деревянным настилом (в бетоне или под ним) укладывают продольные выравнивающие проводники — заземлители из круглой стальной проволоки — катанки диаметром 6...10 мм. Продольные заземлители соединяют четырьмя поперечными заземлителями по торцам и в середине фермы. Полученный выравнивающий контур надежно соединяют со всеми металлическими конструкциями помещения (стойками механической привязи, навозным транспортером и т. п.).

Кроме того, металлические конструкции машин, механизмов, трубопроводы должны быть присоединены к нулевому проводу (зануле-ны). Все соединения в устройстве выравнивания потенциалов сваривают, за исключением соединений в торцовой части каждого ряда животных, которые выполняют болтами и используют для проверки целости цепи выравнивающих проводников. Надежная эффективность действия устройства выравнивания электрических потенциалов и установки изолирующих вставок обеспечивается только при исправной системе зануления и целости нулевого провода.

Целость выравнивающих проводников (заземлителей), сети зануления проверяют не реже 2 раз в год. Значение сопротивления двух выравнивающих проводников должно быть не более 1 Ом.

При выполнении устройства выравнивания потенциалов технологическое оборудование не изолируют и изолирующие вставки на трубопроводах не устанавливают. Для включения переносных электроустановок в животноводческих помещениях устанавливают герметизированные штепсельные розетки с заземляющим гнездом (контактом).

В кормоприготовительных помещениях необходимо:

1) заземлять металлические корпуса запарников, выключателей, водопроводные трубы, присоединенные к запарникам;

2) применять переносные лампы на напряжение 12 В, подключаемые к сети через понижающий трансформатор;

3) иметь на распределительном щитке общий выключатель, позволяющий отключить все электроустановки.

10.5. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Электронно-ионная технология включает такие процессы, в которых в качестве рабочего органа используется непосредственно электрическое, магнитное или электромагнитное поле. Такие технологические процессы широко распространены. С помощью электрического поля очищают, сортируют и обеззараживают семена, осуществляют аэроионизацию животноводческих помещений, проводят электроискровую обработку металлов и растений. Магнитное поле используют для обработки воды и других материалов. Электромагнитные воздействия позволяют вести эффективную борьбу с сорняками на полях, с вредной микрофлорой в животноводческих и складских помещениях, а также добиваться других положительных эффектов.

Конструкции и схемы электроустановок электронно-ионной технологии разнообразны. В них применяют традиционное электрооборудование и специальные генерирующие устройства, высоковольтные преобразователи, системы электродов и т. п. Это специальное электрооборудование определяет особенности эксплуатации электротехнологических установок.

Производственная эксплуатация поддерживает требуемые характеристики электромагнитного воздействия: напряженность электрического поля, частоту колебаний, продолжительность экспозиции и т. п. Такая эксплуатация контролирует качество обрабатываемых материалов (влажность, наличие посторонних предметов и т. п.), а также заданные режимы работы.

Техническая эксплуатация обеспечивает безопасность и высокую надежность установок электронно-ионной технологии. Такие установки потребляют, как правило, небольшую мощность, но напряжение на их рабочих элементах может достигать 50 кВ и выше.

При техническом обслуживании систематически контролируют правильность собранных схем, убеждаются в исправности защит и блокировок от случайного прикосновения к электрическим цепям, проверяют состояние заземления и работоспособность всей установки.

Текущий ремонт проводят ежегодно перед периодом наибольшего использования электроустановки. В объем работ входят следующие операции: проверка состояния корпуса и механической части установки; выправка вмятин и (при необходимости) окраска поверхностей; проверка состояния высоковольтных изоляторов и электродной системы; устранение неисправностей или замена поврежденных деталей; контрольные испытания генератора, трансформатора, выпрямителя и т. п.; повышение параметров блока питания до нормативных значений; проверка сопротивления изоляции; включение установки и проверка ее работоспособности.

10.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА

При электромонтажных работах, а также при эксплуатации широко применяют электрифицированный инструмент. При использовании ручного инструмента с напряжением питания 220 В необходимо надевать диэлектрические перчатки или иметь под ногами резиновый коврик. Корпус инструмента заземляют. Наиболее безопасным считают электрифицированный инструмент с напряжением 36 В повышенной частоты. Однако в этом случае требуется дополнительное оборудование: понижающий трансформатор и преобразователь частоты. При работе с электрифицированным инструментом, имеющим двойную изоляцию, не возникает необходимости в использовании диэлектрических перчаток, ковриков и специального заземления. Этим инструментом можно пользоваться во всех производственных помещениях (кроме помещений с химически активной средой), на открытых площадках с различными видами полов, а также на металлоконструкциях.

Для привода электрифицированного инструмента применяют специальные однофазные коллекторные двигатели, трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели общепромышленной и повышенной частоты. Поэтому эксплуатация и ремонт электрифицированного инструмента сводятся в основном к обслуживанию и ремонту этих электродвигателей. Кроме того, необходимо ежедневно осматривать состояние подводящего кабеля и заземляющего провода. Не реже одного раза в 3 мес контролируют сопротивление изоляции инструмента мегаомметром на напряжение 500 В. Значение сопротивления обычной изоляции должно быть не менее 1 МОм, двойной — не менее 2 МОм.

Электрифицированный инструмент рассчитан на повторно-кратковременный режим работы. При длительной работе электродвигатели нагреваются и могут выйти из строя. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо следить за степенью их нагрева. Кроме того, следует периодически осматривать двигатель, особенно коллектор и щеточный аппарат, своевременно продораживать коллектор, протачивать его, изолировать. Все это обеспечит длительную работу инструмента без повреждений. При эксплуатации инструмента особое внимание необходимо обращать на соблюдение правил безопасности.

10.7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СВАРОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Заземляющие устройства. Защитное заземление — одна из наиболее распространенных мер защиты людей и животных от поражения электрическим током. По расположению относительно места нахождения заземляемого оборудования заземляющие устройства бывают выносные и контурные. Заземлители изготовляют из угловой стали, металлических труб и стержней, стальных полос и т. д., а заземляющие проводники — из стальной проволоки или шины. В качестве заземляющих проводников могут быть использованы металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств), стальные трубы проводок, свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей и др.

Каждый элемент электроустановки, подлежащей заземлению, присоединяют к заземлителю или заземляющей магистрали. Причем заземляющие проводники присоединяют к электрическим машинам и аппаратам болтами. Для заземления машин и аппаратов, установленных на передвижных электрифицированных машинах, используют гибкий медный провод с наконечником. Заземляющие проводники, прокладываемые открыто, обычно окрашивают в черный цвет. В период эксплуатации наземную часть заземляющих устройств подвергают техническим осмотрам (уходам). При этом очищают заземляющие проводники и проверяют целостность цепи заземления. При необходимости разбирают и зачищают контакты в месте соединения заземляющих проводников и электрооборудования, восстанавливают поврежденную окраску элементов заземляющего устройства. Периодичность проведения технических уходов составляет 3 мес. Кроме того, два раза в год рекомендуется измерять сопротивление заземляющих устройств в периоды наибольшей проводимости (летом — при наибольшем просыхании почвы и зимой — при ее наибольшем промерзании). Допустимые значения сопротивлений приведены в таблице 10.1.

10.1. Допустимые сопротивления заземляющих устройств электроустановок напряжением ниже 1000 В

Электроустановка	Условия заземления	Допустимое сопротивление заземляющих устройств, Ом
С глухозаземленной нейтралью	Заземление нейтрали генераторов или силовых трансформаторов	4
	Повторное заземление нулевого провода	10
	То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100 кВ · А	30
С изолированной нейтралью	Заземление электрооборудования	4
	То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100 кВ · А	10

Сварочные трансформаторы. Уход за сварочными трансформаторами заключается в периодической очистке их от пыли и грязи, проверке состояния контактных соединений и заземляющих проводников, смазке привода регулятора и контроле сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм.

Трансформаторы безопасности рассчитаны на получение напряжения 36...12 В, безопасного для обслуживающего персонала. Эти трансформаторы достаточно надежны, но стремление уменьшить их габариты и массу привело к тому, что они имеют высокий уровень электромагнитных нагрузок. В результате трансформаторы имеют значительную температуру нагрева, особенно при нагрузках, что быстро разрушает изоляцию обмоток. Вследствие этого в процессе эксплуатации необходимо постоянно следить за степенью нагрева трансформаторов, прибегая к их периодическому отключению. С целью безопасности один из выводных концов вторичной обмотки сварочных трансформаторов и трансформаторов безопасности заземляют.

10.8. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Культурно-бытовой сектор сельскохозяйственных предприятий имеет высокий уровень электрификации. Электрические приборы и установки используют для освещения, приготовления пищи, обогрева помещений и т. п. Ими оборудованы столовые, детские сады и ясли, клубы, конторы, магазины, больницы, почтовые отделения и ряд других объектов. Номенклатура электрооборудования включает следующие установки и приборы: установки наружного освещения, электронагревательные приборы; вводные распределительные устройства и распределительные щитки; осветительные установки; электропроводки.

Техническое обслуживание электрооборудования культурно-бытового назначения проводят на месте его установки один раз в 3...6 мес. Типовой объем работ для электроводонагревателей и осветительных установок рассмотрен выше. При техническом обслуживании электроплит измеряют сопротивление изоляции между токоведущими клеммами штепсельной вилки и корпусом плиты, а также потенциал между корпусом плиты и близлежащим элементом заземленного сантехнического оборудования; проверяют работу регуляторов мощности конфорок. При техническом обслуживании вводных распределительных устройств их очищают от пыли и грязи, проверяют исправности заземления, укрепляют ослабленные контактные соединения и заменяют изоляцию.

Текущий ремонт выполняют один раз в год на месте установки электрооборудования или в мастерской электротехнической службы хозяйства. Типовой объем работ включает следующие, общие для всех

видов электрооборудования, операции: очистка наружных поверхностей; частичная разборка; устранение неисправностей; сборка и проверка работоспособности электрооборудования.

Бытовое электрооборудование в настоящее время имеет практически каждая сельская семья. Это холодильники, стиральные машины, электропылесосы и другие электрифицированные аппараты. Номенклатура бытовых машин и приборов, выпускаемых промышленностью, непрерывно расширяется. Ремонт электроприборов и электрооборудования домашнего обихода (электроплиток, чайников, утюгов, вентиляторов, пылесосов, стиральных машин, теле- и радиоаппаратуры и т. п.) осуществляют предприятия службы быта по заявкам населения.

10.9. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К эксплуатации потребительских установок допускаются электромонтеры, окончившие специальные курсы, имеющие степень квалификации по электробезопасности не ниже III группы и прошедшие инструктаж на рабочем месте. Отвечает за безопасность обслуживания электроустановок руководитель электротехнической службы хозяйства.

Электромонтеры должны иметь защитные средства, рассчитанные на применение в эксплуатируемых электроустановках. К основным защитным средствам, используемым в установках напряжением до 1000 В, относятся диэлектрические перчатки, ручной инструмент с изолированными рукоятками и указатели напряжения. Дополнительными защитными средствами в этих установках служат диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки.

Перед применением защитные средства осматривают, обращая внимание на дату предыдущей проверки, убеждаются в их исправности. Проводя работы по техническому обслуживанию и ремонту установок, необходимо строго соблюдать правила безопасности труда. Распоряжение на проведение работ на электроустановках (устное или оформленное нарядом) дает руководитель электротехнической службы хозяйства или лицо, его заменяющее, со степенью квалификации по электробезопасности не ниже IV группы.

При техническом обслуживании и ремонте электроустановки отключают от питающей сети. Между ножами и губками отключающего рубильника помещают лист изоляционного материала, на рукоятку привода рубильника или автомата вешают плакат: «Не включать, работают люди!». Затем убеждаются в отсутствии напряжения при помощи указателя напряжения и накладывают временное переносное заземление.

Электропроводки, светильники и другое оборудование, установленное на высоте 2,5 м от пола и выше, обслуживают только с прочных переносных или стационарных лестниц.

Все работы под напряжением выполняет лицо, имеющее степень квалификации по электробезопасности III или IV группы. При этом обязательно присутствует второй человек. Перегоревшие плавкие вставки заменяют при отключенном напряжении. В некоторых типах предохранителей допускается заменять плавкие вставки под напряжением, но при снятой нагрузке.

Рабочие, обслуживающие электрифицированные машины и механизмы, должны быть проинструктированы по правилам эксплуатации и правилам безопасности труда при работе на установках. Обо всех неисправностях электрооборудования, возникающих в процессе эксплуатации, следует немедленно сообщить дежурному электромонтеру.

Глава 11

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ

11.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ

Система технического обслуживания автомобилей, тракторов и комбайнов включает обслуживание, связанное с транспортировкой (получение или досборка отремонтированной или новой машины), эксплуатацией (обкатка, диагностика, ежесменное и периодическое обслуживания, устранение неисправностей, возникающих в процессе работы), хранением (постановка на хранение, обслуживание в процессе хранения, снятие с хранения, подготовка к уборочному сезону).

Обслуживание электрооборудования при получении или досборке тракторов и комбайнов имеет свои особенности, заключающиеся в том, что часть электрооборудования (фары, подфарники, задние фонари, звуковые сигналы, стартеры и др.) отгружают в упакованном виде. После получение автотракторной техники это оборудование устанавливают на свои места.

Перед обкаткой мобильного средства проверяют наружным осмотром техническое состояние электрооборудования, надежность его крепления, натяжение ремня генератора (при необходимости подтягивают ослабленные резьбовые соединения и регулируют натяжение ремня). В процессе обкатки наблюдают за работой всех узлов и агрегатов электрооборудования. Обнаруженные неисправности устраняют. После окончания обкатки мобильного средства обслуживание электрооборудования выполняют в том же объеме, что и перед обкаткой. Дополнительно проверяют уровень электролита в аккумуляторной батарее (при необходимости доводят его до нормы) и зачищают ее выводные клеммы.

Существуют следующие виды технического обслуживания автотракторного электрооборудования (АТЭ): ежемесячное техниче-

ское обслуживание (ЕТО) — перед началом работы автомобиля, комбайна, трактора; периодическое техническое обслуживание ТО-1 — через каждые 60 и 120 мото-ч; периодическое техническое обслуживание ТО-2 через каждые 960...1020 мото-ч; сезонное техническое обслуживание (СТО) — при переходе к весенне-летнему или осенне-зимнему периоду эксплуатации.

1. Ежесменное обслуживание и обслуживание при получении и обкатке. Осуществляет его водитель, тракторист или комбайнер. При этом он устраняет незначительные неисправности. Более сложные поломки и дефекты исправляет мастер-наладчик или слесарь-электрик. Агрегаты и узлы, требующие хотя бы частичной разборки или регулирования, рекомендуется заменять, а снятые — ремонтировать в мастерской хозяйства.

2. Периодическое обслуживание. Проводит его мастер-наладчик, ему помогает водитель, тракторист или комбайнер. В процессе обслуживания учитываются отклонения от нормальной работы электрооборудования, замеченные комбайнером (водителем, трактористом) в период эксплуатации. При необходимости производится диагностика технического состояния узлов и агрегатов.

3. Обслуживание после окончания уборочного сезона (перед постановкой трактора, комбайна на хранение). Непосредственно на комбайне проверяют техническое состояние узлов и агрегатов электрооборудования с использованием средств диагностики. При этом учитывают показания контрольно-измерительных и сигнальных приборов, а также наблюдения комбайнера за функционированием электрооборудования во время уборочных работ. Если в хозяйстве есть контрольно-испытательный стенд, то техническое состояние генераторов, реле-регуляторов, стартеров и магнето проверяют после их снятия в условиях мастерской хозяйства.

4. Постановка комбайна (трактора) на хранение. При этом с него снимают фары, звуковой сигнал, переключатель батареи, реле-регулятор, генератор, стартер, магнето, аккумуляторные батареи, указатель потерь зерна, электродвигатели, различные коммутационные приборы, обмотки и контакты, которые находятся не в герметизированных корпусах. Исправное электрооборудование очищают, смазывают и отправляют на хранение на склады при ремонтных мастерских или пунктах технического обслуживания. Неисправности устраняют в условиях мастерской хозяйства.

5. Систематическая проверка состояния агрегатов и узлов электрооборудования, находящихся на хранении. При проверке выявляют и устраняют недостатки хранения. Стартерные аккумуляторные батареи рекомендуется хранить централизованно, на специально оборудованных складах при районных пунктах технического обслуживания. Это позволяет организовать квалифицированный уход за ними.

6. Подготовка комбайнов к уборочному сезону (проведение основного объема работ по техническому обслуживанию электрооборудования). Сюда входят: снятие электрооборудования с комбайна, разборка

его (полная или частичная), очистка, зачистка контактных поверхностей, замена быстроизнашивающихся деталей, смазка, сборка, регулировка, проверка технического состояния электрооборудования, хранившегося на складе, и установка его на комбайн. Выполняет это слесарь-электрик, которому помогает комбайнер.

Соблюдение правил и технологий обслуживания электрооборудования позволяет значительно продлить срок его службы и обеспечить бесперебойную работу в межремонтный период.

При проверке технического состояния электрооборудования используют разнообразные средства диагностирования: стенды, переносные вольтамперметры, нагрузочные вилки, аккумуляторные денсиметры или плотномеры, приспособление для проверки уровня электролита в аккумуляторных батареях.

При сложных неисправностях электрооборудование отправляют в ремонт на специализированное предприятие.

Как показывает практика, полное и качественное проведение технического обслуживания электрооборудования при подготовке комбайна (трактора) к уборочному сезону обеспечивает надежную и безаварийную работу его в период уборки.

11.2. ЕЖЕСМЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При ежесменном техническом обслуживании электрооборудования выполняют следующие операции.

1. Проводят внешний осмотр электрооборудования и проводов (обрыв и повреждение изоляции проводов не допускаются).

2. Проверяют, нет ли подтекания электролита из аккумуляторных батарей (кроме случаев вытекания через отверстия в пробках). Оно недопустимо, батарею следует заменить. Поверхности бака, крышек зажимов и выводов должны быть чистыми и сухими.

3. Контролируют работу приборов коммутации (включателей, переключателей, кнопок управления) и освещения после предварительной очистки их от пыли и грязи. Проверяют приборы включением и выключением. Каждое положение прибора должно четко фиксироваться и обеспечивать надежное электрическое соединение. Лампочки должны гореть без мигания. Перегоревшие заменяют.

4. Убеждаются в исправности звукового сигнала — звук должен быть чистым, без дребезжания.

5. После пуска двигателя устанавливают номинальную частоту вращения и следят за показаниями амперметра: при исправных генераторе, реле-регуляторе и аккумуляторной батарее он в первый момент должен показать силу зарядного тока, при включенных передних фарах — не должен показывать разрядной силы тока.

6. Во время работы двигателя следят за показаниями амперметра: при правильно отрегулированном реле-регуляторе в исправном гене-

раторе сила зарядного тока не должна превышать 1...3 А (стрелка амперметра стоит почти на нуле).

7. У комбайна, нажав кнопку включателя «Масса», проверяют:

а) сигнализатор заполнения бункера — нажатием на его клапан. При этом загорается контрольная лампа и включается звуковой сигнал; в противном случае проверяют состояние контактов сигнализатора и проводки (при необходимости контакты зачищают стеклянной шлифовальной шкуркой) и регулируют регулировочным винтом ход конца клапана сигнализатора, который должен составлять 4,5...5,5 мм;

б) сигнализаторы зернового и колосового шнеков — имитацией пробуксовки зубчатых муфт привода шнеков; для этого между кожухом и шнеком (скребком) устанавливают плоский деревянный брусок. Если при пробуксовке зубчатой муфты сигнальная лампа не загорится и не включится звуковой сигнал, проверяют состояние проводки и контактов сигнализатора (при необходимости контакты зачищают стеклянной шлифовальной шкуркой), а также регулируют регулировочным винтом ход конца рычага сигнализатора, который должен быть 2,5...3,5 мм;

в) сигнализаторы соломотряса и заднего клапана копнителя — поднятием клапана соломотряса или отведением назад копнителя. При этом загорается контрольная лампа и включается звуковой сигнал, в противном случае проверяют проводку и включатель сигнализатора (неисправный включатель заменяют).

8. Очищают чистой (не загрязненной нефтепродуктами) сухой ветошью преобразователи потерь и подачи зерна, установленные на клавишах соломотряса, скатной доске и на дне решетного стана (если комбайн оборудован указателем потерь зерна).

9. Приступая к уборке, устанавливают ручку указателя потерь зерна «Чувствительность» в крайнее левое положение, а тумблер питания в положение «Включено».

Предварительно выполнив необходимые регулировки комбайна с учетом условий уборки (состояние хлебостоя, особенности погоды и т. д.), подбирают наиболее выгодную скорость движения его на данном поле; она должна обеспечивать незначительное отклонение стрелки указателя потерь зерна. Выбрав нужную скорость, стрелку с помощью ручки «Чувствительность» устанавливают в середине сектора шкалы и в дальнейшем положение ручки не меняют.

Если нагрузка на комбайн находится в пределах установленного режима, то стрелка совершает незначительные колебания относительно середины шкалы. Резкое и длительное отклонение стрелки от середины шкалы служит сигналом для изменения скорости движения комбайна.

При техническом обслуживании электрооборудования через 60 мото-часов работы выполняют следующие операции.

I. Очищают и проверяют крепления узлов и агрегатов электрооборудования.

1. Очищают ветошью, смоченной в бензине (с последующей протиркой насухо), наружные поверхности генератора, стартера, реле-регулятора, магнето, переключателя батарей, звукового сигнала, фар, указателей поворота.

2. Прочищают деревянной шпилькой сточные отверстия в крышках генератора.

3. Проверяют надежность крепления узлов и агрегатов электрооборудования, а также наконечников проводов к клеммам этих узлов и агрегатов (в случае необходимости гайки и болты крепления подтягивают).

4. Ослушивают генератор и стартер во время их работы. Повышенный шум и стук в генераторе, скрежет и рывки при пуске стартера не допускаются.

II. Проверяют состояние аккумуляторных батарей.

1. Снимают с аккумуляторных батарей крышки и отсоединяют наконечники проводов от клемм.

2. Убеждаются в отсутствии подтекания электролита через пробки и просачивания через трещины в моноблоке (корпусе) батареи. При наличии трещин в корпусе заменяют батарею.

3. Очистив ветошью, смоченной в 10 %-ном растворе нашатырного спирта или кальцинированной соды (с последующей протиркой насухо), наружные поверхности батареи от пыли, грязи и следов электролита, еще раз убеждаются в отсутствии трещин в корпусе.

4. Вывинтив пробки из крышек аккумуляторных батарей, прочищают деревянной шпилькой их вентиляционные отверстия.

5. Проверяют с помощью приспособления (обыкновенная резиновая груша с отверстием диаметром 2 мм, расположенным на расстоянии 13 + 1 мм от торца ее наконечника) уровень электролита во всех банках аккумуляторной батареи. Для этого через заливочное отверстие вводят наконечник приспособления до упора в защитную решетку; сжав, а затем отпустив грушу, вынимают из аккумулятора и проверяют, нет ли в нем электролита. Отсутствие электролита указывает на то, что его уровень в банке не превышает нормы (однако может быть ниже нормы). Для установления нормального уровня доливают дистиллированную воду. Нормальный уровень электролита должен быть на 10...15 мм выше защитной решетки.

6. Ввинчивают в крышки аккумуляторных банок пробки и проверяют на выводных клеммах и наконечниках проводов следы окисления. При наличии их поверхности зачищают до металлического блеска шлифовальной шкуркой или специальным инструментом.

III. Проверяют состояние и натяжение ремня привода генератора.

1. При наличии расслоений или вырывов на поверхности ремня его заменяют. Замасливание, расслоение или вырывы ремня не допускаются. Замасленный ремень протирают ветошью, слегка смоченной в бензине.

2. Проверяют с помощью специального приспособления или мерительных линеек натяжение ремня привода генератора, нажимая на его

среднюю часть (между шкивом двигателя и шкивом вентилятора) с усилием 39...49 Н (4..5 кгс). В каждом отдельном случае прогиб регламентируется инструкцией по эксплуатации мобильного средства.

Натяжение ремня регулируют следующим образом:

слегка отпустив гайки болтов крепления генератора на кронштейне и к натяжной рейке, поворачивают генератор вниз или вверх по пазу рейки до установления нормального прогиба;

затягивают гайки болтов крепления генератора на кронштейне и к натяжной рейке.

Далее рассмотрено техническое обслуживание отдельных видов электрооборудования.

11.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Через 60 мото-часов работы комбайна выполняют работы по обслуживанию аккумуляторной батареи. Самая важная операция при этом — определение степени разряженности батареи. Здесь возможны следующие случаи.

1. Если известна плотность электролита полностью заряженной батареи, то для определения степени разряженности батареи достаточно погрузить поочередно в каждую банку батареи наконечник денсиметра, предварительно сжав грушу и набрав в сосуд денсиметра такое количество электролита, при котором поплавок всплывает. Показания денсиметра фиксируют при таком положении поплавка, когда он не касается стенок сосуда. Затем измеряют температуру электролита батареи и приводят показания денсиметра к 15 °С с внесением следующей температурной поправки:

Температура электролита, °С	Поправка к показаниям денсиметра, г/см^3
45	+0,02
30	+0,01
15	0
0	−0,01

Наименьшую плотность электролита, измеренную в одной из банок аккумуляторной батареи, сравнивают с данными таблицы 11.1, в которой приведены данные по допустимой степени разряженности аккумуляторных батарей.

Батарею, разряженную более чем на 50 % летом и более чем на 25 % зимой, снимают с мобильного средства и подзаряжают.

Если разность значений плотности электролита в банках аккумуляторной батареи более 0,2 г/см^3, батарею отправляют в ремонт.

Если в банки аккумуляторной батареи перед проверкой была долита дистиллированная вода, то плотность электролита измеряют после 30...40 мин работы двигателя.

11.1. Оценка состояния батареи по плотности электролита, г/см^3

Полностью заряженная батарея	Батарея разряжена	
	на 25 %	на 50 %
1,29	1,25	1,21
1,27	1,23	1,19
1,25	1,21	1,17
1,23	1,19	1,15

Примечание. Плотность электролита приведена к 15 ° С.

2. Если плотность электролита полностью заряженной батареи неизвестна, то степень разряженности батареи определяют по напряжению аккумуляторных банок под нагрузкой. Для этого поочередно на 5 с подключают ножки нагрузочной вилки к клеммам каждой банки аккумуляторной батареи и фиксируют показания вольтметра. Батарею, у которой напряжение хотя бы одной банки меньше 1,5 В, что соответствует разряженности более чем на 50 %, снимают с мобильного средства и подзаряжают.

Если разность значений напряжений на банках батареи более 0,2 В, батарею отправляют в ремонт.

Аккумуляторные батареи готовят к хранению следующим образом.

1. Снимают батарею с мобильного средства, предварительно отсоединив наконечники проводов.

2. Очистив ветошью, смоченной в 10%-ном растворе нашатырного спирта или кальцинированной соды, и протерев насухо наружные поверхности батареи, проводят ее осмотр. Если обнаруживают отслаивание мастики от стенок и крышек, то эти дефекты устраняют с помощью нагретого паяльника. При наличии трещин в баке и крышках, «качании» выводных клемм, перемещении межэлементных соединений при поддевании снизу отверткой батарею отправляют в ремонт.

3. Проверяют электрическое состояние аккумуляторной батареи, измеряя напряжение каждой банки с помощью нагрузочной вилки, вначале без нагрузки, а затем с нагрузкой. Напряжение аккумуляторов под нагрузкой проверяют при включенном сопротивлении нагрузочной вилки в течение 5 с.

Если при измерении напряжения без нагрузки стрелка вольтметра не отклоняется (т. е. имеет место короткое замыкание в банке) или если разность напряжений на клеммах банок под нагрузкой более 0,2 В, то батарею отправляют в ремонт.

4. Батареи, находившиеся в эксплуатации более одного сезона, подвергают тренировочному разряду током (например, для батарей 6ТСТ-132ЭМС сила тока равна 12 А, для 6ТСТ-50ЭМС — 4,5 А), чтобы убедиться в их удовлетворительном техническом состоянии. Перед проведением тренировочного разряда батареи заряжают и доводят плотность электролита до нормы, соответствующей данному климатическому району. Если продолжительность разряда батареи окажется

меньше, чем приведенные ниже данные, то на хранение эти батареи ставить не рекомендуется.

Плотность электролита заряженной батареи, приведенная к 15 °С, г/см³	Продолжительность разряда, ч, не менее
1,29	7,5
1,27	6,5
1,25	5,5

Тренировочный разряд выполняют при температуре электролита 25 ± 5 °С.

Постоянство силы тока поддерживают в течение всего разряда, который заканчивают в момент снижения напряжения до 1,7 В на худшей банке аккумулятора. При включении на разряд и далее — через 4 ч измеряют общее напряжение всех банок аккумулятора и температуру электролита в средней банке. При снижении напряжения на одной банке аккумулятора до 1,85 В напряжение измеряют через 15 мин, а при снижении до 1,7 В — непрерывно, чтобы уловить окончание разряда.

5. Нормальную работоспособность аккумуляторных батарей, имеющих пониженную емкость в результате сульфатации пластин, восстанавливают следующим образом.

Из аккумуляторной батареи (после ее разряда до 1,7 В на банку) удаляют электролит и заменяют его дистиллированной водой, после чего батарею заряжают током (для 6ТСЧТ-132ЭМС не более 6 А, для 6ТСТ-50ЭМС — не более 2 А), наблюдая за плотностью электролита. Если плотность электролита достигает 1,15 г/см³, то его вновь заменяют дистиллированной водой и продолжают зарядку.

Если в течение 4 ч не обнаруживают дальнейшего повышения плотности электролита, прекращают зарядку, заливают свежий электролит, плотность которого соответствует заряженному аккумулятору для данной климатической зоны, и вновь включают на зарядку на 2 ч.

После устранения сульфатации пластин батарею вновь подвергают тренировочному разряду с целью проверки ее технического состояния.

6. Батареи, признанные годными к дальнейшей эксплуатации, устанавливают на хранение по возможности в сухом, вентилируемом помещении при температуре не выше 0 °С, но не ниже −30 °С. Перед установкой на хранение батареи заряжают и доводят плотность электролита до нормы, соответствующей данному климатическому району. Поверхности батарей вытирают насухо ветошью, выводные клеммы зачищают до металлического блеска и смазывают защитной смазкой, а в крышки ввинчивают пробки, которые вывинтили при зарядке; вентиляционные отверстия пробок тщательно очищают.

При хранении батарей ежемесячно контролируют плотность и уровень электролита в них. Подзаряжают батареи только в тех случаях, когда выявлено снижение плотности электролита против плотности заряженной до хранения батареи более чем на 0,05 г/см³.

Батареи, хранимые при положительной температуре, подзаряжают один раз в месяц для восстановления емкости, потерянной от саморазряда.

При постановке на хранение новых (не залитых электролитом) батарей пробки должны быть плотно завинчены, герметизирующие пленки из вентиляционных отверстий аккумуляторных крышек не должны быть удалены.

11.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ

Техническое состояние генератора и работающего с ним реле-регулятора прямо влияет на надежность и продолжительность работы аккумуляторной батареи и приборов освещения.

При техническом обслуживании работу генератора проверяют непосредственно на автомобиле, комбайне или тракторе, а в необходимых случаях — на контрольно-испытательном стенде путем измерения напряжения и силы тока, отдаваемого генератором.

В процессе эксплуатации при ТО-1 и ТО-2 проверяют и регулируют натяжение приводного ремня генератора, а также крепление генератора и реле-регулятора.

При ТО-2 очищают генератор от грязи, снимают щеткодержатель и проверяют состояние щеток и контактных колец, а также давление пружин. Устраняют выявленные неисправности и продувают сжатым воздухом внутреннюю полость генератора.

При подготовке автомобиля или трактора к зимней эксплуатации при очередном ТО-2 дополнительно выполняют следующие работы. Снимают генератор, проверяют его техническое состояние и при необходимости разбирают, проверяют состояние обмоток узлов, устраняют выявленные неисправности, заменяют дефектные узлы и детали. Перед сборкой продувают сжатым воздухом корпус, ротор и другие детали. Заменяют смазку подшипников; при этом снимают защитное кольцо, промывают подшипник, заполняют его смазкой на 70 % объема полости между шариками и устанавливают кольцо на место. В закрытые подшипники смазку не добавляют. После сборки проверяют работу генератора на стенде.

Можно проверить генератор без снятия с машины путем измерения напряжения на зажимах «плюс» и «минус» генератора, а затем напряжения на зажимах «плюс» и «минус» регулятора при средней и большей частоте вращения двигателя.

Подготовка генератора к хранению заключается в следующем.

1. Снимают защитные колпачки с клемм генератора, помечают и отсоединяют провода.

2. Ослабляют гайки болтов крепления генератора, снимают приводной ремень и, отвинтив гайки и вынув болты из отверстий лап генератора, снимают генератор.

3. Очищают ветошью, смоченной в бензине, наружные поверхности генератора, прочищают деревянной шпилькой сточные отверстия в крышках, смазывают клеммы, беговую дорожку шкива и лапы для крепления защитной смазкой и сдают генератор на хранение.

11.5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРОВ

Реле-регулятор напряжения проверяют и при необходимости регулируют через одно ТО-2. При подготовке автомобиля, трактора к зимней эксплуатации в северных районах регулируют реле-регулятор на повышенное напряжение, что необходимо для полного заряда аккумуляторной батареи (табл. 11.2).

11.2. Установка напряжения генератора в зависимости от времени года

Климатическая зона (средняя месячная температура в январе, °С)	Время года	Напряжение электрооборудования автомобиля, В	Напряжение генератора, регулируемое регулятором напряжения, В	
			при наружной установке батареи	при подкапотной установке батареи
Холодная (от −50 до −15)	Зима	12	14,5...15,5	14,2...15,0
		24	29,0...31,0	29,0...31,0
	Лето	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	27,0...29,0
Умеренная (от −15 до −4)	Круглый год	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	27,0...29,0
Жаркая, теплая влажная (от −15 до +6)	То же	12	13,2...14,0	13,0...14,0
		24	26,0...28,0	26,0...28,0

Перед регулировкой контактных регуляторов осматривают рабочую поверхность контактов и измеряют зазоры между якорьком и сердечником, якорьком и ярмом, а в реле РР380 и РР362 — между контактами. Окисленные контакты зачищают стеклянной бумагой зернистостью 140...170, а затем протирают замшей или плотной тканью, смоченной спиртом или очищенным бензином.

Плоскости контактов должны быть параллельны, а оси контактов должны совпадать.

При подготовке к хранению у реле-регулятора:

1) помечают и отсоединяют провода от клемм реле-регулятора, отвинчивают гайки с винтов крепления и снимают реле-регулятор в сборе с амортизационными втулками;

2) очистив наружные поверхности реле-регулятора ветошью, смоченной в бензине, и смазав клеммы защитной смазкой, отправляют его на хранение.

11.6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СТАРТЕРОВ

При выполнении ТО-2 проверяют крепление стартера и проводов к зажимам тягового реле, реле включения и провода от зажима реле к «массе». Подтягивают стяжные болты стартера. Снимают защитную ленту и проверяют состояние коллектора, щеток и их пружин, наличие пыли на крышке и щеткодержателях. Пыль со щеткодержателей, крышки и коллектора удаляют сжатым воздухом. Замасленный или загрязненный коллектор протирают чистой тряпкой, слегка смоченной бензином. При большой загрязненности крышки, щеток, коллектора, сильном износе щеток и для устранения других дефектов снимают стартер с двигателя.

В стартере СТ-103 заливают в каждую масленку по 8...10 капель жидкого моторного масла. В других стартерах подшипники смазывают перед сборкой жидким моторным маслом.

При подготовке автомобиля или трактора к зимней эксплуатации при очередном ТО-2 снимают стартер с двигателя и разбирают его для проверки состояния щеток и их пружин, коллектора, обмоток, деталей и узлов привода, подшипников, тягового реле. Для сохранения смазки в подшипниках не допускается промывать крышки керосином или бензином. После устранения дефектов стартер собирают, уделив особое внимание надежности крепления винтов опоры среднего подшипника. После сборки проверяют легкость вращения якоря и регулируют привод шестерни. Затем проверяют стартер на испытательных стендах.

При подготовке к хранению стартера выполняют следующие операции.

1. Отсоединяют провода от клемм стартера и, вывинтив болты крепления, снимают стартер с двигателя.

2. Закрывают отверстие под стартер специальной заглушкой, обеспечивающей герметизацию полости картера маховика, предварительно смазав защитной смазкой посадочные поверхности под стартер.

3. Очищают наружные поверхности стартера ветошью, смоченной в бензине, снимают защитную ленту (защитный колпак для генераторов с торцовым расположением коллекторов) и вынимают щетки.

4. При загрязнении коллектор протирают также ветошью, смоченной в бензине, после чего защитную ленту (колпак) помещают на место.

5. Смазав защитной смазкой клеммы стартера, фланец крышки, доступную часть вала якоря и шестерню привода, отправляют стартер на хранение.

11.7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

При проведении ТО-1 проверяют и при необходимости подтягивают крепление прерывателя-распределителя и катушки зажигания. Поворотом крышки колпачковой масленки на один оборот смазывают валик привода кулачка и ротора распределителя.

При ТО-2 проверяют состояние поверхности катушки зажигания, проводов низкого и высокого напряжения и сухой тряпкой очищают их от пыли, грязи и масла. Проверяют состояние свечей зажигания. Очищают свечи от нагара и регулируют зазор между электродами или заменяют свечи.

Снимают с двигателя прерыватель-распределитель и протирают сухой тряпкой внутреннюю и наружную поверхности крышки, ротор и корпус. Проверяют, нет ли в крышке и роторе трещин и обгоревшейся поверхности изоляционного материала, а также состояние

угольного контакта в центральном вводе крышки и ограничительного резистора в роторе распределителя. Проверяют состояние контактов прерывателя, регулируют зазор между ними и зачищают рабочую поверхность от оксида металла. Протирают рабочую поверхность контактов прерывателя замшей, смоченной очищенным бензином или спиртом, а затем просушивают контакты.

Валик привода кулачка и ротора смазывают, повернув крышку колпачковой масленки на один оборот. Ось рычажка смазывают одной каплей масла. Снимают ротор, а затем фильц-щетку и капают 4...5 капель на втулку кулачка. Потом пропитывают фильц-щетку двумя каплями масла. Проверяют состояние других узлов и деталей.

При подготовке машины к зимней эксплуатации прерыватель-распределитель разбирают и тщательно проверяют состояние подшипника подвижного диска, рычажка прерывателя, валика и его скользящих подшипников, кулачка, контактов прерывателя, центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания. Выявленные неисправности устраняют. Проверяют на стенде и при необходимости регулируют угол замкнутого состояния контактов прерывателя, центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания, а также исправность ротора, крышки распределителя и конденсатора.

Техническое состояние приборов системы зажигания, снятых с автомобиля, трактора или комбайна, проверяют на специальных стендах.

11.8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Для надежной работы приборов освещения и сигнализации необходимо ежедневно проверять их в действии. Следует также своевременно протирать рассеиватели приборов освещения и световой сигнализации.

При ТО-2 проверяют крепление и исправность всех приборов освещения и сигнализации, регулируют направление световых лучей главных фар машины, проверяют состояние контактных зажимов фар и фонарей, крепление наконечников проводов на зажимах, действие центрального и ножного переключателей света и падение напряжения на зажимах, проверяют и при необходимости регулируют звуковые сигналы и реле сигналов. В указателях поворотов проверяют исправность переключателя и частоту «мигания» ламп, при необходимости регулируют прерыватель тока, очищают от пыли и грязи поверхности и зажимы ножного переключателя света и выключателя стоп-сигнала.

Своевременное и высококачественное техническое обслуживание электрооборудования позволяет существенно снизить простои автомобилей, тракторов и комбайнов.

При подготовке к хранению *фар и звукового сигнала* выполняют следующее.

1. Поворачивая наконечники проводов против часовой стрелки, вынимают их из гнезда фары. Снимают фары с комбайна, отвинтив гайки и вынув болты крепления из стоек фар.

2. Отсоединяют провод и, вывинтив винт крепления, снимают сигнал.

3. Протирают наружные поверхности фар и звукового сигнала, смазывают защитной смазкой сопряжения (рассеиватель — ободок, ободок — корпус фары, гнездо фары — выводные клеммы), а также клеммы звукового сигнала. Отправляют фары и сигнал на хранение.

Электровентиляторы готовят к хранению следующим образом.

1. Снимают фильтр вентиляционной камеры и вентилятор, предварительно отсоединив от электродвигателей провода.

2. Очищают вентиляционную камеру и вентиляционные отверстия от пыли, устанавливают на место фильтр и закрывают вентиляционные отверстия снаружи кабины брезентовыми чехлами.

3. Вывинчивают шпильки и снимают с валов электродвигателей колеса вентиляторов, очищают электродвигатели и колеса от пыли и грязи. Смазав защитной смазкой концы валов и клеммы электродвигателей и установив колеса вентиляторов на место, сдают вентиляторы на хранение.

Указатель потерь зерна готовят к хранению следующим образом.

1. Отсоединяют провода от соединительной панели, установленной на левой стороне кабины, отвинчивают гайки болтов крепления и снимают с кронштейнов измерительный блок, а с рулевой колонки — показывающий прибор.

2. Снимают защитные колпачки с соединительных панелей, установленных на клавишах соломотряса, дна решетного стана и скатной доски. Отсоединяют провода и, отвинтив винты крепления преобразователей потерь зерна и подачи, снимают преобразователи с комбайна.

3. Протирают чистой ветошью показывающий прибор, измерительный блок и преобразователи и отправляют их на хранение.

При подготовке к *хранению щитка* приборов выполняют следующее.

1. Протирают щиток приборов ветошью и смазывают все металлические детали тонким слоем защитной смазки.

2. Оклеивают щиток промасленной бумагой или полимерной пленкой. Все крепежные и вспомогательные детали после снятия агрегатов и узлов электрооборудования смазывают защитной смазкой и устанавливают на место.

Электрооборудование перед сдачей на хранение тщательно осматривают и оценивают его техническое состояние с целью выявления агрегатов и узлов, которые требуется отправить в ремонт. При этом руководствуются сведениями о работе агрегатов и узлов в период эксплуатации.

Снятые с комбайна агрегаты и узлы электрооборудования, которые не требуется отправлять в ремонт на специализированные ремонтные предприятия, хранят согласно стандартам. Неокрашенные поверхности агрегатов и узлов, имеющие следы коррозии, зачищают шлифовальной

шкуркой, протирают ветошью, смоченной в бензине, и покрывают защитной смазкой, а поверхности, имеющие поврежденный слой лакокрасочного покрытия, зачищают, обезжиривают и окрашивают.

Ко всем агрегатам и узлам, сдаваемым на хранение, прикрепляют бирки с указанием марки и хозяйственного номера комбайна.

11.9. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ

При эксплуатации электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов следует строго соблюдать правила безопасности труда при работах с электроустановками, изложенные выше. Однако специфика автотракторного электрооборудования заключается в том, что в нем используют кислотные аккумуляторы, обслуживание которых сопряжено с опасностью получения химических ожогов. Поэтому при приготовлении электролита, его заливке, установке аккумуляторов на зарядку необходимо работать в резиновых перчатках и обуви, в фартуке и защитных очках.

Помещения, в которых работают с аккумуляторными батареями, должны быть оборудованы общей и местной вентиляцией. В них запрещается хранить и принимать пищу, а также курить.

Приготавливая электролит для кислотных аккумуляторов, следует строго соблюдать существующие правила: приливать кислоту в воду, а не наоборот. При изготовлении и заливке электролита нужно пользоваться только стеклянной или изготовленной из свинца посудой. Переливать кислоту или готовый электролит лучше при помощи специальных сифонов.

Серная кислота даже слабой концентрации разрушает все органические материалы и причиняет ожоги. При попадании электролита на одежду или обувь нужно немедленно промыть облитое место водой в большом количестве, а затем нейтрализовать кислоту раствором бикарбоната натрия (питьевой соды) или нашатырного спирта. Если кислота попала на незащищенные части тела, то необходимо сразу же обмыть это место водой в большом количестве и также нейтрализовать.

Глава 12
ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

12.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Эксплуатация средств автоматизации в сельскохозяйственном производстве имеет свои особенности, заключающиеся в том, что часть этих средств, таких, как датчики, исполнительные устройства,

устанавливают непосредственно в производственных помещениях. Окружающая среда таких помещений агрессивна по отношению к элементам автоматики. В связи с этим все средства автоматизации, применяемые в сельскохозяйственном производстве, должны иметь соответствующую защиту от воздействия вредных факторов окружающей среды производственных помещений.

Другой серьезный фактор, отрицательно влияющий на работу средств автоматизации в сельскохозяйственном производстве, — уровень напряжения, который в условиях сельской местности подвержен значительным колебаниям. Из-за этого стабильность работы автоматических устройств существенно снижается.

Профилактические работы. В процессе эксплуатации средств автоматизации особое внимание обращают на профилактические работы, предупреждающие выход из строя элементов автоматики и в значительной степени исключающие аварии. Цель этих работ заключается в следующем: а) добиться гарантийных уровней сопротивления изоляции всех частей установок; б) поддерживать в исправном состоянии кабельное хозяйство, провода, электромагнитные и моторные механизмы, реле, контакты и другую аппаратуру; в) достигнуть соответствия параметров защит заданным уставкам; г) поддерживать в исправном состоянии и 100-%ной готовности к включению устройства резервного питания; д) обеспечить соответствующую надежность действий блокировок и сблокированных частей схем, сигнализации и т. п.

Перед вводом средств автоматизации установок в эксплуатацию проводят технический (внешний) осмотр, в результате которого выявляют ошибки монтажа и наладки. Техническому осмотру предшествует предварительное изучение документации на автоматизацию, актов на скрытые работы, актов и протоколов ревизий и паспортов оборудования и т. д.

Чтобы предупредить преждевременный выход из строя элементов автоматики и содержать их в работоспособном состоянии, проводят ряд профилактических мероприятий. В систему профилактических мероприятий входит следующее.

1. Текущее обслуживание и надзор за работой систем автоматического управления (САУ). Результаты работы фиксируются в журналах эксплуатации.

2. Периодическое обслуживание и испытания, выполняемые по графику. Они позволяют выявить не только общее состояние САУ и его отдельных элементов, но и очаги скрытых повреждений или признаки, указывающие на возможность их появления. При этом фиксируют состояние изоляции, аппаратуры, основного оборудования и его отдельных частей, а также выявляют ненадежные элементы и оборудование или его отдельные части, которые нужно заменить. Это выполняют мастера-наладчики.

3. Планово-предупредительные ремонты (часто выполняемые после перечисленных выше испытаний), позволяющие немедленно уст-

12.1. Последовательность проведения работ по профилактическому обслуживанию систем САУ

Мероприятие	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Текущее обслуживание и надзор	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Периодическое обслуживание и ремонт			+			+			+			+
Планово-предупредительные ремонты				+							+	
Проверка		+	+									

ранить выявленные дефекты и обеспечить исправное состояние всех элементов САУ. При выполнении ремонтных работ бригада руководствуется протоколами испытаний и записями в журналах эксплуатации, где отмечают неисправности, обнаруженные персоналом.

4. Профилактическая замена изношенного оборудования или его отдельных частей. Это осуществляют в случаях, когда, по данным ремонтной бригады, такая замена требуется до начала нового очередного ремонта по графику. Эту работу выполняет обслуживающий персонал, руководствуясь предписанием руководителя ремонтной бригады, в сроки, согласованные с поставкой запасных частей и возможностями эксплуатации. До замены изношенных частей или оборудования за ними наблюдает дежурный персонал. Изъятие ненадежных элементов оборудования в межремонтный период позволяет повысить надежность работы САУ и удлинить межремонтный период.

Профилактические мероприятия планируют на 1...2 года. Сроки проведения отдельных видов работ определяют в зависимости от особенностей системы автоматизации и условий эксплуатации предприятия, исходя из требований действующих правил и инструкций. Необходимо строго соблюдать последовательность проведения работ в системе профилактики (табл. 12.1).

График проведения профилактических работ должен быть привязан ко времени (декады, месяцы). Нарушения предусмотренных сроков и отступления от графика рассматриваются как аварийная ситуация.

Техническое обслуживание. Комплекс мероприятий по техническому обслуживанию средств автоматизации включает следующее работы: 1) профилактические, направленные на предотвращение отказов (замена элементов, смазочные и крепежные работы и т. д.); 2) связанные с контролем технического состояния, цель которых — проверить соответствие параметров, характеризующих работоспособное состояние устройств автоматики, требованиям нормативно-технической документации (формуляр, паспорт и др.); 3) регулировочные и настроечные, предназначенные для доведения параметров средств автоматизации (блоков, датчиков, узлов) до значений, установленных нормативно-технической документацией.

Текущий ремонт направлен на восстановление работоспособности или исправности устройств автоматики путем устранения отказов и повреждений.

В зависимости от условий эксплуатации, конструктивных особенностей аппаратуры и характера отказов при организации технического обслуживания могут быть использованы три принципа: календарный, наработки и смешанный.

Календарный принцип состоит в том, что техническое обслуживание назначают и проводят после истечения определенного календарного срока (день, неделя, месяц, квартал и т. д.), независимо от интенсивности использования средств автоматизации. Объем каждого технического обслуживания определяется эксплуатационной документацией (инструкцией по техническому обслуживанию, инструкцией по эксплуатации и т. д.).

Принцип наработки предполагает назначение сроков технического обслуживания после достижения аппаратурой определенной наработки. При этом наработка может исчисляться в часах работы, числе включений. Этот принцип можно использовать для организации технического обслуживания в тех случаях, когда отказы обусловлены процессами износа и аппаратура работает в тяжелых условиях, значительно отличающихся от нормальных, или длительное время.

Смешанный принцип организации применяют для устройств автоматики, у которых отказы обусловлены как изнашиванием, так и старением.

В организации технического обслуживания можно выделить четыре этапа: подготовительный, основной, наладки и заключительный.

На *подготовительном этапе* решаются следующие вопросы:

1) планирование работ и постановка задач исполнителям;

2) подготовка обслуживающего персонала (изучение инструкций, технических описаний, правил и мер безопасности, отработка практических навыков на тренажерах и т. д.);

3) подготовка контрольно-измерительных приборов, инструментов и материалов;

4) подготовка средств автоматизации к проведению технического обслуживания;

5) проведение организационно-контрольных мероприятий (контроль знаний обслуживающего персонала, состояния контрольно-измерительных приборов).

На *основном этапе* в соответствии с планом (сетевым графиком, технологическими картами) проводят всю совокупность работ по данному виду ТО. На этом этапе решают задачи контроля полноты и качества проведения ТО и обеспечения мер безопасности.

Этап наладки охватывает наладочные операции.

На *заключительном этапе* переводят средства автоматизации в заданное состояние, делают записи в учетной документации о выпол-

ненных работах и выявленных неисправностях, убирают помещения, территорию и подводят итоги.

Заключение о техническом состоянии средств автоматизации делают по результатам измерения и контроля совокупности параметров, определяющих работоспособность средств автоматизации и системы в целом.

Различают виды контроля: работоспособности, диагностический и др.

Контроль работоспособности проводят при подготовке средств автоматизации и системы в целом к применению (работе), при техническом обслуживании и ремонте, периодически в процессе хранения. Основная задача — определение технического состояния системы автоматизации в целом. В процессе контроля выполняют настройку и регулирование.

Диагностический контроль автоматизированной или автоматической системы проводят для отыскания неисправностей и установления причин их возникновения.

Одна из важнейших задач при проведении диагностического контроля — выбрать такую стратегию (программу) поиска неисправностей, при которой требуется минимальное время для обнаружения неисправного элемента. Программа поиска неисправностей зависит от принятого метода. Наиболее распространены методы последовательных поэлементных проверок, последовательных групповых проверок и комбинированный.

Метод последовательных поэлементных проверок состоит в том, что поиск неисправности ведут путем проверки элементов системы по одному в определенной, заранее установленной последовательности. При обнаружении неисправного элемента поиск прекращают и заменяют этот элемент, а затем проводят комплексную проверку работоспособности всей системы. Если комплексная проверка показала, что работоспособность не восстановлена, продолжается поиск следующей неисправности с той позиции, на которой был обнаружен неисправный элемент. Найдя второй неисправный элемент, вновь проверяют систему и т. д. до восстановления работоспособности автоматизированного устройства.

Такой метод применим для любых функциональных схем аппаратуры и вариантов ее конструкции. Недостаток его — сравнительно большое число проверок, что, в свою очередь, приводит к значительным затратам времени на поиск даже при оптимальных программах. Им удобно пользоваться при малом числе элементов в автоматизированной системе.

Метод последовательных групповых проверок состоит в том, что всю систему делят на отдельные группы элементов, устройств, блоков, узлов и т. д. Поиск неисправности начинают с измерения одного или нескольких параметров — так выявляют группу элементов, в которой имеется неисправность. Затем путем последовательного деления этой

12.2. Принятие решения по состоянию параметров

Состояние параметров					Решение
П1	П2	П3	П4	П5	
Норма	Не норма	Норма	Норма	Не норма	Неисправен Э1
Не норма	Норма	Не норма	Не норма	Норма	Неисправен Э2

группы на подгруппы область неисправной части сужают до тех пор, пока не будет выявлен неисправный элемент.

Основная задача, которая решается при разработке программы поиска, сводится к определению, с какой контрольной точки следует начинать проверку групп и какие шаги должны быть сделаны после анализа и результатов контроля, чтобы получить минимальное время поиска. В практике эксплуатации при решении этой задачи используют три способа разделения структурной схемы автоматизированной установки на группы элементов схемы автоматики: средней точки, половинной вероятности, половинного времени. Наиболее распространен способ средней точки, который состоит в том, что схему автоматизации разбивают на две примерно равные части и измерения выполняют в средней точке. Определив группу, содержащую неисправный элемент, вновь разбивают ее примерно на равные части и т. д., до определения отказавшего элемента. Этот метод дает оптимальное решение в том случае, если элементы равнонадежны и среднее время проверок групп элементов примерно одинаково (триггерные ячейки). В остальных случаях минимизируется только число проверок, необходимых для отыскания отказавшего элемента.

Комбинированный метод применяют для сложных систем. Он заключается в том, что в процессе поиска неисправностей измеряют определенную совокупность параметров и по результатам этих измерений дают заключение о неисправном элементе. После контроля всей совокупности контролируемых параметров анализируют состояние системы и принимают решение. Последовательность проверок значения не имеет. При практической реализации комбинированного метода целесообразно составить специальную таблицу (табл. 12.2), в которой следует указать, при каком сочетании нормального и ненормального состояний параметров неисправен тот или иной элемент (узел, блок и т. д.).

Комбинированный метод можно применять и для отыскания одновременно двух и более отказов.

Для сложной автоматизированной установки наилучшие результаты удается получить при комплексном использовании методов. При этом комбинированный метод используют для определения неисправного устройства (блока, тракта); метод групповых проверок — для отыскания неисправного узла, каскада; метод поэлементных проверок — для отыскания неисправных элементов (деталей) в узлах (каскадах).

После выбора и оптимизации программы поиска необходимо выбрать способ проверки исправности конкретного элемента. При эксплуатации автоматических и автоматизированных устройств используют следующие способы:

внешнего осмотра. Это наиболее распространенный способ. Путем внешнего осмотра аппаратуры проверяют состояние электрического монтажа (отсутствие повреждений изоляции, обрывов, замыканий, подгорания, пробоев), внешний вид деталей (резисторов, конденсаторов, полупроводниковых элементов и др.), наличие предохранителей, их исправность и соответствие номинальным данным, свечение ламп, отсутствие искрений, степень нагрева элементов и т. д. Способ эффективен при наличии внешних признаков отказов;

замены. Подозреваемые блоки, узлы, электровакуумные приборы заменяют новыми исправными. Преимущества способа — простота реализации и быстрота проверки. Недостатки — необходимость иметь большой запасной комплект исправных блоков, элементов и возможность выхода из строя вновь установленного из-за неустраненного отказа;

промежуточных измерений. При этом способе с помощью контрольно-измерительной аппаратуры измеряют напряжение, силы тока, сопротивления, снимают осциллограммы в различных точках. Результаты измерений сравнивают с данными эксплуатационной документации и делают вывод о состоянии элемента;

характерного признака. Сущность состоит в том, что на вход контролируемого устройства подают сигнал с определенными, заранее заданными характеристиками. По характерным признакам выходного сигнала судят о месте повреждения.

12.2. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

С цепями измерения, сигнализации, управления, релейной защиты и автоматики имеет право работать только персонал специализированной службы.

Для управления и сигнализации в электроустановках используют постоянный ток от аккумуляторных батарей, выпрямительных устройств или переменный ток от силовых и измерительных трансформаторов, рабочее напряжение которых обычно составляет 110...220 В. Измерительные приборы, устройства релейной защиты и автоматики, кроме того, подключаются к вторичным цепям специально предназначенных для этой цепи трансформаторов тока и напряжения. Особенно опасна работа в цепях трансформаторов тока на включенном присоединении. Нельзя даже кратковременно размыкать цепь вторичной обмотки трансформаторов тока, так как при этом нарушается баланс магнитных потоков в сердечнике трансформаторов тока и первичный ток становится током намагничивания. Ток намагничивания перегревает железо трансформатора тока, наводит в его вторичной обмотке высокое напряжение, опасное для работающих. Поэтому до начала работы цепи вторичных обмоток трансформаторов тока замыкают накоротко. Для этого к зажимам присоединяют металлические провода с наконечниками. Эту работу выполняют, используя отвертку с изолированной рукояткой и изолированным стержнем, стоя на резиновом коврике.

Провода цепей переменного напряжения, оперативного тока, катушек отключения и включения перед работой на панели отсоединяют и изолируют, надевая на оголенные концы проводов изолирующие трубки или обматывая их изоляционной лентой.

Вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения заземляют. Заземление вторичных обмоток служит защитой при возможном пробое обмоток высшего напряжения на обмотку низшего напряжения. Поэтому нельзя отсоединять это заземление, за исключением случая, когда напряжение отключено.

Глава 13
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ РЕЗЕРВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

13.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Для дальнейшего развития сельской электрификации большое значение имеют системы и средства автономного электроснабжения, которые обеспечивают электроэнергией сезонных потребителей: насосные станции, оросительные системы, пункты послеуборочной обработки зерновых культур, агрегаты приготовления кормов и т. п., а также крестьянские (фермерские) и приусадебные хозяйства, садоводческие участки, расположенные далеко от сетей централизованного электроснабжения. Автономные системы как независимые источники электроэнергии являются эффективным средством повышения надежности электроснабжения потребителей. Наиболее эффективно резервирование электроприемников первой и второй категорий с помощью бензиновых и дизельных электростанций небольшой мощности. Они полностью исключают аварийные и плановые перерывы в электроснабжении и дают экономический эффект даже при наличии сетевого резервирования.

Промышленность выпускает стационарные и передвижные дизель-электрические станции (ДЭС), основной элемент которых — дизель-электрический генератор, собранный на общей сварной раме. Первичный двигатель — дизель и генератор соединены между собой жесткой муфтой.

ДЭС состоит из следующих систем:

охлаждения дизеля с насосами, баками и трубопроводами;

питания топливом дизеля с топливными баками, масляными радиаторами, насосами и маслопроводами;

пуска дизеля с электрическим стартером, аккумуляторной батареей, зарядным генератором (или от воздушных баллонов компрессоров), пусковыми клапанами и трубопроводами;

подогрева дизеля с подогревателями, лампами и змеевиками для подогрева, отопительно-вентиляционными установками — щиты управления, защиты и сигнализации с комплектом соединительных кабелей.

По уровню автоматизации дизельные электростанции бывают нулевой, первой, второй и третьей степени.

Степени автоматизации обеспечивают:

нулевая степень (0) — ручное управление ДЭС, индикацию значений контролируемых параметров, автоматическую стабилизацию параметров электроэнергии и температуры охлаждающей жидкости, автоматическую подзарядку стартерных аккумуляторных батарей, защиту генератора от перегрузки по току и от короткого замыкания;

первая степень (1) — выполнение операций нулевой степени, а также защиту дизеля от перегрева охлаждающей жидкости, падения давления масла, резкого возрастания частоты вращения вала дизеля («разнос»);

вторая степень (2) — выполнение операций первой степени, а также автоматическую подготовку к пуску, пуск, прием нагрузки, останов и контроль за работой ДЭС;

третья степень (3) — выполнение операций второй степени, а также автоматическое пополнение расходных баков топлива и (при необходимости) охлаждающей жидкостью.

Автоматизированные дизель-электрические установки (ДЭУ) мощностью 8...2000 кВт первой, второй и третьей степени автоматизации производства ОАО «Алтайские средства энергетики» предназначены для основного, резервного и аварийного электроснабжения. Они комплектуются синхронными генераторами трехфазного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 400 В.

Дизель-электрический агрегат АД-30 производства ОАО «Рыбинские моторы» имеет первичный двигатель — четырехтактный быстроходный четырехцилиндровый дизель Д65А-П. Генератор переменного тока — малогабаритный бесщеточный ГС-30-50 мощностью 30 кВт. Дизель, генератор и щит управления смонтированы на общей раме. Агрегат имеет жидкостную принудительную систему охлаждения с радиаторами воды и масла, снабженную терморегулятором и паровоздушным клапаном. Пуск агрегата осуществляется электростартером от аккумуляторных батарей номинальным напряжением 24 В.

Система управления обеспечивает автоматическое управление пуском и остановом агрегата при исчезновении или восстановлении напряжения в резервируемой электрической сети, а также контроль, регулирование, автоматическую стабилизацию параметров и защиту от ненормальных режимов работы. Система охлаждения автоматическая, только у агрегата EZS360A — проточная. Номинальное напряжение генераторов станций 400...230 В. Все оборудование смонтировано на общей раме: система охлаждения дизеля и генератора, топливный бак, глушитель шума выхлопа и т. п. Агрегат можно устанавливать без фундамента на ровной поверхности со щебеночным основанием.

Для регионов с разветвленной системой устойчивого энергообеспечения природным газом целесообразно использовать электростанции типа GEB с газовыми двигателями. Эти агрегаты имеют водяную систему охлаждения. Пуск агрегатов мощностью 50...5000 кВ · А осуществляется электростартером от аккумуляторных батарей.

Дизель-электрические агрегаты АО «ЧКД Моторы» (Чехия) имеют мощность 36...700 кВ · А и предназначены для стационарной установки.

Российскими и зарубежными предприятиями выпускается большая номенклатура передвижных электростанций и электроагрегатов малой мощности с бензиновыми карбюраторными и дизельными двигателями. По мощности передвижные электростанции можно разделить на три основные группы (кВт): малой мощности — до 10, средней — 10...100 и большой — более 100. Передвижные электростанции (ПЭС) предназначены для работы на открытом воздухе при температуре −50 °С...+40 °С. Они должны иметь защиту от атмосферных воздействий и обеспечивать работу в условиях вибрации и тряски. ПЭС различают по способу транспортировки: переносные, перевозные и прицепные.

Размещают передвижные электростанции на одно- или двухосном тракторном или автомобильном прицепе, в кузове автомобиля или закрытом вагоне. В состав передвижной электростанции кроме электроагрегата входят также инвентарные гибкие кабели, служащие для присоединения потребителей к электростанции, комплект запасных частей инструмента и принадлежностей, средства пожаротушения.

Используют передвижные электростанции в первую очередь для сокращения продолжительности перерывов в электроснабжении при ремонтах, реконструкции или плановых отключениях электрических сетей. При нарушениях работы магистральных участков электрических сетей передвижную электростанцию средней и большой мощности целесообразно подключать через передвижную подстанцию к неповрежденному участку линии 10 кВ или непосредственно к шинам 0,4 кВ трансформаторной подстанции. Если работа этой линии нарушена, то электростанцию подключают к распределительным щитам потребителя.

Передвижные дизельные электростанции трехфазного переменного тока типа АД производства АО «Электроагрегат» мощностью 8...100 кВт используют в качестве основного или резервного источника электроснабжения. Эта электростанция легко транспортируется и не нуждается в специальном фундаменте. Генераторы этих электростанций оборудованы системой автоматического регулирования напряжения в пределах +5 % номинального значения при изменении нагрузки от 25 до 100 % номинальной мощности. Продолжительность непрерывной работы этих электростанций без дозаправки топливом составляет 4 ч.

Миниэлектростанция АД-30 мощностью 30 кВт, выпускаемая ОАО «Рыбинские моторы», имеет несколько исполнений: капотное, бескапотное с подогревом при эксплуатации в холодное время года. Может работать на дизельном и газовом топливе.

Передвижные дизельные электростанции производства АО «ЧКД Моторы» (Чехия) комплектуются синхронными генераторами номинальным напряжением 400/230 В. Частота тока 50 Гц. Агрегаты мощностью 36 и 48 кВ · А смонтированы на одноосном прицепе, большей мощности — на двухосном. Прицепы оснащены пневматическими тормозами, подключенными к тормозной системе тягача. Допустимая скорость движения 80 км/ч. Охлаждение дизеля — водяное радиаторное. Пуск агрегата осуществляется электростартером от аккумуляторных батарей.

Резервные и передвижные электростанции оснащаются в основном синхронными генераторами: ГС-8, ГС-16, ГС-30, ГС-60 и др.

13.2. ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РЕЗЕРВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Перед началом эксплуатации или после продолжительного хранения резервной электростанции необходимо выполнить следующие работы:

1) очистить генератор и возбудитель от пыли и загрязнений; внутренние части генератора продуть сжатым воздухом;

2) снять защитную бумагу, удалить консервационную смазку со всех законсервированных поверхностей и протереть их сухим обтирочным материалом;

3) проверить, нет ли внешних повреждений генератора; подтянуть ослабевшие болты крепления подшипниковых щитов и крышек подшипников;

4) снять кожух и проверить состояние траверсы и контактных колец; проверить силу натяжения контактных пружин;

5) проверить состояние контактных колец, коллектора и щеток. Щетки должны прилегать всей рабочей поверхностью к контактным кольцам или к коллектору возбудителя. При необходимости притереть щетки тонкой шлифовальной шкуркой, протягивая ее под ними в направлении вращения вала генератора при нормальном нажатии пружин на щетки;

6) провернуть ротор генератора рукой; проверить, не задевают ли вращающиеся части генератора за неподвижные;

7) проверить состояние заземления электростанции. Она должна быть заземлена двумя проводами: один присоединен к специальному зажиму на щите управления, а другой — к болту заземления на раме электростанции;

8) измерить сопротивление изоляции обмоток генератора мегаомметром на 500 В, отъединив перед этим блоки выпрямителей. Сопротивление изоляции обмоток генератора должно быть не менее 1 МОм при температуре 20 °С. Если сопротивление изоляции меньше указанного значения, обмотки генератора подлежат сушке;

9) если генератор хранился более года, то нужно снять крышки подшипника и проверить состояние смазки;

10) проверить состояние элементов соединения генератора с двигателем;

11) пустить двигатель и при холостом ходе генератора убедиться в отсутствии вибрации, повышенного шума и нагрева подшипников.

Технология проведения технического обслуживания генераторов резервных электростанций дана в таблице 13.1.

13.1. Технология проведения технического обслуживания генераторов резервных электростанций

Операция	Указания по выполнению операции
Очистка генератора	Очистить загрязненную поверхность генератора и возбудителя сжатым воздухом. Следы масла удалить обтирочным материалом, смоченным керосином. Протереть поверхность генератора и возбудителя сухим обтирочным материалом. Убедиться в целости станины, подшипниковых щитов и кожухов
Проверка крепления генератора	Проверить затяжку болтов и гаек крепления генератора к фундаменту или раме. Проверить затяжку болтов крепления подшипниковых щитов. Ослабленные болты и гайки подтянуть. Болты и гайки с сорванной резьбой заменить
Проверка исправности заземления	Проверить состояние заземления корпуса генератора и распределительного щита. Контакты со следами коррозии разобрать, зачистить контактные поверхности до металлического блеска, смазать техническим вазелином, собрать и затянуть. Проверить затяжку контактов заземления. Ослабленные контакты подтянуть
Проверка соединения генератора с двигателем	Проверить состояние соединительной муфты или шкива. В зависимости от конструкции соединительной муфты проверить состояние резиновой соединительной пластины или резиновых колец на пальцах муфты. Изношенные или деформированные резиновые пластины или втулки заменить. При наличии стопорного винта полумуфты или шкива проверить его затяжку. Ослабленный стопорный винт подтянуть
	Приложив палец руки к месту соединений вала генератора со ступицей шкива или полумуфты и легко ударяя молотком с медными бойками по шкиву или полумуфте в осевом направлении, убедиться в отсутствии перемещения шкива или полумуфты относительно вала генератора. Шкив или полумуфта должны быть плотно насажены на вал и не должны иметь осевых перемещений
Проверка изоляции выводных концов генератора	Отвинтить болты или гайки крепления крышек коробки выводов генератора и возбудителя (генераторы СГ) и снять крышки. Продуть коробки выводов сжатым воздухом
	Осмотреть изоляционное покрытие выводных концов обмоток генератора и проводов, присоединенных к зажимам генератора и возбудителя, и убедиться в их целости. При наличии отслоений, подгораний, обугливаний или механических повреждений изоляции обернуть поврежденные участки изоляционной лентой

Продолжение

Операция	Указания по выполнению операции
Проверка контактных соединений в коробке выводов	Осмотреть доску зажимов и контактные соединения в коробке выводов генератора и возбудителе (генераторы СГ), проверить состояние контакта заземления нейтрали генератора. Доску зажимов, имеющую сколы, трещины и обугленную поверхность, заменить. Следы перекрытия или подгорания на доске зажимов зачистить шлифовальной шкуркой, обезжирить ацетоном или уайт-спиритом и бакелитовым лаком
	Контакты со следами окисления или перегрева разобрать, зачистить контактные поверхности до металлического блеска, смазать техническим вазелином, собрать и затянуть. Проверить затяжку контактных соединений. Ослабленные контакты подтянуть
	Надеть крышки коробки выводов генератора и возбудителя и закрепить их болтами или гайками
Проверка состояния щеточного механизма	Снять кожух щеточного механизма. Обдуть щеточный механизм сжатым воздухом, очистить от загрязнений сухим обтирочным материалом
	Осмотреть траверсу, убедиться в целости ее изоляций. Отвести курки щеткодержателей или пружины и вынуть щетки из обойм щеткодержателей. Осмотреть щетки и измерить их высоту. Сколы, трещины на рабочей поверхности не допускаются. Высота щеток генераторов СГ должна быть не менее 12 мм. Заменить износившиеся или выкрошившиеся щетки, для чего отъединить токопроводящий провод от клеммы, вставить новую щетку в обойму щеткодержателя, проверить легкость ее перемещения и подсоединить провод к клемме
	Притереть щетку, подложив под нее полоску стеклянной шлифовальной шкурки рабочей поверхностью к щетке, прижать курком или пружиной щеткодержатель и протягивать стеклянную шкурку в направлении вращения якоря генератора до тех пор, пока щетка не будет плотно прилегать к контактному кольцу или коллектору. Отвести курок или пружину щеткодержателя, вынув притертую щетку из обоймы щеткодержателя, и осмотреть рабочую поверхность. На поверхности не должно быть трещин, выкрашиваний и сколов. Удалить шлифовальную шкурку и выдуть образовавшуюся пыль со щеточного механизма сжатым воздухом
	Проверить состояние электрических контактов схемы генератора и при необходимости подтянуть ослабленные гайки крепления выпрямителей
Проверка состояния выпрямителей	Осмотреть выпрямители. При наличии загрязнения продуть выпрямители сжатым воздухом и протереть сухим обтирочным материалом. Пошатыванием проверить надежность крепления выпрямителей. При необходимости подтянуть ослабленные гайки крепления выпрямителей
Проверка сопротивления изоляции обмоток	Мегаомметром на 500 В измерить сопротивление изоляции обмоток генератора и возбудителя относительно корпуса. Если в схеме генератора имеются полупроводниковые выпрямители, отсоединить их перед проведением измерений. Сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 20 °С
Проверка работы генератора	Проверить ротор генератора вручную, если позволяет конструкция, и убедиться в отсутствии задевания подвижных частей за неподвижные или заедания в подшипниках. При необходимости дополнить подшипниковые камеры смазкой
	Включить генератор и проверить его работу. При работе генератора не должно быть посторонних шумов и стуков

13.3. ВКЛЮЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Для включения генераторов переменного тока на параллельную работу нужно выполнить следующие условия.

1. Чередование фаз работающего генератора и включаемого на параллельную работу должно быть одинаковым.

2. Напряжения работающего генератора и включаемого на параллельную работу должны совпадать.

3. Частота тока работающего генератора и частота тока включаемого на параллельную работу генератора также должны совпадать.

4. Изменения напряжений на зажимах работающего и включаемого на параллельную работу генераторов должны быть синхронными.

Условие 1 выполняется при сборке электрической схемы. При этом осуществляют фазировку и обеспечивают одинаковое чередование фаз. Правильность фазировки проверяют с помощью прибора — фазоуказателя.

Условие 2 выполняется путем регулирования частоты вращения и тока возбуждения включаемого генератора. Контроль осуществляют по вольтметру.

Условие 3 выполняется путем регулирования частоты вращения генератора и контролируется частотомером.

Условие 4 (самое важное) может быть выполнено двумя способами осуществления синхронизации:

точной синхронизации, когда используют три лампы накаливания, включенные между фазами работающего и включаемого генератора. В зависимости от схемы включения ламп момент точной синхронизации наступает или при полном погасании всех трех ламп или когда свет ламп («бегающий огонь») останавливается. При этом включается рубильник, соединяющий работающий и включаемый генераторы;

самосинхронизации. Частоту вращения включаемого генератора доводят до уровня, близкого к частоте вращения работающего генератора при выключенном возбуждении. Обмотки статора включаемого генератора рубильником подключают к обмоткам статора работающего генератора. Сразу же включают возбуждение, и силу тока возбуждения доводят до номинальной.

При включении на параллельную работу генераторов постоянного тока требуется выполнение двух условий:

должна совпадать полярность зажимов работающего и включаемого генераторов («+» и «—»);

должны быть равными напряжения на зажимах работающего и включаемого генераторов.

13.4. ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ГЕНЕРАТОРОВ РЕЗЕРВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Технология текущего ремонта генераторов резервных электростанций состоит из операций, приведенных в таблице 13.2.

Испытание и наладку работы генераторов после текущего ремонта нужно выполнять в следующем порядке.

1. Осмотреть генератор и убедиться в правильности его сборки.

2. Провернуть вал генератора вручную и убедиться в легкости вращения ротора (якоря).

3. Измерить мегаомметром на 500 В сопротивление изоляции обмоток генератора относительно корпуса и между обмотками. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 МОм при температуре 20 °С.

4. Испытать на установке УПУ-1М изоляцию обмоток статора относительно корпуса и между обмотками напряжением 1500 В промышленной частоты в течение 1 мин. Напряжение при испытании нужно поднимать плавно или ступенями не более 75 В. При испытании не должно быть разрядов или резких скачков испытательного напряжения. Перед испытанием конденсаторы, выпрямители, сопротивления, трансформаторы и другие детали и узлы, рассчитанные на более низкое испытательное напряжение, следует отключить.

5. Соединить генератор с двигателем, обратив особое внимание на центровку валов.

6. Выводы обмоток генератора присоединить к щиту управления, а провод заземления — к корпусу генератора.

7. Пустить приводной двигатель и довести частоту вращения генератора до 25 % номинальной. Частично возбудить генератор и проконтролировать работу подшипников. При работе генератора не

13.2. Технология текущего ремонта генераторов резервных электростанций

Износы и повреждения	Указания по устранению износов и повреждений
Ослабление крепления катушек полюсов	Снять башмаки полюсов, при наличии люфта в осевом направлении между активной сталью полюса и катушкой забить тонкий клин из гетинакса или текстолита между каркасом катушки и активной сталью полюса. Ширина клина должна быть равна ширине внутреннего отверстия в корпусе катушки. При люфте катушки в радиальном направлении проложить прокладку из тонкого электрокартона между башмаком и каркасом катушки. Установить и закрепить башмак на полюсе
Ослабление прессовки активной стали полюсов генератора и возбудителя	Забить между листами активной стали полюсов клин из текстолита длиной не менее 2...3 см. Толщина клина должна обеспечивать нормальное сжатие листов стали полюсов. Часть клина, выступающую над поверхностью полюса, спилить ножовкой, а затем зачистить напильником
Ослабление крепления сердечников полюсов	Подтянуть болты крепления сердечников полюсов

должно быть лишних шумов. Проверить работу контактных колец, коллектора и щеток.

8. Дав генератору поработать на низкой частоте вращения 15...20 мин, плавно увеличить ее вначале до 50 %, а затем до 75 и 100 % номинальных. Проверить симметрию линейных напряжений генератора по вольтметру, установленному на щите управления.

9. Дать поработать генератору на холостом ходу 1...2 ч. Измерить температуру нагрева подшипников. Она не должна превышать 60 °С. Включить нагрузку генератора, равную 75...100 % номинальной. Регулируя частоту вращения первичного двигателя, установить номинальную частоту тока. При изменении нагрузки напряжение на зажимах должно поддерживаться на уровне номинального автоматически.

10. При номинальных силе тока и напряжении определить степень искрения (класс коммутации) щеток на коллекторе возбудителя. Степень искрения устанавливают по искрению под сбегающим краем щетки. Степень искрения щеток генератора не должна превышать 1,5.

Работу коллектора и щеток проверяют после установления температуры обмоток возбуждения, но не ранее чем через 2 ч после начала работы.

При испытании возбудитель рекомендуется нагружать при помощи реостата.

Если степень искрения щеток при хорошем состоянии коллектора превышает 1,5, установить щетки на нейтраль.

13.5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ РЕЗЕРВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Обслуживание генераторов резервных электростанций связано не только с опасностью поражения электрическим током, но и с опасностью механического травмирования работающего. Поэтому, как правило, нельзя выполнять работы на вращающихся машинах. Исключение составляют те работы, которые не могут быть выполнены на остановленной машине: например, испытания генераторов и их защит, шлифование колец ротора, проверка щеток и др. Во время выполнения этих работ следует остерегаться захвата одежды или обтирочного материала валом машины. Вращающийся генератор, даже если он не возбужден, считается находящимся под напряжением, так как напряжение в обмотке статора создается за счет остаточного намагничивания стали ротора.

В обмотке статора генератора даже при отсутствии возбуждения наводится значительная ЭДС за счет остаточного намагничивания ротора. Поэтому при работе в цепях возбуждения необходимо применять индивидуальные средства защиты: инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические галоши, резиновые диэлектрические коврики, перчатки.

Глава 14

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

14.1. ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В условиях многоукладной экономики сельскохозяйственного производства организация рациональной эксплуатации электроустановок приобретает особое значение. Энергетическая служба хозяйства, которая обеспечивает рациональную работу не только производственных электроустановок, но и электрооборудования коммунально-бытового сектора села, занимает самостоятельное и очень ответственное место. Обслуживаемые ею электроустановки по мощности составляют четвертую часть от суммарных энергетических мощностей сельскохозяйственного производства.

Главная цель деятельности энергетической службы — обеспечение производства сельскохозяйственной продукции, повышение экономической эффективности хозяйства.

Основные задачи энергетической службы: проведение единой технической политики в вопросах развития энергетики и организации эксплуатации электрооборудования; подготовка и повышение квалификации электротехнического персонала; повышение производительности труда и улучшение социальных условий обслуживающего персонала; участие в обеспечении бесперебойного и качественного электроснабжения сельскохозяйственных предприятий; выполнение комплекса работ по технической эксплуатации электрооборудования; обеспечение рационального использования электрооборудования; дальнейшее развитие электрификации и автоматизации производства; определение потребности в ресурсах на эксплуатацию установленного и нового электрооборудования; улучшение экономических показателей работы энергетической службы; разработка и осуществление организационно-технических мероприятий по экономии энергетических ресурсов.

14.2. УЩЕРБЫ, ПРИЧИНЯЕМЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ОТКАЗАМИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Любой отказ электрооборудования в сельскохозяйственном производстве вызывает сбои в технологических процессах. Спектр отказов электрооборудования обширен и начинается с отказов в системах электроснабжения, а заканчивается отказами элементов электроавтоматики технологических линий. Из-за этого количественная оценка ущербам от отказов электрооборудования затруднена. В нашей стране

накоплен опыт по оценке экономического ущерба от отказов электрооборудования, который отражен в ряде документов. Экономический ущерб от отказов электрооборудования на сельскохозяйственных предприятиях определяют в целях:

обоснования мероприятий по повышению эксплуатационной надежности электрифицированного оборудования (выбор типа защиты от аварийных режимов; расчет фонда резервного электрооборудования, запасных частей и материалов; оптимальное решение организационно-технических задач при эксплуатации электрооборудования и т. д.);

оптимизации надежности проектируемых и модернизируемых электрифицированных технических средств, предназначенных для различных технологических линий (в том числе автоматизированных систем управления);

регулирования экономических взаимоотношений хозяйств с ремонтными, монтажными, наладочными и электроснабжающими организациями, а также анализа работы и оценки деятельности энергетических служб сельскохозяйственных предприятий;

выявления экономических последствий нарушений нормальной работы электроустановок при проведении расследования таких нарушений.

Чтобы количественные данные о возможных ущербах от выхода из строя электрооборудования могли использовать проектные и научно-исследовательские организации, методика базируется на определении народнохозяйственного ущерба от отказов электрооборудования. Этот ущерб складывается из ущерба, наносимого непосредственно сельскохозяйственному производству (в том числе затраты на восстановление работоспособности технологической линии), и ущерба энергосистеме, поставляющей электроэнергию.

Для оценки деятельности конкретных служб, предприятий, анализа эффективности тех или иных электрифицированных машин и технологических линий, различных мероприятий и технических средств, внедряемых на конкретных объектах, совершенствования экономических взаимоотношений хозяйства с обслуживающими его организациями в части установки, наладки и эксплуатации электрооборудования, расследования аварий и отказов оценивается экономический ущерб, который наносится конкретному хозяйству (хозяйственный ущерб).

При определении народнохозяйственного ущерба в расчетах используют статистически обоснованные усредненные данные по длительности нарушения технологических процессов, по удельным ущербам, по количеству необслуженных животных и т. д. Этими же данными можно пользоваться для приближенной оценки размера экономического ущерба на конкретном предприятии от отказов электрооборудования в течение определенного периода. В случае необходимости более точного определения ущерба на конкретном предприятии от конкретного отказа (например, при расследовании нарушения

в работе электроустановки) следует использовать реальные данные, имевшие место в анализируемом отказе.

В общем случае экономический ущерб (руб.) от одного отказа электрооборудования анализируемой технологической линии (процесса) определяется выражением

$$y_o = y_{o1} + y_{o2} + y_{o3}, \qquad (14.1)$$

где $y_{o1} = y_{o11} + y_{o12} + y_{o13}$ — технологический ущерб. Здесь y_{o11} — недовыпуск основной (итоговой) продукции, в том числе из-за снижения продуктивности животных, а также порча или невозвратимая потеря сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, руб.; y_{o12} — выход продукции бракованной или пониженного качества, руб.; y_{o13} — издержки из-за заболевания, гибели либо преждевременной выбраковки скота, руб.; y_{o2} — затраты на ремонт преждевременно отказавшего электрооборудования, руб.; y_{o3} — системный ущерб из-за недоиспользования оборудования и снижения производительности труда персонала электрических станций и сетей, руб.

При расчете народнохозяйственного ущерба учитывают все три составляющие y_o; в случае определения ущерба для конкретного предприятия $y_{o3} = 0$.

Технологический ущерб (руб.), обусловленный недовыпуском или невозвратимой потерей продукции

$$y_{o11} = Ц\Pi_1, \qquad (14.2)$$

где $Ц$ — цена единицы полноценной основной продукции (мяса, молока и др.), руб/натур. ед.; Π_1 — объем недополученной основной продукции, натур. ед.

Здесь же учитывается и возможное снижение продуктивности животных или птицы в течение некоторого периода времени после устранения отказа.

Для приблизительных укрупненных расчетов Π_1 (натур. ед.) можно определить по формуле

$$\Pi_1 = \alpha \Delta\tau \Pi - \Pi_p, \qquad (14.3)$$

$$\Delta\tau = \tau - \tau_o, \qquad (14.4)$$

где α — удельный недовыпуск основной продукции (доля теряемой среднесуточной основной продукции в результате часового простоя оборудования сверх допустимой длительности), относительные единицы; τ — фактическая длительность простоя оборудования при одном отказе, ч; τ_o — допустимая длительность простоев оборудования при одном отказе, ч; Π — среднесуточный объем основной продукции, вырабатываемый при нормальной работе предприятия, натуральные единицы; Π_p — количество основной продукции, выработанной в результате привлечения дополнительной рабочей силы, натуральные единицы.

На животноводческих предприятиях и в теплицах часовой простой машин и оборудования сверх допустимой длительности приводит к потерям основной продукции, указанным в приложении 1; там же и приведены допустимые длительности простоев различных технологических линий.

Аналогично подсчитывают ущербы, обусловленные получением продукции пониженного качества, которая реализуется по более низкой цене, и возникающие из-за гибели или преждевременной выбраковки скота.

Исходную информацию по отказам и их последствиям собирают из журналов по эксплуатации электрооборудования.

Важен расчет хозяйственного ущерба от отказов электрооборудования. Хозяйственный ущерб рассчитывают для конкретного предприятия (хозяйства). Необходимость в этом возникает при определении очередности и сроков работ по обслуживанию и ремонту электрооборудования на разных объектах, обосновании численности электромонтеров для выполнения конкретных работ, расследовании нарушений в работе электроустановок, внедрении рационализаторских предложений, оценке целесообразности модернизации электрифицированного оборудования, выбора типа защиты замененного электрооборудования от ненормальных режимов, создании резервного фонда электротехнических изделий и т. д.

Расчет ущерба проводят по приведенным выше формулам. Объем недополученной продукции, издержки на лечение заболевших животных, количество необслуженных, погибших или выбракованных животных, длительность простоя технологических линий и рабочих машин выявляются из регистрационных зоотехнических и эксплуатационных журналов. Когда их нет под рукой, оценку размера ущерба конкретного отказа (в этом случае известны тип отказавшего электрооборудования, длительность нарушения технологического процесса, число оставшихся необслуженными животных, среднесуточный выпуск продукции) проводят на основе статистики. В расчетах используют зональные закупочные цены на продукцию, которые представлены в соответствующих прейскурантах и известны бухгалтериям всех предприятий. При необходимости могут быть учтены общепринятыми методами затраты на привлечение дополнительных работников и транспорта.

Народнохозяйственный ущерб рассчитывается научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями при обосновании мероприятий по повышению надежности систем электрификации и автоматизации технологических процессов, а также для решения различных организационно-технических задач в масштабе страны или достаточно крупных регионов. Его рассчитывают по приведенным выше формулам: в них подставляют статистически обоснованные значения параметров, которые устанавливают на основании анализа эксплуатационных журналов. Для определения ущерба от недовыпуска или порчи основной продукции используют кадастровые цены на сельскохозяйственную продукцию, представляющие собой централизованно устанавливаемый на 5...10 лет норматив предельно допустимых с народнохозяйственных позиций приведенных затрат на прирост производства соответствующей продукции, т. е. приведенные

затраты на производство продукции в наихудших природных и общественно необходимых условиях массового товарного производства.

При расчете народнохозяйственного ущерба от отказов электрооборудования в теплицах необходимо учитывать время, прошедшее с момента посева до момента возникновения отказа.

В Методике расчета экономического ущерба от нарушений в работе энергетического оборудования (РАО «ЕЭС России», 1995 г. МТ-34-70-001—95) записано, что ущерб, нанесенный потребителям энергии в случаях технологического нарушения, приводящего к прекращению или ограничению энергоснабжения, учитывается отдельной составляющей экономического ущерба в виде платежей на возмещение убытков потребителям согласно условиям в коммерческих договорах, заключенных между снабжающими организациями и потребителями энергии.

Для возмещения убытков потребителю при отключении и ограничении электроснабжения предусмотрены платежи: в режиме внезапного отключения — в тройном размере средней цены на электроэнергию. К примеру, в США стоимость 1 кВт · ч электроэнергии в случае недоотпуска оценивается в размере 8 долларов за 1 кВт · ч, либо путем обследования сельхозпроизводителей и детального расчета ущерба.

14.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЛУЖБА ХОЗЯЙСТВА

В условиях массового внедрения электрифицированных и автоматизированных технологических процессов возникает необходимость обеспечивать надежную работу электроустановок при оптимальных затратах трудовых, материально-технических, финансовых и других ресурсов. Решением этих вопросов занимаются инженерные службы сельскохозяйственных предприятий, районные и областные службы Агросервиса. Основным звеном инженерной службы по эксплуатации энергетического оборудования, непосредственно отвечающей за эффективное использование электрооборудования и экономию топливно-энергетических ресурсов, является энергетическая служба хозяйства. Организационная структура и состав этой службы приведены на рисунке 14.1.

Формирование энергетической службы, ее должностная структура, численность производственного персонала и инженерно-технических работников (ИТР) определяются значением суммарной трудоемкости обслуживания энергетического оборудования, выраженной в условных единицах. При этом трудовое содержание одной условной единицы принято 18,6 чел · ч. Переводные коэффициенты для электротехнического и теплотехнического оборудования приводят в специальных таблицах. Укрупненные нормативы трудоемкости (условные единицы) учитывают время, необходимое на подготовку и обслуживание рабо-

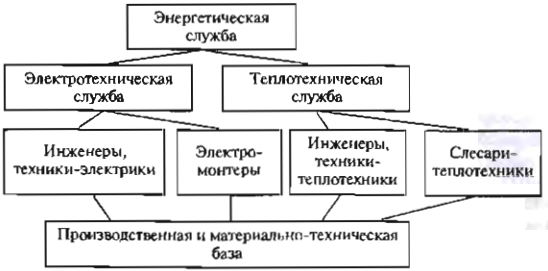


Рис. 14.1. Организационная структура и состав энергетической службы хозяйства

чего места, переходы в его пределах, инструктаж, получение задания, материалов и инструмента, сдачу выполненной работы и личные надобности.

Численность инженерно-технических работников и должностная структура определяются отдельно по электротехнической и теплотехнической службам, исходя из численных значений трудоемкости обслуживания оборудования в условных единицах, которые приводятся в специальных таблицах.

Для учета рассредоточенности электрооборудования по населенным пунктам и производственным объектам, если средняя удаленность объектов от центрального пункта технического обслуживания (электроцеха) составляет 15 км и более, суммарные затраты в условных единицах умножают на коэффициент 1,15.

Средняя удаленность (км)

$$l = \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i S_i}{S}, \qquad (14.5)$$

где l_i — расстояние от центрального пункта технического обслуживания (или электроцеха) до i-го производственного объекта (населенного пункта), км; S_i — число электроприемников на i-м производственном объекте; n — число объектов, имеющих производственную нагрузку; S — суммарное число электроприемников в хозяйстве.

После определения численности ИТР по службам определяют общую численность ИТР энергетической службы. При суммарной трудоемкости обслуживания энергетического оборудования менее 2500 усл. ед. энергетическую службу возглавляет ответственный за энергохозяйство (главный инженер, ведущий инженер и др.), при трудоемкости 2500 усл. ед. и выше — главный энергетик.

14.4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

По состоянию технической документации энергетической службы хозяйства можно судить об уровне эксплуатации электрооборудования и электроустановок.

Основной документ, характеризующий все стороны электрохозяйства, — технический паспорт. Он содержит различные сведения в виде отдельных самостоятельных разделов или таблиц, в которых даны краткие характеристики: питающих и разводящих проводов кабельных и воздушных линий по схеме внешних электрических сетей; электрооборудования трансформаторных подстанций; электростанций; электродвигателей с пусковой аппаратурой, силовых проводок и осветительных установок; электротепловых устройств (отдельно по обогреву полов, теплиц, парников; по электроводонагревателям и электропарообразователям; электрокотельной; электрокалориферным устройствам, бойлерам и калориферным установкам; оборудованию котельных; топливным теплогенерирующим установкам); внешних трубопроводов пара и горячей воды по схеме внешних тепловых сетей; системы водоснабжения (насосные и водоподъемные установки); артезианских скважин; трубопроводов по схеме внешних сетей водоснабжения газовых установок и внешних сетей на природном и привозном жидком топливе; холодильных установок; основного оборудования комплекса очистных сооружений; внешних сетей производственной, ливневой и коммунально-бытовой канализации; насосов перекачивающих канализационных насосных станций; устройств пневмоудаления навоза; телефонной сети; телефонной станции.

Каждый паспорт имеет краткие указания по его заполнению. Технический паспорт подписывают директор (председатель), главный инженер, главный энергетик и главный бухгалтер хозяйства.

Техническая документация энергетической службы имеет вид журналов, формы которых приведены в приложениях.

Журнал учета электрооборудования (приложение 2) предназначен для составления годового графика технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. График рекомендуется составлять на объект, а не на каждую электроустановку. В качестве объекта может быть принят коровник, свинарник, зерноочистительный ток, кормоцех и т. д. Количество физических ремонтов и затрат труда определяют по таблице расчета годового объема работ. При комплексной форме обслуживания графики утверждают в районной энергетической службе и согласовывают с главным инженером хозяйства.

Квартальный график технического обслуживания и ремонта электрооборудования (приложение 3) составляют на основе журнала учета электрооборудования (см. приложение 2). График согласовывают с руководителями производственных объектов.

Форма журнала регистрации производственного инструктажа электромонтеров по правилам безопасности приведена в приложении 4. Инструктаж проводит инженерно-технический персонал. Каждый электромонтер должен быть проинструктирован не реже одного раза в квартал.

Форма журнала учета защитных средств по безопасности, регистрации их очередных проверок дана в приложении 5. Журнал для учета проверок заземляющих устройств составляют по каждому объекту (коровник, свинарник и т. д.). В соответствующую графу записывают сопротивление каждого заземляющего устройства. Делают пометки о соответствии заземляющего устройства правилам устройства электроустановок. Журнал регистрации всех распоряжений и указаний электроснабжающей организации и пожеланий потребителя хранится 3 года.

Форма журнала учета отключений и перерывов в подаче электроэнергии сельскохозяйственному потребителю приведена в приложении 6. Каждый перерыв в электроснабжении фиксируют отдельно.

Форма журнала учета потребления электроэнергии на производственные нужды дана в приложении 7. В первую графу записывают номер каждого счетчика в отдельности в связи с тем, что в хозяйстве может быть несколько трансформаторов, а следовательно, и счетчиков. Этот журнал по участкам ведут электромонтеры, а сводный по хозяйству — инженер или техник-электрик.

У персонала, непосредственно обслуживающего действующие установки, выполняющего наладочные, электромонтажные, ремонтные работы или профилактические испытания, а также персонала, организующего эти работы, периодическую проверку знаний проводят один раз в год. После проверки знаний результаты проверки фиксируют в специальном журнале.

При поступлении на работу лицо, выполняющее электромонтажные работы, обслуживающее электроустановки снаружи и внутри, должно пройти вводный (общий) инструктаж по безопасности труда. Форма журнала регистрации вводного инструктажа по безопасности труда для вновь поступающих на работу приведена в приложении 8.

Форма журнала регистрации технической учебы персонала энергетической службы дана в приложении 9. Эта учеба проводится с целью овладения наиболее совершенными методами работы, повышения уровня знаний по устройству и эксплуатации электрооборудования. Для этого организуют: курсовое (групповое, индивидуальное) обучение по повышению квалификации; изучение правил безопасности, устройства электроустановок, инструкций и других правил, относящихся к работе данных установок; проведение противоаварийных тренировок на рабочих местах для обучения эксплуатационного персонала быстрым способам и приемам предупреждения и ликвидации неполадок и аварий.

Систематическую работу с персоналом обязаны организовывать и лично контролировать главные энергетики и лица, ответственные за энергохозяйство.

Форма журнала учета выхода из строя электрооборудования представлена в приложении 10. Этот журнал предназначен для регистрации номенклатуры и причин выхода энергетического оборудования

из строя. Он служит источником информации при разработке мероприятий по повышению уровня эксплуатации энергооборудования в хозяйстве, а также при решении вопросов о начислении премий персоналу.

Форма журнала, учитывающего результаты работы резервных электростанций в период отключения потребителя от энергосистемы или при ее отсутствии, представлена в приложении 11. В соответствующей графе данного журнала записывают, когда и какой потребитель подключен к сети электростанции. Каждый случай аварии и ее причины отмечают в этой же графе.

Журнал по учету работы резервной электростанции (приложение 11) предназначен для регистрации выработки электроэнергии и расхода горючего.

Для хранения технической документации, инструкций, нормативных материалов, а также текущей переписки рекомендуется иметь папки со следующими наименованиями: паспорт энергетического хозяйства; протоколы испытаний изоляции электрооборудования и проверок заземляющих устройств; акты ввода электрооборудования в эксплуатацию и акты по расследованию причин выхода из строя электрооборудования; местные инструкции по обслуживанию электрооборудования и внутренних электропроводок, должностные инструкции электромонтеров; планы электрификации хозяйства (текущие и перспективные), планы проектно-изыскательских работ; заявки на приобретение энергоматериалов, кабельной продукции и электрооборудования для объектов капитального строительства.

Техническую документацию необходимо совершенствовать и упрощать с учетом опыта эксплуатации электрооборудования в конкретных условиях сельскохозяйственного производства.

14.5. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ АВАРИЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Каждое нарушение нормальной работы электроустановок считают *аварией*.

Аварии делятся на станционные, электросетевые и системные.

К станционным авариям относятся: а) уменьшение количества электрической энергии, отпускаемой электростанцией потребителям более чем на 500 кВт · ч; б) сброс нагрузки электростанции; в) повреждение основного оборудования электростанции, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение.

К электросетевым авариям относятся: а) ошибочное отключение эксплуатационным персоналом или автоматическими устройствами подстанции воздушных или кабельных линий, вызвавшее уменьшение количества отпускаемой потребителям электрической энергии более чем на 500 кВт · ч для сетей напряжением 15 кВ и выше и более чем на 100 кВт · ч для сетей напряжением 2...10 кВ; б) повреждение основного оборудования, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение. Отключение линии электропередачи вследствие неправильных действий эксплуатационного персонала или неправильной работы релейной защиты называют потребительскими отключениями.

Системные аварии возникают при рассогласовании в работе отдельных электростанций.

Браком в работе считают такое состояние, когда недоотпуск электроэнергии составляет менее 500 кВт · ч для сетей напряжением 15 кВ и менее 100 кВт · ч для сетей напряжением ниже 10 кВ. К браку в работе приводят повреждения вспомогательного оборудования, повреждения основного оборудования, находящегося в ремонте, задержка основного оборудования в ремонте, ошибочное отключение оборудования (если это не привело к аварии), снижение частоты ниже 49,5 Гц на 30...60 мин или повышение частоты выше 50,5 Гц длительностью более 30 мин, снижение напряжения ниже контрольных значений более чем на 2 ч.

Перегорание предохранителей или отключение масляных выключателей на стороне высшего и низшего напряжения трансформатора вследствие короткого замыкания в распределительной сети низкого напряжения называют *погашением установок*.

Основные меры борьбы с авариями — это четкое выполнение правил устройства электроустановок, правил эксплуатации и безопасности труда. К главным требованиям относятся следующие.

1. Не допускать повреждения изоляции токоведущих частей электрических устройств: а) соблюдать допустимые расстояния между изоляторами и проводами, а также поддерживать в чистоте изоляторы; б) не допускать перекрытий, вызванных грозой, то есть правильно и своевременно устанавливать молниезащиту и следить за ней; в) предупреждать механические повреждения кабельных линий распределительных устройств и т. д.

2. Своевременно проводить плановые ревизии, обходы, текущие и капитальные ремонты, чтобы предупреждать падение и поломки опор, ведущие к коротким замыканиям.

3. Правильно выполнять пролеты линий электропередач и выбирать площадь поперечного сечения проводов; проводить их расчет на механическую прочность под действием собственного веса (с учетом гололеда), силы ветра и т. д.

4. В трансформаторах своевременно проводить испытания масла, а в генераторах следить за состоянием обмоток и не допускать их внутренних повреждений.

5. Четко выполнять правила безопасности труда и технической эксплуатации, знать схемы коммутации, порядок и последовательность различных переключений и т. д.

Большое значение имеют также предупредительные плакаты и надписи на рабочих местах.

При возникновении аварии эксплуатационный персонал должен немедленно приступить к ликвидации ее, чтобы сократить аварийные перебои в снабжении электрической энергией. Успешные действия

работников по ликвидации аварии зависят от знания ими схем электроустановок и подготовленности их к устранению аварий.

Статистикой установлено, что значительная часть аварий на электроустановках происходит по вине обслуживающего персонала. Причинами таких аварий служат: нарушения правил технической эксплуатации оборудования, правил безопасности; неисправности по вине завода-изготовителя и проектных организаций; стихийные явления и прочие причины. Во время ликвидации аварий необходимо соблюдать общие правила безопасности при работе в установках высокого напряжения.

Работы по ликвидации последствий аварии бригады выполняют по нарядам, а в случае необходимости аварийные бригады работают без нарядов — по устному, письменному или телефонному распоряжению дежурного электроустановки с обязательным занесением распоряжений в журнал дежурств.

Перед началом работы по устранению аварии снимают напряжение, устанавливают защитные заземления, вывешивают плакаты и ограждают место работы.

Аварийная бригада не имеет права выполнять какие-либо переключения в сети без распоряжения дежурного персонала, чтобы исключить возможную подачу напряжения на участок, где работает другая ремонтная бригада. Если работа выполняется вдали от места дежурства, аварийная бригада поддерживает телефонную связь с дежурным и сообщает ему обо всех переключениях, результатах осмотра, испытаний и т. д.

На электроснабжающих предприятиях ведут строгий учет аварий, изучают причины их возникновения и разрабатывают противоаварийные мероприятия на основе статистических данных по предыдущим авариям. О результатах расследования аварии составляют акт с указанием в нем всех выявленных обстоятельств.

14.6. ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА, ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Надежную и экономичную работу электроустановок и их техническое обслуживание обеспечивают квалифицированные работники, которые имеют специальную подготовку и постоянно совершенствуют свои знания.

Персонал, принимаемый на работу для обслуживания электроустановок, должен иметь определенный (в зависимости от должности) уровень общих технических знаний и стаж практической работы.

Эксплуатационные работники электроустановок до назначения их на самостоятельную работу или при переводе на другую работу должны пройти соответствующее производственное обучение и проверку знаний по правилам технической эксплуатации и правилам безопасности труда, а также по эксплуатационным и должностным инструкциям.

Производственное обучение. Одна из основных форм работы с персоналом — производственное обучение (производственный инструктаж).

Производственное обучение на рабочем месте проводят в течение двух недель. При этом персонал приобретает практические навыки, знакомится с оборудованием и аппаратурой. Руководит обучением опытный работник, имеющий право на обслуживание данной электроустановки, а контролирует обучение представитель администрации, ответственный за эксплуатацию установки.

В процессе эксплуатации периодически проверяют знания эксплуатационных работников. Персонал, обслуживающий действующие электроустановки или выполняющий на них электромонтажные, ремонтные или наладочные работы, проходит проверку знаний по правилам технической эксплуатации один раз в два года, а по правилам безопасности — ежегодно. Инженерно-технические работники из числа дежурного и оперативного персонала подвергаются проверке знаний правил безопасности ежегодно, а инженерно-технические работники из числа неоперативного персонала подвергаются проверке знаний правил технической эксплуатации и правил безопасности один раз в три года. Лица, допустившие нарушение этих правил, подвергаются внеочередной проверке.

Для приема экзамена создают специальные квалификационные комиссии в составе не менее трех человек. Эксплуатационный персонал проходит проверку знаний отдельно по правилам технической эксплуатации и правилам безопасности. Председателем комиссии при сдаче экзамена эксплуатационно-ремонтным персоналом является инженерно-технический работник.

Комиссия выставляет каждому работнику оценки и выдает удостоверение — допуск на право работ в установках высокого напряжения, в котором отмечает оценку и степень квалификации (группу) по электробезопасности.

Если срок очередной проверки истек, удостоверение считается недействительным. Во время исполнения обязанностей удостоверение должно находиться у работника.

Эксплуатационные работники, получившие неудовлетворительные оценки, подвергаются повторной проверке через месяц. Если они вновь получают неудовлетворительную оценку, их не допускают к работе или понижают в должности.

Противоаварийные тренировки. Важная форма работы с персоналом — противоаварийные тренировки. Цель их — подготовить оперативный эксплуатационный персонал к четкой и безошибочной работе по предотвращению аварий или ликвидации аварийного режима.

Проводят противоаварийные тренировки на электростанциях, подстанциях, в сетях. При этом руководители предприятий разрабатывают режим и работу установки на период тренировки, задают аварийные условия, на которые должен реагировать обучаемый персонал.

Во время тренировок персонал имеет возможность лучше изучить работу оборудования, на конкретных примерах усвоить правила технической эксплуатации и правила безопасности. Руководители тренировок выявляют недостатки в работе, обучают персонал приемам выполнения отдельных оперативных действий. Проведение противоаварийной тренировки на рабочих местах приближает ее условия к действительным. Дежурный персонал при этом не делает переключений на действующем оборудовании, а только сообщает руководителю о действиях, совершенных на месте. После окончания тренировки руководитель подводит итоги и делает вывод о степени подготовленности персонала. По всем выявленным недостаткам проводят дополнительный инструктаж персонала, а отдельные вопросы изучают более подробно.

14.7. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей связано с дополнительными затратами на электрическую сеть, которые, однако, компенсируются уменьшением ущерба сельскохозяйственному производству при перерывах в подаче электроэнергии. Чем больше предполагаемый ущерб и меньше стоимость средств повышения надежности, тем эффективнее их применение.

Высокая надежность электроснабжения может быть достигнута повышением надежности отдельных элементов электрических сетей, их автоматизацией и резервированием (сетевым и автономным), а также секционированием линий. Классификация технических мероприятий по повышению надежности приведена на рисунке 14.2. Рассмотрим основные из них.

Повышение надежности элементов сети достигается применением долговечных материалов для опор и приставок, более прочных проводов, линейных изоляторов с улучшенными электрическими характеристиками, совершенствованием характеристик линейного и подстанционного электрооборудования, использованием подземных облегченных кабелей и самонесущих изолированных проводов. Для повышения надежности электроснабжения вновь строящиеся и реконструируемые воздушные линии (35 и 110 кВ) сельскохозяйственного назначения целесообразно выполнять соответственно на железобетонных и металлических опорах. Схему сети напряжением 10 (6) кВ необходимо строить по магистральному принципу. Магистраль вновь сооружаемых или реконструируемых линий напряжением 10 (6) кВ исходя из требований надежности должна быть выполнена проводом одной площади поперечного сечения (не менее 70 мм^2). На вновь сооружаемых и реконструируемых воздушных линиях напряжением 0,38; 10 (6) кВ целесообразно использовать железобетонные опоры и сталеалюминиевые провода. На концевых, угловых, анкерных и переходных опорах воздушных линий напряжением 10 (6) кВ следует применять подвесные линейные изоляторы.



Рис. 14.2. Классификация технических мероприятий по повышению надежности

Кабельные линии напряжением 0,38 и 10 (6) кВ рекомендованы для питания потребителей первой категории (по надежности электроснабжения), а также потребителей второй категории в районах с тяжелыми климатическими условиями (четвертая и выше степень опасности района по гололеду и ветру).

Надежность сельских воздушных линий напряжением 0,38 и 10 (6) кВ можно повысить применением самонесущих изолированных проводов. При 0,38 кВ используют самонесущие изолированные провода СИП-1, СИП-2 с алюминиевыми фазными токопроводящими жилами, изоляцией из светостабилизированного термопластичного (СИП-1) или сшитого (СИП-2) полиэтилена. Нулевая несущая жила из алюминиевого сплава может быть изолированной (СИП-1А, СИП-2А) или неизолированной (СИП-1, СИП-2). При 10 (6) кВ применяют одножильный провод СИП-3 с защитной изоляцией из сшитого полиэтилена.

Автоматизация сельских электрических сетей имеет принципиальное значение для обеспечения надежного электроснабжения потребителей. К основным средствам автоматизации относятся устройства автоматического повторного включения (АПВ), автоматические секционирующие аппараты, устройства автоматического ввода резервного питания (АВР).

Каждая линия напряжением 10 (6) кВ (независимо от параметров) должна быть оснащена следующими средствами автоматизации: устройством двукратного АПВ, расположенным на головном выключателе линии и секционирующих выключателях; устройством для измерения расстояния до места повреждения воздушной линии на 10 (6) кВ (типа фиксирующего омметра реактивного сопротивления ФМК-10), смонтированным на выключателе ввода в распределительное устройство на 10 (6) кВ подстанции на 35...110/10 (6) кВ; телесигнализацией по-

ложения головного выключателя линии 10 (6) кВ и наличия замыкания на землю на подстанции 35...110/10 (6) кВ; телесигнализацией положения секционирующих выключателей 10 (6) кВ линии, телесигнализацией положения выключателей АВР в линии 10 (6) кВ.

Сельские электрические сети напряжением 35 и 110 кВ работают, как правило, по замкнутым схемам, что обеспечивает их повышенную надежность. При этом питание потребителей может происходить по меньшей мере в двух направлениях. Отключение какого-либо из элементов в цепи одного из направлений не приводит к прекращению подачи электроэнергии. Доля аварийных отключений, приходящихся на сети напряжением 35 и 110 кВ, в общем недоотпуске электроэнергии сравнительно невелика.

Сельские электрические сети напряжением 10 (6) кВ строят как радиальными, так и разомкнутыми. По степени надежности их разделяют на нерезервированные и резервированные (или условно замкнутые). В разомкнутых нерезервированных сетях питание каждого потребителя может происходить только в одном направлении. Такие схемы наиболее просты, а их использование не связано с необходимостью больших затрат. Однако при отключении головного участка линии все потребители теряют питание на время устранения повреждения. Разомкнутые нерезервированные схемы на 10 (6) кВ применяют для электроснабжения сельских потребителей третьей категории по надежности, преимущественно с коммунально-бытовой нагрузкой.

Для электроснабжения потребителей первой и второй категорий необходимо предусматривать условно замкнутые схемы на 10 (6) кВ с сетевым резервированием, а в ряде случаев — с сочетанием сетевого и автономного резервирования.

В случае аварии *сетевое резервирование* позволяет переключить питание (вручную или автоматически) на соседнюю подстанцию, резервный трансформатор той же подстанции или на резервную линию. На рисунке 14.3 показаны схемы резервирования с АВР на трансформаторных подстанциях. В нормальном режиме линии и трансформаторы работают раздельно, каждая цепь питает свою нагрузку; при повреждении одной из цепей она отключается релейной защитой, а питание ее потребителей переводится на резервную цепь устройством АВР. Схемы могут работать и без устройства АВР, тогда вместо выключателя *ВС* используют разъединитель *S*. Перерыв в электроснабжении при автоматическом режиме коммутации равен времени срабатывания релейной защиты и включения выключателя перемычки, т. е. не более 2...3 с. При ручном вводе резервного питания электроснабжение восстанавливает оперативный персонал на подстанции или выездная бригада, что приводит к перерывам в электроснабжении длительностью от нескольких минут до 1...2 ч.

Выключатели с устройством АВР и разъединители для ручного ввода резервного питания разомкнутых резервированных сетей устанавливают не только на трансформаторных подстанциях, но и на рас-

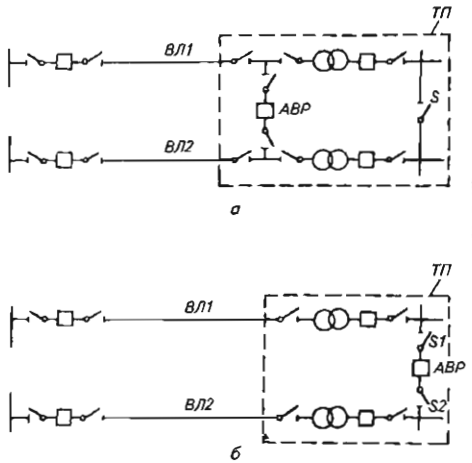


Рис. 14.3. Схемы резервирования сети с АВР на трансформаторных подстанциях:
а — со стороны высшего напряжения; *б* — со стороны низшего напряжения; *ВЛ1, ВЛ2* — воздушные линии

пределительных пунктах, а также на специально сооружаемой перемычке, соединяющей две соседние линии одного напряжения.

В соответствии с Нормами технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения магистральная линия напряжением 10 (6) кВ должна иметь сетевой резерв от независимого источника.

При сетевом резервировании в послеаварийном режиме (по сравнению с нормальным) увеличивается нагрузка одной цепи за счет питания всех (или большей части) потребителей другой, отключенной цепи. Следовательно, необходимо предусмотреть запас пропускной способности воздушной линии и подстанций, обеспечивающих взаимное резервирование. Сетевое резервирование позволяет сократить число и длительность одиночных отключений, вызванных схлестыванием и обрывом проводов, пробоем изоляции, падением опор и т. д. Оно неэффективно при массовых отказах в электрических сетях в результате действия разрушающих гололедно-ветровых нагрузок, атмосферных перенапряжений (ураган, гроза), когда повреждаются и основная, и резервная линии, расположенные одна вблизи другой.

Эффективное средство повышения надежности электроснабжения — *автономное резервирование* ответственных потребителей, защи-

щающее их от одиночных и массовых отказов. Установка автономных источников резервного электроснабжения должна быть предусмотрена для резервного питания электроприемников первой категории, а также для электроприемников второй категории, не допускающих перерыва в электроснабжении длительностью более 0,5 ч, независимо от наличия сетевого резерва. Для остальных электроприемников тип резервирования (сетевое или автономное) определяют сравнительной технико-экономической оценкой вариантов с учетом дополнительных затрат и уменьшения ущерба потребителей.

В качестве автономных источников резервного электроснабжения используют стационарные и передвижные дизельные электростанции (ДЭС), а также резервные источники с приводом от трактора (РИПТ). Мощность и число электроагрегатов резервных автономных источников выбирают в соответствии с нагрузкой электроприемников первой и второй категорий.

К недостаткам резервного электроснабжения от автономных источников относятся выборочный характер резервирования, в результате чего отдельные технологические процессы не обеспечиваются надежным питанием (отключаются), а также высокая стоимость электроэнергии, вырабатываемой небольшими резервными электростанциями (в 10...15 раз дороже энергии, получаемой от централизованной сети).

Важную роль в повышении надежности электроснабжения играет *секционирование линий*, которое позволяет отключить часть потребителей ближайшим к месту аварии секционирующим аппаратом и тем самым обеспечить бесперебойное питание остальных потребителей. Применяют неавтоматическое и автоматическое секционирование. Неавтоматическое секционирование относится к числу технических мероприятий, сокращающих в первую очередь число и длительность преднамеренных (плановых) отключений. В качестве неавтоматических секционирующих аппаратов используют линейные разъединители. Неавтоматическое секционирование применяют в дополнение к автоматическому.

В соответствии с Нормами технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения линейные разъединители устанавливают на ответвлениях от воздушных линий напряжением 10 (6) кВ при их длине более 2,5 км воздушной линии для ограничения длины участка до 3,5 км (включая несекционированные ответвления).

Наличие в сети секционирующих разъединителей облегчает отыскание замыканий на землю, а также уменьшает число потребителей, отключаемых при ремонтных работах. Однако с установкой разъединителей увеличиваются число возможных мест повреждений и объем выполняемых работ. При выборе числа и мест установки разъединителей необходимо учитывать дополнительные отключения, которые они могут вызвать.

При автоматическом секционировании воздушных линий отключаются участки, а остальная неповрежденная часть линии продолжает действовать. Автоматическое секционирование линии в нескольких

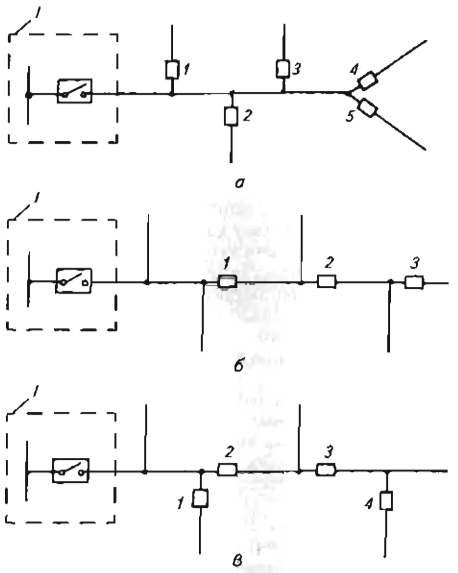


Рис. 14.4. Схемы сети с автоматическим секционированием:
а — параллельным; *б* — последовательным; *в* — последовательно-параллельным; *1* — районная трансформаторная подстанция 35/10 кВ; *1...5* — секционирующие выключатели

точках может быть параллельным, последовательным или параллельно-последовательным.

При параллельном секционировании (рис. 14.4, *а*) действие каждого секционирующего аппарата не зависит от другого, их не следует согласовывать по времени. Надежность электроснабжения повышается в той или иной степени для всех потребителей. При последовательном секционировании (рис. 14.4, *б*) действие секционирующих аппаратов надо согласовывать по времени. Надежность электроснабжения повышается у всех потребителей, кроме расположенных за последним аппаратом. Наибольшая надежность у потребителей, подключенных до места установки первого секционирующего аппарата. При последовательно-параллельном секционировании (рис. 14.4, *в*) повышается надежность электроснабжений всех потребителей сети.

Для автоматического секционирования используют системы с предохранителями, сетевыми выключателями и автоматическими от-

делителями. Основной в настоящее время является система с сетевыми выключателями на базе специальных выключателей на 10 (6) кВ для наружной установки и выключателей в шкафах комплектного распределительного устройства наружной установки (КРУН).

14.8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Экономический потенциал энергосбережения в агропромышленном комплексе (АПК) определяют как технически возможное и экономически целесообразное снижение потребления энергии без уменьшения объемов производства сельскохозяйственной продукции путем реализации энергосберегающих мероприятий, внедрения энергоэкономных технологий, техники, вовлечения в энергобаланс нетрадиционных источников энергии.

Энергосберегающая политика в АПК включает следующие направления:

обоснование и определение рациональных потребностей сельских регионов, районов, структурных подразделений в энергоресурсах с учетом использования местных видов топлива и реализации энергосберегающих мероприятий; обоснование и разработка нормативов потребления энергии и показателей энергоемкости по основным процессам сельскохозяйственного производства;

освоение энергоэкономных технологий производства сельскохозяйственной продукции, включая новые электротехнологии, основанные на использовании электрофизических методов воздействия на биообъекты, продукты переработки; разработка и внедрение эффективных технологий экономного оборудования по вовлечению в энергобаланс и широкому использованию местных энергоресурсов, применению и переработке биомассы, растительных и древесных отходов в удобные для сельских потребителей энергоносители;

освоение нового электротеплового и теплоэнергетического оборудования с повышенным КПД, реализация децентрализованных систем энергоснабжения, обеспечивающих повышение коэффициента использования топлива и экономию (до 20 %) топливно-энергетических ресурсов путем ликвидации или сокращения распределительных сетей;

разработка и освоение современных технологий и энергетического оборудования по использованию возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов; получения альтернативных видов топлива и энергии (топливо из растительных масел, биогаз, водородное топливо и др.) и их использование в сельскохозяйственном производстве; введение пообъектного учета расхода энергоносителей с оснащением приборами контроля и регулирования расхода энергии, реализации многотарифной системы расчетов за электроэнергию.

14.9. РЕАКТИВНЫЕ НАГРУЗКИ И СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКАМИ

Потребители реактивной мощности — электродвигатели, трансформаторы, реакторы, катушки индуктивности и конденсаторы. Реактивная энергия пульсирует между генераторами электростанций и потребителями, непроизводительно загружая электрическую сеть током.

Увеличение потребления реактивной мощности в сельских электрических сетях вызвано широким внедрением в сельское хозяйство не только производственных электроприводов, но и бытовой техники: холодильников, стиральных машин, стабилизаторов напряжения, электрических швейных машин, различных кухонных приборов с электроприводом. Исследования реактивной мощности в бытовом электропотреблении показали, что фактический коэффициент мощности составляет 0,7...0,8.

При передаче реактивной мощности к месту ее потребления возникают активные потери (кВт) во всех звеньях электрической сети

$$\Delta P = 3I^2 r \cdot 10^3,$$

где I — сила тока, А; r — сопротивление, Ом,

То есть они зависят от квадрата силы тока нагрузки. Поэтому для уменьшения потерь важно снизить значение силы полного тока. Сила полного тока $I = I_a/\cos\varphi$ увеличивается с уменьшением коэффициента мощности. Здесь I_a — сила активного тока.

Коэффициент мощности ($\cos\varphi$) характеризует потребление электроприемником реактивной мощности. Различают мгновенное и средневзвешенное значение коэффициента мощности. Мгновенное (текущее) значение $\cos\varphi$ наиболее точно можно определить по фазометру или по формуле

$$\cos\varphi_i = \frac{P_i}{S_i} = \frac{P_i}{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}},$$

где P_i, S_i, Q_i — соответственно активная, реактивная и полная мощности в i-й момент времени, кВт, квар. кВ * А.

На практике широко применяют условное усредненное значение средневзвешенного коэффициента мощности $\cos\varphi_{ср.в}$ за сутки, неделю, месяц, квартал или год. Значение $\cos\varphi_{ср.в}$ определяют по показаниям счетчиков активной W_a и реактивной W_p энергии за определенный промежуток времени:

$$\cos\varphi_{ср.в} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_{ср.в}}}; \quad \operatorname{tg}\varphi_{ср.в} = \frac{W_p}{W_a}.$$

Уменьшение потребления реактивной мощности в электроустановках сельскохозяйственных потребителей и повышение cos φ достигаются прежде всего путем улучшения использования электроприемников (так называемым естественным путем), а также путем применения компенсирующих устройств. К мероприятиям, снижающим потребление реактивной мощности и повышающим значение cos φ без применения специальных компенсирующих устройств, относятся следующие:

1) упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования и снижению расчетного максимума реактивной нагрузки;

2) улучшение загрузки электродвигателей и силовых трансформаторов, ограничение холостого хода асинхронных электродвигателей, сварочных трансформаторов и других электроприемников путем внедрения соответствующих ограничителей;

3) замена или отключение на период малых нагрузок трансформаторов, загруженных менее чем на 30 % их номинальной мощности, если это допускается по условиям режима работы сети и электроприемников;

4) замена загруженных менее чем на 60 % асинхронных электродвигателей на двигатели меньшей мощности при условии технико-экономического обоснования и при наличии практической возможности такой замены;

5) замена асинхронных электродвигателей синхронными, если замена может быть обоснована технико-экономическим расчетом;

6) понижение напряжения у малозагруженных электродвигателей напряжением до 1000 В (переключение статорной обмотки с треугольника на звезду, секционирование статорных обмоток, переключение ответвлений понижающих трансформаторов);

7) улучшение качества ремонта электродвигателей, сварочных трансформаторов и других электроприемников, потребляющих реактивную мощность (с целью сохранения номинальных параметров).

Потребление реактивной мощности снижают путем применения компенсирующих устройств, если экономическая целесообразность этого подтверждена соответствующим технико-экономическим расчетом. Разработаны нормативы компенсации реактивной мощности в зависимости от схемы электроснабжения потребителя, условий присоединения компенсирующих устройств и режимов их работы, а также от системы расчетов за реактивную энергию и т. д. Для облегчения расчетов пользуются номограммами по выбору компенсирующих устройств с учетом повышения коэффициента мощности до требуемого значения.

Общие требования к компенсирующим устройствам следующие. В качестве компенсирующих устройств применяют синхронные компенсаторы, батареи конденсаторов поперечного включения, статические конденсаторы и источники реактивной мощности.

Для сельскохозяйственных электроустановок, присоединяемых к действующим сетям 6...10 кВ, экономически оправданной оказывается полная компенсация реактивной мощности с помощью статических конденсаторов. Конденсаторные батареи оборудуют средствами автоматического регулирования с целью вывода их полностью или частично из работы в периоды наименьших нагрузок в сети, чтобы исключить перекомпенсацию. Регулирование может осуществляться по значениям напряжения, времени, реактивного или полного тока или реактивной мощности. Суммарная мощность нерегулируемых компенсирующих устройств не должна превышать значения наименьшей реактивной нагрузки сети. Число регулируемых секций батареи конденсаторов должно быть небольшим (3...4 секции и максимум 5...6), так как это усложняет и удорожает установку компенсирующих устройств.

В соответствии с действующими директивными указаниями компенсацию реактивной мощности выполняют, исходя из баланса реактивной мощности в данном узле электросети. В общем случае условие баланса реактивной мощности в данном узле электросети выражается как

$$Q_г + Q_к \geq Q_н + \Delta Q - Q_л + Q_р,$$

где $Q_г$ — реактивная мощность, которая может быть получена в данном узле от генераторов электростанции; $Q_к$ — реактивная мощность компенсирующих устройств в данном узле; $Q_н$ — реактивная мощность, потребляемая нагрузками данного узла; ΔQ — потери реактивной мощности в элементах электросети данного узла; $Q_л$ — реактивная мощность, генерируемая емкостью протяженных линий (кабельных, воздушных), относящихся к данному узлу; $Q_р$ — резерв реактивной мощности в данном узле.

Для сельскохозяйственных предприятий обычно $Q_л = 0$, а необходимый резерв принимается порядка 10 %, т. е. $Q_р = 0{,}1Q_н$, тогда

$$Q_к = 1{,}1Q_н - (Q_г - \Delta Q).$$

Значение $Q_г - \Delta Q = Q_э$ определяется энергосистемой и задается потребителю.

Таким образом, мощность компенсирующих устройств потребителя на границе раздела сетей энергоснабжающей организации и потребителя

$$Q_к \geq 1{,}1Q_н - Q_э.$$

Для электроустановок сельскохозяйственного назначения малой мощности требуется полная компенсация.

Практические занятия

Занятие 2.1. Подготовка электродвигателей к работе

Оборудование и приборы. Источник трехфазного тока. Трехфазный электродвигатель. Рабочая машина. Обтирочная ткань (ветошь). Уайт-спирит. Мегаомметр на 500 В.

Порядок выполнения работы. Проверить соответствие параметров электродвигателя (напряжения, частоты вращения, мощности, исполнения и др.) параметрам сети, окружающей среды и рабочей машины. Очистить электродвигатель от пыли и удалить консер-

вационную смазку. Измерить сопротивление изоляции электродвигателя. Проверить надежность соединений подводящих питание проводов. Проконтролировать правильность исполнения и надежность заземления электродвигателя. Убедиться в наличии смазки электродвигателя и оценить ее состояние. Проверить легкость вращения вала электродвигателя. Включить электродвигатель в сеть на 20...25 мин без нагрузки и убедиться в правильности направления вращения ротора и в отсутствии посторонних стуков, шумов и вибрации. Включить электродвигатель при нагрузке и убедиться в его нормальной работе.

Занятие 2.2. Подготовка сварочных трансформаторов к работе

Оборудование и приборы. Источник переменного тока. Сварочный трансформатор. Мегаомметр на 500 В. Обтирочная ткань (ветошь). Уайт-спирит.

Порядок выполнения работы. Осмотреть трансформатор, очистить его от пыли и грязи, а также от консервационной смазки. Измерить сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками. Проверить работу механизма регулирования сварочного тока. Заземлить корпус трансформатора. Проверить состояние контактных соединений. Включить трансформатор в сеть и проверить его работу.

Занятие 2.3. Испытания трансформаторного масла

Оборудование и приборы. Источник переменного тока. Испытательный аппарат АИИ-70м или АИИ-80. Лампа накаливания мощностью 25 Вт. Фанерный или металлический ящик. Четырехугольная стеклянная банка (размеры основания 10×10 или 12×12 см). Калька. Пробирка.

Порядок выполнения работы. Определить электрическую прочность трансформаторного масла. Определить содержание взвешенного углерода. Определить наличие воды и механических примесей.

Занятие 2.4. Настройка защиты асинхронного электродвигателя от перегрузки

Оборудование и приборы. Тепловое реле (ТРН, РТГ). Стенд МИИСП. Защищаемый электродвигатель.

Порядок выполнения работы. Устанавливают тепловое реле на стенд. Регулируя силу тока нагрузки, добиваются равенства силы тока уставки реле номинальной силе тока электродвигателя. Выполняют плавную корректировку силы тока срабатывания реле путем перемещения поводка регулятора уставки.

Занятие 2.5. Электромагнитные реле

Оборудование и приборы. Источник постоянного тока 100 В. Источник переменного тока 220 В. Электромагнитные реле РКН, РПН, РМУГ, РП-5, МКУ-48. Вольтметр на 250 В. Миллиамперметр (Тестер). Реостат на 1 кОм. Лампа накаливания. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Ознакомиться с конструктивным исполнением установленных на стенде реле. Тестером определить выводы катушек реле и целость обмоток. Измерить в каждом реле силы тока и напряжения срабатывания и отпускания. Определить коэффициент возврата и запаса реле, ампервитки срабатывания и отпускания.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите операции по подготовке к пуску асинхронных электродвигателей. 2. Какие вы знаете способы сушки изоляции обмоток электродвигателей? 3. Назовите основные типы устройств, защищающих электродвигатели от аварийных режимов. 4. Какие испытания нужно провести перед включением в работу силового трансформатора? 5. Какие условия нужно выполнить при включении трансформаторов на параллельную работу? 6. Назовите основные возможные неисправности сварочных трансформаторов. 7. Каковы объем и порядок выполнения технического ухода за магнитными пускателями? 8. Как осуществляют пусконаладочные работы тепловых реле? 9. Какие требования предъявляют к кабельным линиям? 10. Перечислите приемы повышения коэффициента мощности электроустановок.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Глава 15
РЕМОНТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

15.1. ВИДЫ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, СРОКИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ И ОБЪЕМЫ

В соответствии с системой ППРЭсх в сельском хозяйстве предусматривают два вида ремонта электрических машин: текущий и капитальный.

Текущий ремонт асинхронных электродвигателей проводят один раз в 6 мес при работе в тяжелых условиях и один раз в 12 мес при работе в чистых сухих помещениях.

Капитальный ремонт асинхронных электродвигателей проводят один раз в 4 года при работе в сырых помещениях с содержанием аммиака, один раз в 5 лет — при работе в пыльных сырых помещениях и под навесом и один раз в 6 лет — в сухих помещениях.

Текущий ремонт электродвигателей выполняют в электроремонтных мастерских хозяйства электромонтеры его электротехнической службы.

Капитальный ремонт электродвигателей проводят на специализированных электроремонтных предприятиях (цехи, мастерские, заводы).

При проведении текущего ремонта электродвигатель очищают от пыли и грязи, отсоединяют от питающих проводов, рабочей машины, заземляющей шины и пускового реостата (для двигателей с фазным ротором), демонтируют с фундамента и доставляют в мастерскую. В мастерской проводят дефектацию электродвигателя, разбирают его, очищают отдельные узлы и обмотки, ремонтируют, пропитывают и сушат обмотки (при необходимости), ремонтируют контактные кольца, щеточный механизм, проверяют подшипники и заменяют их (при необходимости), ремонтируют или заменяют крепежные детали, затем собирают электродвигатель и испытывают его.

После окраски электродвигатель доставляют на рабочее место, монтируют и проверяют его работу под нагрузкой совместно с рабочей машиной.

В объем капитального ремонта входят все операции текущего ремонта и дополнительно ремонт, но чаще всего полная замена обмоток статоров, якорей (машин постоянного тока) и фазных роторов, а также проверка и (при необходимости) замена вала ротора.

Электродвигатели принимают в ремонт только в собранном виде, непосредственно от заказчика. Заказчик (представитель хозяйства, эксплуатирующего двигатели) знакомит ремонтное предприятие с особенностями эксплуатации электродвигателя и высказывает свои требования к ремонту (возможное изменение паспортных данных и т. п.). Если ремонт нецелесообразен (электродвигатель устарел морально или значительно повреждена активная сталь статора или ротора, отсутствуют лапы и т. д.), ремонтное предприятие имеет право составить двухсторонний акт о неремонтопригодности электродвигателя и его списании.

Для сокращения простоя электрооборудования на ремонтных предприятиях может быть организован обмен ремонтируемых машин. Заказчик, сдавший электродвигатель в ремонт, в это же время получает с завода аналогичный электродвигатель (с теми же самыми паспортными данными или, по договоренности, с желаемыми для заказчика).

Особое внимание необходимо уделять транспортировке электродвигателей. Для транспортировки крупных электродвигателей нужны деревянные салазки, для мелких — деревянные ящики. Ремонтное предприятие должно иметь необходимое число специальных контейнеров. В каждый контейнер следует помещать электродвигатели только одного типа. Такая система позволяет ремонтному предприятию формировать поточность ремонта в зависимости от объема и номенклатуры электродвигателей в ремонтном фонде (число контейнеров с одинаковыми электродвигателями).

15.2. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Технология ремонта электродвигателей должна быть составлена так, чтобы ремонт проводился быстро, высококачественно и стоил по возможности дешево. В качестве примера рассмотрим технологию ремонта асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Перед ремонтом выполняют дефектацию собранного электродвигателя. Затем его разбирают в следующем порядке. Гайковертами отвинчивают болты переднего и заднего подшипниковых щитов и фланцев подшипников. Специальными выколотками из цветного металла и молотком или кувалдой снимают задний подшипниковый щит и сдвигают с заточки передний подшипниковый щит. Ротор вместе с передним щитом извлекают из статора, причем на мелких электродвигателях эту операцию делают вручную, а на средних и крупных — с помощью специального приспособления и грузоподъемного механизма. В обоих случаях принимают меры к тому, чтобы не повредить активную сталь ротора и статора (например, после снятия заднего подшипникового щита вводят в зазор между ротором и статором лист тонкого электрокартона). После этих операций в специальном приспособлении снимают с подшипника передний щит. На этом заканчивается разборка электродвигателя, на основные его детали вешают металлические бирки.

Все детали тщательно промывают в моечной машине. После промывки ротор электродвигателя с подшипниковыми щитами, подшипниками, фланцами и деталями крепежа (механическая часть) отправляют в слесарно-механический ремонт.

При дефектации машины особенно ответственна проверка ее электрической части. В электродвигателях чаще всего могут быть три неисправности: обрыв цепи, замыкание между фазами (цепями) обмотки или обмотки на корпус и витковое замыкание обмотки. Перечисленные неисправности можно определить одним из четырех методов: контрольной лампы или омметра; симметрии токов или напряжений; милливольтметра; электромагнита.

В собранном или разобранном электродвигателе обрыв в цепи обмотки, не имеющей параллельных ветвей, легко определить *контрольной лампой*, а в цепи с параллельными ветвями — при помощи *омметра* (или же после распайки ветвей — той же контрольной лампой).

В электродвигателях постоянного тока это повреждение определяют *амперметром*. В цепи с обрывами сопротивление всегда значительно больше расчетного.

Обрыв в короткозамкнутом роторе асинхронного электродвигателя определяют в режиме его короткого замыкания при помощи *метода симметрии токов*. Ротор электродвигателя затормаживают, а к статору подводят напряжение, сниженное по сравнению с номинальным в 5...6 раз. В каждую фазу обмотки статора включают амперметр. При исправных обмотках статора и ротора показания всех трех амперметров одинаковы и не зависят от положения ротора. При обрыве стержней в роторе показания приборов различны и изменяются с поворотом ротора. Различные показания приборов, не зависящие от поворота ротора, указывают на неисправность обмотки статора (витковое замыкание, неправильное соединение катушек в обмотке статора и т. п.). Витковое замыкание в обмотке статора электродвигателя обычно определяют при помощи метода симметрии токов в режиме холостого хода.

В разобранном электродвигателе определяют обрыв в цепи короткозамкнутого ротора и витковое замыкание в цепи статора или якоря (машины постоянного тока), используя для этого *электромагнит*. Ротор (подобно якорю) помещают на электромагнит, включают напряжение (см. рис. 5.8) и поворачивают ротор вручную. Если стальную пластинку приложить к пазам ротора, то она будет вибрировать на исправных пазах и не будет вибрировать на пазах, где размещены оборванные стержни. Для определения межвиткового замыкания в обмотке ста-

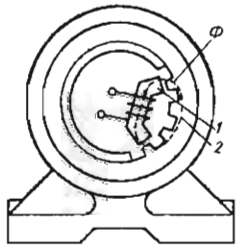


Рис. 15.1. Определение межвитковых замыканий в обмотках статоров при помощи электромагнита:
1 — башмак; *Ф* — магнитный поток; *2* — статор электродвигателя

тора электромагнит помещают в расточку статора (рис. 15.1) и передвигают по ней. Стальная пластинка, прикладываемая к пазам, начинает вибрировать, как только попадает на паз, в котором расположена поврежденная катушка обмотки.

15.3. УДАЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ ОБМОТОК И НАМОТКА НОВЫХ

Удаление поврежденных обмоток. Для удаления обмотки статор помещают в печь, где пазовая и витковая изоляция сжигается. *Обжиг изоляции* в печи ведут при температуре 280...300 °С в течение 5...8 ч. Однако этот способ занимает много времени, так как температуру печи нельзя поднять выше 280 °С во избежание воспламенения изоляции обмотки. Тем не менее изоляция обмотки иногда воспламеняется, так как температура распределяется неравномерно по объему печи. В местах воспламенения изоляции наблюдаются местные перегревы, которые могут ухудшить структуру обмоточной меди и активной стали статора. Этот способ неприменим для статоров с алюминиевым корпусом, так как последний может расплавиться при загорании обмотки.

Более эффективно *индукционное выжигание изоляции* обмоток статора электродвигателя. При этом способе выжигания изоляции обмоток статор электродвигателя *6* (рис. 15.2) помещают в нагреватель, в котором он как бы является вторичным замкнутым накоротко витком

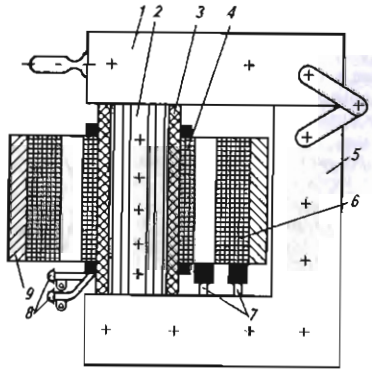


Рис. 15.2. Индукционное выжигание изоляции обмоток статоров:
1 — откидное ярмо; *2* — сменный стержень; *3* — изоляционный цилиндр; *4* — обмотка; *5* — неподвижное Г-образное ярмо; *6* — статор; *7* — подставки корпуса двигателя; *8* — выводы первичной обмотки; *9* — корпус двигателя

трансформатора. Протекающий по активной стали и корпусу статора ток нагревает их, выжигая при этом пазовую и витковую изоляцию.

Установка для индукционного выжигания изоляции устроена и работает следующим образом. По внутреннему диаметру статора подбирают сменный стержень *2* с таким расчетом, чтобы между внутренним диаметром статора *6* и стержнем был минимальный зазор. Для увеличения коэффициента мощности и КПД желательно, чтобы длины обмоток стержня, нагревателя и корпуса двигателя были одинаковыми. В некоторых случаях для этой цели на стержень надевают два одинаковых корпуса или несколько корпусов. Подобрав сменный стержень, его устанавливают на неподвижное ярмо *5* так, чтобы размеры магнитной цепи были минимальными (стержень двигают по неподвижному ярму, сокращая размеры магнитной цепи, и фиксируют в нужном положении). Затем на сменный стержень *2* надевают один или несколько одинаковых статоров двигателей и откидное ярмо *1* закрывают, образуя замкнутую магнитную цепь. На обмотку нагревателя подается напряжение. Процесс выжигания длится от 60 до 120 мин, что значительно меньше, чем при обжиге в печи, так как при индукционном способе допускаются более высокие температуры (до 500 °С). Это объясняется тем, что температура пазовой части обмотки значительно выше, чем лобовой, а к воспламенению склонна лишь лобовая часть обмотки, находящаяся в воздушной среде. Этот способ безопасно применять и для электродвигателей с алюминиевым корпусом, так как самовоспламенения изоляции не наблюдается. После обжига изоляции из пазов статора извлекают старую обмотку, статор промывают в моечной машине и продувают пазы сухим сжатым воздухом при помощи шланга со специальной насадкой.

Намотка новых обмоток. В пазы статора укладывают предварительно заготовленную главную — пазовую изоляцию (гильзование пазов). Затем туда укладывают предварительно подготовленную обмотку, одновременно вставляют междуфазную изоляцию и пазовые клинья. После этого соединяют обмотку статора, сваривают схему при помощи графитного электрода и трансформатора с вторичным напряжением 6...18 В мощностью 1 кВ · А и окончательно изолируют схему.

Перед пропиткой изоляцию обмотки испытывают повышенным напряжением относительно корпуса и между фазами, проверяют на витковые замыкания, убеждаются в правильности схемы соединения. Обмотку сушат, затем пропитывают и вновь сушат в электропечи с автоматическим регулированием температуры. Температура и продолжительность сушки зависят от марки применяемых лаков и класса изоляции электродвигателя. Обычно для пропитки статор погружают в бак с лаком и держат там до прекращения выделения из лака пузырьков воздуха.

Обмотки асинхронных электродвигателей изготовляют из обмоточного провода ПЭТВ, ПЭТ-155. Для пазовой и межслоевой изоляции класса нагревостойкости А применяют пленкоэлектрокартон толщиной 0,27 мм, имеющий высокие диэлектрические качества. В электродвигателях класса нагревостойкости В используют еще более качественную изоляцию — пленкоасбокартон толщиной 0,3 мм,

а класса F — стеклолакоткань и гибкий стеклослюданит. Для электродвигателей с изоляцией класса E используют буковый пазовый клин, а для классов B и F — стеклотекстолит.

Бандажируют обмотки в электродвигателях электроизоляционными чулками АСЭЧ. Для выводных концов используют высококачественные установочные провода: ПТЛ-200, РКГМ и др. Для изоляции выводов катушек, внутримашинных соединений и мест паек используют электроизоляционные материалы ТЭЧ и ТКС. Для пропитки обмоток применяют высококачественные лаки МЛ-92, ПЭ-933 и электроизоляционные эмали для защитного покрытия ГФ-92ХС, ГФ-92ГС, ЭП-91.

Обмотки статоров асинхронных электродвигателей изготовляют из мягких катушек и укладывают в полузакрытые пазы в один или два слоя способом «всыпания». Все катушки наматывают, как правило, на универсальных шаблонах. Однако укладку катушек в пазы, формирование лобовых частей и их бандажирование выполняют вручную. Чтобы не повредить изоляцию катушек при укладке их в пазы, применяют «мягкий» инструмент (деревянные молотки, фибровые или текстолитовые доски и клинья).

В асинхронных двигателях с фазовым ротором применяют катушечные обмотки роторов (всыпные и впротяжку) и стержневые. В машинах малой мощности на практике применяют всыпные обмотки, которые по технологии изготовления не отличаются от статорных. Обмотанные и пропитанные лаком статоры, роторы и якоря сушат в печах.

Примерный объем сушильной печи можно определить по удельному объему печи, приходящемуся на 1 кВт мощности подвергаемых сушке электродвигателей, $\Delta V = 0{,}02...0{,}04$ м^3/кВт. Мощность печи определяют по удельной мощности, приходящейся на 1 м^3 объема печи, $\Delta P = 3...8$ кВт/м^3.

Для ускорения сушки в печи желательно обеспечить циркуляцию воздуха путем применения специального вентилятора.

15.4. РЕМОНТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ремонт подшипниковых щитов и станин. Сводится в основном к завариванию трещин и восстановлению размеров посадочных мест.

Заваривание трещин. Трещины появляются в чугунных подшипниковых щитах или станинах. Существует несколько способов заваривания трещин в деталях из чугуна. При толщине треснувшей стенки более 5 мм перед завариванием делают два отверстия в начале и в конце трещины диаметром 3...5 мм и разделывают трещину — скашивают ее кромки по всей длине под углом 45...60°.

Первый способ. Заваривают трещины при начальной температуре детали 18...22 °С медным электродом, обернутым полоской белой жести, с обмазкой ООМ-5 или жидким стеклом. Наплавленную медь посыпают бурой и в процессе наложения шва проковывают.

Второй способ. По обеим сторонам трещины ввинчивают стальные шпильки в шахматном порядке. Шпильки должны проходить насквозь через стенку свариваемой детали. Затем шпильки сваривают между собой стальным электродом с обеих сторон детали.

Третий способ. Деталь в опоке с песком нагревают до 700...800 °С в печи или на кузнечном горне. В нагретом состоянии трещину заваривают газовой сваркой. После сварки деталь медленно остывает в опоке с песком в течение 24 или более часов. Этот способ дает очень хорошее качество шва.

Восстановление размеров посадочных мест. В подшипниковом щите нередко изменяются размеры посадочных мест под подшипники. В таких случаях растачивают посадочные места и запрессовывают в них переходные кольца, толщина стенки которых 1,5...2 мм.

При изменении размера замка подшипникового щита срезают торцовую поверхность замка подшипникового щита на 2...3 мм и на ту же длину протачивают посадочную поверхность нового диаметра. При этом на валу электродвигателя делают новую заточку в осевом направлении, ограничивающую посадку подшипника.

Ремонт шеек валов. Изношенные шейки валов наплавляют, а трещины в валах заваривают, если они распространены вглубь не более чем на 10 % диаметра вала и занимают не более 10 % длины окружности вала (для поперечных трещин). После наплавки вал протачивают на токарном станке и прошлифовывают с помощью специального приспособления. В необходимых случаях делают новый вал из стали 45. Неисправные подшипники качения заменяют. Подшипники снимают с вала с помощью специальных приспособлений, а насаживают на вал после разогрева в масле до температуры 95 °С.

Ремонт статора и ротора. При пробое обмотки на корпус или между фазами активная сталь статора может быть оплавлена. В этом случае после снятия старой обмотки удаляют наплавленный металл, а иногда вырубают часть зубца. Вместо удаленной части зубца ставят протез из твердого изоляционного материала.

В практике встречаются случаи обрыва одного или нескольких стержней беличьей клетки ротора, залитой алюминием. Эту неисправность устраняют следующим образом. На токарном станке обрезают короткозамыкающие кольца вровень с активной сталью ротора. После этого удаляют алюминиевые стержни из пазов ротора химическим способом или выплавлением алюминия.

При химическом способе активное железо скрепляют и на 24 ч погружают в 2%-ный водный раствор каустической соды температурой 70 °С. После удаления алюминия ротор промывают водой и сушат.

Для выплавления алюминия ротор загружают в ванну с расплавленным свинцом, и алюминий очень быстро выплавляется из пазов ротора. После остывания ротор промывают в горячей воде и сушат. Не рекомендуется выплавлять алюминий из пазов ротора в обычных печах или горнах, так как при этом может покоробиться активная сталь ротора.

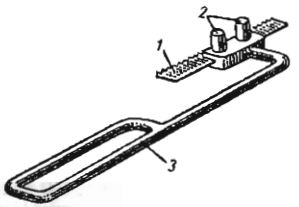


Рис. 15.3. Приспособление для продораживания коллектора:
1 — ножовочное полотно со сточенной режущей частью; *2* — болт; *3* — рукоятка приспособления

Ремонт коллекторов. Различают два вида ремонтов — без разборки и с разборкой.

Ремонт коллектора без разборки. Состоит из обточки, продораживания, шлифования и полирования. Обточка необходима при появлении неровностей на коллекторе из-за его значительного износа или повреждения. При малых неровностях коллектор достаточно отшлифовать. Протачивают коллектор обычно на токарных станках при низкой частоте вращения и малой подаче резца.

Изоляцию между пластинками коллектора продораживают (фрезеруют) на глубину 0,5...2 мм в зависимости от его размеров. В некоторых случаях продораживание коллектора выполняют вручную ножовочным полотном или специальным приспособлением — скребком (рис. 15.3). На боковых сторонах канавок коллектора не должно оставаться чешуек слюды. Грани пластин продороженного коллектора снимают шабером или тонким напильником. Продораживание делают при любом ремонте коллектора, даже если его не протачивают. Шлифуют коллектор чаще всего на токарном станке с помощью мелкозернистой стеклянной бумаги, натянутой на деревянную колодку, имеющую форму коллектора. После обточки и шлифования коллектор и электродвигатель продувают сжатым воздухом и прочищают. Коллектор еще раз продораживают, чтобы удалить частицы меди, застрявшие в канавках, и отрегулировать глубину выбранной изоляции.

Полируют коллектор мелкозернистой стеклянной бумагой (000), смазанной вазелином. Применять наждачную бумагу для шлифования и полирования недопустимо. При обточке, шлифовании и полировании необходимо следить за тем, чтобы пыль не попала в обмотку двигателя.

После полирования коллектор протирают чистой салфеткой, слегка смоченной в бензине. После обработки коллектор должен иметь зеркальную поверхность, эксцентриситет его не должен быть более 0,05 мм.

Ремонт коллектора с разборкой. Выполняют его, обнаружив замыкание между пластинами при их выгорании. При этом отпаивают концы обмотки, на коллектор надевают металлический хомут и затем его разбирают: отвинчивают гайку, крепящую коллектор, сдвигают нажимной конус с манжетой и снимают весь комплект пластин с хомутом. После этого коллектор осматривают со всех сторон, устраняют обнаруженное повреждение и собирают его. Ремонт может касаться коллекторных пластин (опиливание острых

углов «ласточкиного хвоста» или нажимного конуса, замена выгоревшей пластины), миканитовой манжеты или прокладок между пластинами.

Собирать коллектор желательно при помощи пресса, подпрессовывая повторно коллектор после нагрева до температуры 170...180 °С и испытательного разгона при частоте, равной 1,5 номинальной. Собранный коллектор проверяют на отсутствие замыкания, затем отправляют на сборку с электродвигателем.

Ремонт контактных колец обычно несложен и заключается в проточке и полировке колец, утративших цилиндрическую форму или имеющих значительные подгары, раковины или выбоины, а также в усилении или замене изоляции. Изоляция контактных колец может состоять из пропитанного льняным маслом электрокартона, микафолия или гибкого миканита.

Нагретые контактные кольца при помощи пресса насаживают на изолированную втулку, затем отправляют на сушку. После сушки наружные поверхности изоляции колец покрывают серой эмалью печной сушки и кольца в сборе вновь подвергают сушке в печи.

Сопротивление изоляции колец должно быть не менее 1 МОм, а сама изоляция должна выдерживать пробивное напряжение не менее 2,5 кВ при рабочем напряжении электродвигателя 380...220 В.

Щетки должны быть притерты к коллектору или контактным кольцам всей своей поверхностью. Притирают щетки стеклянной бумагой, которую протягивают только в направлении вращения коллектора. Щетки должны иметь определенное нажатие в зависимости от их марки. Установка щеток должна обеспечивать равномерный износ коллектора.

Изношенные обоймы щеткодержателей заменяют новыми. Зазор между нижней плоскостью обоймы щеткодержателя и коллектором должен быть в пределах 2...4 мм. Поврежденную изоляцию пальцев щеткодержателей восстанавливают с помощью кабельной бумаги и бакелитового лака.

15.5. ПОСЛЕРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Электродвигатель должен подвергаться контрольным испытаниям после каждого ремонта, даже если он был частичным. В объем контрольных испытаний электродвигателей входят следующие операции: 1) измерение сопротивления изоляции обмоток (фаз — одна относительно другой и относительно корпуса); 2) измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии; 3) проведение опыта холостого хода; 4) испытание электрической прочности витковой изоляции; 5) проведение опыта короткого замыкания; 6) испытание электрической прочности изоляции обмоток; 7) измерение воздушного зазора между статором и ротором (если возможно).

Следует учитывать некоторую специфику испытаний асинхронных электродвигателей с фазным ротором; в этом случае определяют также коэффициент трансформации.

Кратко рассмотрим содержание каждой из операций, входящих в объем контрольных испытаний.

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток (фаз — одна относительно другой и относительно корпуса). В соответствии с требованиями стандарта сопротивление изоляции обмоток электрических машин относительно корпуса и между обмотками должно быть не менее значения, определяемого зависимостью (5.4).

Сопротивление изоляции обычно измеряют мегаомметром на 500, 1000 или 2500 В при условии, что напряжение мегаомметра не превосходит испытательного напряжения обмоток. За действительное значение сопротивления изоляции принимают то его значение, которое показывает мегаомметр по истечении 60 с после приложения напряжения мегаомметра к изоляции. Обычно в практике эксплуатации и ремонта асинхронных электродвигателей напряжение до 500 В считается нормальным, если сопротивление изоляции обмоток (одна относительно другой и относительно корпуса) составляет не менее 0,5 МОм.

2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии. Практически холодным состоянием машины или аппарата называют такое состояние, при котором температура любой части электрооборудования отличается от температуры окружающей среды не более чем на ±3 °С. Сопротивление обмоток можно определить различными методами, но при проведении контрольных испытаний допустимая погрешность измерения сопротивления должна быть не более 1...2 %, а при типовых испытаниях не более 0,4 %.

Измеренное значение сопротивления обмоток приводят к условной температуре, за которую в электромашиностроении принята температура, равная 15 °С. Полученное значение сопротивления обмоток не должно превышать расчетного более чем на 4 %.

Сопротивления обмоток отдельных фаз трехфазных электродвигателей или аппаратов не должны отличаться одно от другого более чем на 2 %.

3. Проведение опыта холостого хода. При контрольных испытаниях электрооборудования опыт холостого хода ограничивается измерением необходимых значений параметров (напряжение, сила тока и мощность) только при одном номинальном значении напряжения и номинальной частоте питания.

Опыт холостого хода асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором выполняют при вращающемся роторе. В этом случае ваттметр, включенный в цепь статора электродвигателя, измеряет не только потери в стали статора, но и потери в его обмотках при относительно большой силе тока холостого хода, равной 0,6...0,2 номинальной силы тока, и механические потери на трение в подшипниках ротора. Потери в стали ротора при очень малом скольжении ротора на холостом ходу крайне незначительны, и ими можно пренебречь.

Опыт холостого хода необходимо проводить при установившемся тепловом состоянии подшипников, поэтому все измерения рекомендуется выполнять после получасовой работы электродвигателя на холостом ходу. Иногда для крупных машин это время увеличивают до 1...2 ч.

Опыт холостого хода асинхронных электродвигателей с фазным ротором проводят, как правило, при разомкнутой обмотке неподвижного ротора. В этом случае ваттметр, включенный в цепь статора, измеряет мощность потерь в стали статора и обмотках статора от тока холостого хода, а также потерь в стали ротора электродвигателя.

При опыте холостого хода асинхронных электродвигателей фиксируют силу тока, мощность и напряжение. Силы тока по фазам должны быть одинаковы; допустимая до 5 % разница между ними указывает, как правило, на отклонения числа витков по фазам или на ошибки, допущенные при соединении обмоток после их ремонта.

За действительное значение силы тока холостого хода принимают среднее арифметическое значение сил тока по трем фазам. Это значение силы тока сравнивают с расчетным значением силы тока холостого хода, а при его отсутствии — со значениями сил токов холостого хода электродвигателей, ранее измеренных в процессе эксплуатации.

Полученное значение силы тока холостого хода не должно отличаться от допустимого более чем на 10 %. Увеличенная сила тока указывает на больший, чем нужно, воздушный зазор или на уменьшенное число витков обмотки статора и иногда — на замыкание листов стали статора между собой. При увеличении воздушного зазора ухудшаются технико-экономические показатели электродвигателя, особенно снижается его коэффициент мощности. Уменьшение числа витков обмотки статора сопровождается увеличением магнитной индукции в стали статора, ростом потерь в стали и ее нагрева, снижением КПД. Замыкания листов стали статора вызывают местные нагревы и снижение КПД электродвигателя.

В электродвигателях с фазным ротором опыт холостого хода совмещают с определением коэффициента трансформации, под которым понимают отношение числа витков фазы статора к числу витков фазы ротора. Коэффициент трансформации с достаточной степенью точности определяют по показаниям вольтметров, подключенных к обмотке статора и ротора. Разница между полученным и расчетным, или паспортным, значением коэффициента трансформации не должна превышать 1 %.

Напряжения, измеренные на кольцах фазного ротора электродвигателя, должны быть одинаковыми, что свидетельствует о симметрии фаз статора и ротора. При вращении ротора рукой показания вольтметров, подключенных к кольцам, не должны меняться.

Неравенство напряжений, измеряемых на кольцах, если оно сохраняется при повороте ротора рукой, указывает на дефекты в обмотке ротора (например, витковое замыкание между обмотками фаз). В этом случае в опыте холостого хода разомкнутый ротор может начать вращаться.

Изменение же показаний вольтметров, подключенных к кольцам, при вращении ротора указывает на дефекты в обмотке статора (неправильное соединение обмотки).

4. Испытание электрической прочности витковой изоляции. Подобные испытания электрических машин аналогичны испытанию трансформаторов.

5. Проведение опыта короткого замыкания. Опыт короткого замыкания электродвигателей мощностью до 10 кВт стремятся проводить при полном напряжении питания. В этом случае получают реальное значение силы пускового тока электродвигателя и при необходимости значение его пускового момента. Электродвигатели большей мощности испытывают при напряжении, в 5—7 раз меньше номинального, чтобы сила тока, протекающего по обмоткам, в опыте короткого замыкания не превышала номинального значения. Сила пускового тока в этом случае определяется путем соответствующего пересчета.

6. Испытания электрической прочности изоляции обмоток электродвигателя. Предусматривают испытания изоляции обмоток относительно корпуса и относительно друг друга. Испытанию изоляции относительно корпуса подвергают поочередно каждую электрическую цепь, при этом один полюс источника испытательного напряжения прикладывают к выводу испытуемой обмотки, а другой — к заземленному корпусу машины, с которым на время испытаний данной обмотки электрически соединяют все прочие обмотки. Постоянно соединенные между собой многофазные обмотки принимают за одну цепь; в этом случае изоляцию всей многофазной обмотки испытывают относительно корпуса целиком.

Испытание начинают с напряжения, не превышающего трети испытательного. Затем увеличивают его до испытательного напряжения плавно или ступенями, не превышающими 5 % полного его значения. Время, допустимое для подъема напряжения от половинного до полного испытательного значения, должно быть не менее 10 с. Испытание проводят в течение 1 мин, затем снижают напряжение до одной трети его значения и отключают. Результаты испытания изоляции считают удовлетворительными, если во время испытания не происходит пробоя изоляции.

При ремонтах с полной заменой изоляций обмоток испытательное напряжение равно 0,85 приведенного выше. Поверочные испытания на электрическую прочность (после транспортировки электродвигателя, длительного его хранения) выполняют напряжением, равным 0,75 указанного выше.

Профилактические испытания и испытания после ремонта без полной замены изоляции статоров и роторов двигателя переменного тока напряжением до 380 В выполняют при напряжении, равном 1000 В.

7. Измерение воздушного зазора между статором и ротором электродвигателя. Желательно выполнять измерения в трех-четырех точках с обеих сторон. Для асинхронных электродвигателей допускается отклонение среднего значения зазора от расчетного до 10 %.

Объем контрольных испытаний асинхронных и синхронных электродвигателей практически одинаков. Некоторую специфику имеют контрольные испытания электродвигателей постоянного тока. В их объем обязательно входит проверка коммутации. При неизменном положении щеток и нагрузке, изменяемой от холостого хода до 1,5-кратной номинальной, машина постоянного тока должна работать практически без искр. То же самое должно быть и при кратковременных перегрузках. Исправность коммутации проверяют при температуре, близкой к рабочей. Искрение на коллекторе оценивают по шкале искрения:

степень 1 — отсутствие искрения (темная коммутация);

степень $1\frac{1}{4}$ — слабое точечное искрение примерно у четверти щеток;

степень $1\frac{1}{2}$ — слабое искрение приблизительно у половины щеток;

степень 2 — искрение под большей частью щетки у большинства или у всех щеток;

степень 3 — значительное искрение у всех щеток.

Допускается эксплуатация машин со степенями искрения 1, $1\frac{1}{4}$ и $1\frac{1}{2}$. Степень 2 допускается при кратковременных перегрузках, толчках, реверсах. Искрение машин со степенью 3 недопустимо при длительной работе и, как исключение, может быть допущено, например, при прямом пуске электродвигателя постоянного тока от сети (без пускового реостата) или его реверсе.

Длительная работа электродвигателей постоянного тока с искрением со степенями 2 и 3 приводит к разрушению коллектора и щеток.

15.6. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ

Пересчет обмоточных данных электродвигателей необходим, чтобы проверить, соответствуют ли обмоточные данные электродвигателя каталожным, не подвергался ли электродвигатель перемотке уже после его изготовления. Полученные обмоточные данные сравнивают с каталожными, а определенные расчетом электромагнитные нагрузки сопоставляют с табличными. Только в случае полного совпадения всех необходимых значений или при малых расхождениях между ними можно приступить к ремонту электродвигателя.

Резкое отклонение некоторых расчетных значений от табличных или каталожных указывает на допущенную ошибку при изготовлении электродвигателя на заводе, при его ремонте или при перемотке на новые параметры, т. е. на несоответствие паспорта электродвигателя его обмоточным данным.

Обязательного проверочного расчета требует, например, перевод электродвигателей на другие изоляционные материалы и обмоточный провод.

Электродвигатели старой серии А при переходе со старой изоляции (электрокартон и лакоткань) и провода марки ПБД или ПЭЛБО

на новый вид изоляции (пленко-электрокартон или пленка) и эмалевый провод после пересчета могут быть выполнены на большую мощность (при тех же габаритах). И наоборот, перевод электродвигателя серии 4А на устаревшие типы изоляционных и активных материалов повлечет за собой уменьшение мощности электродвигателя.

Кроме того, заказчик часто требует изменить паспортные данные электродвигателя для использования его в новых условиях, на другой рабочей машине или при другом значении номинального напряжения.

Связь между размерами, удельными электромагнитными нагрузками и мощностью электродвигателя вытекает из уравнения полной расчетной мощности S и выражается зависимостью

$$S = mIE, \qquad (15.1)$$

где m — число фаз; I — сила тока якоря, фазы статора машины, А; E — электродвижущая сила фазы электродвигателя, В.

Электродвижущая сила

$$E = 4k_f f w k_{об} \Phi, \qquad (15.2)$$

где k_f — коэффициент формы поля; f — частота тока статора ($f = pn/60$), Гц. Здесь n — частота вращения поля, мин$^{-1}$; p — число пар полюсов; w — число витков одной параллельной ветви фазы обмотки статора; $k_{об}$ — обмоточный коэффициент (для синхронных и асинхронных электродвигателей $k_{об} < 1$); Φ — магнитный поток на полюс машины, Вб.

Магнитный поток

$$\Phi = F_c B, \qquad (15.3)$$

где F_c — площадь поперечного сечения магнитного потока, м^2; B — расчетное значение магнитной индукции в воздушном зазоре электродвигателя, Т.

Для электродвигателей имеем

$$\Phi = \alpha_i \tau l^1 B_\delta, \qquad (15.4)$$

где α_i — коэффициент полюсного перекрытия; τ — полюсное деление, $\tau = \pi D/2p$. Здесь D — внутренний диаметр статора (диаметр расточки статора), м; l^1 — расчетная длина сердечника статора, м; B_δ — фактическое значение магнитной индукции в воздушном зазоре, Т.

Наиболее важными параметрами электродвигателя, которые следует тщательно рассчитывать и проверять, являются значения линейной нагрузки и магнитная индукция в воздушном зазоре электродвигателя.

Линейная нагрузка — эффективное значение силы тока, приходящееся на единицу длины расточки статора электродвигателя; определяется зависимостью

$$A = \frac{2mIw}{\pi D}. \qquad (15.5)$$

Полученные выражения (15.1—15.5) показывают, что мощность электродвигателя при заданной частоте вращения пропорциональна размерам двигателя. Однако для геометрически подобных электродвигателей с учетом того, что

$$I = \Delta F_м,$$

где Δ — плотность тока, А/м^2; $F_м$ — полная площадь поперечного сечения проводников обмотки, м^2,

получаем новое значение $F_м' = B\Delta F_c F_м$ при одинаковых плотностях тока в обмотках и магнитных индукциях в сердечнике двигателя.

Повышение мощности электродвигателя при известных размерах сердечника и заданной частоте вращения может быть достигнуто за счет увеличения *магнитной индукции*. Однако это приводит к возрастанию потерь в стали, увеличению силы намагничивающего тока, повышению потерь в обмотках возбуждения от намагничивающего тока, снижению cos φ, КПД и изменению электрических свойств электродвигателя.

Увеличение же линейной нагрузки приводит к возрастанию нагрева обмоток, изменению электрических параметров обмоток и нарушению оптимального (с экономических позиций) соотношения между потерями в стали и в обмотке.

Таким образом, выбор удельных электромагнитных нагрузок — самая ответственная часть расчета электродвигателей при ремонте. Практикой электромашиностроения установлены оптимальные значения удельных электромагнитных нагрузок. Магнитная индукция в воздушном зазоре электродвигателя колеблется в пределах от 0,3 до 1,0 Т; в теле статора — от 1,0 до 1,5 Т, в зубцах статора — от 1,3 до 2,0 Т. Среднее значение линейной нагрузки для обмоток электродвигателей составляет $(100...600) \cdot 10^2$ А/м. Чем больше размеры электродвигателя, выше частота его вращения, лучше охлаждение, тем большими принимают значения магнитной индукции и линейной нагрузки.

Линейная нагрузка тесно связана с плотностью тока. Крупные электродвигатели имеют плотность тока 2...3 А/мм^2, средние — 3...4 А/мм^2, малые — 6...7 А/мм^2. Выбор плотности тока определяется типом и размерами машины, ее напряжением, системой вентиляции и т. п.

При отсутствии паспорта, а иногда и самой обмотки электродвигателя расчетчик должен определить и сообщить потребителю оптимальную частоту вращения двигателя, при которой наиболее полно используется сталь сердечника и отсутствуют отрицательные явления (шум, прилипания и заедания на определенной частоте вращения и т. п.). В подавляющем большинстве случаев оптимальная частота вращения совпадает с паспортной. Оптимальную частоту вращения

(число полюсов $2p$) определяют следующим образом. Магнитный поток двигателя находят по формуле (15.4). С другой стороны, магнитный поток машины

$$\Phi = 2B_{\alpha}h_{\alpha}l'k_{ст}, \qquad (15.6)$$

где B_{α} — магнитная индукция в теле статора, Т; h_{α} — высота тела статора, м; l' — расчетная длина сердечника статора, м; $l' = l - 0{,}5n_{к}b_{к}$. Здесь l — линейный размер двигателя; $n_{к}$ — число вентиляционных каналов; $b_{к}$ — ширина вентиляционных каналов, м; $k_{ст}$ — коэффициент использования магнитного потока статора.

Приравнивая выражения (15.4) и (15.6), получаем

$$2p = \frac{\alpha_{l}B\delta D\pi l}{2B_{\alpha}k_{ст}h_{\alpha}l'}. \qquad (15.7)$$

Критерием возможности перемотки электродвигателя постоянного тока на заданную частоту вращения служит окружная скорость якоря $v_{я}$ (и коллектора $v_{к}$)

$$v_{я} = \frac{\pi D_{я}n}{60}, \qquad (15.8)$$

где $D_{я}$ — внешний диаметр якоря, м.

Значение $v_{к}$ вычисляют по той же формуле (15.8), подставив в нее соответствующее значение диаметра коллектора.

Допустимо иметь: $v_{я} \leqslant 17$ м/с для электродвигателей с ременной передачей; $v_{я} \leqslant 45...50$ м/с для остальных электродвигателей; $v_{я} \leqslant 60...90$ м/с для турбогенераторов.

Возможность выполнения машины постоянного тока на заданное напряжение определяется значением среднего напряжения между двумя коллекторными пластинами

$$U_{ср} = \frac{2pU}{k}, \qquad (15.9)$$

где U — заданное напряжение, В; k — число коллекторных пластин.

Число эффективных проводов в пазу

$$N_{н} = N_{ст}\frac{U_{н}}{U_{ст}}, \qquad (15.10)$$

где $N_{н}$ и $N_{ст}$ — соответственно новое и старое число эффективных проводов в пазу; $U_{н}$ и $U_{ст}$ — новое и старое напряжения двигателя, В.

Площадь поперечного сечения провода и его диаметр

$$q_{н} = q_{ст}\frac{U_{ст}}{U_{н}}; \quad d_{н} = d_{ст}\sqrt{\frac{U_{ст}}{U_{н}}}, \qquad (15.11)$$

где $q_{н}$ и $q_{ст}$ — соответственно новое и старое сечение провода, мм^2; $d_{н}$ и $d_{ст}$ — диаметры нового и старого проводов, мм.

Размеры и число катушек при пересчете остаются неизменными.

Пересчет электродвигателя на другую частоту вращения требует изменения числа витков в катушках, а также числа полюсов электродвигателя, что, в свою очередь, приводит к изменению магнитной индукции в теле статора. При этом значение индукции может оказаться недопустимо большим, и вследствие этого сталь машины перегреется.

При уменьшении частоты вращения индукция может оказаться очень малой, что приведет к недоиспользованию активной стали электродвигателя. Для сохранения магнитной индукции в теле статора в определенных пределах при пересчете обмотки на другую частоту вращения в формулу вводят поправочный коэффициент, равный 0,85...0,65.

Чем более значительна разница между старой и новой частотами вращения, тем меньшим принимают значение поправочного коэффициента.

При пересчете двигателя на повышенную частоту вращения новое число эффективных проводов $N_{н}$ и их площадь поперечного сечения $q_{н}$ определяют из следующих выражений:

$$N_{н} = N_{ст}\frac{n_{ст}}{(0{,}85...0{,}65)n_{н}}; \quad q_{н} = q_{ст}\frac{(0{,}85...0{,}65)n_{н}}{n_{ст}}, \qquad (15.12)$$

где $n_{ст}$, $n_{н}$ — старая и новая синхронные частоты вращения двигателя; $N_{ст}$ — старое (прежнее) число эффективных проводов.

Пренебрегая некоторым увеличением механических потерь электродвигателя за счет повышения его частоты вращения, можно определить новое значение активной мощности

$$P_{н} = P_{ст}\frac{(0{,}85...0{,}65)}{n_{ст}}n_{н}. \qquad (15.13)$$

При уменьшении частоты вращения двигателя новое число эффективных проводов и площадь их поперечного сечения определяются из нижеследующих выражений.

Пренебрегая в данном случае уменьшением механических потерь, получим новое значение мощности

$$P_{н} = P_{ст}\frac{n_{н}}{(0{,}85...0{,}65)n_{ст}}. \qquad (15.14)$$

При изменении частоты вращения машины изменяются размеры катушек и число катушечных групп.

Новые шаг обмотки и число пазов на полюс и фазу определяют по следующим формулам:

$$y_н = y_{ст}\frac{n_н}{n_{ст}};\quad r_н = r_{ст}\frac{n_н}{n_{ст}}, \qquad (15.15)$$

где $y_н, y_{ст}$ — соответственно новый и старый шаги обмотки; $r_н, r_{ст}$ — соответственно старое и новое число пазов на полюс и фазу.

15.7. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

При выполнении ремонта электродвигателей необходимо соблюдать правила безопасности. Все тяжелые машины или их узлы и детали перемещать следует только при помощи специальных подъемно-транспортных средств. При разборочно-сборочных работах нужно использовать переносные лампы на напряжение не выше 36 В и обязательно с защитной сеткой; работать при этом следует в рукавицах.

В местах, где промывают детали электрических машин керосином или другими легковоспламеняющимися жидкостями, необходимо особенно строго соблюдать правила пожарной безопасности. Особенно пожароопасны отделения пропитки и сушки обмоток электрических машин, где используются пожаро- и взрывоопасные вещества.

Строгое соблюдение правил безопасности необходимо при сварочных работах, соединении обмоток электродвигателей, заваривании трещин, заточке инструмента, приготовлении припоев, изготовлении катушек со стеклянной изоляцией и т. п.

В процессе ремонта приходится проводить межоперационный контроль с использованием установок напряжением 2...3 кВ и выше. В этом случае необходимо соблюдать соответствующие правила безопасности. В частности, испытания изоляции машин может выполнять работник лишь со степенью квалификации по электробезопасности не ниже III и IV группы, а в некоторых случаях эти испытания проводят два человека.

Глава 16
РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

16.1. СРОКИ И ОБЪЕМЫ ТЕКУЩИХ И КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Текущий ремонт трансформаторов выполняют на месте их установки. Текущие ремонты трансформаторов с их отключением, но без выемки сердечника проводят по мере необходимости, но не реже одного

раза в три года, а для трансформаторов 35/6...10 кВ — не реже одного раза в год. В объем текущего ремонта трансформаторов с обязательным их отключением входят все операции наружного осмотра и устранение неисправностей, а также чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контактов и соединений. Сливают отстой из расширителя, доливают масло, подтягивают болты уплотнений, измеряют сопротивление изоляции и определяют электрическую прочность масла.

Капитальный ремонт трансформатора в каждом конкретном случае специфичен и его объем определяется видом и степенью повреждения. Часто капитальный ремонт является восстановительным, включает замену (перемотку) обмоток трансформатора и ряд других подобных операций и таким образом приближается по объему работ к изготовлению трансформатора. Выполняют капитальные ремонты на электроремонтных предприятиях.

На электростанциях и понизительных подстанциях капитальный ремонт трансформаторов напряжением 35 кВ с выемкой сердечника делают первый раз через шесть лет после ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем по мере необходимости в зависимости от результатов измерений и состояния трансформатора. Однако в зависимости от типа трансформатора, условий транспортировки, монтажа и эксплуатации сроки текущих и капитальных ремонтов могут быть изменены. Установлены следующие интервалы между капитальными ремонтами трансформаторов I и II габаритов:

1) новых — 6...8 лет;

2) с частичной герметизацией и защитой масла после капитального ремонта (включая случаи установки расширителей и термосифонных фильтров при ремонте) — 4...5 лет;

3) прошедших восстановительный капитальный ремонт (без герметизации и защиты масла) — 2...3 года.

Трансформатор, принимая его в ремонт, осматривают, определяют наличие и качество масла (проводят испытания на пробой и сокращенный химический анализ), знакомятся с эксплуатационно-технической документацией о работе и неисправностях трансформатора в период эксплуатации и с техническими условиями на ремонт, предъявленными заказчиком.

При приеме в ремонт трансформатора оформляют приемо-сдаточный акт. Открывают заказ и карту (формуляр) ремонта или ведомость дефектов, куда записывают номер заказа, паспортные данные трансформатора, требования заказчика, неисправности, обнаруженные при осмотре и в процессе разборки. На основании этих данных определяют объем ремонта.

В ряде случаев для определения повреждений на месте разборки или на испытательной станции предприятия проводят необходимые испытания.

Последовательность разборки. Прежде чем приступить к разборке, трансформатор очищают от пыли и грязи ветошью, смоченной в керосине. Разборку ведут только в закрытом помещении, защищая выемную часть от загрязнения и влаги. Вначале освобождают крышку бака от болтов. Затем сливают трансформаторное масло до уровня ниже уплотняющей прокладки крышки при наличии расширителя или ниже выводов в трансформаторах без расширителей. Для подъема выемной части используют таль или краны. Стропы крепят к специальным рым-болтам на крышке бака. Рым-болты должны быть плотно завинчены. Угол между стропами и вертикалью не должен превышать 30°, в противном случае нужно ставить распорки между стропами.

Выемную часть трансформатора можно поднимать только в том случае, если ее температура (определяемая по температуре масла) не более чем на 5 °С ниже температуры помещения. Иначе на холодном сердечнике будет конденсироваться влага, содержащаяся в теплом помещении, что приведет к увлажнению изоляции трансформатора и необходимости последующей его сушки. Во избежание этого рекомендуется трансформаторы мощностью до 1000 кВ · А перед разборкой выдерживать в помещении не менее 24 ч.

Поднимая выемную часть, ее необходимо осмотреть и промыть струей масла для освобождения обмоток и сердечника от грязи и шлама. Параллельно с этим осматривают, чистят и ремонтируют бак, расширитель, заменяют уплотнители и т. п. Выемную часть разбирают в такой последовательности: отсоединяют крышку бака, отвинчивают подъемные штанги, распаивают выводы обмоток, снимают крепежные шпильки верхнего ярма, ярмо расшихтовывают (разбирают), стержни магнитопровода через отверстия для шпилек связывают киперной лентой. После этого определяют необходимость дальнейшей разборки.

При выполнении ремонта трансформаторов следует ограничиваться минимально необходимой разборкой, чтобы избежать лишнего объема работ и не повредить при разборке исправные элементы выемной части. Разбирая трансформатор, рекомендуется делать эскизы схем соединения, узлов и т. п., чтобы упростить в дальнейшем процесс сборки. Разборку нужно вести осторожно, сохраняя все исправные элементы, чтобы использовать их при ремонте. Детали следует хранить на стеллажах, для каждого трансформатора отдельно.

Листы ярма хранят в пакетах, чтобы избежать коррозии. Ответственные детали во избежание увлажнения погружают в масляные ванны. На все демонтированные детали вешают бирки с указанием номера заказа.

Дефектация трансформатора. Наиболее трудоемкий процесс при ремонте — оценка состояния изоляции трансформатора. Новая изоляция может иметь низкое сопротивление только из-за увлажнения, а старая может иметь большое сопротивление, но быть механически непрочной и рассыпаться при малейшем воздействии на нее. О качестве

изоляции судят и по сопротивлению, и по ее механической прочности. Например, полоску электрокартона, вырезанную из главной изоляции ярма, сгибают пальцами под прямым углом и затем свободно складывают вдвое без сдавливания места сгиба. Если при полном сгибе вдвое электрокартон не ломается, изоляция хорошая (свежая); если при полном сгибе образуются трещины, изоляция удовлетворительная; если электрокартон при этом ломается, изоляция ограниченно годная; если при сгибе до прямого угла электрокартон ломается, изоляция негодная.

После разборки проводят окончательную дефектацию трансформатора, заполняют ведомость и определяют объем предстоящего ремонта. В трансформаторе может быть три *повреждения электрических цепей*: обрыв в обмотке или в обмотках, замыкание между обмотками или между обмотками и баком и межвитковое замыкание. Все эти повреждения легко определить известными методами: мегаомметра или контрольной лампы, симметрии токов или напряжений и методом милливольтметра.

У трансформаторов могут быть и другие повреждения: деформация обмоток, пробои и перекрытия из-за грозовых и коммутационных перенапряжений, замыкание листов сердечника между собой, так называемый «пожар» в стали, обрыв заземляющего устройства магнитопровода, ненормальное гудение магнитопровода и повреждения бака.

«Пожар» в стали может возникнуть в результате замыкания шпильки, прессующей магнитопровод, с листами магнитопровода. Такое замыкание может возникнуть при транспортировке трансформатора из-за дефектов изготовления и монтажа шпильки и старения ее изоляции. Кроме того, «пожар» в стали может возникнуть вследствие разрушения межлистовой изоляции и замыкания листов стали магнитопровода между собой (из-за ухудшения прессовки стали). «Пожар» в стали приводит к потемнению масла, снижению температуры его вспышки, появлению шлама. В практике такое повреждение можно определить при помощи опыта холостого хода трансформатора.

При *обрыве заземляющего устройства* между магнитопроводом и баком появляется треск внутри трансформатора, нарушающий его равномерный гул. Этот треск вызван появлением статических зарядов на магнитопроводе и переходом их на заземленный бак трансформатора.

Ненормальное гудение трансформатора вызывается рядом причин: повышенным напряжением сети, перегрузкой, асимметрией токов по фазам, недостаточной прессовкой магнитопровода и т. п.

Последовательность сборки трансформатора. Трансформатор собирают в обратной последовательности по сравнению с разборкой. Если выемная часть трансформатора перед сборкой находилась вне масляной среды не более 12 ч при относительной влажности воздуха не более 75 %, ее можно не сушить.

Собранный трансформатор заливают чистым сухим маслом вначале через пробку в крышке бака, а затем через пробку расширителя. При этом температура масла должна равняться температуре выемной части.

16.3. РЕМОНТ ОБМОТОК

Обмотки трансформаторов выполняют цилиндрическими одно- и двухслойными на стороне низшего напряжения (НН) и цилиндрическими многослойными на стороне высшего напряжения (ВН).

Для обмотки ВН применяют провод круглого сечения, который может иметь изоляцию из кабельной бумаги, эмалевую или комбинированную, например провод ПЭЛБО. Ремонт обмотки состоит практически в ее намотке. Из нового или восстановленного провода наматывают новую катушку, размеры которой должны полностью соответствовать размерам старой. Восстанавливают провод только с волокнистой или бумажной изоляцией. Для намотки катушек применяют универсальные (рис. 16.1) и индивидуальные (рис. 16.2) раздвижные шаблоны. Диаметр шаблона соответствует внутреннему диаметру наматываемой катушки. Катушки наматывают на специальных намоточных или на обычных токарных станках.

Провод обмотки НН обычно имеет прямоугольное сечение, его изолируют кабельной бумагой (провод ПБ) или кабельной бумагой с хлопчатобумажной оплеткой (ПББО).

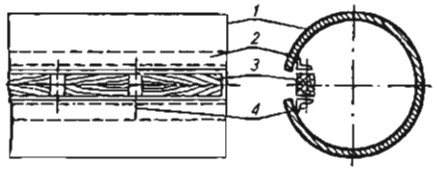


Рис. 16.1. Универсальный шаблон для намотки катушек трансформаторов:
1 — цилиндр; *2* — фланец; *3* — дистанционная рейка; *4* — стяжной болт

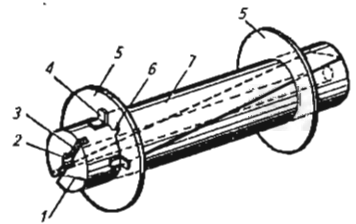


Рис. 16.2. Индивидуальный шаблон для намотки катушек трансформаторов:
1 — разрез для съема обмоток; *2* — отверстие для вала; *3* — прорезь для ведущей планшайбы; *4* — уголки для крепления диска; *5* — упорный диск; *6* — отверстие для закрепления отвода обмотки; *7* — шаблон

Катушку НН наматывают следующим образом. На шаблон накладывают слой пропитанной трансформаторным маслом кабельной бумаги, а затем два слоя электрокартона толщиной 0,5 мм, шириной, равной высоте будущей катушки. Выводной конец катушки закрепляют в щеке шаблона. Для придания катушке необходимой жесткости нужно обеспечить перпендикулярность ее торцевой части к осевой линии. Для этого на первом витке при помощи киперной ленты закрепляют уравнительный поясок из электрокартона. Толщина пояска равна толщине изолированного провода, ширина в начале его составляет 2...3 мм, а в конце равна высоте изолированного провода, длина пояска равна длине витка катушки. Для придания жесткости катушке первые несколько витков крепят друг к другу киперной лентой (рис. 16.3).

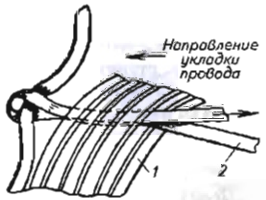


Рис. 16.3. Схема бандажирования катушки трансформатора:
1 — витки обмотки; *2* — киперная лента

Катушку НН наматывают на станке, а соответствующий натяг и укладку витка к витку осуществляют вручную. Деревянным молотком витки подколачивают один к другому. Уравнительный поясок крепят и на последнем витке катушки. Бандажируют катушку киперной лентой.

Катушки ВН наматывают также на станках, причем их можно наматывать на изоляционный цилиндр (жесткий цилиндр или гильзу) или на обмотку НН. При этом на обмотку НН накладывают промежуточные рейки, надевают цилиндр и затем на цилиндр наматывают катушку ВН или на катушку НН надевают промежуточные и временные (по числу основных) рейки; на рейки наматывают несколько слоев электрокартона, а затем обмотку ВН.

После намотки катушки ВН временные рейки вынимают, так как они служат только для предохранения от деформаций гибкого изоляционного цилиндра. Для придания катушкам ВН жесткости перед первым витком и после последнего на катушку наматывают торцевые пояски. Поясок закрепляют телефонной или тонкой кабельной бумагой, которая хомутиком охватывает поясок по всей его длине.

Готовые катушки ВН и НН проверяют перед пропиткой на соответствие фактических размеров, сечения и числа витков расчетным данным. Число витков проверяют путем определения коэффициента трансформации на магнитопроводе с раздвижным ярмом и эталонными катушками.

Пропитку обмоток трансформаторов осуществляют следующим образом. Перед пропиткой катушки сушат при температуре около 105 °С в течение нескольких часов. Продолжительность сушки находится в прямой зависимости от размеров обмоток. После остывания катушек до температуры 50...60 °С их опускают в ванны с пропиточным лаком. Для пропитки катушек масляных трансформаторов применяют маслостойкие бакелитовый и глифталевый лаки. Глифталевый лак более

качествен и теплостоек, чем бакелитовый. Пропитка заканчивается после того, как прекратится выделение пузырьков из лака; обычно для пропитки достаточно 15...20 мин. После пропитки катушки вынимают из лака, ставят на решетки, чтобы дать возможность стечь излишкам лака. Затем их вновь подвергают сушке. Высушенные катушки отправляют на сборку трансформатора.

16.4. РЕМОНТ МАГНИТОПРОВОДОВ

Перед ремонтом магнитопроводов осуществляют расшихтовку (разборку). Эту операцию нужно выполнять аккуратно, чтобы не повредить изоляцию стали и не перепутать листы. Начинают расшихтовку стержней верхнего ярма со стороны отводов обмотки ВН до середины ярма; продолжают расшихтовку со стороны обмотки НН. Листы во время разборки складывают в том же порядке, в каком они размещались в ярме. Аналогично выполняют расшихтовку стержней нижнего ярма. При этом составляют схему шихтовки с размерами сердечника. В процессе разборки листы осматривают, дефектные листы убирают, вместо них временно в пакеты вкладывают полоски картона.

Поврежденный магнитопровод ремонтируют, заменяя прогоревшие листы новыми и восстанавливая изоляцию листов. С поврежденных листов счищают наплывы металла, заусенцы и поврежденную изоляцию, оголенные места листов изолируют электроизоляционным лаком или бумагой. При отсутствии новых листов можно пускать в сборку только те поврежденные (ранее) листы, которые имеют сечение в местах повреждения не менее 60 % нормального, а выжженную площадь — не более 10 % общей площади листа. При этом допускается уменьшение сечения ярма или стержня в месте повреждения не более чем на 2 % по сравнению с первоначальным. В этом случае поврежденные листы можно располагать на одном стержне или ярме, чередуя их при шихтовке с неповрежденными.

16.5. МЕЖОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ РЕМОНТНЫХ РАБОТ. СУШКА ВЫЕМНОЙ ЧАСТИ ТРАНСФОРМАТОРА ПЕРЕД СБОРКОЙ

При ремонте трансформаторов проводят межоперационный контроль. Так, при намотке катушек проверяют площадь поперечного сечения и марку провода, число витков в слое, число слоев, тип межслоевой изоляции, размеры уравнительных поясков, направление намотки, схему соединения обмоток. При сборке выемной части проверяют изоляционные расстояния между катушками и ярмом, между сердечником и обмоткой НН, между обмотками НН и ВН и между обмотками ВН разных фаз. При шихтовке сердечника и ярма обращают внимание на правильность шихтовки, следят, чтобы не было перекосов листов и значительных зазоров между стыкуемыми листами. Проведение межоперационного контроля позволяет избежать дефектов в процессе ремонта.

Собранную выемную часть трансформатора проверяют на отсутствие замыканий между обмотками НН и ВН, а если обмотки не соединены в схему, то и между катушками ВН и НН разных фаз, на отсутствие замыканий между обмотками и сердечником трансформатора, между стяжными шпильками и сердечником. Собранную выемную часть подвергают сушке.

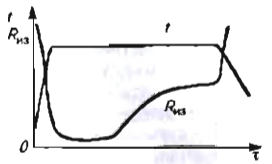


Рис. 16.4. Изменение сопротивления изоляции $R_{из}$ в зависимости от продолжительности сушки τ при температуре нагрева t

Сопротивление изоляции обмотки трансформатора не нормируется, поэтому критерием состояния изоляций служит кривая зависимости сопротивления изоляции от продолжительности сушки при данной температуре нагрева (рис. 16.4).

С ростом температуры сопротивление изоляции обмотки трансформатора понижается тем больше, чем сильнее увлажнена изоляция. Достигнув установившегося состояния, сопротивление изоляции остается некоторое время неизменным, затем изоляция начинает осушаться и сопротивление ее возрастает до нового установившегося значения (при данной температуре нагрева). Сохранение сопротивления изоляции неизменным в течение 6...8 ч указывает на окончание процесса сушки. При отключении источника нагрева (охлаждение трансформатора) сопротивление изоляции возрастает и тем более круто, чем больше влаги осталось в изоляции.

Контрольные значения сопротивления изоляции сравнивают с данными завода-изготовителя. Допускается снижение сопротивления изоляции (при данной температуре) не более чем на 30 %. Если отсутствуют данные завода-изготовителя о сопротивлении изоляции, то после тщательного проведения сушки трансформатора за исходное берут полученное значение сопротивления обмотки.

В некоторых случаях сушку повторяют, чтобы убедиться в том, что полученное значение сопротивления изоляции не изменилось при одних и тех же условиях сушки.

16.6. ПОСЛЕРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

После окончания ремонта проводят два вида испытаний трансформаторов: контрольные и типовые. Контрольным испытаниям подвергают каждый выпускаемый из ремонта трансформатор, а типовым лишь те трансформаторы, при ремонте которых были внесены какие-либо изменения в параметры: напряжение, тип обмотки, марка провода и т. п.

В объем *контрольных испытаний* входит следующее: 1) определение коэффициента трансформации; 2) измерение сопротивления изоляции обмоток — одной относительно другой и бака; 3) измерение сопротивления обмоток постоянному току; 4) испытание трансформа-

торного масла; 5) проверка группы соединения обмоток; 6) испытание электрической прочности изоляции обмоток; 7) опыт холостого хода; 8) испытание витковой изоляции обмоток; 9) опыт короткого замыкания; 10) испытания бака на плотность.

В объем *типовых испытаний* дополнительно входят: 1) испытание на нагрев; 2) испытание герметичности бака трансформатора (для трансформаторов мощностью 630 кВ · А и выше); 3) испытание динамической прочности обмоток при внезапных коротких замыканиях.

Выполнение пунктов 1, 2, 3, 4 и 5 контрольных испытаний описано ранее. Рассмотрим кратко выполнение других операций контрольных испытаний.

Испытание электрической прочности изоляции обмотки выполняют для полностью собранных и залитых маслом трансформаторов. Значения испытательных напряжений трансформаторов на заводе-изготовителе приведены ниже.

Напряжение обмотки трансформатора, кВ:			
номинальное:	3	6	10
испытательное	18	25	35

Испытательные напряжения трансформаторов после капитального ремонта снижаются до 90 % приведенных выше значений для отечественных трансформаторов и до 85 % для импортных; после ремонта без смены обмоток это напряжение уменьшается до 75 % для всех типов трансформаторов.

Испытывают изоляцию обмоток при помощи аппаратов ТУ-158, ТУ-235, АИИМ-72, АКИ-50, АИИ-70, АКИИ-72 и др. Испытание длится 1 мин. Включать повышенное напряжение можно толчком при напряжении до 25 % испытательного; после испытания напряжение снижают до этого же значения и отключают. Напряжение должно быть синусоидальным, частота 50 Гц с отклонениями не более ±5 %. Мощность испытательной установки должна быть не менее 0,5...1 % мощности испытуемого трансформатора. Испытания считают успешными, если не произошло пробоя изоляции, перекрытий и скользящих разрядов, отмеченных приборами.

Опыт холостого хода выполняют для определения силы тока и потерь холостого хода. Среднее арифметическое значение силы фазного тока холостого хода не должно отличаться от заводских значений более чем на +30 %, а потери мощности — на +15 %. Значительные отклонения полученных значений свидетельствуют о несоответствии числа витков обмотки расчетному значению, или о некачественной сборке (шихтовке) магнитопровода, или о замыкании листов магнитопровода между собой, или же о витковом замыкании в обмотке.

Испытание электрической прочности витковой изоляции выполняют вслед за опытом холостого хода по той же схеме, но при напряжении, равном 1,3 номинального. Продолжительность испытания 5 мин. Трансформатор должен быть залит маслом. При исправном трансформаторе во время испытаний не должно наблюдаться разрядов в баке и бросков тока.

Опыт короткого замыкания выполняют для определения соответствия напряжения и потерь короткого замыкания заводским или расчетным. Напряжение короткого замыкания нормируется ГОСТом, оно выбито на паспортном щитке. Отклонение потерь и напряжения короткого замыкания от заводских данных допускается не более чем на 10 %. Значительные отклонения между опытными данными и заводскими данными указывают на несоответствие сечения обмотки или ее размеров расчетным значениям или на плохие контакты в соединениях схемы обмоток.

Результаты испытаний приводят к нормированной температуре 75 °С по формулам

$$P_{к75} = P_{кt}\frac{310}{235 + t}; \tag{16.1}$$

$$U_{к75} = \sqrt{U_{кt} + \left(\frac{P_{кt}}{10S_н}\right)^2\left[\left(\frac{310}{235 + t}\right)^2 - 1\right]}, \tag{16.2}$$

где $P_{к75}$, $U_{к75}$ — соответственно потери и напряжение короткого замыкания при температуре 75 °С и номинальных силах тока в обмотках; $P_{кt}$ и $U_{кt}$ — то же, при температуре t (°С), при которой проводили опыт короткого замыкания.

Приведенные выше формулы справедливы для обмоток, выполненных медными проводами.

Если опыт короткого замыкания протекал при силе тока $I_к$ ниже номинальной, то номинальные напряжения $U_к$ и потери короткого замыкания $P_к$ подсчитывают по формулам

$$U_к = U'_к\frac{I_н}{I_к}, \tag{16.3}$$

$$P_к = P'_к\left(\frac{I_н}{I_к}\right)^2, \tag{16.4}$$

где $U'_к$, $P'_к$ — напряжение и потери короткого замыкания при силе тока $I_к$, при которой проводили опыт.

Значение силы тока $I_к$ подставляют как среднее арифметическое значение сил токов трех фаз трансформатора.

Испытание бака трансформатора позволяет проверить доброкачественность уплотнений и сварных швов. Эту проверку проводят избыточным давлением, создаваемым путем установки на баке трубки с воронкой, заполненной чистым сухим маслом. При этом трансформатор должен быть полностью собран, а его дыхательные отверстия закрыты. Высота масляного столба должна составлять 1,5...1,6 м. Длительность испытания 2 ч. Считается, что трансформатор выдержал испытание, если не обнаружено течи масла в сварных швах бака и расширителя, в местах уплотнений, в спускном кране и отверстиях

для болтов и изоляторов. Устранять течь в период испытания не разрешается. Это делают только при полностью удаленном масле и извлеченной из бака выемной части.

Сообщаемость расширителя с баком проверяют после испытания бака под давлением. Для этого открывают нижний кран трансформатора и спускают масло до нормального уровня.

16.7. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При проведении ремонта силовых трансформаторов необходимо прежде всего соблюдать правила пожарной безопасности, так как трансформаторное масло — это пожаро- и взрывоопасный материал. Горючими и легковоспламеняющимися являются и большинство изоляционных материалов: лаки, лакоткани, бумага, дерево и т. п. Полностью собранный трансформатор можно поднимать только за специальные подъемные скобы или рым-болты, приваренные к стенкам бака. Нельзя поднимать собранный трансформатор за кольца выемной (активной) части. Перемещать трансформаторы надо осторожно, чтобы не повредить кожух, изоляторы и т. п.

Механизмы, приспособления и инструменты, употребляемые при погрузочно-разгрузочных работах, должны быть исправны и соответствовать рабочей нагрузке. Ремонт или даже частичные работы на поднятом и не опущенном на рабочее место трансформаторе недопустимы. В период ремонта и после него трансформаторы подвергают межоперационному контролю и послеремонтным испытаниям. Места контроля должны быть специально огорожены и иметь на входных дверях блокировку, которая отключает питание испытательных установок при открытии дверей.

При испытаниях трансформаторов используют установки высокого напряжения, имеющие повышенную опасность, поэтому на них должны работать электромонтеры со степенью квалификации по электробезопасности не менее III или IV.

Глава 17

РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

17.1. ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

В соответствии с ППРЭсх для воздушных линий напряжением 0,38 кВ предусмотрены плановые текущие и капитальные ремонты.

При *текущем ремонте* проволят низовой или верховой осмотры воздушных линий. Проверяют состояние деревянных элементов опор, измеряют глубину их загнивания. Подтягивают ослабевшие бандажи, удаляют с них ржавчину. Выправляют опоры, заменяют поврежденные изоляторы и сгнившие элементы опор, перетягивают отдельные

участки сети. Осуществляют проверку и ревизию трубчатых разрядников, вырубают разросшиеся деревья в охранной зоне.

При *капитальном ремонте* выполняют плановую замену опор, перетягивают и выправляют линию, заменяют неисправную арматуру. Проводят необходимые измерения и испытания. Воздушные линии на деревянных опорах ремонтируют через каждые три года, а линии на железобетонных опорах — через шесть лет. Эти сроки могут быть изменены в зависимости от состояния линии, определяемого на основании результатов осмотров, профилактических измерений и проверок, но при этом первый ремонт линии на деревянных опорах проводят не позже чем через 6 лет.

При осмотрах, профилактических измерениях и испытаниях вносят соответствующие записи в журнал неисправностей. На основании этих записей составляют месячные и годовые планы ремонтов, а также планы-графики ремонтов. Последние составляют с учетом графиков отключений и ремонтов питающих линий и подстанций высокого напряжения, что приводит к уменьшению продолжительности отключения потребителей электрической энергии. Перед ремонтом обязательно проводят подготовительные работы (комплектование ремонтной бригады, заготовку древесины, проводов, арматуры, метизов, механизмов, транспорта, инструмента, приспособлений, инвентаря и т. п.).

На проведение ремонтных работ оформляют разрешение и выписывают наряд. При планировании расхода материалов, необходимых для капитального ремонта воздушных линий, руководствуются нормами, приведенными в таблице 17.1.

После ремонта оформляют документацию на выполненную работу, затем эксплуатационный персонал оценивает работу и принимает воздушную линию к использованию по назначению.

Ремонт деревянных опор. Для предотвращения гниения древесину пропитывают антисептиками, что повышает срок службы опор в сред-

17.1. Нормы расхода материалов на 1 км линии

Материал	Опоры		
	из древесины		из железобетона
	непропитанной	пропитанной	
Столбовой лес, м	0,9	0,44	—
Сборный железобетон, м^3	0,05	0,044	0,1
Голый алюминиевый провод, кг	12,3	12,3	12,3
Стальной оцинкованный одножильный провод, кг	6,0	6,0	6,0
Проволока (катанка), кг	5,6	4,2	1,5
Изоляторы, шт.	7	7	7
Карболовая кислотка, кг	0,85	0,85	0,85
Антисептическая паста, кг	Не нормируется		
Битум, кг	То же		
Крюки, штыри, кг	4,4	4,4	4,4

нем в 3 раза. Обнаружив значительное загнивание древесины (более 20 % площади сечения) или аварийные повреждения, опоры и их элементы заменяют. Загнивание опор проверяют не реже чем через три года. Опоры, выполненные из антисептированной древесины, пропитывают еще раз. На опорах, пропитанных маслянистыми антисептиками, устанавливают антисептические бандажи из толя, рубероида или пергамина шириной 50 см через 10 лет, а на опорах, пропитанных водорастворимыми антисептиками, через 5 лет. На бандажи наносят антикоррозийную пасту.

При эксплуатации иногда выполняют частичную обработку древесины антисептиком. При этом пастой покрывают: все подземные части опоры на глубину опасного загнивания и на 30 см выше уровня земли; все торцевые части и верхнюю поверхность горизонтальных и наклонно расположенных деталей опор; все трещины шириной более 2 мм; места сочленения деталей опор между собой.

Поверхность бандажа и части опоры, обработанные антисептиком, покрывают слоем гидроизоляции, в который входит нефтяной битум.

Опоры, имеющие отклонение вертикальной оси, большее, чем допускают нормы, выправляют с помощью лебедок или других механизмов. Места строповки троса на опоре во избежание повреждения тела опоры защищают деревянными подкладками (между тросом и телом опоры). Если применяют гидравлические приспособления, на опоры механизма устанавливают резиновые подкладки. Выправку надо довести до такого состояния, чтобы вершина опоры прошла за вертикаль на 8...10 мм. После выправки у основания опоры грунт плотно утрамбовывают, а ослабленные бандажи подтягивают.

Проволочный бандаж выполняют из мягкой стальной оцинкованной (диаметром 4 мм) или неоцинкованной (диаметром 5 мм) проволоки с антикоррозийным покрытием. Число витков проволоки зависит от ее диаметра:

Диаметр проволоки, мм	4	5	6
Число витков	12	10	8

Каждый бандаж должен охватывать только две детали. Все витки бандажа должны быть равно натянуты и плотно прилегать друг к другу. Концы проволок забивают в древесину. Бандаж или хомут покрывают антикоррозийной смазкой по предварительно очищенной металлической поверхности. Оттяжки из круглой стали окрашивают. Тросовую оттяжку заменяют при 20 % оборванных или разрушенных коррозией проволок троса. Загнившие приставки и опоры с эквивалентным диаметром менее допустимого заменяют.

Ремонт железобетонных опор. Железобетонные опоры подлежат замене, если они имеют дефекты, перечисленные в таблице 17.2.

Перед заделкой раковин и трещин поверхность бетона очищают от грязи, пыли и отслоений. Смачивают место ремонта 10%-ным раствором поливинилацетатной эмульсии, а затем втирают (вмазывают) в раковину или трещину полимерцементный раствор. Через час место заделки снова смачивают водным раствором эмульсии.

Ремонт проводов. При обрыве проволок в проводе общим сечением до 17 % сечения провода можно ограничиться наложением на поврежденный участок бандажа, выполненного из того же материала. При большем повреждении устанавливают соединительную муфту. Муфту изготовляют из овального соединителя *1* (рис. 17.1) той же марки, что и провод, и выбирают на один размер меньше, чем сечение провода. Овальный соединитель разрезают по оси, надевают на провод, предварительно зачистив до блеска, так чтобы поврежденный участок с разорванными проводами приходился на его середину. Муфту обжимают по проводу *2*, концы муфты бандажируют и затем прессуют монтажными клещами или ручным гидропрессом.

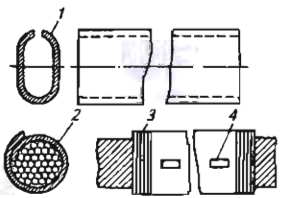


Рис. 17.1. Ремонтный соединитель:
1 — овальный соединитель; *2* — многожильный провод; *3* — проволочный бандаж; *4* — вмятины опрессовки

Соединение голых проводов воздушных линий может быть выполнено одним из следующих способов: скруткой или наложением бандажа (рис. 17.2, *а*) с последующей пропайкой (для однопроволочных медных и алюминиевых проводов диаметром 4...6 мм); с использованием овальных соединителей (17.2, *б* и *в*); плашечными зажимами (17.2, *г*).

При соединении алюминиевых многопроволочных проводов зажимами вне зависимости от их типа соединяемые провода необходимо отрезать под прямым углом, концы проводов и контактную поверхность зажима (соединителя) очистить бензином и зачистить до металлического блеска стальной щеткой и ершом под слоем вазелина. После зачистки грязную смазку удалить и сразу же нанести чистый слой вазелина. При использовании овального соединителя (см. рис. 17.2, *в*) последний после зачистки надвигают на один из концов соединяемого провода. Конец второго провода вводят в соединитель внахлестку. На выступающие концы проводов 20...400 мм накладывают бандаж. Закрепление соединителя выполняют обжатием или скручиванием.

17.2. Дефекты железобетонных опор, требующих ремонта

Железобетонная опора	Характеристика дефекта, при котором опора подлежит замене
Центрифугированная вибрированная с ненапряженной и напряженной арматурой	Поперечные трещины с шириной раскрытия более 1 мм
С напряженной проволочной и прядовой арматурой	Поперечные трещины с шириной раскрытия более 0,6 мм
Всех типов и конструкций	Продольные трещины (две и более в одном сечении) с шириной раскрытия более 0,3 мм. Раковины (более 20 × 20 × 20 мм) в бетоне. Значительное смещение каркаса арматуры по отношению к оси стойки

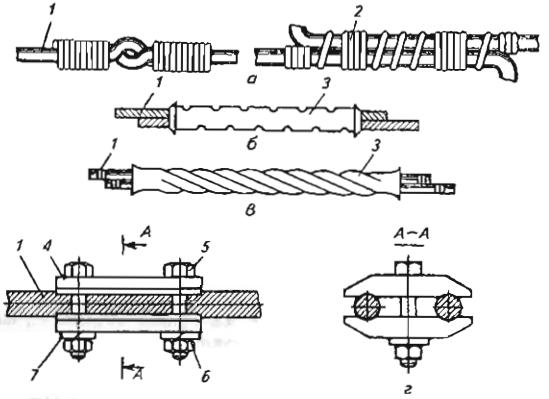


Рис. 17.2. Соединение голых проводов воздушных линий:
а — однопроволочных способом скрутки (*слева*) и наложением бандажа (*справа*); *б*, *в* — многопроволочных с помощью соединителей (*б* — способом обжатия; *в* — способом скрутки); *г* — плашечным зажимом; *1* — провод; *2* — бандаж; *3* — соединитель; *4* — плашка; *5* — болт; *6* — гайка; *7* — пружинящая шайба

Соединение проводов из разных металлов или разных сечений допускается выполнять только на опорах при помощи переходных зажимов. При выпучивании в пролете верхнего повива провода на длине более 100...150 мм на поврежденное место накладывают ремонтную муфту длиной 200 мм или две муфты меньшей длины, установленные на расстоянии 20 мм одна от другой.

При обрыве двух проволок в проводах А16...А70 и ПС25 и трех проволок в проводах А16...А25 поврежденный участок провода заменяют новым. Натяжение проводов регулируют в тех случаях, когда габаритные размеры линии и стрелы провеса не отвечают требованиям ПУЭ.

Перетяжку и регулировку проводов выполняют в тех случаях, когда под действием нагрузки на провод происходит проскальзывание его в вязках штыревых изоляторов, а также при увеличении стрелы провеса.

Ремонт металлических траверс. Сводится, как правило, к восстановлению антикоррозийной окраски, к замене разбитых изоляторов и проверке заземления.

Подъем на железобетонную опору допускается с применением универсальных когтей-лазов системы Тулэнерго или с телескопической автовышки.

Ремонт разрядников. Ремонт трубчатых разрядников заключается в проверке состояния внутренней поверхности, измерении внутреннего диаметра и внутреннего искрового промежутка, а также в проверке состояния лакового покрова фибробакелитовой трубки, прочности

крепления на ней стальных наконечников, правильности взаимного расположения внутри трубки электродов, исправности указателя срабатывания.

Поврежденный лаковый покров трубки восстанавливают, нанося на нее два слоя бакелитового лака. Ослабленные наконечники обжимают на трубке специальными клещами или в тисках с помощью двух полуколец. Проверяют и при необходимости регулируют внутренний искровой промежуток между стержневым и плоским электродами.

Убеждаются в исправности указателя срабатывания, представляющего собой полоску из латунной фольги. Поврежденную полоску заменяют новой, изготовленной из листовой латуни толщиной 0,02 мм. Проверяют также внутренний диаметр дугогасительного канала и длину внутреннего искрового промежутка разрядника. Окончив ремонт, окрашивают наконечники черной или серой эмалью.

При ремонте вилитовых разрядников РВП проверяют целость покрышки, плотность укладки внутренних деталей. Без особой надобности разрядник при ремонте не вскрывают. Вскрывают его только при неудовлетворительных результатах испытаний. В этом случае проверяют целость вилитовых дисков и искровых промежутков, исправность нажимной пружины. Поврежденные детали заменяют новыми.

При сборке тщательно герметизируют покрышку разрядника, чтобы защитить внутренние детали от атмосферных воздействий и таким образом сохранить стабильность его характеристики.

17.2. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В кабельных сетях наиболее распространенными повреждениями являются: обгорание наконечников, повреждения соединительных и концевых муфт, нарушение герметичности кабеля.

Обгорание наконечников. Поврежденный наконечник удаляют с помощью ножовки. Оконцевание жилы новым наконечником может быть выполнено одним из следующих способов (рис. 17.3): электродуговой, газовой или термитной сваркой, пайкой и опрессовыванием.

При любом способе оконцевания с жилы кабеля *1* надо удалить изоляцию на длину 45...70 мм в зависимости от сечения жилы 16...150 мм, тщательно очистить оголенный участок жилы от пропиточного кабельного состава и прочистить наконечник изнутри ветошью, смоченной бензином.

Оконцевание жилы с помощью электродуговой и термитной сварки осуществляют следующим образом. Наконечник *3* надевают на жилу так, чтобы торец жилы выступал на 2...3 мм. Устанавливают охладитель *8*. Торец жилы и наконечник с внутренней стороны смазывают флюсом ВАМИ. К выступающему концу жилы подводят угольный электрод, который должен плотно прижиматься к жиле. При термитной сварке термитной спичкой *13* поджигают термитный патрон *14*. При расплавлении происходит некоторая усадка расплавленной массы, для чего в расплавленный металл вводят присадку —

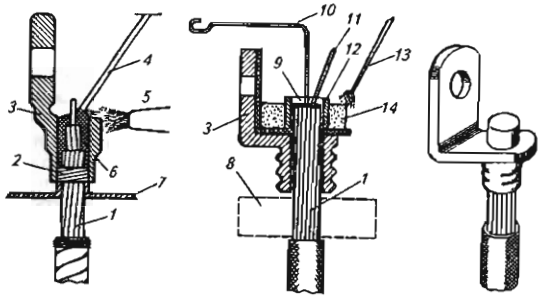


Рис. 17.3. Оконцевание алюминиевых жил кабеля:
а — пайкой; *б* — сваркой; *в* — закрепленный наконечник; *1* — жилы провода (кабеля); *2* — асбестовая подмотка; *3* — наконечник; *4* — палочка припоя; *5* — пламя паяльной лампы или газовой горелки; *6* — расплавленный припой; *7* — асбестовая подкладка (экран); *8* — охладитель; *9* — флюс; *10* — проволочная мешалка; *11* — проволочная присадка; *12* — кокиль; *13* — термитная спичка; *14* — термитный патрон

алюминиевый стержень, обмазанный флюсом. Одновременно им непрерывно помешивают расплавленную массу.

После заполнения наконечника расплавленной массой до краев расплавляют верхнюю часть наконечника — венчик. Расплавление происходит до образования жидкой ванны, после чего вновь присаживают алюминиевый пруток до заполнения жидкой ванны. Еще раз присаживают алюминиевый пруток до образования наплыва сферической формы. При этом расплавленную массу перемешивают медленными круговыми движениями. На этом процесс сварки заканчивается. После охлаждения оконцованной жилы охладитель *8* снимают, место сварки очищают от шлака и остатков флюса стальной щеткой и промывают бензином. Место сварки покрывают изолирующим лаком, слоем изоляционной ленты и вновь лаком.

Газовую сварку выполняют с использованием пропан-бутановой установки, где пропан-бутан служит горючей смесью. Эта установка компактна и удобна в эксплуатации, но при работе необходимо соблюдать меры предосторожности, предписываемые инструкциями. Перед сваркой направленным пламенем нагревают среднюю часть наконечника, после чего в пламя вводят пруток припоя. Наконечники выбирают на одну ступень больше сечения жилы, чтобы обеспечить необходимый зазор между жилой и стенками наконечника, заполняемого расплавленным припоем.

Повреждения соединительных и концевых муфт. Возникают чаще всего после аварий в результате некачественного монтажа, дефектов изоляции кабеля или проникновения влаги. Повреждения в соединительных муфтах происходят чаще всего в результате электрического пробоя между жилами кабеля или (в случае проникновения влаги под оболочку) повреждения поясной и жильной изоляций. В перечисленных случаях соединительная муфта подлежит, как правило, замене на новую. Дефектную муфту вырезают и вместо нее устанавливают новую за счет спрямления проложенного кабеля, который должен иметь запас по длине. Иногда, если муфта находится вблизи концевой заделки и отсутствует запас кабеля, целесообразно заменить этот участок кабеля на новый.

При незначительных повреждениях изоляции или оболочки кабеля, например при пробое изоляции жилы на корпус муфты, кабель можно отремонтировать без замены муфты при условии, что изоляция не увлажнена.

Муфту демонтируют, выплавляют заливочную массу, при достаточной слабине жил их разводят, снимают заводскую изоляцию и восстанавливают ее, как при монтаже новых муфт.

При капитальных ремонтах кабельных линий старые концевые муфты заменяют новыми с герметичной заделкой. В заделках, выполненных из эпоксидного компаунда, может нарушиться герметичность, а из нижней или верхней частей их начнет вытекать пропиточный состав. При вытекании пропиточного состава из корешка разделки участок, примыкающий к муфте, на 40...50 мм в обе стороны обезжиривают. После этого конец заделки и прилегающую к нему свинцовую или алюминиевую оболочку на расстоянии 15...20 мм обматывают двумя слоями хлопчатобумажной ленты, смазанной эпоксидным компаундом. Затем на кабель устанавливают ремонтную форму и заполняют ее эпоксидным компаундом.

Если пропиточный состав вытекает сверху, в месте выхода жил из заделки, плоскую часть заделки и участки жил на расстоянии 30 мм зачищают ножом или стеклянной бумагой и обезжиривают (тканью, смоченной в бензине или ацетоне). Затем устанавливают ремонтную форму и заливают ее эпоксидным компаундом.

Нарушение герметичности кабеля. Обычно происходит в результате механических повреждений при проведении земляных работ. Герметичность кабеля восстанавливают в том случае, если есть полная уверенность в том, что изоляция кабеля не повреждена и влага в кабель не проникла. Такой ремонт выполняют в следующей последовательности:

удаляют часть оболочки по обе стороны от места повреждения;

осматривают и проверяют верхнюю ленту поясной изоляции на отсутствие влаги;

выполняют разбортовку торцов заводской оболочки;

восстанавливают герметизацию кабеля. Для этого на оголенный участок накладывают разрезанную вдоль свинцовую трубу и после обивки пропаивают продольный шов и шейки, а также заливочные отверстия после заполнения трубы кабельной массой;

соединяют оболочку с броней кабеля и заключают кабель в защитный чугунный кожух для прокладки его в землю или в специальную стальную трубу для открытой прокладки.

Если влага проникла в изоляцию, поврежденный участок кабеля вырезают и вместо него монтируют вставку из кабеля аналогичной марки. Минимальная длина вставки по условиям удобства монтажа составляет 3 м. В местах соединения вставки с кабелем монтируют две соединительные муфты. По обеим сторонам муфты при прокладке в землю делают запас кабеля в виде волнообразного изгиба (змейки).

В случае электрического пробоя изоляции при отсутствии повреждения токопроводящей жилы ремонт можно выполнить без разрезания жил кабеля, т. е. с помощью бесклеммной муфты. Для этого необходимо убедиться в полном отсутствии влаги в изоляции и наличии запаса кабеля, позволяющего развести жилы и выполнить подмотку дефектной изоляции. Для герметизации кабель закладывают в свинцовую трубу, заливают кабельной массой и т. д. Эти операции выполняют в том же порядке, что и при ремонте свинцовых и алюминиевых оболочек.

17.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Повреждения кабелей подразделяются на следующие: замыкание на землю одной фазы; замыкание двух или трех фаз на землю либо между собой; обрыв одной, двух или трех фаз с заземлением или без заземления; заплывающий пробой изоляции; сложные повреждения, представляющие собой комбинации из вышеупомянутых видов повреждений.

Для определения характера повреждения кабельную линию отключают от источника питания. От нее отключают все электроприемники и с обоих концов при помощи мегаомметра проверяют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы (по отношению к земле и между каждой парой жил) и убеждаются в отсутствии обрыва токоведущих жил.

После определения характера повреждения кабельной линии выбирают метод, наиболее подходящий для определения места повреждения. В первую очередь с погрешностью 10...40 м определяют зону, в границах которой расположено место повреждения. Для этого пользуются следующими относительными методами: импульсным; методом колебательного разряда; петлевым; емкостным. Место повреждения непосредственно на трассе уточняют акустическим или индукционным методом.

Импульсный метод. Основан на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса (скорость распространения импульса v = 160 м/мкс) и измерении интервала между моментом подачи импульса и моментом прихода отраженного импульса от места повреждения в кабеле. На рассмотренном принципе построены при-

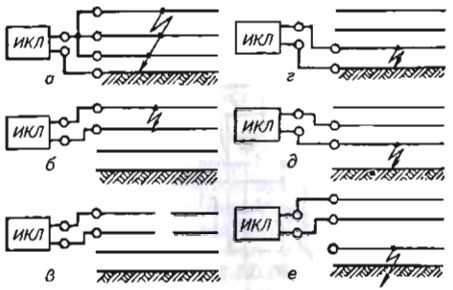


Рис. 17.4. Присоединение прибора для испытания кабельных линий к линии при различных случаях повреждений:
а — трехфазное замыкание жил на землю; *б* — короткое замыкание двух жил; *в* — обрыв двух жил; *г, д, е* — замыкание на землю одной жилы

боры ИКЛ-5, Р5-1А. При импульсном методе может быть не только измерено расстояние до места повреждения, но и определен характер дефекта.

От места короткого замыкания импульс возвращается с обратной полярностью, от места обрыва — с той же полярностью, что и посланный в линию импульс.

Расстояние до места повреждения

$$l_x = \frac{v t_x}{2} = 80 t_x, \qquad (17.1)$$

где t_x — время прохождения импульса до точки повреждения и обратно.

Преимущество импульсного метода состоит в отсутствии каких-либо переключений на противоположном конце кабеля. Присоединение прибора к линии может быть различным (рис. 17.4). Характер повреждения предварительно определяется традиционными способами.

Метод колебательного разряда. Этим методом (рис. 17.5) определяют зону повреждения кабельной линии при заплывающих пробоях. При измерении кабельную линию отключают с обоих концов и разряжают. От испытательной установки высокого напряжения постоянного тока на поврежденную жилу кабеля подают напряжение разряда, плавно поднимая его до напряжения пробоя поврежденной изоляции, но не выше значения, допустимого нормами профилактических испытаний для данного вида кабеля. В момент пробоя в месте повреждения возникает искра, обладающая небольшим переходным сопротивлением, и в кабеле происходит разряд колебательного характера. Время колебательного разряда измеряют осциллографом с однократной разверткой или миллисекундомером, присоединяемым через делитель напряжения.

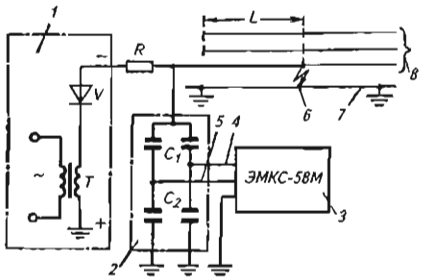


Рис. 17.5. Схема определения места повреждения методом колебательного разряда: *1* — высоковольтная испытательная установка; *2* — делитель напряжения; *3* — прибор; *4* — цепь пуска; *5* — цепь останова; *6* — место повреждения; *7* — свинцовая оболочка; *8* — жилы кабеля; *L* — расстояние до места повреждения

Миллисекундомер измеряет время первого полупериода колебательного разряда, а его шкала отградуирована в единицах длины (расстояние до места повреждения).

Петлевой метод. Применяют его для определения зоны повреждения кабельной линии в случаях, когда жила с поврежденной изоляцией (замыкание на землю) не имеет обрыва и хотя бы одна из жил имеет хорошую изоляцию. Заключается этот метод в непосредственном измерении с помощью измерительного моста сопротивления постоянному току участка поврежденной жилы (от места измерения до места повреждения).

Наиболее часто петлевой метод применяют при небольших длинах кабелей (или небольших расстояниях до места повреждения $L <$ < 100...200 м и больших переходных сопротивлениях $1000 < R_п <$ < 5000 Ом, когда неприменим другой метод. Погрешность определения мест повреждений составляет не более 0,1...0,3 %.

Емкостный метод. Используют его для определения зоны повреждения, когда оборваны одна или несколько жил кабеля, при сопротивлении изоляции поврежденной жилы не менее 5000 Ом. Принцип метода заключается в измерении емкости оборванного участка жилы кабеля C (емкость пропорциональна длине кабеля до места повреждения) и сопоставлении ее значения с удельной емкостью целой неповрежденной жилы кабеля.

Акустический метод. Это один из абсолютных методов. Применяют его для определения места любого вида повреждения кабельной линии непосредственно на трассе. Непременное условие применения этого метода — возможность создания в месте повреждения искусственного электрического разряда, прослушиваемого с поверхности земли или воды. Переходное сопротивление $R_п$ в месте повреждения

должно быть больше волнового сопротивления кабеля $r_в$. Только при этом условии может возникнуть искровой разряд. Волновое сопротивление кабеля (Ом)

$$r_в = \sqrt{L/C}, \qquad (17.2)$$

где L и C — индуктивность и емкость участка кабельной линии до повреждения.

При возникновении разряда в поврежденном месте одновременно с электромагнитными колебаниями возникает звуковая волна, которую можно прослушать на поверхности земли. Наибольшей будет слышимость непосредственно над местом повреждения кабеля.

В качестве генератора импульсов используют обычную испытательную установку высокого напряжения постоянного тока, в схему которой дополнительно вводят зарядную емкость и разрядник. Метод применим при металлическом соединении жилы с оболочкой кабеля (или муфты) и отсутствии искровых разрядов в месте повреждения в кабельной линии.

Индукционный метод. Это также один из абсолютных методов определения места повреждения кабельной линии непосредственно на трассе. Основан на принципе улавливания магнитного поля над кабелем, созданного током звуковой (тональной) частоты, пропускаемым по кабельной линии.

Индукционный метод обеспечивает высокую точность определения места повреждения. Погрешность составляет не более 0,5 м. Его применяют в случаях, когда переходное сопротивление в месте повреждения не превышает 20...50 Ом. Недостаток способа состоит в том, что им трудно определить замыкание одной жилы на оболочку кабеля. Индукционным методом можно определить местонахождение трассы и глубину залегания кабеля.

17.4. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

При ремонтных работах на воздушных линиях выполнение многих операций связано с подъемом на опору. В связи с этим необходимо соблюдать все правила безопасности при работах на высоте. К таким работам допускаются лица не моложе 18 лет и прошедшие специальный медосмотр на годность к работам на высоте или верхолазным.

Установка и съем осветительной арматуры, шкафов и аппаратов массой более 10 кг выполняется двумя лицами или одним, но с применением специальных механизмов или приспособлений.

К ремонту кабельных линий допускаются монтеры-кабельщики после обучения и проверки знаний по безопасным методам работы и получения соответствующего документа. Раскопку траншеи или котлована в местах прохождения кабелей надо вести вручную при помо-

щи лопаты, соблюдая особую осторожность начиная с глубины 0,4 м. Котлованы (особенно глубокие) должны быть прочно укреплены и ограждены, а в ночное время освещены фонарями с красным стеклом.

В местах перехода над траншеями должны быть устроены пешеходные мостики. Перекладка или сдвиги кабелей и муфт допускаются, как правило, только после их отключения.

Особое внимание необходимо обратить на перемещение кабельных барабанов, их крепление при размотке кабеля, при погрузке и разгрузке.

Особую опасность представляют работы по монтажу концевых заделок и соединительных муфт с применением паяльных ламп, газовых горелок, термитных патронов, при сварке. Эпоксидная смола, растворители и заливочные массы — это токсичные и горючие материалы. Поэтому при работе руки защищают специальными перчатками, а глаза при сварке — специальными очками с темными стеклами.

Особенно осторожно необходимо разогревать и переносить разогретую кабельную массу, имеющую в расплавленном состоянии высокую температуру.

Газовые пропан-бутановые, ацетилено-кислородные или бензин-кислородные установки должны быть удалены на необходимое расстояние от места работы. Пользование этими установками разрешается обученному персоналу в соответствии с действующими правилами.

Следует помнить, что открыто проложенные кабели из-за горючести кабельных материалов могут быть причиной возгораний, особенно в туннелях и глубоких каналах.

К работам на кабельных линиях допускаются электромонтеры, имеющие II или III степень квалификации. Они приступают к работе по устному или телефонному распоряжению с записью в журнале.

Для выполнения работ на трассе кабельной линии необходимо: а) отключить кабель, в том числе и нулевую жилу (провод), от электроустановки с обеих сторон; б) убедиться в отсутствии напряжения на всех жилах и вывесить плакаты «Не включать! Работают люди» на обоих концах кабеля; в) на отключенные рубильники наложить изолирующие прокладки, снять предохранители, а шкафы с рубильниками, автоматическими выключателями и предохранителями запереть на замок.

Если кабель служит единственной линией, питающей потребитель (двигатель и т. п.), то все эти операции можно выполнять лишь на конце со стороны источника питания. Заземлять кабель не обязательно.

Прежде чем приступить к ремонту кабеля, необходимо удостовериться в том, что это именно искомый кабель. Если кабель проложен открыто, то участок, подлежащий ремонту, определяют путем визуального прослеживания; если кабель проложен в земле, то сверяют с чертежами прокладки. Если нет полной уверенности в правильности определения подлежащего ремонту кабеля, то применяют специальные индукционные аппараты (кабелеискатели).

Открытые муфты укрепляют на прочной доске, подвешенной при помощи проволоки или троса к перекинутым через траншею брусам. Перед разрезанием кабелей, проложенных в земле, убеждаются в отсутствии напряжения путем прокола с одновременным заземлением жил. Металлическую часть приспособления для прокалывания заземляют. Прокол нужно делать в диэлектрических перчатках, предохранительных очках, стоя на изолирующем основании.

Разрезая кабель, ножовку держат за деревянную рукоятку, не касаясь металлических частей. Ножовка должна быть заземлена. Если перед резкой прокола не было, то всю работу выполняют в диэлектрических перчатках, предохранительных очках, стоя на сухой доске.

При вскрытии муфт также принимают меры предосторожности. После вскрытия муфты еще раз убеждаются в отсутствии напряжения (специальным индикатором или вольтметром), срезают изоляцию заземленным ножом, а затем накоротко соединяют жилы между собой. Дальнейшую работу выполняют без применения перчаток, очков и ковриков.

На осмотре колодцев, коллекторов и других кабельных сооружений должны работать не менее двух лиц. Перед началом работы им необходимо убедиться в отсутствии горючих и вредных для дыхания газов в этих сооружениях. Категорически запрещается проверять отсутствие газов при помощи открытого огня (забрасыванием горящих спичек, пакли и т. п.). Это может вызвать пожар. Для проверки применяют специальный газоанализатор или рудничную лампу.

Убедившись в отсутствии горючих газов, на дно колодцев опускают зажженную свечу. Если свеча гаснет, то это свидетельствует о том, что в колодце есть диоксид углерода. При обнаружении газа в колодец нагнетают чистый воздух установленным снаружи ручным или электрическим вентилятором, конец рукава от которого должен быть на расстоянии 25 см от дна.

Перекладывать, сдвигать, перемещать кабели можно после их отключения и заземления. Кабели, находящиеся под напряжением, допускается перемещать на расстояние до 5...7 м при следующих условиях: а) работа выполняется по наряду квалифицированными рабочими; б) температура кабеля не ниже 5 °С (278 К); в) кабели около муфт для исключения чрезмерного изгиба закреплены на досках; г) поверх диэлектрических перчаток для защиты их от механических повреждений надевают брезентовые рукавицы.

Если при измерении сопротивления изоляции мегаомметром противоположный конец кабеля находится в помещении, где проводятся другие работы, на время испытаний там ставят наблюдающего, который не подпускает к кабелю людей.

После отключения испытательного напряжения кабель долго сохраняет электрический заряд, опасный для жизни человека. Поэтому прикасаться к кабелю запрещается до тех пор, пока он не будет разряжен. Для разрядки каждую жилу кабеля соединяют с его оболочкой (заземляющим устройством).

Глава 18

РЕМОНТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

18.1. СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РЕМОНТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В процессе эксплуатации электрооборудования выполняют текущий и капитальный ремонты.

Текущий ремонт — это минимальный по объему ремонт, при котором путем замены отдельной, как правило, небольшой детали или регулировки электрооборудования продляют срок его работы до очередного текущего или капитального ремонта. При текущем ремонте устраняют дефекты, выявленные во время осмотров.

В процессе текущего ремонта распределительных устройств делают следующее: а) осматривают все оборудование и чистят его; б) чистят помещение; в) проверяют крепление и подтяжку контактов ошиновки, заменяют поврежденные изоляторы; г) проверяют работу выкатных камер комплектных распределительных устройств и устраняют замеченные дефекты; д) проверяют заземляющее устройство и ответвления от него к аппаратуре; е) проверяют защитные релейные устройства и измерительные приборы; ж) берут пробы масла и доливают его во все маслонаполненные аппараты.

В объем *капитального ремонта* входят:

а) контроль за состоянием вводов и внутренней изоляции выключателей, проверка состояния подвижных и неподвижных контактов;

б) проверка надежности крепления контактов, камер, решеток, при необходимости смена контактов и дугогасительных устройств;

в) контроль за состоянием частей привода выключателей, пружин, болтов, гаек и приводного механизма, проверка включения и отключения выключателей, регулировка контактов выключателей на одновременность включения, осмотр крышек, баков, подъемных устройств, выхлопных устройств, предохранительных клапанов, сигнальных и блокировочных контактов и шайб, разборка, прочистка и сборка контактов и шайб, а также масломерного устройства, доливка, замена и очистка масла;

г) проверка состояния подвижных и неподвижных контактов выключателей нагрузки и надежности их крепления, включения выключателя нагрузки, вхождения всех фаз в гасительную камеру, проверка щупом надежности сборки гасительной камеры и отсутствия зазоров между полукамерами, проверка пружин, болтов, гаек, шплинтов, состояния приводного механизма и работы привода, исправности механизма автоматического отключения выключателя нагрузки при перегорании плавких вставок предохранителей, осмотр сигнальных и блокировочных контактов и шайб.

Плановый текущий ремонт проводят не реже одного раза в год. Все работы по текущему ремонту электрооборудования распределительных устройств выполняет персонал, обслуживающий данную электроустановку, за счет средств, отпущенных на текущий ремонт.

Капитальный ремонт масляных выключателей и их приводов выполняют не реже одного раза в 3 года. В зависимости от конструкции выключателя, числа выполненных им операций и мощности короткого замыкания в месте его установки период между капитальными ремонтами может быть удлинен. Внеочередной капитальный ремонт выключателей назначается работником, ответственным за распределительное устройство. При этом он учитывает число отключений коротких замыканий, конструкцию выключателя, состояние масла, мощность короткого замыкания в месте установки выключателя и сопротивление контактов.

Капитальный ремонт разъединителей, заземляющих ножей, короткозамыкателей и отделителей и их приводов делают не реже одного раза в три года; ремонт разъединителей, требующий снятия напряжения с шин, проводят только при обнаружении неисправности разъединителя.

Остальные аппараты распределительных устройств подвергаются капитальному ремонту в соответствии с результатами профилактических испытаний, но не реже одного раза в 9 лет.

Капитальные ремонты проводят за счет средств, отпускаемых на восстановление изношенного оборудования. Чтобы не нарушить нормальной работы потребителей энергии, текущие и капитальные ремонты выполняют в строго определенные и заранее установленные сроки.

Не менее чем за месяц до вывода электрооборудования в капитальный ремонт уточняют объем работ. При этом просматривают и тщательно изучают все замечания по работе оборудования, отмеченные в ремонтных и эксплуатационных журналах, листках брака и аварий. Изучают также техническую документацию последнего капитального ремонта и проведенных после него текущих ремонтов.

При определении объема ремонтных работ учитывают работы по модернизации и усовершенствованию отдельных узлов, а также противоаварийные и другие мероприятия, разработанные на основе опыта эксплуатации аналогичного электрооборудования других объектов.

Перечень намеченных работ, которые будут проводить во время капитального ремонта, записывают в ведомость объема работ, на основании которой составляют технологический график. Этот график служит документом, определяющим продолжительность отдельных работ, очередность их выполнения, плановые затраты труда и ответственных исполнителей. Технологический график ремонта составляют с расчетом обеспечения поточности отдельных операций и параллельности в общем комплексе ремонтных работ.

При составлении технологического графика и определении объема ремонтных работ можно сделать ориентировочный расчет продолжи-

тельности ремонта, т. е. времени простоя (сутки) электрооборудования в ремонте:

$$T_{\text{р}} = \frac{H_{\text{вр}} k_{\text{м}}}{Q k_{\text{п}}}, \qquad (18.1)$$

где $H_{\text{вр}}$ — норма времени, чел.-ч; $k_{\text{м}}$ — коэффициент метода ремонта, принимаемый при агрегатном методе равным 0,5, а при индивидуальном равным 1,0; Q — общее число часов работы всех членов бригады в течение суток, чел.-ч/сутки; $k_{\text{п}}$ — коэффициент превышения норм, установленный для данного предприятия, участка ремонтников.

Значение Q находят из выражения

$$Q = nTC, \qquad (18.2)$$

где n — число рабочих в бригаде, занятой ремонтом; t — число рабочих часов в смене; C — число рабочих смен в сутки.

Для выполнения ремонтных работ в наиболее короткие сроки и с хорошим качеством до начала ремонта предварительно подготавливают:

1) все запасные детали для замены пришедших в негодность; список этих деталей составляют на основании заранее составленной ведомости дефектов и объема ремонтных работ;

2) заказы соответствующим службам предприятия на выполнение сварочных, токарных и прочих работ;

3) рабочие места с учетом специальностей рабочих, которые будут заняты на данном участке, проверяют и подготавливают необходимые приспособления и инструмент, улучшают освещение;

4) аппараты и приборы для испытаний, контроля и проверок ремонтируемого оборудования;

5) необходимую документацию на проведение ремонта. Перед ремонтом бригадиры, мастера и руководитель работ тщательно изучают всю техническую документацию по ремонту оборудования (ведомость дефектов, паспорта оборудования, акты предыдущих испытаний и др.), а также проект организации ремонта электрооборудования распределительных устройств. Ремонтный персонал изучает все чертежи по ремонту, производственные инструкции;

6) рабочее место ремонтного персонала, которое обеспечивают средствами техники безопасности и проверенными средствами защиты.

18.2. НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТУРЫ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

От 45 до 60 % всех повреждений приходится на долю масляных выключателей, причем при повышении напряжения абсолютная и относительная повреждаемость растет. Анализ статистических данных показывает, что у выключателей напряжением 110...220 кВ наиболее слабое место изоляция, у выключателей напряжением 35 кВ и ниже — механическая система управления выключателем и привод. Устройства гашения дуги, выполняющие ответственные функции, выходят из строя относительно реже. Вводы выключателей требуют тем большего внимания и ухода, чем выше номинальное напряжение установки. Они могут загрязняться и увлажняться. Чтобы предупредить повреждение ввода, в том числе и мастиконаполненного, нужно обеспечить герметичность внутренней полости и надлежащее качество мастики, особенно в отношении ее морозостойкости.

У выключателей на напряжение 10 кВ и ниже вводы и наружную изоляцию (например, опорные изоляторы у горшковых выключателей) выполняют, как правило, из сплошного фарфора. Такая изоляция имеет большую надежность. Число повреждений из-за нарушения внутрибаковой изоляции невелико. Значительное число повреждений масляных выключателей приходится на контактные и дугогасительные устройства, которые работают в тяжелых условиях.

Статистика показывает, что чаще всего на сборных шинах повреждаются присоединенные к ним аппараты — измерительные трансформаторы и разрядники. Чем выше напряжение, тем больше этих повреждений. Следующими по частоте являются повреждения изоляции, число которых также возрастает с повышением напряжения установки.

К сборным шинам непосредственно примыкают спуски к шинным разъединителям и сами разъединители. Повреждения этих элементов чаще всего бывают из-за ошибок персонала при переключении разъединителей и при наложении переносных заземлений. При этом повреждаются и ошиновка спусков, и разъединители. Повреждения из-за ошибок персонала в несколько раз превосходят число повреждений по всем другим причинам. Остальные повреждения спусков и разъединителей происходят из-за поломок и перекрытия изоляторов, нагрева соединений и поломки приводов.

На участке между выключателем и вводом линии чаще всего происходят повреждения трансформаторов тока и перекрытие изоляторов. В неисправном трансформаторе тока сопротивление его изоляции снижается больше чем на 40 %. Неисправности трансформаторов тока (не встроенных в выключатель) на 35 кВ и выше обычно подобны неисправностям вводов выключателей. В трансформаторах напряжения наблюдаются витковые замыкания на вторичной обмотке и повреждение изоляции стяжных болтов.

Если ток холостого хода трансформатора напряжения оказался выше прежних значений, необходимо вскрыть трансформатор и внимательно осмотреть его.

Основная причина нарушения эксплуатационной надежности вентильного разрядника — проникновение влаги в его внутреннюю полость, и в особенности — в область искрового промежутка. С отложением продуктов коррозии на электродах искровых промежутков уменьшается разрядное расстояние между ними (а в некоторых случа-

ях происходит закорачивание части промежутков), что создает опасность их пробоя при незначительных коммутационных перенапряжениях или даже в нормальном режиме.

Перед ремонтом выключателей их чистят, проводят внешний осмотр и дефектацию. При разборке масляного выключателя сливают масло из баков, отделяют все соединения (шинные и гибкие связи) от контактных частей, отсоединяют фарфоровые и другие тяги отключающих устройств, снимают цилиндры с опорных изоляторов (горшковых малообъемных выключателей), отвинчивают болты и снимают крышки вместе с проходными изоляторами.

Подгоревшие контакты опиливают или заменяют новыми. Во включенном положении контакты должны быть плотно прижаты пружиной один к другому. Степень нажатия торцевых контактов регулируют перемещением контактодержателей неподвижных контактов вверх или вниз, а также ввинчиванием или вывинчиванием подвижного контакта. Измеряют степень нажатия контактов динамометром. Она задана заводом-изготовителем и указана в паспорте выключателя.

Соприкосновение контактов проверяют при помощи краски. После окончания ремонта систему контактов повторно проверяют.

Ремонт масляного выключателя считают выполненным правильно, если все механические характеристики — ход подвижной части (траверсы), вжим контактов и разновременность замыкания и размыкания контактов соответствуют заводским данным. Если из-за повреждения изоляторов снижается электрическая или механическая прочность, то их заменяют.

Регулируют привод следующим образом: а) измеряют ход подвижной части выключателя, включающих и отключающих устройств; б) измеряют заход за конечное положение и получающийся при этом зазор в запирающем устройстве и у ограничителей; в) проверяют действие механизма свободного расцепления; г) измеряют зазор между бойком отключающей катушки и рычагом отключающего устройства; д) испытывают изоляцию включающих и отключающих катушек, промежуточного реле. Полученные результаты сопоставляют с заводскими данными.

Для проверки привода после ремонта его многократно включают и отключают при пониженном напряжении оперативного тока. В ремонте любого привода есть свои особенности.

При ремонте шин проверяют их крепление и при необходимости заменяют болтовые соединения и другие части. Болтовые соединения дают надежный контакт при условии, если соединяемые поверхности чистые и гладкие, а болты затянуты. Неровности и пленки оксидов удаляют с контактных поверхностей напильником; при этом общее сечение шины допускается уменьшать не более чем на 1,5 %. Алюминиевые шины после грубой зачистки зачищают под слоем вазелина, а перед установкой контактную поверхность зачищают мягкой стальной щеткой.

Если вмятины или выемки уменьшают сечение шин более чем на 1,5 % для алюминия и более чем на 1 % для меди, но не более чем на

10 % их общего сечения, то на дефектное место накладывают усиливающую накладку, которую закрепляют болтами. Шины после ремонта окрашивают, за исключением тех мест ответвлений и присоединений к аппаратам, которые после выполнения присоединений покрывают прозрачным глифталевым лаком. Согласно принятым обозначениям фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С; буквам соответствуют номера 1, 2, 3. Шины окрашивают в такие цвета: желтый — фаза А, зеленый — фаза В и красный — фаза С.

При ремонте трансформаторов тока проверяют целость фарфоровых изоляторов и их армировки, прочность крепления стержня в изоляторе, исправность цепи вторичной обмотки, состояние изоляции между первичной и вторичной обмотками. Изоляторы с небольшими сколами и частично разрушенными армировочными швами ремонтируют.

Сопротивление изоляции между обмотками, а также между ними и металлическим корпусом трансформатора должно быть не менее 50 МОм. При меньшем значении сопротивления изоляции обмотки трансформаторов тока подлежат сушке. Трансформаторы тока напряжением до 10 кВ обычно нагревают (сушат) током, пропускаемым через вторичную обмотку при замкнутой накоротко первичной обмотке, или наоборот. В трансформаторах тока напряжением 35...110 кВ изоляцию сушат в камерах.

Если обнаружены более серьезные неисправности (полное разрушение изоляторов, токоведущих частей и др.), трансформатор тока вскрывают и заменяют поврежденные детали, не нарушая обмотки. Замыкания между листами стали не допускаются. При частичном или полном выходе из строя стали сердечника его восстанавливают путем замены листов из однотипного вышедшего из строя трансформатора тока. При продолжительности ремонта более 6 ч обмотки погружают в бак с маслом, электрическая прочность которого не ниже прочности масла в ремонтируемом трансформаторе.

Во время капитальных ремонтов трансформаторов напряжения измеряют силу намагничивающего тока при номинальном напряжении на вторичной обмотке 100 В. Если сила тока холостого хода выше значений прежних измерений, необходимо вскрыть и осмотреть трансформатор.

Качество изоляции обмотки высшего напряжения оценивают по ряду характерных величин: тангенсу диэлектрических потерь (за исключением чисто фарфоровых вводов), а также путем сравнения полученных данных с результатами предыдущих измерений. В последнем случае при снижении показателей более чем на 30 % изоляция подлежит сушке.

Ремонт разъединителей заключается в опиловке поврежденных частей контактов. При появлении пленки оксида в результате чрезмерного нагрева контакты разъединителя чистят стеклянной шкуркой и покрывают тонким слоем технического вазелина. Силу нажатия

пружин проверяют динамометром и сравнивают с допустимой (по инструкции). При ремонте разъединителей типов РВО и РВТ обращают внимание на целость механических запирающих устройств и прочность крепления стальных пластин электромагнитных замков к ножам разъединителей. Если разрушена армировка изолятора на участке, не превышающем 1/3 окружности фланца или колпака, то ее восстанавливают. При разрушении армировки на участке, превышающем 1/3 окружности фланца или колпака, изолятор заменяют.

При ремонте разъединителей РЛНЗ и РЛНД обращают внимание на целость гибких связей и надежность их соединения с неподвижными контактами. Отрегулированный разъединитель проверяют путем 10-кратного включения и отключения.

Ремонт контактных частей отделителей и короткозамыкателей выполняют так же, как и ремонт разъединителей.

При ремонте выключателя (нагрузки) очищают контактные поверхности от копоти и следов оплавления. Отвинтив винты, крепящие щеки дугогасительного устройства, снимают щеку и осматривают вкладыши. Вкладыши с выгоревшими стенками заменяют новыми. Ослабленные или имеющие дефекты пружины заменяют новыми, заводского изготовления, а износившиеся резиновые шайбы буфера — новыми шайбами соответствующих размеров, изготовленными из листовой резины толщиной 4...6 мм.

Все движущиеся и трущиеся поверхности механизма выключателя тщательно очищают от старой смазки, затем на них наносят свежую смазку, соответствующую окружающей температуре, при регулировке выключателей нагрузки добиваются точного и одновременного вхождения ножей в дугогасительные устройства и неподвижные контакты и выхода из них.

18.3. ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

После ремонта комплектного распределительного устройства проводят следующие испытания.

1. Мегаомметром на 2,5 кВ измеряют сопротивление изоляции изоляционных элементов, выполненных из органических материалов; значения сопротивления должны быть не ниже 1000 МОм при напряжении 3...10 кВ и 3000 МОм при 15...150 кВ.

2. Испытывают повышенным напряжением промышленной частоты изоляцию токоведущих частей. Для комплектных распределительных устройств — КРУ (КРУН) на 6 кВ значение испытательного напряжения составляет 29 кВ, для КРУ (КРУН) на 10 кВ оно равно 39 кВ. Время приложения испытательного напряжения 1 мин. Испытание проводят до подключения силовых кабелей.

3. Измеряют сопротивление постоянному току контактов сборных шин, разъединяющихся контактов первичной и вторичных цепей. Измерения проводят выборочно, если позволяет конструкция КРУ. Измеренные значения должны быть в пределах нормируемых.

4. Проверяют выкатные части и блокировки. Четыре-пять раз выкатывают тележку КРУ, проверяют работу механических блокировок, убеждаются в отсутствии перекосов и заеданий, а также в соосности ножей и контактов. При попытке вывести тележку с включенным выключателем из рабочего положения выключатель должен отключиться до момента размыкания первичных разъединяющих контактов. При выдвижении тележки из ячейки окна для доступа к токоведущим частям автоматически закрываются защитными шторками, а при вкатывании тележки шторки открываются. Проверяют действие блокировок, запрещающих вкатывать тележку в рабочее положение при включенном заземляющем разъединителе и включать заземляющий разъединитель при рабочем положении тележки.

18.4. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

При работах в установках напряжением выше 1000 В необходимо соблюдать все организационные и технические мероприятия, предписываемые правилами безопасности. Работу нужно выполнять по наряду при соответствующем допуске бригады к месту работ. Производитель работ не имеет права покидать рабочее место, если на это время его не заменит ответственный руководитель, указанный в наряде. Если наряд выписан на наблюдающего, он не имеет права принимать участия в работе и тем более покидать рабочее место.

Перед началом работ дежурный совместно с ответственным руководителем и производителем работ проверяет соблюдение мер предосторожности в установке и лишь после этого допускает бригаду в распределительное устройство. Во время допуска к работе дежурный указывает бригаде место работ и в присутствии всех членов бригады прикасается к отключенным токоведущим частям, доказывая этим, что токоведущие части отключены. Дежурный указывает бригаде также на расположенные поблизости от места проведения работ неотключенные части установки. Токоведущие части, оставленные под напряжением, должны быть ограждены.

Прежде чем приступить к работе, работники наладочных организаций и испытательных лабораторий должны быть тщательно проинструктированы руководителем бригады и ознакомлены с особенностями данного объекта. Получив инструктаж, они расписываются в специальном журнале.

При подготовке рабочего места и проведении испытаний повышенным напряжением от постороннего источника нужно строго соблюдать требования специального раздела «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, станций и подстанций».

При проведении испытаний повышенным напряжением на токоведущих частях могут накапливаться остаточные заряды, опасные для жизни. Поэтому прежде чем прикасаться к токоведущим частям после снятия с них повышенного напряжения, следует тщательно разряжать их на землю в течение нескольких минут при помощи изолирующей штанги и заземленного провода.

Если проводят измерения в токовых цепях, находящихся под нагрузкой, следует строго соблюдать правила проведения работ в токовых цепях.

При выполнении всех видов работ, связанных с повышенным напряжением, следует тщательно проверять заземление корпусов оборудования (как проверяемого, так и испытательного) и конструкций, связь заземляющих проводок с контуром, наличие контура и его сопротивление растеканию.

При проведении работ на выключателе нужно обращать особое внимание на случайные «срывы» в кинематической схеме и на возможность случайного его включения.

Для подъема на высокое оборудование нужно применять стремянки, леса, пояса, лестницы, удовлетворяющие требованиям правил безопасности труда.

Передвижные установки высокого напряжения должны быть оборудованы всеми средствами безопасности, звуковой и световой сигнализацией, включаемой перед подачей напряжения на объект, средствами ограждения места испытаний, надежным заземлением. Во время перерыва всю бригаду выводят из помещения или с территории открытой подстанции. Наряд в этом случае остается у производителя работ. К месту работ после перерыва бригаду допускает ее руководитель без участия оперативного персонала.

После окончания рабочего дня убирают рабочее место. Наряд сдают дежурному. На следующий день к работам можно приступить при выполнении всех требований, указанных выше. После окончания работ ответственный руководитель закрывает наряд, сдает рабочее место и ключи дежурному персоналу, после чего установка может быть поставлена под напряжение.

Особые меры безопасности следует соблюдать при работах на оборудовании комплектных распределительных устройств (КРУ), в которых токопроводящие части закрыты сплошными металлическими ограждениями. При этом втычные контакты, с помощью которых осуществляется подключение выкатных тележек к шинам распределительного устройства, закрываются автоматическими шторками, как только тележку начинают выкатывать, или дверцами.

Для проведения работ на оборудовании выкатной тележки, на оборудовании, установленном в отсеке КРУ после выкатной тележки, на кабеле или присоединении, питаемом от данной ячейки КРУ, тележку полностью выкатывают, автоматические шторки (или дверцы) запирают, на ячейке вывешивают плакат «Не включать! Работают люди» или «Не включать! Работа на линии». Если работы будут проводиться

в самом отсеке, на верхнюю шторку, кроме того, вывешивают плакат «Стой! Высокое напряжение». На кабели, по которым возможна подача напряжения в ячейку, после проверки отсутствия напряжения накладывают заземление, затем вывешивают плакат «Работать здесь!».

Ремонт выключателя и расположенного на выкатной тележке оборудования выполняют обычно вдали от ячеек и находящихся под напряжением токопроводящих частей.

Если по условиям проведения работ на перемещенных внутри шкафа КРУ реле, измерительных приборах, сборках зажимов, проводах и коммутационной аппаратуре выката тележки не требуется, на месте работы вывешивают плакат «Работать здесь!», а на рукоятке фиксации тележки или дверцах — «Не включать! Работают люди». Выкатка тележки и обратная ее установка — это операции по отключению и включению оборудования, поэтому их имеет право выполнять только оперативный персонал, имеющий степень квалификации по электробезопасности не ниже IV группы, единолично или с контролирующим лицом.

Глава 19

РЕМОНТ ПУСКОВОЙ, ЗАЩИТНОЙ, РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

19.1. ПОВРЕЖДЕНИЯ ПУСКОВОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

В процессе работы в пусковой и регулирующей аппаратуре встречаются следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматических выключателей; межвитковые замыкания и замыкания на корпус катушек; чрезмерный нагрев контактов, большой их износ; неудовлетворительная изоляция; механические неполадки.

Чрезмерный нагрев катушек переменного тока вызывается заклиниванием якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низким напряжением питания катушек. При разомкнутом положении якоря катушка пускателя (контактора) потребляет значительно большую силу тока, чем при втянутом якоре, поэтому она быстро перегревается и сгорает.

Межвитковые замыкания происходят из-за некачественной намотки катушки. Это случается, если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в нижние слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие межвитковую изоляцию.

Такие повреждения характерны главным образом для катушек переменного тока, так как в них значения межвитковых амплитудных

напряжений больше, чем в катушках постоянного тока. К тому же катушки переменного тока подвержены повышенным сотрясениям от вибрирующего стального сердечника.

Замыкание на корпус происходит в случае неплотной посадки бескаркасной катушки на стальном сердечнике. Возникающие в магнитной системе вибрации приводят к протиранию изоляции катушки и ее выводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На *нагрев контактов* влияют токовая нагрузка, давление на контакты, их размеры и раствор, а также условия охлаждения и окисления их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал. При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях контактов образуется плохо проводящий ток слой. Этому способствует неправильно подобранная смазка (содержащая окисляющие жиры) или обильное нанесение смазки. Применяемые в наружных установках для смазки контактов консистентные жиры не должны содержать известкового (кальциевого) мыла, так как на холоде появляются выделения, приводящие к заеданию и другим неполадкам.

Независимо от размеров поверхности, отводящей теплоту, нажатие пружины главных контактов должно составлять 13...50 Н.

Износ контактов зависит от силы тока, напряжения и продолжительности горения электрической дуги между контактами, частоты и продолжительности включений, качества и твердости материала. Установлено, что в пределах твердости 30...90° по Бринеллю интенсивность обгорания резко убывает, а при более высокой твердости снижается незначительно, поэтому упрочнять материал контактов свыше указанного предела нецелесообразно.

На степень обгорания влияют форма и размеры контактов. При слишком большой ширине контактов (более 30 мм) боковая составляющая тока и магнитное поле в контакте сильно увеличиваются, электрическая дуга «вторгается» в стенку дугогасительной камеры и разрушает контакты и стенки камеры.

Неисправность изоляции проявляется в образовании на ее поверхности путей токов утечки, поэтому необходимо защищать ее от скопления грязи и пыли. Значительная часть неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее разрушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Механические неполадки в аппаратах возникают вследствие образования коррозии, поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Износ деталей и усталостные явления вызываются плохой смазкой подвижных частей, работающих на улар, использованием очень хрупких или очень мягких материалов.

Ремонт рубильников и переключателей. Во время ремонта выполняют следующие операции:

а) тщательно очищают напильником контактные поверхности ножей и губок от грязи, копоти и частиц оплавленного металла. При этом стараются снять минимальное количество металла, чтобы не уменьшить площадь поперечного сечения контактных частей ножей и губок. При сильном оплавлении ножи или губки заменяют новыми соответствующих профилей и размеров;

б) подтягивают все крепежные детали, обращая внимание на шарнирные соединения, представляющие собой часть цепи, по которой проходит электрический ток;

в) проверяют состояние пружин ножей и пружинящих скоб контактных губок. Ослабленные пружины, не создающие в контактах требуемого давления, заменяют новыми;

г) регулируют плотность вхождения ножей в губки. Ножи должны входить в губки без ударов и перекосов, но с некоторым усилием. Контактная поверхность губки должна плотно прилегать к соответствующей поверхности ножа. Щуп толщиной 0,05 мм не должен входить в пространство между губкой и ножом на глубину более 6 мм;

д) регулируют глубину вхождения ножей в губки. У рубильника с рычажным приводом ножи при полностью включенном положении не должны доходить до контактной площади губок на 2...4 мм. В то же время ножи всей своей контактной частью должны войти в губки. Глубину вхождения ножей в губки рубильников с рычажным приводом регулируют увеличением или сокращением длины тяги от рукоятки к рубильнику. При регулировании добиваются одновременного входа всех ножей в губки и выхода из них. Разновременность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3 мм;

е) проверяют прочность соединений рубильника с рычагом тяги;

ж) контролируют состояние пружин искрогасильных контактов; слабые пружины заменяют новыми.

Качество ремонта и регулирования рубильников и переключателей проверяют 10...15-кратным включением и отключением.

Ремонт пакетных выключателей. Обгоревшие контакты и ослабленные пружины заменяют новыми. После длительной работы и частых отключений выключателем больших токов сильно изнашиваются (выгорают) его искрогасительные шайбы. При ремонте такие шайбы заменяют новыми во избежание резкого ухудшения гашения.

При сборке отремонтированного выключателя особое внимание обращают на правильность взаимного расположения подвижных и неподвижных контактов и плотность блока его пакетов. Пружина должна быть насажена на четырехгранную часть оси так, чтобы при повороте рукоятки она натягивалась, а затем с большой скоростью за-

мыкала или размыкала контакты. Отремонтированный и полностью собранный пакетный выключатель проверяют не менее чем 10-кратным включением и отключением.

Ремонт пусковых ящиков. В объем работ по текущему ремонту пусковых ящиков входит следующее:

а) осмотр контактных деталей и устранение повреждений (обгорание, оплавление и др.);

б) проверка состояния привода и четкости его работы. Привод при включении должен полностью и без перекосов вводить ножи рубильника в контактные губки, а при отключении выводить ножи из них и создавать между ножами и губками разрыв не менее 30 мм по кратчайшему расстоянию;

в) устранение зазоров, ослабленных креплений подвижных деталей, повреждений изоляционных частей и т. п. Практика эксплуатации и ремонта пусковых ящиков показывает, что в них наиболее часто повреждаются детали, изолирующие траверсу от частей, находящихся под напряжением. Поврежденную изоляцию восстанавливают, используя изоляционные материалы, равноценные заменяемым;

г) перезарядка предохранителей и замена плавких вставок.

При проверке состояния изоляции между токоведущими и заземленными частями используют мегаомметр на 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не ниже 10 МОм.

При ремонте кнопки управления очищают поверхности контактов и мостика от пленок оксидов, проверяют состояние пружин и затяжку винтов. Ослабленные пружины заменяют новыми заводского изготовления. При сборке отремонтированной кнопки управления обращают внимание на правильность взаимного расположения внутренних деталей и ее контактных поверхностей, а также на отсутствие заеданий при движении стержня и кнопки в корпусе.

Ремонт предохранителя состоит в зачистке контактных поверхностей патрона и губок от копоти и частиц металла. У фибровых патронов проверяют толщину стенок и убеждаются в отсутствии трещин, так как при частых срабатываниях предохранителя стенки патрона выгорают, а прочность патрона снижается.

Перезаряжая предохранитель, проверяют плавкую вставку по току отключения предохранителя и защищаемой цепи. У предохранителей с кварцевым заполнителем полностью заменяют старый песок новым, который должен состоять из чистого сухого кварца с гранулами размером 0,5...1 мм. Затем патрон устанавливают в губки предохранителя, в которые он должен входить без перекоса и с некоторым усилием.

Ремонт контакторов и магнитных пускателей. Эта аппаратура служит для дистанционного автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями. Наиболее распространены контакторы типов КП, КПД, КТ, КТД, КМ, КНТ и пускатели ПМ, ПМЕ, ПМН и П. Все эти контакторы и пускатели имеют принципиально сходные конструкции, поэтому способы и приемы их ремонта одинаковы. Целесообразно ремонтировать изолированные валы, подшипники, дугогасительные катушки и контактные болты больших размеров. Остальные детали при ремонте заменяют новыми.

Изолированные валы подлежат ремонту при износе шеек и повреждениях пересохшей изоляции.

При ремонте искрогасительных камер применяют фибру, так как она меньше всего подвержена действию электрической дуги. Обгоревшие от действия дуги части искрогасительных камер заменяют, а образовавшиеся неровности на внутренней поверхности сглаживают при помощи смеси измельченного асбеста и цемента.

Сборка аппаратов несложна, но связана с необходимостью соблюдения технических условий и требований заводской инструкции. После сборки контакторов и пускателей на рабочем месте проверяют подвижность контактной системы, механические характеристики аппаратов, надежность изоляции катушки и контактных узлов.

Подвижные части контакторов и пускателей должны свободно, без заеданий и торможения перемещаться в опорах. Гибкие соединения не должны касаться корпуса (скобы, ярма) контактора и оказывать тормозящее действие на движение якоря.

Правильность работы поворотных контактных узлов характеризуется видом касания, перекатом, раствором, провалом, начальным и конечным нажатиями контактов.

Новые главные контакты во включенном положении должны замыкаться так, чтобы соприкасалось не менее 75 % их ширины. При включении подвижные контакты должны перекатываться относительно неподвижных. В многополюсных контакторах и пускателях неодновременность касания контактов не должна превышать 0,5 мм.

Растворы, провалы и нажатия главных контактов контакторов и пускателей должны соответствовать данным, указанным в заводских инструкциях.

При небольших отклонениях размеров от указанных в инструкциях их можно подогнать подгибанием концов кронштейна и носика якоря у контакторов типа КП, подгибанием контактодержателя или поворотом его крепления относительно изоляционного вала у пускателей типа П и ПМН и контакторов типа КТ.

Силу нажатия контакта проверяют при помощи динамометра при неподвижно закрепленном якоре в разомкнутом и замкнутом положении контактов.

Ремонт катушек контакторов и пускателей. Одной из наиболее повреждаемых деталей магнитного пускателя и контактора является удерживающая катушка, которая при включенном пускателе или контакторе обтекается током. Катушку, у которой изоляция вследствие длительной работы пересохла, заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в электромастерских.

Восстановить катушку, если есть паспорт, нетрудно. В этом случае наматывают новую катушку, число витков которой и сечение провода должны соответствовать паспортным данным. Иногда приходится пе-

рематывать катушки электромагнитов аппаратов в расчете на напряжение, отличающееся от паспортного.

Пересчитать обмоточные данные катушки с одного напряжения на другое с достаточной точностью можно при помощи следующих формул:

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}; \quad d_2 = d_1 \sqrt{\frac{U_1}{U_2}}, \tag{19.1}$$

где w_1 — первоначальное число витков при напряжении U_1; w_2 — число витков после перемотки на напряжение U_2; d_1 и d_2 — диаметр провода соответственно до и после перемотки.

В ремонтной практике иногда приходится рассчитывать катушки заново или по известным размерам сердечника восстанавливать обмоточные данные, т. е. определять число витков и диаметр провода для заданного напряжения сети.

Обмоточные данные катушки переменного тока (число витков w_0) и площадь поперечного сечения магнитопровода с достаточной для практики точностью можно рассчитать по графику (рис. 19.1), на горизонтальной оси которого отложено сечение стержня магнитопровода Q, а по вертикальной оси число витков w_0, приходящихся на один вольт рабочего напряжения U:

$$w_0 = w/U. \tag{19.2}$$

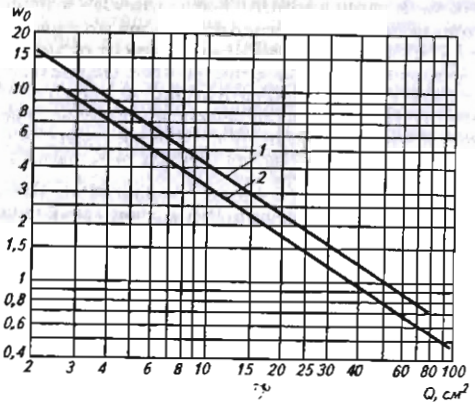


Рис. 19.1. График для определения числа витков катушки

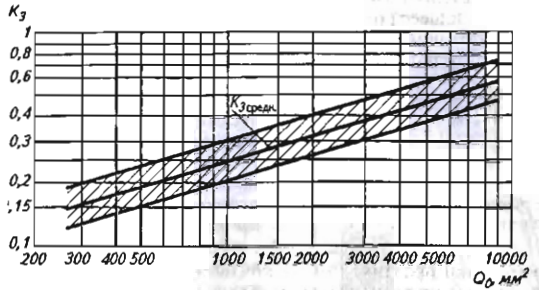


Рис. 19.2. График для определения коэффициента заполнения $K_з$

Для определения числа витков, приходящихся на один вольт рабочего напряжения катушки, в зависимости от режима работы пользуются графическими зависимостями, одна из которых (*1*) соответствует длительному режиму работы, т. е. повторности включения $ПВ = 100$ %, а другая (*2*) — повторно-кратковременному режиму, т. е. $ПВ = 40$ %.

Общее число витков катушки находят из выражения (19.2).

Чтобы найти диаметр провода, необходимо учесть коэффициент заполнения $K_з$, который показывает отношение суммарной площади поперечного сечения изолированных проводов к площади окна магнитопровода. Коэффициент заполнения зависит от типа изоляции, формы и сечения провода и качества намотки. Определяют коэффициент заполнения по графику, приведенному на рисунке 19.2, в котором промежуточная зависимость характеризует среднее значение коэффициента заполнения в функции от площади поперечного сечения окна магнитопровода Q_0. Вычислив площадь окна магнитопровода *2* (рис. 19.3) магнитной системы и умножив ее на коэффициент заполнения $K_з$, получим значение площади (мм^2), занимаемой обмоткой.

$$S_{обм} = K_з l_0 h_0, \tag{19.3}$$

где l_0, h_0 — размеры окна, мм.

Зная площадь $S_{обм}$, можно определить число витков, приходящихся на 1 мм^2 этой площади.

$$w_0' = \frac{w}{S_{обм}}, \tag{19.4}$$

где w_0' — число витков, приходящихся на 1 мм^2 площади сечения обмотки.

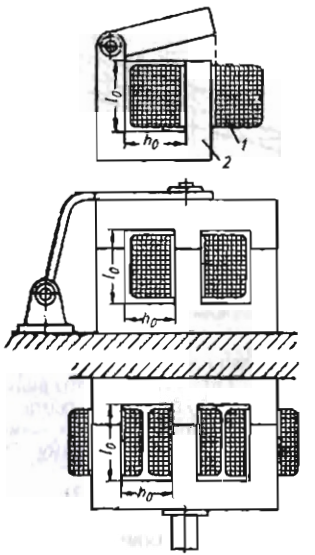


Рис. 19.3. Типы магнитопроводов аппаратов переменного тока:
1 — катушка; *2* — магнитопровод

По рассчитанному значению w'_0 и графикам, приведенным на рисунке 19.4, определяют диаметр d требуемого провода.

Для контакторов и магнитных пускателей чаще всего используют провода с эмалевой изоляцией (ПЭЛ, ПЭЛШО), а для тормозных магнитов и контакторов с тяжелым режимом работы — провода ПЭЛБО и ПБД.

Ремонт пусковых и регулировочных реостатов. Выполняя текущий ремонт, очищают весь аппарат от пыли и грязи, проверяют крепление реостатов, плотность всех винтовых соединений, уровень масла, состояние подвижных контактных щеток и плотность их прилегания, состояние неподвижных контактов, элементов сопротивления, защитного заземления корпуса реостата, а также измеряют сопротивление изоляции реостата относительно корпуса. Обнаруженные поломки устраняют, зачищая обгорелые и заменяя неисправные контакты, а также регулируя действие механической части реостата.

При капитальном ремонте реостат полностью разбирают, чистят все детали, изношенные части (контакты, элементы сопротивления, пружины, болтовые соединения, изоляционные детали и др.) ремонтируют или заменяют новыми.

Элементы сгоревших сопротивлений заменяют новыми, изготовленными из того же материала (нихром, фехраль) той же площади поперечного сечения. Для изоляции элементов сопротивления от корпуса применяют фарфор, стеатит или миканит, а выводы отдельных ступеней реостата изолируют фарфоровыми бусами или асбестовым чулком. Если реостат смонтирован на раме агрегата и подвержен вибрации, то на всех соединениях ставят пружинные шайбы.

Неподвижные контакты регулировочного устройства реостата очищают от оксидов и оплавлений. Устанавливают эти контакты на одном уровне во избежание подгорания контактов и заедания контактных щеток.

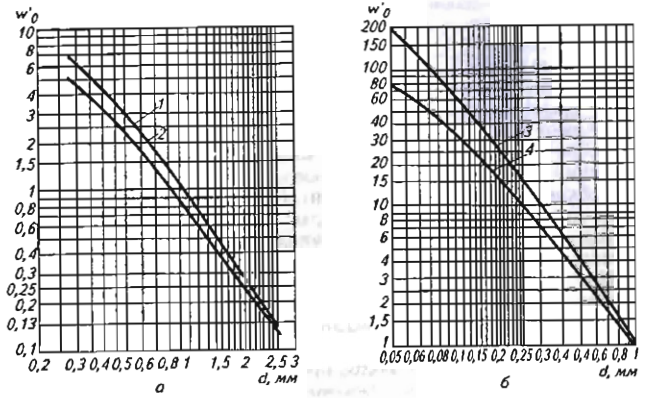


Рис. 19.4. График для определения диаметра обмоточных проводов d:
а — ПЭЛБО (*1*) и ПБД (*2*); *б* — ПЭЛ (*3*) и ПЭЛШО (*4*)

После ремонта реостат собирают, регулируют, восстанавливают все надписи на его крышке и кожухе. У масляных реостатов промывают бачок и заполняют его свежим трансформаторным маслом до уровня, отмеченного чертой на одной из его вертикальных стенок. Реостат проверяют на отсутствие обрыва его сопротивлений и плавность хода подвижного контакта.

19.3. СРОКИ И ОБЪЕМЫ РЕМОНТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Ремонт распределительных устройств сводится к ремонту аппаратуры и оборудования (в основном ошиновки).

Капитальный ремонт аппаратов и электрооборудования распределительных устройств напряжением до 1000 В проводят в сроки, установленные ответственными за электрическое хозяйство предприятия, но не реже одного раза в три года.

Текущий ремонт распределительных устройств проводят между капитальными ремонтами в сроки, установленные графиком, утвержденным ответственным за электрическое хозяйство, но не реже одного раза в год.

При определении объема текущего ремонта распределительных устройств напряжением до 1000 В проверяют состояние: а) контакт-

ных соединений сборных шин, наличие местных нагревов (при этом подтягивают все болтовые соединения); б) спусков от шин к аппаратам, губок рубильников, предохранителей, мест подсоединения кабелей и проводов; в) разделок кабелей и их закрепление; г) трансформаторов тока и вторичных цепей; д) защитных заземлений и сетчатых ограждений.

Во время капитального ремонта распределительного устройства выполняют все операции текущего ремонта. При капитальном ремонте особое внимание обращают на состояние болтовых контактных соединений. При этом проверяют следующее: а)качество затяжки болтов (вскрывают 2...3 % соединений); б) целость изоляторов, надежность крепления шин на изоляторах; в) отсутствие прогибов шин, состояние их окраски и наличие зачищенных мест для наложения переносных заземлений.

При ремонте ошиновки распределительного устройства качество подгонки плоских поверхностей в контактах проверяют щупом на 0,02...0,03 мм. В местах соединений щуп не должен проходить вглубь более чем на 5 мм от края.

Давление болтовых контактов проверяют, выполняя контрольный поджим обычным ключом с динамометром или ключом с регулируемым крутящим моментом со сменными головками.

В ходе ремонта распределительного устройства окрашивают панели в светлые тона, восстанавливают надписи на панелях, ремонтируют контур заземления, замки защитных сетчатых ограждений, двери распределительных устройств, освещение и др.

Перед сдачей распределительного устройства из капитального ремонта в эксплуатацию измеряют сопротивление изоляции самого устройства и его элементов, а также испытывают его повышенным напряжением (1000 В) промышленной частоты в течение 1 мин. Сопротивление изоляции каждой секции распределительного устройства измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Испытания изоляции распределительного устройства до 1000 В проводят одновременно с испытаниями электропроводок силовых и осветительных сетей, присоединенных к испытываемым распределительным устройствам.

19.4. ПОСЛЕРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТУРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

При ремонте и реконструкции низковольтных электрических аппаратов, а также при установке их в распределительные устройства после ремонта должны быть соблюдены приведенные в таблице 19.1 допустимые электрические зазоры (по воздуху) и расстояния утечки (по поверхности изоляции) между частями, находящимися под напряжением, или между ними и заземленными частями.

Отремонтированные электрические аппараты напряжением до 1000 В до ввода в эксплуатацию испытывают в соответствии с данными таблицы 19.1. По методике, объему и порядку проведения испытания аналогичны приемо-сдаточным испытаниям, описанным выше.

19.1. Допустимые зазоры (по воздуху) и расстояния утечки (по изоляции) в аппаратах напряжением до 1000 В, мм

Аппарат	Допустимые электрические зазоры (по воздуху) в аппаратах напряжением до 1000 В, мм	Расстояния утечки (по изоляции), мм
Рубильник и переключатель	9	20
Контактор переменного тока	5	18
Магнитный пускатель	5	6
Предохранители ПР-2:		
при напряжении 220 В и силе тока 350 А	12	15
при напряжении 220 В и силе тока 600...1000 А	20	25
Предохранители ПН-2:		
при напряжении 380 В	12	—
при напряжении 500 В	20	—
Щит распределительный	12	20

19.5. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В отношении мер безопасности в действующих распределительных устройствах различают три категории работ: 1) при полном снятии напряжения с установки; 2) при частичном снятии напряжения; 3) без снятия напряжения.

При работе *с полным или частичным снятием напряжения* переносные заземления следует наложить со всех сторон, а если это невозможно, принять меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы (механический запор приводов, рубильников, автоматов, применение изоляционных прокладок и т. п.).

На всех рубильниках и автоматах, которыми может быть подано напряжение на установку, отключенную для проведения работ, необходимо вывесить плакаты: «Не включать! Работают люди».

При работе *без снятия напряжения* вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, должны быть выполнены мероприятия, препятствующие приближению работающих лиц к этим токоведущим частям. К числу таких мероприятий относятся: а) безопасное расположение работающих лиц по отношению к находящимся под напряжением токоведущим частям; б) организация беспрерывного надзора за работающими; в) применение основных и дополнительных изолирующих защитных средств.

После окончания ремонта делают уборку, и ответственный за ремонт, осмотрев место работы, разрешает снять все предохранительные заземления, прокладки и плакаты. Об окончании работ ответственный сообщает оперативному дежурному и делает запись в наряде и журнале.

При текущем и капитальном ремонтах на токоведущих частях, находящихся под напряжением, не выполняют никаких работ.

Глава 20

РЕМОНТ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

20.1. РЕМОНТ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Ремонт внутренних электропроводок заключается в восстановлении поврежденной изоляции проводов, замене неисправной арматуры, светильников, штепсельных розеток и т. д.

Проведя текущий ремонт электропроводок, выполняют операции, определяемые их повреждениями. Электропроводка или ее участки, имеющие повреждения, которые нельзя устранить при техническом обслуживании, подлежат замене. Провода и кабели, выбранные для замены вышедшей из строя электропроводки, должны соответствовать условиям окружающей среды и назначению. При этом следует также учитывать требования электробезопасности и пожарной безопасности. В ответвительных коробках, распределительных и осветительных щитах отсоединяют участок проводки с растрескавшейся, оплавленной изоляцией проводов или с оголенной токоведущей жилой. Провод освобождают от крепления и удаляют, а для замены выбирают провод той же марки, что и поврежденный. Подготовленный провод выпрямляют. Способ его крепления выбирают в зависимости от марки и способа крепления заменяемого провода. Вновь проложенный провод подключают к тем местам, где отсоединяли поврежденный.

Ролики с трещинами и сколами заменяют в такой последовательности. Вначале освобождают проводку от крепления на ролике. Отвинчивают винт крепления ролика, ролик удаляют, на его место устанавливают новый и закрепляют винтом. На вновь установленном ролике закрепляют провод. Если крепление роликов ослаблено, то его закрепляют различными рекомендуемыми способами.

Ремонт тросовых и струнных проводок. Поверхность троса и разгрузочных оттяжек, имеющих коррозию, очищают от коррозии наждачной шкуркой и протирают ветошью, затем покрывают лаком ПХВ. Концевые крепления зачищают от коррозии стальной щеткой, протирают ветошью, смоченной в бензине, и покрывают лаком ПХВ.

Трос (струну) заменяют в такой последовательности. В зависимости от нагрузки на трос выбирают его диаметр. Разрешается применять стальной канат из оцинкованных проволок или стальную оцинкованную проволоку диаметром 6...8 мм. Допустимая нагрузка на трос, определяемая материалом, из которого он изготовлен, приводится в справочниках. Выбранные трос или проволоку растягивают на полу помещения и отрезают на необходимую длину. На концах троса загибают петли и закрепляют их с помощью специальных зажимов. При изготовлении петель на проволоке пользуются стальной обоймой, которую предварительно надевают на проволоку. Обойма представляет собой стальную трубку длиной 50 мм со стенкой толщиной 2 мм. При отсутствии стальных обойм петлю можно сварить или выполнить закручиванием свободного конца проволоки. От поврежденного троса отсоединяют заземление, проводят необходимые отсоединения от сети, трос с проводкой снимают с анкерных устройств и опускают на пол помещения, укладывая рядом с подготовленным тросом. Провода и ответвительные коробки снимают с крепления поврежденного троса и прикрепляют к новому тросу. Одновременно выполняют ревизию электрических соединений в ответвительных коробках.

Подъем к анкерным устройствам и натяжение тросовой проводки проводят с помощью полиспаста или лебедки. Трос закрепляют на анкерных устройствах и к нему подключают заземление. Заземление выполняют на обоих концах троса. Проводку, соблюдая фазировку, подсоединяют к сети.

Проводку и ответвительные коробки освобождают от крепления на поврежденном тросе. Перенос проводки начинают со стороны закрепленного конца троса. После завершения операций переноса проводки закрепляют второй конец троса на анкерном устройстве и проводят подтяжку натяжной муфтой. Поврежденный трос снимают, освободив от крепления.

Для замены натяжных болтов и муфт, имеющих срыв резьбы более двух ниток, тросовую проводку закрепляют с помощью полиспаста на конструкции здания. Полиспастом создают натяжение троса проводки, освобождая при этом натяжное устройство от нагрузки. Дефектные натяжные болты и муфты снимают и на их место устанавливают новые.

Замену тросовой проводки выполняют следующим образом. Проводку с оборванными или оплавленными жилами заменяют. При этом поврежденную проводку освобождают от крепления к тросу и удаляют. Заготовляют новые провода, по длине равные заменяемой проводке, оставляя запас на подключение. Затем провода крепят к тросу. Крепление проводят клицами либо на металлических подвесках с фарфоровыми роликами или изоляторами, либо бандажами из перфорированной поливинилхлоридной ленты. Расстояние между точками крепления незащищенных изолированных проводов площадью поперечного сечения до 6 мм^2 должно быть не более (м): при подвеске на

клицах или роликах 1,5, при креплении бандажами 0,5, при использовании защищенных проводов во всех случаях 0,5.

В ответвительной коробке, имеющей трещины и сколы на корпусе, отсоединяют провода, маркируя их. Коробку освобождают от крепления, удаляют, а на ее месте закрепляют новую. Подводят провода в коробку и соединяют в соответствии с маркировкой. Мегаомметром проверяют сопротивление изоляции, после чего коробку закрывают.

Ремонт проводок, проложенных в стальных трубах. При обрыве токоведущих жил проводки или пробое изоляции проводов на корпус проводку удаляют из труб. При необходимости трубу дополнительно закрепляют, затем ее очищают от ржавчины и грязи снаружи (при открытой прокладке) и внутри. Провод, предназначенный для прокладки в трубе, отмеряют, отрезают и выпрямляют. Заправлять провод в трубу необходимо со стороны наиболее длинного прямолинейного участка; для этого провод (или несколько проводников) прикрепляют к концу стальной проволоки, выходящей из трубы. Протяжку провода в трубу выполняют два электромонтера. Для облегчения протяжки провод следует припудрить тальком. При больших усилиях протяжки можно применять лебедки и полиспасты.

Для соединения электропроводки, проложенной в трубе, с корпусом электрооборудования применяют гибкие вводы. При отсутствии стандартных гибких вводов используют резиновые, полиэтиленовые или поливинилхлоридные трубки. Трубку надевают на выходящие из трубы концы электропроводки так, чтобы она входила внутрь трубы на глубину не менее 100...120 мм. Для защиты от механических повреждений проводов, выходящих из трубы, используют отрезок металлорукава, один конец которого прикрепляют к трубе с помощью муфты, а на другой надевают муфту для подсоединения к токоприемнику. С помощью гибкого медного проводника оба конца трубы соединяют с контуром заземления. Провода оконцовывают наконечниками и подсоединяют к электроприемнику.

При наличии глубоких вмятин, сплющиваний и трещин на трубах вся проводка подлежит демонтажу и замене. Трубы можно заготовлять в мастерской или на монтажном участке по предварительным измерениям. Предназначенную для прокладки трубу очищают снаружи и изнутри от грязи и ржавчины, затем размечают места изгибов. Изгибают трубу с помощью трубогиба. При этом необходимо придерживаться нормализованных углов 90, 105, 120, 135 и 150°. Стыковку труб осуществляют муфтами с последующим уплотнением места соединения. Допускается применять соединение труб с использованием гильзы из листовой стали или отрезка трубы большего диаметра. При открытой прокладке проводки трубы окрашивают снаружи и внутри, при прокладке под заливку бетоном трубу окрашивают только внутри. Для закрепления трубы на стене проводят долбежные и вмазочные работы.

Трубные проводки с нарушенными креплениями закрепляют. Способ крепления обычно выбирают в зависимости от прежнего способа крепления.

При подгорании и оплавлении контактных поверхностей наконечников соединение разбирают. Поверхности наконечников зачищают напильником до блеска, смазывают техническим вазелином и собирают.

Следы коррозии на поверхности трубы удаляют стальной щеткой или наждачной шкуркой. Затем поверхность протирают тканью, смоченной в бензине, и покрывают эмалью.

Для выявления повреждений изоляцию кабеля испытывают мегаомметром на 2500 В. После нахождения места повреждения приступают к ремонту. Ремонт изоляции выполняют без разрезания жил кабеля, если кабель ослаблен. Кабель подтягивают, разрезают оболочку, разводят жилы и на поврежденные места изоляции подматывают изоляционную ленту. При разрезании кабеля токоведущие жилы соединяют одним из способов: опрессовкой, сваркой или пайкой, затем изолируют. Места соединений герметизируют.

Шнуры и многопроволочные провода с медными жилами сечением до 2,5 мм^2 соединяют следующим образом: с концов снимают изоляцию на длине 20...40 мм, затем жилы облуживают припоем, укладывают параллельно и каждую жилу скручивают. Место скрутки проводов пропаивают припоем с применением канифоли. Более надежное соединение проводов — с помощью сварки. Сварку медных жил небольших сечений выполняют с помощью трансформатора вторичным напряжением 6...12 В.

В настоящее время распространено соединение и оконцевание как медных, так и алюминиевых проводов способом опрессовывания. Опрессовыванием получают надежные контактные соединения при соблюдении следующих условий: размеры и конструкции наконечников, а также соединительных гильз соответствуют диаметру и материалу провода; типоразмер опрессовочного инструмента соответствует диаметру опрессовываемых наконечников и гильз; перед опрессовкой поверхность проводов и внутреннюю поверхность гильз и наконечников зачищают и смазывают кварцевазелиновой или цинковазелиновой пастой. Для соединения способом опрессовывания применяют выпускаемые промышленностью пресс-клещи.

В сырых и особо сырых помещениях для соединения проводников рекомендуется применять сварку. Допускается присоединять алюминиевые проводники непосредственно к машинам и аппаратам при наличии у них зажимов, предназначенных для присоединения. Места соединений проводников изолируют липкой поливинилхлоридной лентой или лакотканью с последующим наложением на нее прорезиненной липкой ленты. Затем все соединения покрывают изоляционным лаком или эмалью.

Проверка и испытание проводки. После завершения ремонтных работ необходимо проверить и испытать проводку. Проверяют надеж-

ность крепления деталей электропроводки к строительным частям здания; надежность соединения труб (трубной проводки) между собой, а также присоединения их к коробкам; наличие на концах труб изолированных втулок и оконцевателей; правильность присоединения проводов к токоприемникам, надежность выполнения соединений и оконцеваний; наличие цепи заземления. Измеряют сопротивление изоляции цепей.

Сопротивление изоляции силовых и осветительных электропроводок измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Если сопротивление изоляции ниже нормы, необходимо провести испытание электрической прочности изоляции. Испытывают электрическую прочность изоляции с помощью источника тока частотой 50 Гц при напряжении 1000 В. Допускается для испытания электрической прочности изоляции применять мегаомметр на напряжение 2500 В. При измерении сопротивления изоляции электропроводок все электроприемники, за исключением штепсельных розеток, выключателей и групповых щитков, должны быть отключены, лампы в осветительных сетях должны быть вывернуты.

20.2. УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В сельском хозяйстве широко используют электроподогреватели, электрокалориферы, установки для индукционного подогрева полов и др. Основные неисправности электротепловых установок: разрушение контактных соединений, обрыв цепей вследствие перегорания спиралей нагревательных элементов, а также замыкание на корпус. Все эти неисправности можно выявить с помощью контрольной лампы или мегаомметра.

При восстановлении обрыва цепей нужно особенно тщательно зачищать спирали и провода в местах контакта. При разрушении изоляции между электрическими цепями и корпусом ее восстанавливают, используя в качестве изоляционного материала слюду или асбест. После устранения повреждений еще раз проверяют целость цепей, степень нагрева контактных соединении и убеждаются в отсутствии замыканий на корпус.

На срок службы спиралей нагревательных элементов влияет режим их работы. При длительном режиме работы нагревателя обеспечивается более продолжительный срок службы, чем при кратковременном.

Согласно рекомендациям Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) текущий ремонт электротепловых установок при эксплуатации целесообразно проводить через каждые 12 мес.

Электрические водонагреватели и электрокотлы должны быть изготовлены в соответствии с ГОСТом или официально утвержденными техническими условиями и только в трехфазном исполнении. Допускается применять однофазные элементные водонагреватели проточного типа мощностью до 1 кВт. Использовать самодельные электроводонагреватели не разрешается.

При ремонте водонагревательные установки очищают от пыли, грязи, накипи, восстанавливают ослабевшие или разрушенные контактные соединения, заменяют перегоревшие нагревательные элементы или разрушившиеся электроды, а также проверяют работу пускозащитной аппаратуры.

Электрокалориферы предназначены для подогрева воздуха в системах воздушной вентиляции, в установках для обеспечения микроклимата, в системе рециркуляции воздуха хранилищ картофеля и овощей, а также для отопления помещений. Электрокалориферные установки сельскохозяйственного назначения выпускают двух типов: на центробежных вентиляторах (серия СФОЦ) и на осевых (серия СФОО). Ремонт электрокалориферов заключается в устранении неисправностей электродвигателя вентилятора, замене перегоревших нагревателей и проверке работы пускозащитной аппаратуры и схемы контроля температуры.

Электрообогрев бетонных полов применяют главным образом в свинарниках-маточниках и в птичниках с напольным содержанием птицы. Для устройства обогреваемых полов применяют специальные нагревательные провода (ПОСХВ, ПОСХВТ и др.). При использовании для нагрева напряжения 220 В нагревательный провод экранируют сеткой.

Ремонт полов и электроковриков сводится к восстановлению контактных соединений нагревательных проводов и питающих шин, а также заземления.

Для электрообогрева парников и теплиц применяют различные провода и кабели, прокладываемые в земле, электроды, а также электрокалориферные установки. Провода и кабели, уложенные в грунт, получают питание от сети переменного тока напряжением 127, 220 В или от специальных трансформаторов с напряжением на вторичной стороне 36...24 В. Основные неисправности в этих установках: повреждение контактов между проводами и питающими шинами, а также обрывы цепей во время обработки почвы. Эти повреждения легко определить и устранить.

Для создания нормативного микроклимата в производственных помещениях наша промышленность выпускает разнообразные установки. Электротехническая часть этих установок сложна и разнообразна. Она содержит вентиляционную часть, отопительную часть, пускозащитную аппаратуру и элементы автоматики, ремонт которых описан в соответствующих разделах данного пособия.

В сельскохозяйственном производстве используют облучательные установки ультрафиолетового и инфракрасного облучения, местного обогрева, а также установки для дополнительного облучения (досвечивания) рассады в теплицах.

Периодичность технического обслуживания и ремонта облучателей зависит от условий эксплуатации. Так, по рекомендациям ВИЭСХ текущий ремонт этих установок целесообразно проводить один раз в 4...12 мес в зависимости от условий окружающей среды.

При ремонте облучателей арматуру очищают от пыли и грязи, снимают лампы и протирают влажным обтирочным материалом. Проверяют состояние патрона и его частей. Окислившиеся и подгоревшие контактные соединения зачищают, ослабевшие контакты подтягивают. При наличии коррозии на резьбовой части патрона ее удаляют мелкой стеклянной шкуркой. Патроны с обгоревшими контактами или поврежденной изоляцией заменяют новыми.

Газоразрядные лампы и детали схемы облучательных установок проверяют на специальных стендах.

20.3. РЕМОНТ СВАРОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Сварочные трансформаторы. В процессе эксплуатации сварочные трансформаторы могут иметь следующие основные неисправности: межвитковые замыкания обмоток, нарушение работы регулятора сварочного тока, ослабление контактных соединений, разрушение изоляции сердечника и стяжных шпилек.

При межвитковом замыкании трансформатор сильно гудит, а обмотки нагреваются. При значительном повреждении витковой изоляции обмотки перематывают. Катушки наматывают на специальных шаблонах. Поврежденную изоляцию выводных концов или верхних слоев обмотки восстанавливают с последующим покрытием электроизоляционным лаком.

Если регулятор тока при работе трансформатора ненормально гудит, проверяют исправность привода и устраняют повреждения. Резьбовую часть маховика и другие трущиеся части покрывают смазкой.

Обгоревшие и окислившиеся контактные соединения разбирают, зачищают, собирают вновь и затягивают. Если панель выводов с низшей стороны сильно обуглилась, ее следует заменить.

При разрушении межвитковой изоляции сердечника или изоляции стяжных шпилек сердечник сильно нагревается. В этом случае разбирают сердечник трансформатора и восстанавливают изоляцию. Поврежденные листы сердечника тщательно очищают от коррозии и остатков старой изоляции и покрывают электроизоляционными лаками воздушной сушки.

Изоляцию стяжных шпилек восстанавливают при помощи лакоткани или электрокартона.

При текущем ремонте трансформатор очищают от пыли и грязи, затем разбирают. При этом все детали и узлы трансформатора тщательно осматривают, проверяют состояние стяжки магнитопровода, измеряют сопротивление изоляции между обмотками, а также между

обмотками и корпусом. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Текущий ремонт сварочных трансформаторов (согласно системе ППРЭсх) выполняют через каждые 6 мес. Периодичность технических уходов (осмотров) за трансформаторами, работающими в помещениях, составляет 15 дней, за трансформаторами, работающими на открытом воздухе, — 7 дней.

Установки электротехнологии. В сельскохозяйственном производстве широко применяют электронно-ионную технологию, используемую при очистке и сортировке зерна, аэроионизацию в животноводческих и птицеводческих помещениях и т. д.

Конструкция зерноочистительных машин содержит механическую часть с электроприводом, систему электродов, высоковольтный блок питания, а также аппаратуру управления и защиты. К основным неисправностям этих машин относятся: пробой высоковольтного кабеля или изоляции ввода в высоковольтный блок, нарушение крепления коронирующих электродов, разрыв коронирующих проводов, заедание и заклинивание механической части, сползание или обрыв транспортерной ленты (у машин транспортерного типа) и выход из строя блока питания.

Вышедшие из строя высоковольтные кабели заменяют. При ослаблении крепления коронирующих электродов или при их перекосе, а также при неисправностях механической части проводят необходимый ремонт и регулировку. Вышедший из строя блок питания заменяют новым. После ремонта проверяют работу аппаратуры управления и защиты.

Ремонт аэроионизаторов сводится в основном к замене вышедших из строя высоковольтных проводов и источника питания.

20.4. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Все работы при ремонте проводок и осветительных установок выполняют при обесточенном оборудовании. Для работы, связанной с пробивкой отверстий в стенах и перекрытиях, потребуются брезентовые рукавицы и защитные очки. Длина инструмента для пробивки сквозных отверстий вручную должна превышать толщину стены на 200 мм. Работу выполняют, стоя на ограждённых лесах и подмостях. Работать в двух ярусах по одной вертикали не разрешается.

Если при затягивании проводов в трубы усилия одного человека недостаточно, применяют лебедку. Провода или кабели нельзя затягивать, стоя на приставной или раздвижной лестнице. Рабочий, подающий провод или кабель в трубу, должен держать провод не ближе 1 м от трубы. Работу следует выполнять в рукавицах. При раскатке бухты провода нельзя пятиться, следует идти вперед, оставляя размотанный провод сзади.

При натягивании проводов сечением 4 мм^2 и более нельзя пользоваться приставными лестницами.

Запрещается опирать лестницу на тросовый провод. У лестниц, устанавливаемых на гладких поверхностях, основания обивают резиной, а у тех, которые устанавливают на земле, на основания надевают острые металлические наконечники. Работы с применением лестниц могут выполнять не менее двух электромонтеров.

Глава 21

РЕМОНТ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

21.1. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И СПОСОБЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

В системах автоматического управления (САУ) чаще всего выходят из строя пультовые переключатели, датчики, диоды, триоды, проводка вторичной коммутации пультов, особенно в случаях заниженного сечения проводов коммутации, предохранители, цепи вторичной коммутации, исполнительные механизмы, электромагнитные приводы клапанов, защитная аппаратура приводов задвижек и механизма задвижек. Менее распространены повреждения мест присоединения на клеммниках конечных и путевых выключателей, а также на релейно-контактной аппаратуре.

Все неисправности в системе САУ сводятся к ограниченному числу элементарных неисправностей, которые классифицируют следующим образом:

а) обрывы цепей в кабеле, проводе, в местах присоединения (аппарат, реле, клеммник и др.) и внутри аппарата или прибора;

б) короткое замыкание между разными цепями одного напряжения, цепями разных полюсов в системе одного напряжения и полюсов разных систем напряжений, токоведущими частями и корпусом или на землю, сигнальными или рабочими контактами реле и аппаратов (ложные замыкания);

в) нарушение функции контактов (повышено переходное сопротивление контактов, переключающие контакты не дают надежного соединения, запаздывают в действии, перекрываются или замкнулись между собой);

г) неисправность электрических элементов: резисторов; конденсаторов; полупроводниковых приборов (диод, триод); катушек реле и аппаратов; сигнальных ламп и арматуры; вспомогательных электродвигателей, предназначенных для управления или регулирования; измерительных приборов;

д) неисправность механической части аппаратуры, установленной в рабочих помещениях (кнопка управления, конечный выключатель, датчики, исполнительный механизм и др.); аппаратуры, смонтированной на пульте управления (переключатель, тумблер, кнопка управления и др.); аппаратуры, установленной в распределительных пультах (реле, автомат, магнитный пускатель).

Реле. К основным элементам автоматики относятся реле, при срабатывании которых автоматически осуществляется скачкообразное изменение параметра в управляющей цепи. В автоматических устройствах используют реле различных типов, назначений и конструкций: манометрические, полупроводниковые, жидкостные, дилатометрические, биметаллические, реле давления, реле перемещения, реле времени, фотореле, реле контроля скорости, командоаппараты, реле тока и напряжения и др.

Все реле, кроме механических, воспринимают электрические сигналы и при помощи своих контактов преобразуют их в другие электрические параметры в других электрических цепях. По конструктивным особенностям электромагнитные реле разнообразны. Однако принципиально они всегда состоят из четырех основных элементов: катушки, воспринимающей изменение электрического сигнала (входного параметра); магнитопровода с подвижным якорем, действующим при изменении магнитного потока; конструкции, выполненной по определенной кинематической схеме для передвижения контактной системы от якоря к соответствующим контактам; контактной системы, предназначенной для включений, отключений или переключений в электрических цепях.

Проверку электромагнитного реле начинают с внешнего осмотра. При этом проверяют тип реле, очищают его от смазки, пыли, проверяют на отсутствие перекосов, заеданий. Якорь к сердечнику должен прилегать плотно, без зазоров, контакты реле должны быть сухими и очищенными от случайной смазки. Раствор реле должен соответствовать паспортным данным. При необходимости раствор регулируют, перемещая упорный винт, подгибая нижнюю скобу или подклеивая шайбы под основание неподвижных контактов. Изоляцию реле проверяют мегаомметром напряжением 1000 В. Исправное реле имеет сопротивление изоляции не ниже 10 МОм. Если сопротивление изоляции уменьшено, реле тщательно очищают и просушивают при температуре не выше 80 °С. Измерив сопротивление катушек реле на постоянном токе, можно выявить межвитковые замыкания; измерения проводят при помощи мостов сопротивления класса 0,1...0,5. Расхождение полученных данных с паспортными не должно превышать ±10 %.

Для регулирования силы тока при напряжении срабатывания и отпускания реле изменяют натяжение возвратной пружины и толщину немагнитной прокладки якоря.

Чтобы получить большое значение коэффициента возврата, следует при ослабленной натяжной пружине изменить зазор между якорем

и сердечником реле. Иногда приходится уменьшать раствор контактов; при этом несколько снижается их коммутационная способность. После регулирования все элементы фиксируют и покрывают краской.

Выдержку времени реле регулируют путем изменения толщины немагнитной прокладки и натяжения пружины. При увеличении толщины прокладки выдержка времени уменьшается. Толщина стандартных прокладок составляет 0,05...0,3 мм. Выдержку времени на отпускание регулируют путем подключения параллельно катушке добавочного резистора.

Иногда с целью замедления работы реле параллельно его обмотке ставят конденсатор. Продолжительность задержки можно изменять подбором емкости конденсатора и сопротивления резистора. Практически можно увеличить время замедления до нескольких секунд. Иногда для замедления времени отпускания реле параллельно обмотке реле ставят диод так, чтобы он не пропускал ток от источника питания реле. При включении реле диод не пропускает тока, так как он шунтирован обмоткой реле; при размыкании ток проходит через диод и катушку, притягивая на некоторое время якорь.

Надежная работа реле в схемах автоматизации возможна лишь при исправной контактной системе. Надежность же контактной системы обеспечивается чистотой поверхности контактов, сохранением их формы и регулировкой контактного уровня.

До включения реле его контакты очищают деревянной лопаточкой, смоченной в спирте, а затем протирают чистой фланелью. В условиях нормальной работы контакты протирают 1...2 раза в месяц, в особо пыльных помещениях — 3 раза в месяц. Подгоревшие контакты подправляют надфилем.

Для искрогашения и увеличения срока службы контактов параллельно им подключают последовательно соединенные конденсатор и резистор.

Обычно сопротивление резистора $R = 50...1000$ Ом, а емкость конденсатора $C = 0{,}1...1$ мкФ. Оплавление или частичное подгорание контактов свидетельствует о неисправности их цепи. При этом необходимо тщательно и всесторонне проверить каждый элемент цепи, и если это нужно, заменить поврежденные элементы. Кроме того, следует осмотреть соседние контакты, так как расплавленный металл оплавленных контактов может попасть на контакты исправной цепи.

При эксплуатации датчиков контроля перемещения реостатного типа чаще всего выходят из строя обмотки реостатов или нарушается контакт ползунка с реостатом. При дефектации таких датчиков проверяют целостность цепи реостата и контактного устройства. В каждом конкретном случае обслуживание датчиков проводят в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией.

Полупроводниковые диоды. Широко применяемые в схемах автоматизации диоды могут быть германиевыми или кремниевыми. Основной недостаток германиевых диодов состоит в том, что они чувствительны к нагреву. Предельной температурой работающего диода

следует считать 50...70 °С, после чего происходит разрушение германиевого *p—n*-перехода. Применяемые в настоящее время кремниевые диоды характеризуются большей стойкостью к повышенным температурам. Кремниевые диоды выдерживают нагрев до 100 °С.

Обслуживание диодов начинается с проверки их перед включением. В каждой партии могут оказаться дефектные диоды, которые необходимо выявить перед монтажом и наладкой. Основные дефекты: перегорание *p—n*-перехода и как следствие внутренний обрыв, короткое замыкание, непостоянное (плывущее) обратное сопротивление. Проверяют диоды, измеряя их прямое и обратное сопротивления при помощи омметра или других приборов с омической шкалой (например, приборы Ц-315, Ц-20 с классом точности не ниже 1,5). У плоских диодов значение прямого сопротивления составляет 20...50 Ом. Из-за нелинейности вольт-амперной характеристики диодов результаты измерений зависят от способа измерения.

Однако такая проверка диодов не может считаться достаточной для полупроводниковых приборов, применяемых в цепях переменного тока (220 В и выше) и в некоторых выпрямительных схемах. В этом случае следует провести дополнительное испытание диодов на пробой в запирающем слое. Диод включают на наибольшее нормируемое техническими условиями обратное напряжение и нагружают силой тока, рекомендуемой техническими условиями (ТУ).

Для испытания диодов можно применять не сглаженное фильтрами синусоидальное напряжение. Но в этом случае приложенное обратное напряжение не должно превышать значения, рекомендованного ТУ.

Германиевые диоды серии Д7Г или Д7Ж выпрямляют ток силой 300 мА и выдерживают обратное напряжение порядка 3000...4000 В, что позволяет считать их пригодными для использования в различных схемах автоматизации.

Эксплуатация диодов имеет некоторые особенности. Несоблюдение этих особенностей сводит к минимуму преимущества диодов и приводит часто к необоснованным нареканиям по поводу недостаточной их надежности.

Анализ работы полупроводниковых диодов позволяет сделать выводы относительно причин выхода их из строя. Эти причины таковы:

а) диоды перед монтажом не проверяли или проверяли недостаточно тщательно;

б) при выборе типа диодов для работы в цепях переменного тока не учитывали процессы неустановившихся режимов в системах. Известно, что диоды очень чувствительны к электрическим перегрузкам, приводящим к выходу приборов из строя. Пробивное напряжение, а следовательно, и наибольшая амплитуда обратного напряжения зависят от температуры. С увеличением температуры пробивное напряжение падает;

в) диоды для работы в цепях, имеющих индуктивность (катушки магнитных пускателей и реле), выбирали без надлежащего учета бросков тока при включении и выключении такой цепи и продолжительности переходных процессов в ней;

г) не учитывали, что работа диодов в цепях переменного тока осложняется вероятностью накладок мгновенных значений отдельных составляющих напряжений и тока (индуктивного, активного, емкостного). Таким образом, результирующие импульсы могут достигать значений, способных пробить диод;

д) монтаж диодов при помощи пайки нередко приводит к перегреву диода или излому выводного конца стеклянного изолятора.

Иногда для повышения допустимого обратного напряжения диоды соединяют последовательно. При этом обязательно шунтируют каждый диод сопротивлением порядка 100 кОм на каждые 100 В напряжения, с тем чтобы на диодах было примерно одинаковое напряжение. Шунтирующие резисторы устанавливают из-за больших разбросов параметров обратных сопротивлений диодов.

Надежность работы диода можно значительно повысить, если его зашунтировать демпфирующим резистором мощностью 2 Вт и сопротивлением 10...30 кОм. Этот резистор будет сглаживать большие броски тока, возникающие в момент включения и отключения аппаратуры. Но применение такой цепочки в схеме требует предварительного расчета.

Правильный монтаж диода — непременное условие его работоспособности.

При пайке германиевых диодов необходимо соблюдать меры предосторожности против их перегрева. При нагреве выше 50...70 °С диод разрушается, поэтому при пайке нужно пользоваться припоем с наименьшей температурой плавления, например, сплавом Вуда с массовой долей компонентов (%): висмут 53, олово 20, кадмий 12, свинец 15. Температура плавления 60,5 °С; паять только электрическим паяльником и быстро (в течение не более 2 с), обязательно применять при этом теплоотводы (например, пинцет). Припаивать диоды разрешается на расстоянии не менее 10...12 мм от корпуса. Нельзя располагать диоды вблизи нагревательных приборов и в плохо охлаждаемых местах. Вместо пайки диодов лучше применять монтажные платы с зажимами.

Для эффективного применения полупроводниковых диодов необходимо выбирать диоды, отвечающие электрическим схемам по расчету с запасом прочности и учетом переходных режимов, рода тока и др. Диоды должны работать в режимах допустимых значений по току и напряжению. В отдельных случаях рекомендуется переходить на более низкое рабочее напряжение и предусматривать защиту диодов по току. Перед монтажом надо тщательно проверить диоды и монтировать их, строго соблюдая ТУ.

При использовании диодов в схемах САУ на постоянном токе необходимо соблюдать полярность поданного напряжения.

При наладке схемы с диодами следует прежде всего проверять их полярность.

Бесконтактные логические элементы. Основное качество логических элементов, определяющее их надежность, — практическая независимость срока службы от числа срабатываний, долговечность, высокая ремонтопригодность и простота обслуживания. Эти преимущества выгодно отличают бесконтактные логические элементы от автоматических систем на релейно-контакторной аппаратуре, которым присущи следующие недостатки: наличие подвижных частей, окисление контактов, малая ударостойчивость, ограниченное число срабатываний. Кроме того, системы на релейно-контакторной аппаратуре нуждаются в более частом периодическом уходе. А чем сложнее система САУ, тем больше в ней реле и контактов и тем, следовательно, выше вероятность сбоя в работе и нарушения технологического процесса.

Применение в подобных схемах бесконтактных датчиков еще более увеличивает надежность и эффективность САУ, сводя до минимума профилактические работы.

21.2. РЕМОНТ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Общие сведения. В зависимости от объема ремонтных работ различают следующие виды ремонтов контрольно-измерительных приборов и элементов средств автоматизации: текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт средств КИПиА проводится эксплуатационным персоналом КИПиА.

Средний ремонт предусматривает частичную или полную разборку и настройку измерительной, регулирующей или других систем приборов, замену деталей, чистку контактных поверхностей, деталей или узлов.

Капитальный ремонт включает полную разборку прибора (регулятора) с заменой деталей и узлов, пришедших в негодность, градуировку, изготовление новых шкал и опробование прибора после ремонта на испытательных стендах.

После среднего и капитального ремонта прибор должен пройти ведомственную или государственную поверку (см. параграф 2.3).

Применение при поверке и ремонте измерительных установок позволяет повысить производительность труда и точность измерений. Рабочий участок оснащают измерительными установками, обеспечивающими точные измерения ЭДС, напряжения, силы тока и электрического сопротивления. С их помощью поверяют потенциометры, магазины сопротивлений и другие приборы измерения сопротивления на постоянном токе. Для градуировки и поверки электроизмерительных приборов на постоянном и переменном токе до класса точности 0,5 используют автоматизированные установки. Установки позволяют вести разбраковку электроизмерительных приборов по классам точности и определять поправки к показаниям прибора в долях деления шкалы. С помощью кнопочного пульта управления печатающее устройство оформляет протокол испытания с указанием типа, номера и предела измерения прибора.

Ремонтный участок должен быть укомплектован не только специальными испытательными стендами, но и следующими приборами:

универсальным мостом Уинстона, одинарно-двойным мостом или образцовым двойным мостом — для измерения сопротивлений элементов электрических схем и блоков;

магазинами сопротивлений — для использования в измерительных схемах;

переносным потенциометром для измерений ЭДС термопар, проверки автоматических потенциометров и милливольтметров;

комбинированными приборами Ц4313, Ц4315 — для измерения силы тока, напряжения и сопротивления, проверки электрических схем и цепей;

мегаомметром — для измерения сопротивления изоляции электрических цепей;

цифровым вольтметром — для измерения напряжения постоянного тока в пределах 0...500 В;

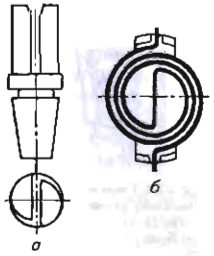
электронно-лучевым осциллографом для визуального наблюдения за электрическим напряжением, а также для измерения амплитуд и длительности электрических сигналов.

Слесарь по ремонту КИПиА должен иметь определенный комплект рабочего инструмента. В примерный комплект инструмента должны входить: электрический паяльник, электрический пробник (прозвонка), индикатор напряжения, комплект приборных ключей, пинцеты разные, круглогубцы, плоскогубцы, кусачки, отвертки часовые и слесарные, набор надфилей, напильники, ножовка и лобзик по металлу, кернер, бородки, набор сверл, метчиков и лерок, часовые лупы, микрометр, штангенциркуль и металлическая линейка.

Ремонт электроизмерительных приборов. Характерные неисправности электроизмерительных приборов: повышенное трение в опорах; неисправность спиральных пружинок; обрывы обмоток рамок; обрывы добавочных сопротивлений и шунтов; выход из строя элементов схем, диодов и триодов.

Трение в опорах увеличивает погрешность измерений, так как равновесие между вращающим моментом пружин при измерении электрической величины наступает несколько раньше и стрелка прибора не фиксирует истинного положения равновесия. Это справедливо как при уменьшении, так и при возрастании измеряемой величины, поэтому возникает удвоенная погрешность от трения, называемая вариацией от сил трения. Основные причины возрастания погрешностей от трения в опорах: плохое качество полировки камня и керна, уменьшение противодействующего момента пружин и увеличение массы подвижной системы. Конус керна должен иметь угол 50...55° при шероховатости поверхности обработки 12...14-го класса. Вначале требуется обработать поверхность конуса, а затем сферическую поверхность (для закругления по заданному радиусу). Это удобно делать с помощью цанги часового станка полировочными брусками. Качество обработки контролируется микроскопом, установленным на корпусе станка.

В качестве шлифовальных кругов применяют круги из яшмы и алмазов, а для полировки — наборные круги из кожи, фетра или пресспана. В состав полировочной пасты входят (г): парафин 30, стеарин 30, керосин 6, пищевой свиной жир 10, оксид хрома 240. Оксид хрома должен иметь тонкую структуру (дисперсность), поэтому его просеивают через сито (шелк), имеющее 900 отверстий на 1 см^2. Для полировки применяют также пасты ГОИ, которые бывают трех сортов: тонкая, средняя и грубая.



21.1. Форма оправки для навивки спиральных пружинок: *а* — оправка; *б* — вид пружинки после навивки

К неисправностям спиральных пружинок можно отнести изгиб, перегрев током и т. д. Незначительный изгиб или скручивание можно выправить двумя пинцетами после демонтажа пружинки. Осматривают пружинку при помощи часовой лупы. Навивку спиральных пружинок осуществляют с помощью оправки (рис. 21.1). Установку и пайку пружинок выполняют после тщательной подгонки соотношений размеров между пружинодержателями.

После ремонта подвижной системы электроизмерительного прибора осуществляют ее уравновешивание с целью устранения дополнительной погрешности. Уравновешивание выполняют путем балансировки (правильной установки грузиков-противовесов). Типы противовесов и их держателей показаны на рисунке 21.2. Изготовляют их из латунной проволоки. Систему уравновешивают перемещением противовесов относительно их держателей до тех пор, пока при наклоне прибора стрелка не отклонится от нулевой или другой отметки шкалы. Окончательную фиксацию противовесов выполняют в зависимости от типа прибора оловом, припоем или шеллаком.

Измерительные стрелки приборов (рис. 21.3) при деформациях и изгибах выравнивают пинцетом.

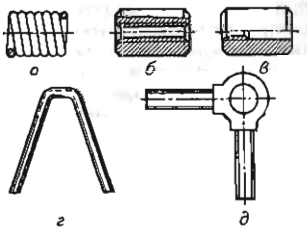


Рис. 21.2. Типы противовесов и их держателей:
а, б, в — противовесы; *г, д* — держатели

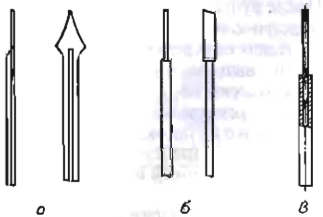


Рис. 21.3. Типы стрелок измерительных приборов:
а — копьевидные; *б* — ножевые; *в* — рамочные

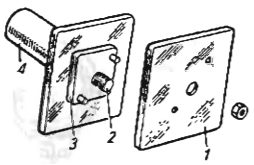


Рис. 21.4. Оправка для намотки бескаркасных рамок:
1 — накидная пластина; *2* — стяжной болт; *3* — шаблон рамки; *4* — ось

Ремонт рамок, неподвижных катушек измерительных механизмов, шунтов и катушек индуктивностей выполняют перемоткой проводов согласно техническим данным прибора (сечение, тип изоляции).

Существуют однослойная и многослойная укладка витков обмотки. К однослойной укладке относится простая однослойная и бифилярная; к многослойной — простая многослойная, спиральная секционированная и бифилярная. Бифилярную укладку выполняют для уменьшения индуктивности катушек. Провод в этом случае перед намоткой складывают вдвое.

Рамки подвижных систем бывают каркасные и бескаркасные. Перед намоткой рамок провод проверяют на наличие ферромагнитных включений, а также измеряют его сечение и сопротивление на длине одного метра. При укладке провода через 2...4 слоя обмотку пропитывают бакелитовым лаком. Для намотки бескаркасной рамки применяют специальную оправку (рис. 21.4), с приводом которой связан счетчик числа витков.

В зависимости от диаметра используемого провода для обеспечения высокого качества намотки, исключения случаев обрыва, повреждений изоляции и нарушения формы рамки при намотке следует соблюдать необходимое натяжение провода, которое определяется по специальным справочным таблицам. Натяжение обеспечивается тормозным устройством.

После намотки требуемого количества витков верхний слой обмотки покрывают лаком, сушат 6...8 ч при температуре 20...50 °С, а затем рамку помещают в термостат температурой 100...120 °С на 7...9 ч. После этого оправку разбирают, рамку очищают от следов лака, зачищают выводы и вторично сушат в термостате при той же температуре в течение 2...3 ч. После сушки проверяют общее сопротивление рамки на отсутствие обрывов и короткозамкнутых витков. Наличие короткозамкнутых витков в катушках определяют с помощью специальных электронных стендов.

По выполнению намотки, проверки и сушки каркасные рамки практически не отличаются от бескаркасных. Перед намоткой проверяют каркас рамки, затем каркас покрывают бумагой и устанавливают на оправке в станок. При намотке используют клей БФ-2. Выводы рамки зачищают шабером или скальпелем, закручивают вокруг лепестков стрелкодержателей и держателей, а затем паяют припоем ПОС-90 с канифолью.

Намотку катушек индуктивностей, шунтов и добавочных сопротивлений выполняют так же, как и в случае намотки рамки.

В качестве намоточного провода при намотке добавочных сопротивлений и шунтов используют манганиновый провод в эмалевой

изоляции. Намотку ведут для заданного значения сопротивления и контролируют с помощью электрического моста. После намотки для стабилизации характеристики добавочное сопротивление подвергают искусственному или естественному старению. Искусственное старение заключается в выдержке сопротивления в термостате при температуре 120 °С в течение 8 ч и остывании при комнатной температуре 20...25 °С. Цикл старения повторяют 8...12 раз (в зависимости от диаметра провода), а затем окончательно подгоняют сопротивления при помощи указанных выше приборов.

Магнитные системы приборов вследствие магнитного старения теряют свои свойства с течением времени. Причинами частичной потери магнитных свойств служат физико-химические изменения структуры материала, изменение температуры, действие внешних магнитных полей и т. д. Для улучшения свойств и повышения стабильности постоянных магнитов проводят их искусственное старение, которое заключается в том, что магнит выдерживают при температуре 100 °С в течение нескольких часов, а затем его намагничивают. Намагничивание можно выполнять по одной из приведенных на рисунке 21.5 схем. По схеме, показанной на рисунке 21.5, *а*, магнит намагничивается постоянным током, протекающим по шине, присоединяемой к конденсатору *С*. По этой схеме намагничиваются (постоянным током разряда батарей конденсаторов *С* общей ёмкостью до 20 мФ и при напряжении до 400 В) кольцевые и замкнутые магнитные системы.

По схеме, изображенной на рисунке 21.5, *б*, намагничивание осуществляют переменным током через силовой трансформатор, нагрузкой которого служит короткозамкнутая медная шина. На этой шине установлен намагничиваемый магнит. При размыкании цепи (при помощи автомата в первичной обмотке трансформатора) индуктируется намагничивающий импульс тока до 20...25 кА. При намагничивании по схеме, показанной на рисунке 21.5, *в*, магнитное поле создается катушками *3*.

После ремонта измерительный механизм закрепляют с помощью установочных болтов и присоединяют к электрической схеме. Для предохранения от самоотвинчивания резьбовые соединения покрывают лаком. Затем проводят балансировку механизма, определяют и подгоняют угол отклонения рамки

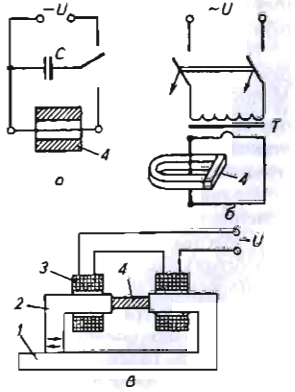


Рис. 21.5. Схемы для намагничивания постоянных магнитов:
1 — неподвижный магнитопровод; *2* — подвижный магнитопровод; *3* — катушка; *4* — магнит

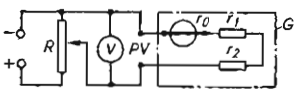


Рис. 21.6. Схема подгонки сопротивления цепи рамки:
R — потенциометр; r_0 — рамка; r_1, r_2 — подгоночные сопротивления; *G* — поверяемый прибор

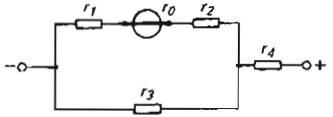


Рис. 21.7. Схема компенсации температурной погрешности магнитоэлектрического прибора:
r_0 — рамка; r_1, r_2 — подгоночные катушки; r_3 — шунт; r_4 — сопротивление, определяющее предел измерения прибора

со стрелкой, проверяют параллельность плоскости шкалы и плоскости вращения стрелки прибора. После этого проверяют чистоту поверхностей демпферов, работу арретира, крепление подвижной части прибора, осевой зазор между керном и его подпятником.

Вследствие того что угол отклонения прибора магнитоэлектрической системы зависит от силы тока рамки, подгонкой сопротивления рамки можно добиться соответствия между углом поворота стрелки и значением измеряемой силы тока. Схема подгонки сопротивления рамки щитовых приборов показана на рисунке 21.6. По образцовому прибору выставляют заданное напряжение и изменением подгоночных сопротивлений r_1 и r_2 добиваются соответствующего показания регулируемого прибора.

При ремонте рамки приборов классов точности свыше 0,5 проверяют схему компенсации температурной погрешности (рис. 21.7). Медное подгоночное сопротивление r_1 и манганиновое сопротивление r_2 включены последовательно с рамкой r_0 прибора для температурной компенсации. Сопротивлением r_4, включенным последовательно с цепью рамки, определяется предел измерения прибора.

По образцовому прибору выставляют заданное напряжение и изменением подгоночных сопротивлений r_1 и r_2 добиваются соответствующего показания регулируемого прибора.

Подгонку цепи рамки проводят регулировкой силы тока потребления подгоночной катушкой r_1.

Ремонт и устранение неисправностей комбинированных электроизмерительных приборов осуществляют следующим образом. При невозможности ремонта узлы и детали заменяют, а затем выполняют подгонку, проверку и градуировку прибора. Обнаружение неисправностей прибора ведут по описанию, заводской электрической схеме прибора и спецификации элементов схемы.

Заменяя сопротивления, их номинальные значения определяют по спецификации. При обрыве сопротивлений и шунтов многопредельных приборов отсутствуют или искажаются показания приборов.

В комбинированных приборах переменного и постоянного токов в случае выхода из строя диодов мостовых схем прибор не работает на всех пределах постоянного тока (или дает неправильные показания) и правильно работает на пределах измерения переменного тока. Недопустимая погрешность измерения прибора на переменном токе может быть связана также с изменением коэффициента усиления транзистора. В этом случае требуется замена транзистора.

Полное отсутствие показаний прибора на всех пределах измерения связано с обрывом цепи измерительного механизма.

Ремонт приборов для измерения температуры. Основные неисправности термопар и термометров сопротивления: обрыв чувствительных элементов; замыкание элементов на корпус; межвитковое замыкание (термометра сопротивления); пониженное сопротивление изоляции; повреждение защитной гильзы.

Сопротивление изоляции обмотки термометра сопротивления и термопары измеряют мегаомметром на 500 В. Целость обмотки и значение сопротивления термометра определяют лабораторным мостом. Причиной уменьшения значения сопротивления по сравнению с градуировочными данными может стать межвитковое замыкание или утечка тока через клеммник.

При обрывах чувствительных элементов термометров сопротивления их заменяют новыми, той же градуировки, а при их отсутствии выполняют ремонт термометров.

Ремонт *медных термометров сопротивления* заключается в изготовлении (намотке) чувствительного элемента. Для этого на предварительно подготовленный и бакелизированный каркас равномерным шагом наматывают медный провод ПЭШО или ПЭС диаметром 0,1 мм; каждый слой обмотки покрывают бакелитовым или глифталевым лаком. После просушки элемента с целью получения стабильной характеристики термометр сопротивления подвергают старению, которое осуществляют при 150 °С в течение 6 ч. После охлаждения проверяют, подгоняют и сравнивают характеристики термометра с градуировочными данными. Перед сборкой термометра выводы клеммника припаивают к концам чувствительного элемента припоем ПОС-60.

При ремонте *платиновых термометров сопротивления* чувствительный элемент разбирают, отделяя его от слюдяных накладок, стяжной ленты и каркаса. Обрыв устраняют сваркой платиновой проволоки в электрической дуге или в растворе поваренной соли переменным током напряжением 20...24 В.

При межвитковом замыкании элемента либо заменяют поврежденную слюдяную пластину с насечками, либо короткозамкнутые витки раздвигают и укладывают в соответствующие им пазы (насечки) в слюдяной пластине.

Проверку, подгонку и сравнение сопротивления термометра с градуировочными кривыми проводят с помощью мостов сопротивлений.

Сопротивление изоляции отремонтированных и собранных в чехол термометров измеряют мегаомметром; при этом напряжение при-

кладывают к корпусу и к закороченным выводам термометра. Сопротивление изоляции в зависимости от исполнения термометров сопротивления составляет 1...10 МОм.

Ремонт *термопар* при обрывах и нестабильности работы заключается в разборке и осмотре состояния рабочего конца и термоэлектродов. При обнаружении дефектов (трещин, обрывов) термопары ремонтируют. Места обрывов сваривают. Рабочий конец термопары сваривают (после скрутки концов электродов) в электрической дуге между графитовыми электродами малого диаметра (5...8 мм) до образования расплавленного шарообразного окончания на конце электродов.

Обрывы электродов термопар типов ХА, ХК можно устранить дуговой сваркой. Для этого ко вторичной обмотке понижающего трансформатора (напряжением 20...30 В) через графитовый электрод подсоединяют оборванные части термоэлектрода; с прикосновением графита к частям термоэлектрода возникает дуга и части свариваются. При сварке термопар типов ХА, ХК в качестве флюса используют буру, которую после сварки удаляют резким охлаждением в воде.

При ремонте термопары из благородных металлов подвергают отжигу, чистке и проверке на однородность электродов. Отжиг проводят нагревом электрическим током до температуры 1300 °С в течение 1 ч; при этом бурой ведут чистку электродов от оксидов. Однородность термоэлектрических свойств электродов проверяют милливольтметром, подключенным к свободным (холодным) концам термопары. Термоэлектрод помещают в муфельную печь. При медленном перемещении электрода через печь измеряется термоЭДС. Если термоЭДС превышает половину допустимой погрешности термопары, то на данном нагретом участке существует неоднородность и этот участок подлежит замене.

Ремонт вторичных приборов. Ремонт логометров и милливольтметров заключается в определении и устранении неисправностей, возникших при их эксплуатации, транспортировке и т. д.

Основные неисправности таких приборов: обрывы обмотки рамки и спиральных волосков измерительного механизма; износ подпятников и кернов; увеличение трения стрелки и выход из строя элементов электронной схемы регулирующих приборов.

Подвижную часть прибора осматривают с помощью бинокулярной лупы. При этом обращают внимание на состояние подпятников и кернов. Подпятник не должен иметь следов трещин и неровностей. При наличии дефектов агатовый картер заменяют новым. Изношенные керны со следами нарушений полированной поверхности, конусности и радиуса закругления также подлежат замене. Протирать керны и агатовые подпятники допускается только папиросной бумагой.

Противодействующие спиральные пружины, имеющие повреждения, заменяют новыми с теми же механическими характеристиками. При обрывах и повреждениях обмотки рамку заменяют или изготовляют рамку с намоткой по шаблону. Тип провода, сечение и число витков определяют по техническим данным прибора.

В логометрах при ремонте измерительного механизма регулируют полный угол отклонения измерительной стрелки (72 ± 2°). Регулирование выполняют, подгоняя сопротивления, обеспечивающие минимальный и максимальный углы поворота стрелки.

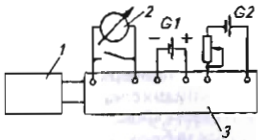


Рис. 21.8. Схема проверки исправности измерительной схемы автоматических потенциометров:
1 — автоматический поверяемый потенциометр; *2* — гальванометр; *3* — образцовый потенциометр

После замены и ремонта неисправных частей измерительного механизма осуществляют регулировку и балансировку его подвижной части перемещением грузиков-противовесов, закрепленных канифолью на усиках противоположной стороны измерительной стрелки. При правильной балансировке изменения показаний прибора не должны превышать основной погрешности.

Неисправности в электрической и электронных частях приборов определяют по заводским принципиальным электрическим схемам и монтажно-эксплуатационным инструкциям. Полупроводниковые элементы проверяют на неисправность комбинированными приборами. Номинальное сопротивление резисторов и состояние конденсаторов определяют омметром. При полном пробое конденсатора его сопротивление практически равно нулю, при частичном пробое составляет несколько килоом. Неисправные резисторы часто имеют видимые следы нарушения теплового режима — обугливание, разрушение и отставание проводящего слоя.

В электронных мостах и потенциометрах основные неисправности возникают в кинематических узлах, измерительной схеме и усилителе. Характерные неисправности в автоматических потенциометрах и мостах: замедленное движение стрелки прибора из-за старения электронных элементов, заниженного коэффициента усиления усилителя, загрязнения реохорда, плохого экранирования входных цепей датчика (термопары или термометра сопротивления); самопроизвольный реверс электродвигателя привода измерительной стрелки и подвижного контакта реохорда из-за отсутствия напряжения на управляющей обмотке двигателя; несоответствие показаний прибора значениям измеряемой величины из-за неисправности датчика или несоответствия его градуировки диапазону измеряемой величины. Для определения и отыскания неисправностей (рис. 21.8) к прибору подключают напряжение переменного тока 220 В и датчик соответствующей градуировки. При заклинивании реверсивного двигателя привода реохорда и измерительной стрелки разбирают и промывают редуктор, осматривают и заменяют неисправные шестеренки. После сборки и смазки техническим вазелином редуктор проверяют на вращение, которое должно быть равномерным и плавным, без заеданий и посторонних шумов. Неисправные шестеренки механизма привода диаграммы подлежат замене на новые.

После ремонта кинематических узлов приборов проверяют плавность хода механизма и заливают в редуктор двигателя машинное или приборное масло в количестве 10 $см^3$.

Перед проверкой измерительной части приборов требуется обратить внимание на положение вращающегося подвижного контакта на реохорде — «бочонка», расположенного между двумя спиралями реохорда. При небрежном проведении текущего ремонта на месте эксплуатации прибора, при транспортировке, а также при крайних положениях измерительной стрелки контакт может соскочить с реохорда и образовать разрыв измерительной схемы прибора, что может стать ложной причиной его неисправности. Необходимо проверить и установить положение подвижного контакта реохорда, соответствующее положению измерительной стрелки, так как несоответствие положений служит причиной неправильных показаний.

Ремонт электронных усилителей проводят методом измерения сопротивлений и напряжений в отдельных точках схемы (по отношению к корпусу усилителя). Полученные при этом результаты сравнивают с данными карт напряжений и сопротивлений ремонтируемого типа усилителя. Причинами неисправностей усилителей могут стать обрывы или межвитковые замыкания силового или выходного трансформаторов, неисправности полупроводниковых элементов, конденсаторов и резисторов.

В связи с расширением применения на производстве новых типов приборов повысилась унификация основных узлов, которые при неисправности заменяют новыми.

Ремонт приборов для измерения давления. Основные неисправности мембранных приборов (напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры): деформация мембранных коробок вследствие перегрузки, деформация измерительной стрелки, износ и коррозия кернов, оси, стрелки. Устройство напоромера НМ-П показано на рисунке 21.9.

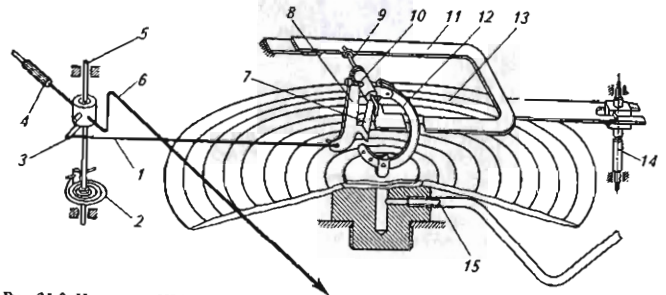


Рис. 21.9. Напоромер НМ-П:
1 — тяга; *2, 7* — пружины; *3, 8* — рычаги; *4* — противовес; *5* — ось; *6* — стрелка; *9* — винт; *10* — стойка; *11* — рамка; *12* — поводок; *13* — мембранная коробка; *14* — корректор; *15* — штуцер

Ремонт мембранных приборов рекомендуется выполнять в такой последовательности:

вскрыть прибор, продуть кинематические элементы для очистки от пыли сухим сжатым воздухом или резиновой грушей;

определить и заменить неисправные элементы;

проверить надежность крепления деталей прибора;

проконтролировать герметичность мембранной коробки. При обнаружении негерметичности пайка мембран возможна только на линии спая по образующей. Пайку мембраны на поверхности гофр не выполняют, так как при этом изменяется ее упругость, прибор дает большие разбросы по показаниям и не поддается регулировке;

проверить противодействующие пружины *2* (см. рис. 21.9) (начальный угол закручивания пружины должен составлять 90°; витки не должны касаться друг друга, а поверхность пружины должна быть без следов замятин и деформаций);

установить стрелку прибора на нулевые показания при помощи корректора *14* (для проверки диапазона измерения подать на вход прибора давление, соответствующее пределу измерения), а если стрелка при этом не установилась на предельном значении шкалы, то необходимо тягу *1* переместить на следующее отверстие коленчатого рычага *3*.

После ремонта определяют погрешность и вариацию показаний прибора. Приборы, удовлетворяющие нормам и требованиям инструкций, допускаются к дальнейшей эксплуатации.

Сильфонные чувствительные элементы в самопишущих манометрах, датчиках, вторичных приборах типов МС, ДМПК, РЛ, ДРД и др. при эксплуатации подвергаются значительным знакопеременным нагрузкам. Поэтому основные неисправности в таких приборах — нарушение герметичности, образование трещин на гофрированной поверхности сильфона, старение и потеря упругости. При обнаружении таких дефектов требуется заменить неисправный сильфон.

Ремонт сильфонных приборов (рис. 21.10) выполняют в такой последовательности: отсоединяют кинематическую связь сильфона с поводком, разбирают сильфонный блок и демонтируют стержень *10*, втулку *9*, противодействующую пружину *12* и кронштейн *18*; разогревают тонкой газовой горелкой основание *17* сильфона, отделяют сильфон *11*, отделяют гнездо *15* от дна *16* сильфона; устанавливают новый сильфон в обратной последовательности; при этом перед пайкой основания *17* сильфона обезжиривают его внутреннюю поверхность ацетоном или бензином; после сборки сильфонного блока проверяют герметичность давлением воздуха согласно существующим нормам: для приборов измерения давления 0,6 МПа (6 $кгс/см^2$), для сигнализаторов, преобразователей и вторичных приборов 0,15 МПа (1,5 $кгс/см^2$). Убедившись в герметичности сильфона, проводят его старение с целью получения стабильной характеристики и определения качества ремонта. Старение выполняют попеременной подачей и

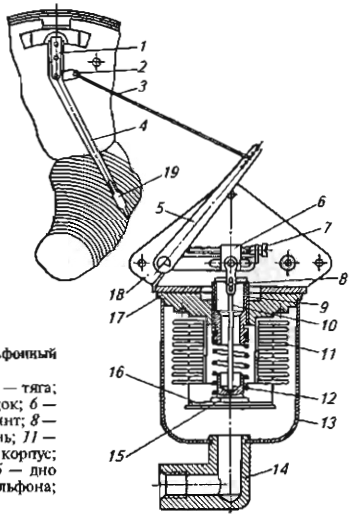


Рис. 21.10. Самопишущий сильфонный манометр МСС:
1 — мостик пера; *2* — рычаг; *3* — тяга; *4* — держатель пера; *5* — поводок; *6* — кулиса; *7* — регулировочный винт; *8* — винт; *9* — втулка; *10* — стержень; *11* — сильфон; *12* — пружина; *13* — корпус; *14* — штуцер; *15* — гнездо; *16* — дно сильфона; *17* — основание сильфона; *18* — кронштейн; *19* — перо

сбросом давления краном-переключателем в течение 3 ч частотой 6...8 раз в минуту. Давление сжатого воздуха при этом равно 0,4 МПа (4 кгс/см^2). После окончания процесса старения прибор собирают, соединяют кинематическую связь поводка с сильфоном, поверяют и настраивают прибор.

Ремонт пружинных приборов. Основными неисправностями пружинных приборов являются износы деталей передаточного механизма, износ пружин, появление в них остаточных деформаций, увеличение зазора в соединениях, неисправности корпуса, стекла, шкалы и т. д.

Перед ремонтом прибор разбирают, осматривают кинематический узел и трубчатую пружину *5* (рис. 21.11). Для определения неисправностей измерительного механизма используют контрольный пресс. При изменении давления на входе прибора следят за работой передаточного механизма и плавностью его хода. Если стрелка отключенного прибора имеет значительное смещение относительно нулевой отметки шкалы, то это свидетельствует об остаточной деформации трубчатой пружины.

Деформированную пружину выпаивают из резьбового штуцера *7* с помощью газовой горелки, гнездо зачищают и подготавливают для установки новой пружины. Пайку ведут припоем ПОС-40, ПОС-60 с раствором канифоли в ацетоне (спирте). При пайке новой пружины обеспечивается ее правильное положение свинцовыми вкладышами или специальным приспособлением. После пайки проверяют ее герметичность. Штуцер *7* с трубчатой пружиной *5* устанавливают на пресс, и по контрольному манометру подается максимальное расчетное давление пружины. Отсутствие падения давления в течение 5 мин свидетельствует о герметичности прибора. После установки шкалы манометр регулируют на прессе сличением его показаний с показаниями образцового манометра.

При ремонте кислородных приборов необходимо тщательно обезжирить рабочую полость прибора и его штуцер, так как в эксплуатации при незначительных включениях масла и его паров происходит резкое окисление кислородом масла, повышается его температура и прибор становится взрывоопасным. Поэтому ремонт и испытание

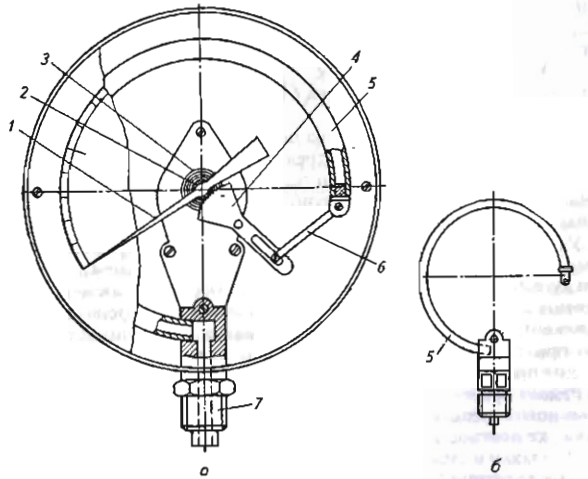


Рис. 21.11. Пружинный манометр:
а — показывающий манометр; *б* — манометрическая трубчатая пружина; *1* — стрелка; *2* — зубчатая шестерня; *3* — противодействующая спиральная пружина; *4* — зубчатый сектор; *5* — трубчатая пружина; *6* — поводок; *7* — резьбовой штуцер

кислородных приборов давления выполняют на рабочем месте, изолированном от других приборов.

Приборы проверяют и испытывают на прессе с применением разделительной камеры, которая изолирует рабочую полость манометра от рабочей жидкости в прессе.

Чтобы убедиться в отсутствии следов масла, в рабочую полость прибора вводят спирт в количестве 5...10 $см^3$. Прибор несколько раз встряхивают штуцером вверх, а затем выливают содержимое на поверхность чистой белой бумаги. Если после высыхания спирта на бумаге отсутствуют масляные пятна, то прибор имеет чистую обезжиренную поверхность.

После ремонта манометр регулируют и поверяют на специальном прессе. На прессе устанавливают образцовый манометр, класс точности которого должен быть в четыре раза выше класса точности поверяемого.

При помощи пресса поднимают давление на манометре согласно контрольным отметкам, которые должны быть равномерно распределены по всей шкале. При поверке погрешность поверяемого манометра на каждой отметке шкалы не должна превышать основной допустимой погрешности. В случае превышения приведенной погрешности в одной или нескольких точках шкалы манометр регулируют изменением положения поводка *6* относительно хвостовика зубчатого сектора *4*.

Если погрешность манометра постоянна по всей шкале, то ее устраняют перестановкой самой стрелки.

После ремонта прибора и нанесения клейма поверки на штуцер устанавливают специальную заглушку, которая предохраняет прибор от попадания масла при его транспортировке и хранении.

У самопишущих приборов проверяют точность перемещения диаграммы и правильность движения пера по линии времени — радиальной дуге диаграммы. При отклонении пера от линии времени в начале и конце шкалы свыше 0,25 мм (не считая толщины пера) регулируют положение пера относительно его держателя. Погрешность механизмов привода диаграммы за 24 ч работы для часовых механизмов не должна превышать ±15 мин.

Ремонт приборов для измерения расхода. Ремонт расходомеров постоянного перепада — ротаметров типов РС, РИ, РМ — заключается в проверке плотности соединений, чистке поплавков и стекла ротаметра. Поплавки и стекла, имеющие трещины и задиры, заменяют новыми. После ремонта определяют расходную характеристику прибора и составляют его паспорт.

Расходомеры переменного перепада ремонтируют в комплекте «датчик — вторичный прибор». Основные неисправности расходомеров: заниженные или завышенные показания прибора из-за неплотности соответственно на «плюсе» или «минусе» дифманометра; полное отсутствие чувствительности прибора при изменении перепада на

дифманометре; неисправность электронного прибора; большая погрешность измерений расхода из-за разрегулирования комплекта «дифманометр — вторичный прибор».

Для определения неплотностей и мест утечек комплект проверяют на специальном стенде. При подаче избыточного давления воздуха (в зависимости от рабочего предела дифманометра) методом обмыливания находят утечки в плюсовом, минусовом и уравнительном вентилях. Более эффективный метод отыскания мест негерметичности прибора — использование течеискателей типов ГТИ, ПТИ и др. При обнаружении утечек сальники вентилей подтягивают накидной гайкой; если утечка не ликвидируется, сальник заменяют новым с асбографитовой набивкой.

При неисправности мембранного блока дифманометр типа ДМ заменяют. Для замены блока снимают индукционную катушку, вывинчивают разделительную трубку, открепляют шток плунжера и сам плунжер, а затем разбирают корпус датчика. Собирают дифманометр в обратной последовательности.

Если при исправном дифманометре возникает большая погрешность измерения расхода, то требуется отрегулировать комплект «дифманометр — вторичный прибор» регулированием нуля дифманометра, регулированием нуля шкалы вторичного прибора, коррекцией нуля дифманометра, регулированием предела шкалы вторичного прибора.

Комплект следует ремонтировать в такой последовательности: на вторичном приборе при нажатой кнопке «Контроль» регулированием нуля прибора добиваются перемещения и установки измерительной стрелки на контрольную точку шкалы; в датчике типа ДМ регулирование нуля дифманометра проводят перемещением катушки относительно сердечника; в датчиках колокольного типа ДКО — перемещением сердечника относительно катушки дифференциального трансформатора; корректор нуля дифманометра устанавливают в нейтральное положение при закороченной вторичной обмотке датчика (при этом стрелка прибора должна подойти к контрольной точке шкалы); при подаче на вторичный прибор сигнала, соответствующего контрольной точке, проводят регулирование нуля датчика до тех пор, пока стрелка прибора не установится на контрольную точку шкалы; регулировкой предела шкалы вторичного прибора добиваются соответствия положения стрелки и входных сигналов, соответствующих началу и концу шкалы.

В зависимости от типов вторичных приборов и дифманометров контрольную точку на приборе устанавливают на 30 или 70 % длины шкалы.

Ремонт элементов систем автоматизации. Неисправности электромеханических реле: обрывы обмоток, износ контактов и разрегулировка реле. Катушка (обмотка) реле, как правило, подлежит замене. Перематывают катушки в тех случаях, когда отсутствуют запасные.

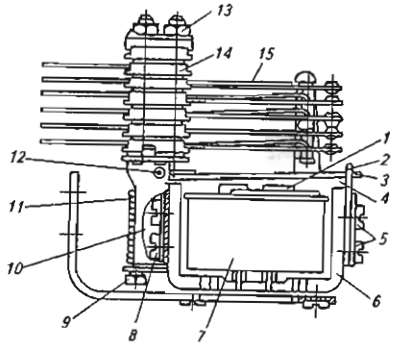


Рис. 21.12. Электромеханическое реле МКУ-48:
1 — штифт отлипания; *2* — ограничитель; *3* — якорь; *4* — затвор; *5, 8* — винты; *6* — сердечник; *7* — катушка; *9* — натяжной винт; *10* — стойка; *11* — пружина; *12* — ось якоря; *13* — гайка; *14* — изоляционные платы; *15* — упорные держатели

Обгоревшие, сработанные контактные группы реле заменяют. В реле ПЭ-6, МКУ-48 для этой операции (рис. 21.12) ослабляют гайки *13* держателя и изоляционных плат *14*, пинцетом снимают обгоревшие контакты, а на их место устанавливают новые. Затягивая гайки *13*, одновременно выравнивают и предварительно регулируют контактные группы, не допуская перекосов общей траверсы. Окончательно контакты регулируют имитацией срабатывания реле от руки, нажатием на якорь *3*. В отрегулированном реле при замыкании контактов должен образоваться некоторый прогиб контактной группы в пределах 1...3 мм (в зависимости от типа реле).

Контакты чистят только щеточкой или бумагой, смоченной в бензине или спирте. Положение контактов регулируют с помощью пинцета или специальных плоскогубцев — «утконосов», причем регулируют положение не самих контактов, а их упорных держателей *15*: подгибая или отпуская держатели, добиваются правильного положения контактов при срабатывании и отпускании реле.

Механические и электрические характеристики реле регулируют на специальном стенде, включающем источник регулируемого напряжения, измерительные приборы и электрический секундомер. Для токовых реле определяют силу тока срабатывания, для промежуточных реле напряжения — напряжение срабатывания.

Для изменения силы тока срабатывания некоторых типов токовых реле предусматривают регулирование силы натяжения противодействующей пружины. Промежуточные реле должны обеспечивать надежное срабатывание при 15...20%-ном понижении напряжения от номинального значения. С учетом запаса напряжение срабатывания реле принимают равным 60...70 % паспортного значения. Реле времени, кроме того, проверяют на точность временной шкалы электросекундомером. Плохое состояние оси якоря, подпятников, загрязнение кинематических узлов служат причинами нарушения механических и электрических характеристик реле.

Температурные дилатометрические элементы автоматики (ТР-200 и др.) достаточно надежны в работе. Наиболее характерная неисправность этих элементов — несоответствие температуры срабатывания температуре задания. Эти неисправности возникают при использовании реле в местах повышенной вибрации и в электрических цепях с разрывной мощностью, превышающей разрывную мощность контактов реле. При ремонте таких приборов требуется вскрыть реле, осмотреть кинематические узлы и электрические контакты; обгоревшие контактные группы подлежат замене, а грязные контакты чистят щеточкой, смоченной в спирте или бензине.

При замене контактов температурного реле ТР-200 (рис. 21.13) сверление и клепку контактных плат следует проводить без деформации инварных пластин *2*. Деформации могут в дальнейшем служить причиной разрегулировки диапазона задания срабатывания.

После ремонта и сборки осуществляют опробование реле при нагревании датчика прибора в водяном или масляном термостате методом сравнения температуры срабатывания с уставкой срабатывания. Опробование проводят в трех-четырех точках шкалы датчика и повторяют не менее трех раз.

В манометрических реле — датчиках давления и разрежения основными причинами отказов служат: разгерметизация датчика (разрыв мембраны или сильфона); неисправность микропереключателя; высокая погрешность срабатывания. Разгерметизация возникает при значительных перегрузках датчиков по давлению или разрежению. При разрыве или старении мембрану заменяют новой.

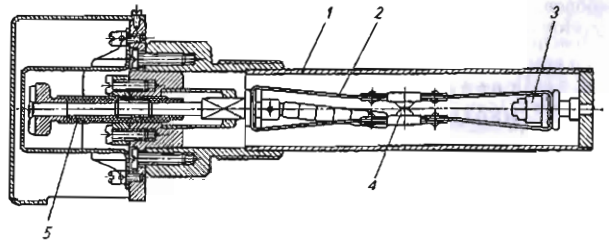


Рис. 21.13. Температурное реле ТР-200:
1 — корпус; *2* — инварные пластины; *3* — держатель; *4* — контакты; *5* — настроечный винт задания

При неисправностях в работе микропереключателей (обгорание контактов, поломка толкателя и пружины) его заменяют.

После сборки реле проверяют его герметичность при давлении, равном максимальному пределу давления прибора, и срабатывание соответственно шкале настройки. Срабатывание проверяют образцовым манометром, подключенным к датчику, в трех-четырех точках шкалы. Погрешность срабатывания отремонтированных приборов должна составлять 2...5 % предела задания.

При ремонте поплавковых реле уровня, дифференциальных реле давления, реле скорости потока воздуха кроме неисправностей кинематических узлов возникают отказы в работе из-за старения и снижения сопротивления изоляции токоведущих частей, обрывов подвижных токоведущих проводников и поломки стеклянного корпуса ртутного переключателя.

При обрывах и коррозии проводники подлежат замене без изменения типа и сечения проводника; пайку мест соединений проводников и контактов ведут припоем ПОС-40 или ПОС-60.

В некоторых типах датчиков на проводники надевают керамические изоляторы — бусы. Разбитые ртутные переключатели заменяют новыми, предварительно удалив в вытяжном шкафу из корпуса разлитую ртуть при помощи резиновой груши. Собранная ртуть должна находиться в закрытой металлической посуде или резиновой груше.

После очистки корпуса прибора ослабляют крепеж держателей переключателей, отпаивают токоведущие проводники, демонтируют старые и устанавливают новые переключатели. Перемещая в крайние положения кинематические звенья приборов, определяют правильное положение и угол наклона переключателей, после чего их окончательно крепят и припаивают контакты.

Сопротивление изоляции приборов всех типов определяют мегаомметром напряжением 1000 В.

Неисправности электронных регуляторов определяют методом проверки параметров схемы и ее отдельных элементов с помощью приборов. После ремонта и замены неисправных блоков и элементов регулятор должен пройти стендовую проверку.

Глава 22
НАЛАДКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

22.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Перед тем как приступить к проверке и наладке схем автоматизации, необходимо убедиться, что все оборудование находится в рабочем состоянии, все приборы имеют пломбы завода-изготовителя или проверочной лаборатории, а даты, указанные на штампах Госповерки, не просрочены.

Проверка и наладка схем автоматизации включает: изучение проектной документации; проверку соответствия смонтированных электрических и трубных проводок, рубильников, предохранителей, вентилей, редукторов, фильтров и других устройств схемам автоматизации и действующим нормативным материалам; проверку наличия и правильности маркировки и надписей, необходимых для нормальной эксплуатации; проверку правильности подключения аппаратуры; испытание отдельных элементов схемы (аппаратуры и коммуникаций) и схемы в целом.

В результате наладки схемы должны быть выявлены все недоделки и монтажные ошибки, обеспечена устойчивая работа отдельных аппаратов и всей схемы в целом. Налаженные установки постепенно передают эксплуатационникам. Одновременно передают необходимую техническую документацию (принципиальные схемы, данные по настройке и т. п.). Полный комплект документации сдают после окончания работ.

Для сложных в техническом отношении объектов составляют технический отчет о наладке. Он должен содержать материалы, характеризующие параметры объекта, оценку качества проекта и монтажа, методику выполнения наладочных работ, изменения и дополнения к проекту, внесенные в процессе наладки, и их обоснование.

22.2. ПРОВЕРКА И НАЛАДКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Проверка и наладка электрических схем автоматизации включает: осмотр схемы, проверку надежности контактов; прозвонку цепей; измерение сопротивления изоляции; испытание изоляции повышенным напряжением; проверку отдельных элементов; испытание отдельных цепей и комплексное испытание схемы.

Осмотр схемы. Схему осматривают с целью определения качества монтажа и соответствия его требованиям проекта. На схемах щитов и пультов автоматизации, которые монтируют установочными проводами сечением не менее 1 мм^2 типа ПР, ПРЛ, ПВ, каждый провод должен иметь оконцеватель и бирку с маркировкой. Соединения в таких схемах выполняют, как правило, винтовыми зажимами. Под один зажим на клеммной сборке подключают не более одного провода. Под один винтовой зажим приборов, регуляторов и вспомогательных устройств разрешается подключать не более двух проводов, причем между ними должна быть проложена шайба. Клеммы, на которые подается питание или случайное соединение которых вызывает опасный режим, должны быть отделены одна от другой свободными клеммами. Клеммные ряды напряжением 220 и 380 В закрывают кожухами.

В помещениях с нормальными условиями допускается сухая разделка кабелей, в остальных помещениях разделка должна быть герметичной с применением битумных или эпоксидных компаундов.

Плотность соединений винтовых зажимов проверяют подтяжкой винтов и пошатыванием проводов. В некоторых случаях плотность соединения проверяют измерением переходного сопротивления контактов микроомметром.

Соединения в схемах автоматизации, в которых монтаж выполнен монтажными проводами небольших сечений типа МВ, МШР, выполняют пайкой или сваркой. В приборах заводского изготовления все проверенные места пайки и сварки должны быть закрашены.

Прозвонка цепей. Электрические провода и цепи прозванивают, если за отдельными проводами в пакете нельзя проследить. Прозванивают также жилы кабелей и т. п. Смонтированную схему для проверки правильности маркировки прозванивают двумя способами: пробником, в качестве которого используют омметр, мегаомметр или схему, состоящую из источника тока, лампочки, вольтметра или звонка; микротелефонными трубками.

Измерение сопротивления изоляции. Перед измерением сопротивления изоляции необходимо убедиться в отсутствии напряжения и заряда в испытуемых цепях и обмотках, аккуратно очистить от загрязнений всю проверяемую аппаратуру, места разделки кабелей, зажимы и провода. Тщательно подготовить проверяемые схемы, обеспечить подачу испытательного напряжения от мегаомметра на все элементы схемы, закоротить и заземлить полюса питания после предохранителей, а также проверить, не остались ли незаземленными некоторые элементы испытуемой схемы между разомкнутыми контактами реле и ключей.

При измерении сопротивления изоляции силовых кабельных проводок напряжение мегаомметра выбирают в зависимости от класса помещения: 1000 В в помещениях всех классов и 500 В во взрывоопасных помещениях всех классов и пожароопасных класса П-1. Сопротивление изоляции цепей с термопарами, терморезисторами, а также работающих при напряжении ниже 60 В следует измерять мегаомметром на 250 В или омметром на более низкие напряжения. Для присоединения мегаомметра к исследуемому объекту используют гибкие провода с малым сопротивлением. Перед измерением мегаомметр подвергают контрольной проверке, для чего его показания проверяют при разомкнутых и закороченных проводах. В первом случае стрелка должна показывать «бесконечность», во втором — «нуль».

На сопротивление изоляции влияют:

а) длительность измерения. Сопротивление неувлажненной изоляции из неорганических материалов с течением времени возрастает, поэтому отсчет ведут через 60 с после включения мегаомметра;

б) температура изоляции. С повышением температуры сопротивление изоляции уменьшается. При снятии показаний необходимо измерять температуру изоляции и фиксировать в протоколе измерений;

в) увлажненность изоляции. В некоторых случаях изоляцию следует сушить теплым воздухом перед измерением;

г) загрязненность изоляции. Перед измерением сопротивления изоляции объекты измерений необходимо обдуть сжатым воздухом.

Сопротивление изоляции схем автоматизации должно соответствовать требованиям заводов — изготовителей аппаратуры; для каждой схемы оно должно быть не ниже 1 МОм. После измерения испытуемые цепи должны быть разряжены путем их заземления на время не меньше 60 с.

Проверка и наладка отдельных элементов схемы. Если схема состоит из элементов, соединенных пайкой, то отдельные элементы в процессе наладки проверяют только при подозрении в их неисправности. Обычно же схемы проверяют в комплекте путем контроля параметров на входе всего устройства и на выходе из него. На схемах щитов и пультов, где элементы соединены разъемными винтовыми зажимами, проверяют каждый элемент в отдельности. Всю работу по проверке элементов с помощью временных схем (рабочих, наладочных) нужно выполнять, строго соблюдая правила безопасности и правила подготовки рабочего места.

Схему автоматизации проверяют в следующей последовательности: снимают характеристики реле, проверяют силу тока и напряжение срабатывания и отпускания реле и контактов, проверяют их временны́е характеристики; определяют погрешности измерительных приборов; снимают характеристики вторичных приборов и регуляторов, а также трансформаторов, магнитных, электромагнитных, электронных и прочих усилителей, стабилизаторов, мультивибраторов, триггеров и других элементов; проверяют защиту.

Отдельные цепи и схемы автоматизации в целом испытывают на проверенной по элементам схеме подачей рабочего напряжения. При этом в цепях устанавливают вре́менные предохранители, так как возможны их неоднократные сгорания. Необходимо предусмотреть защиту от возможной путаницы в фазах, с тем чтобы предотвратить возможные аварии.

Комплексную проверку работы схемы проводят при допустимых отклонениях напряжения рабочего тока. Порядок и условия подачи напряжения на схему должны быть строго регламентированы и согласованы со смежными организациями.

22.3. НАЛАДКА РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ

В системах автоматизации часто используют релейные схемы, т. е. схемы, на которых показаны связь и взаимодействие релейных устройств, работающих по принципу «включено — выключено», — иначе, имеющих релейную характеристику. Релейные устройства применяют преимущественно в схемах автоматического и дистанционного управления и в схемах сигнализации и блокировки.

Схемы автоматического управления используют для управления работой различных приводных устройств (например, электродвигателями, приводами исполнительных механизмов), для программного автоматического управления технологическими аппаратами периоди-

ческого действия и т. д. Кроме автоматического режима работы схема обычно предусматривает оперативное местное и централизованное управление.

Схемы сигнализации применяют для сигнализации состояния технологических параметров, режимов работы агрегатов, пожарной опасности, а также выполняют функции сторожевой сигнализации.

Выходом схемы сигнализации может быть один из трех сигналов: нормального режима, предупредительный и аварийный.

Сигнал нормального режима выдается схемой в том случае, когда контролируемый параметр находится в зоне нормального режима; предварительный — когда контролируемый параметр перешел из зоны нормального режима в зону допустимого; аварийный сигнал оповещает о выходе контролируемого параметра за зону допустимого режима. Одновременно с появлением аварийного сигнала схема может предусматривать срабатывание защиты. В качестве сигнализаторов в схемах сигнализации обычно применяют различные светозвуковые устройства (электрические лампы, гудки, звонки и т. п.).

При наладке релейных схем изучают проектную документацию, осматривают, проверяют отдельные элементы схемы, проверяют и анализируют всю схему, опробуют и включают схему в работу.

Релейные схемы проверяют и анализируют, чтобы выявить монтажные и схемные ошибки (короткие замыкания, несоответствие рабочего напряжения номинальному, неправильное срабатывание защитных устройств, несоответствие циклограммы схемы техническому заданию и т. п.).

Для небольших схем применяют визуальный метод анализа и проверку релейных схем.

Для сложных схем рекомендуются метод моделирования на релейном стенде и метод алгебраических схем. Для анализа релейных схем с помощью ЭВМ применяют метод элементно-кодового анализа. При использовании этого метода каждый двухполюсный элемент релейной схемы заменяют числовым кодом, состоящим из двух частей — постоянной, в которой записывают все функциональные признаки этого элемента, и переменной, в которой записывают изменение состояния элемента в ходе работы схемы. В результате этого релейную схему заменяют числовым аналогом — таблицей кодов, меняющейся от такта к такту.

Для анализа работы схемы используют правила обработки таблиц кодов.

22.4. НАЛАДКА БЕСКОНТАКТНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

В системах автоматизации широко применяют схемы, построенные на бесконтактных логических элементах (например, системы элементов «Логика»). Так как в этих устройствах практически отсутствуют элементы настройки и регулирования, они имеют несложную наладку и обслуживание.

Бесконтактные элементы изготовляют в корпусах, залитых компаундом на эпоксидной основе, и вследствие этого они не пригодны для ремонта. В случае выхода из строя их заменяют новыми. Поэтому работы по наладке бесконтактных схем сводятся в основном к обнаружению и замене неисправных элементов. Для простоты поиска неисправных элементов предусматривают блочное построение схемы, которое также обеспечивает быструю замену неисправного элемента. Испытания и наладку схем на бесконтактных элементах проводят в соответствии с инструкциями и технической документацией.

Наладка схем включает проверку монтажа и сопротивления изоляции, опробование отдельных блоков и всей схемы; испытание схемы в режиме длительной эксплуатации, испытание схемы совместно с промышленным оборудованием.

Соответствие выполненной схемы на бесконтактных элементах монтажным схемам проверяют поблочно. После этого определяют правильность межблочного монтажа. Монтаж проверяют омметром, без включенного питающего напряжения. Бесконтактные элементы и блоки изолированы от корпусов и металлоконструкций. Сопротивление изоляции цепей питания блоков и монтаж шкафа проверяют мегаомметром на 500 В между корпусом блока и соединенными между собой шинами и нулевой точкой. Для проверки исправности отдельных блоков используют вспомогательные блоки, которые имеют имитирующие входные сигналы, и измерительные приборы для определения состояния выходов проверяемых блоков.

При испытаниях блоков применяют специальные тестовые программы или испытательные карты. Проверка сводится к набору с помощью переключателей всех вариантов программ и контролю правильности их обработки.

Время наладки блоков можно существенно сократить, если провести входной контроль (отбраковку) бесконтрольных элементов. При этом проверяют граничные значения входных и выходных сигналов. Входной контроль осуществляется на специальных испытательных стендах, оборудованных необходимой коммутационной и измерительной аппаратурой, источниками питания и регулируемого напряжения, позволяющими подавать на вход сигналы различных значений.

Всю схему испытывают последовательным подключением к блоку питания отдельных блоков. При этом проверяют напряжение на каждом элементе и соответствие входных и выходных сигналов комбинациям, задаваемым в специальных таблицах. Напряжение на входах и выходах контролируют вольтметром с высоким внутренним сопротивлением.

22.5. НАЛАДКА УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Поступающее новое оборудование автоматики обычно находится в законсервированном, предназначенном для длительного хранения и транспортировки виде. Перед началом монтажа эти устройства распа-

ковывают, снимают все измерительные, регулирующие и прочие приборы и направляют их в лабораторию на профилактический осмотр и проверку.

В процессе эксплуатации точность показаний измерительных устройств вследствие износа отдельных частей, старения и изменения характеристик элементов снижается, появляются погрешности. Для восстановления эксплуатационных свойств аппаратуру периодически подвергают профилактическому ремонту, цель которого — выявить возможные неисправности и устранить их, а также обнаружить слабые места, источники возможных неисправностей и таким образом предотвратить появление этих неисправностей в процессе эксплуатации.

После ремонта, вызванного нарушением регулировки и изменением характеристик приборов и датчиков, они должны пройти первичную поверку согласно существующим ГОСТам. Результаты поверки записывают в протокол по форме, приведенной в соответствующих методических документах. По этим результатам определяют приведенную относительную погрешность прибора, т. е. устанавливают, соответствует ли он своему классу точности. При эксплуатации технических приборов считают, что погрешности соответствуют их классу точности, и не вводят поправки в показания. К лабораторным приборам иногда составляют таблицы поправок.

Приборы и датчики для измерения механических величин. При поверке и наладке этих приборов требуется особая тщательность и аккуратность, так как малейшая небрежность в обращении (загрязнение, удары и перегрузки) может привести к необратимым нарушениям в работе приборов и к снижению точности их показаний.

В контактных датчиках перемещения следует поддерживать чистоту контактных поверхностей и ограничивать силу тока, проходящего по контактам. Для ограничения силы тока применяют различные электронные реле, а для повышения надежности контактных датчиков используют конструкции, в которых контакты при срабатывании несколько перемещаются один относительно другого (притираются), благодаря чему их рабочие поверхности очищаются от грязи и продуктов коррозии.

При наладке реостатных датчиков увеличивают давление скользящих контактов, что улучшает электрический контакт, но при этом увеличивается трение.

Недостаток жидкостного датчика сопротивления — значительный температурный коэффициент сопротивления большинства электролитов, но при этом почти полностью отсутствует сопротивление перемещению подвижных контактов. Температурную погрешность можно снизить путем применения специальных растворов.

При поверке и наладке индуктивных датчиков перемещений необходимо учитывать чувствительность их к изменению температуры и особенно к изменению частоты питающего тока.

Емкостные датчики нуждаются в тщательном экранировании подводящих проводов, так как изменение емкости последних вносит ощутимые погрешности в работу датчиков.

Приборы для измерения температуры. Поверка контактных стеклянных технических термометров расширения включает: внешний осмотр, проверку показаний и постоянства показаний. При внешнем осмотре определяют соответствие термометра техническим требованиям: отсутствие разрывов столбика жидкости в капилляре и следов испарившейся жидкости на стенках последнего, исправность подвижного электрода и магнитоповоротного устройства. Жидкостные термометры расширения поверяют путем сравнения их показаний с показаниями жидкостных термометров более высокого класса или образцовых термометров сопротивления.

Для манометрических термометров характерны три вида методических погрешностей: барометрическая, связанная с нестабильностью барометрического давления, гидростатическая, связанная с высотой столба рабочей жидкости в системе и присущая жидкостным термометрам; температурная, связанная с разницей между температурами соединительного капилляра (и манометрической пружины) и термобаллона. Поверка манометрических термометров включает: внешний осмотр и опробование; определение основной погрешности и вариации; установление качества записи и проверку погрешности хода диаграммы (для самопишущих приборов); проверку погрешности срабатывания сигнального устройства для сигнализирующих приборов; проверку электрической прочности и сопротивления изоляции электрических схем, которую выполняют только после ремонта прибора.

Аналогично поверяют биметаллические и дилатометрические термометры и термодатчики.

Поверка термопары включает определение зависимости термо-ЭДС от температуры рабочих концов при термостатированных (при 0 °С) свободных концах. Температуру рабочего конца можно установить по реперным точкам при затвердевании различных металлов и лишь с помощью термопары более высокого класса — методом сличения.

Зависимость ЭДС от температуры для ряда термопар нелинейна, поэтому для более точного определения термо-ЭДС ГОСТ предусматривает специальные градуировочные таблицы. Так как свойства электродов при эксплуатации термопар могут немного изменяться, то градуировочные таблицы для каждой конкретной термопары требуется корректировать. При измерениях необходима стабилизация температуры свободных спаев термопары вследствие того, что характеристика термопары нелинейна, а градуировочные таблицы составлены для температуры свободных спаев, равной 0 °С.

Поверка технических термометров сопротивления включает: внешний осмотр (выявление видимых повреждений как защитной арматуры, так и чувствительного элемента, удаленного из защитной арматуры); измерение сопротивления изоляции мегаомметром на 500 В

(при этом зажимы каждого чувствительного элемента соединяются накоротко); проверку отношения R_{100}/R_0 путем сравнения поверяемого термометра с контрольным с помощью двойного моста, в котором контрольный термометр служит образцовым сопротивлением, а поверяемый — неизвестным. Мост должен уравновешиваться дважды: первый раз после помещения и выдержки контрольного и поверяемого термометров в течение 30 мин в насыщенных парах кипящей воды, а второй раз — в тающем льде. Так как температура 0 и 100 °С при таком методе не поддерживаются с высокой точностью, отношения не обязательно должны соответствовать табличным — важно, чтобы они были одинаковыми у контрольного и поверяемого термометров.

Сопротивления можно измерять и потенциометрической установкой. При этом измеряют падение напряжений на поверяемом и контрольном термометрах, включаемых последовательно.

Градуировке термисторов, предназначенных для измерения температуры, должны предшествовать внешний осмотр и определение допустимой мощности рассеяния, необходимой для расчета силы измерительного тока. При градуировке сопротивление термистора измеряют с помощью моста или компенсационным методом в заданном интервале температур через каждые 10 К. Измеренные значения сопротивлений и температур наносят на графики, откладывая по оси абсцисс температуру, а по оси ординат — сопротивления, и полученные точки соединяют плавной кривой. Промежуточные значения сопротивлений определяют по полученной опытной кривой. Допускается в пределах до 100 К определять характеристику термистора расчетным путем.

Приборы для измерения давления. Работающие манометры необходимо периодически поверять на месте установки по контрольному манометру. Контрольный манометр присоединяют к фланцу трехходового крана. Предварительно пробку трехходового крана ставят в положение для проверки нуля, при котором прибор отключен от измеряемой среды и его полость соединена с атмосферой. Убедившись, что указатель поверяемого прибора стоит на нуле или его стрелка упирается в нулевой штифт, плавным поворотом пробки трехходового крана соединяют оба манометра (испытуемый и контрольный) с измеряемой средой. Если теперь показания обоих манометров совпадают или отличаются на величину, не превышающую абсолютной погрешности для данного предела измерения и класса точности проверяемого прибора, прибор пригоден к дальнейшей эксплуатации. В противном случае испытуемый манометр следует демонтировать и направить в ремонт.

Поверка манометров включает: внешний осмотр; проверку положения стрелки у нулевой или начальной отметки; установку стрелки на нулевую отметку; определение погрешности и вариации; проверку герметичности чувствительного элемента; определение разности показаний двух стрелок у двухстрелочных приборов; оценку перестановочного усилия контрольной стрелки; вычисление погрешности и вариации срабатывания сигнального устройства; определение погрешности хода диаграммы у самопишущих приборов; проверку самопишущего устройства; работы, специфичные для прибора данной конструкции. Показания приборов, градуированных в единицах давления, проверяют путем сравнения этих показаний с действительным давлением, устанавливаемым по образцовому прибору.

Погрешности жидкостных манометров вызываются неточностью определения высоты столба жидкости, в частности из-за невертикальной установки измерительной системы, утопления или всплытия поплавка под влиянием сил трения и противодействия измерительного механизма изменениям окружающей температуры.

Поршневые манометры, погрешности которых выходят за пределы их класса точности, ремонтируют с полной или частичной разборкой. Полностью разбирают для чистки механизма, замены или ремонта поврежденных деталей, а частично — главным образом для регулировки, при этом вскрывают корпус прибора, чтобы обеспечить доступ к регулировочным деталям передаточного механизма. Чтобы определить неисправность в передаточном механизме, манометр со снятой крышкой (стеклом) и циферблатом (диском) устанавливают на контрольный пресс и наблюдают за работой механизма при повышении и понижении давления. Передаточный механизм должен перемещаться плавно, без малейших рывков. В осях не должно быть люфтов, а сами они должны быть ровными, без перекосов.

При снижении давления до нуля стрелка прибора должна коснуться упорного штифта или установиться на нулевую отметку. Смещение стрелки от нулевой отметки в приборах без упорного штифта при снижении давления до нуля не должно превышать половины основной погрешности. Большее смещение стрелки свидетельствует об остаточной деформации чувствительного элемента.

Исправность дифманометра периодически проверяют по контрольному манометру. При этом из него сливают контрольную или разделительную жидкость, «минусовую» камеру соединяют с атмосферой, а в «плюсовую» камеру подают воздух, давление которого проверяют по контрольному манометру. Прибор рекомендуется немедленно поверить также при его получении на месте монтажа. Давление поднимают до тех пор, пока стрелка или перо испытуемого прибора не станет на отметку шкалы, соответствующую приблизительно 10 % от ее начала. В этот момент записывают показания контрольного манометра. Так же проверяют остальные точки: на оцифрованных отметках шкалы около 30, 40, 50, 60, 80 и 100 % верхнего предела измерения.

Если относительная приведенная погрешность, определенная при поверке, не выходит за пределы класса точности прибора, последний можно включать в эксплуатацию; в противном случае его надо отгарировать.

Поверяют дифманометры на специальных стендах. Параллельно поверяемому устанавливают U-образный контрольный дифманометр с водяным или ртутным заполнением класса точности, не менее чем втрое выше поверяемого, и с пределами измерений, соответствующими поверяемому. Поверка включает: внешний осмотр; проверку герметичности; определение погрешности; определение погрешности выходных сигналов приборов, имеющих пневматические или электрические преобразователи; проверку регистрирующего, сигнального и интегрирующего устройств.

Поверка приборов для измерения расхода. Поверка объемных счетчиков промышленных жидкостей включает: проверку соответствия счетчика опросному листу (бланк заказа), внешний осмотр счетчика, проверку герметичности, определение погрешности показаний.

Наладка влагомеров. Заключается в тщательной проверке работы измерительной схемы, осмотре и проверке датчика. Кондуктометрические датчики влагомеров для твердых и жидких веществ должны иметь высокое сопротивление изоляции между электродами и землей, контакты должны быть чистыми и сухими, без следов коррозии. У емкостных датчиков кроме сопротивления изоляции иногда измеряют угол диэлектрических потерь.

Поверка влагомеров для измерения влажности воздуха, основанных на психометрическом и электрическом принципах, включает внешний осмотр, определение основной погрешности и электрического сопротивления изоляции.

Наладка позиционных регуляторов. Сводится к проверке схемы соединений, градуировке настроечных органов, установке скорректированного задания и выбранной зоны неоднозначности. Для настройки регуляторов выпускают специальные электронные регулирующие приборы, электронные корректирующие приборы, электронные дифференциаторы, задатчики ручного управления, устройства динамической связи и др.

22.6. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Наладочные работы проводят, как правило, в условиях повышенной опасности или особо опасных (во вредных, на высоте, в действующих электроустановках), поэтому наладчики приборов и средств автоматизации перед приемом на работу и периодически подвергаются медицинскому освидетельствованию.

Каждый принимаемый на работу наладчик проходит вводный инструктаж, при проведении которого ему разъясняют цели и задачи предприятия, знакомят с его структурой, с правилами внутреннего распорядка и специальными требованиями к трудовой и производственной дисциплине, правилами производственной санитарии и гигиены, нормами выдачи спецодежды, спецпитания, порядком предоставления дополнительных отпусков, а также с порядком начисления надбавок за работу во вредных, особо вредных и тяжелых условиях. В заключение вводного инструктажа наладчику сообщают о том, какие факторы и действия создают опасность для здоровья и жизни наладочного персонала и персонала других организаций, проводящих работы на объекте. Вводный инструктаж проводит главный инженер предприятия или инженер по охране труда.

Перед направлением наладчика для выполнения любых видов работ начальник участка, производитель работ, мастер или руководитель наладочной группы проводит производственный инструктаж по установленной форме. Во время производственного инструктажа наладчика знакомят с проходом к рабочему месту, непосредственно на рабочем месте ему показывают расположение оборудования, знакомят со схемами питания электроэнергией и сжатым воздухом и точно излагают содержание поручаемых работ, проверяют знание наладчиком технологии заданных к выполнению работ, объясняют и показывают правильные и безопасные приемы работ. В заключение наладчика знакомят с источниками повышенной опасности, а также с правилами безопасности, которые необходимо выполнять при производстве работ.

Производственный инструктаж проводят также в случае направления наладчика на другое рабочее место, при изменении вида задаваемых работ или при изменении условий их проведения. Если условия труда не изменились, то не реже чем каждые шесть месяцев производственный инструктаж повторяют.

Наладчики, допускаемые к выполнению опасных и особо опасных видов работ, изучают правила безопасности труда в строительстве», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей», «Инструктивные указания по охране труда при монтаже приборов и средств автоматизации» и, кроме того, разрабатываемые в каждой организации положения и правила безопасности.

В результате изучения названных материалов наладчик должен получить четкое представление об опасностях при выполнении наладочных работ, уметь оказывать первую помощь пострадавшему от несчастного случая, знать основы производственной санитарии и гигиены.

Знания правил безопасности оценивает комиссия, которая устанавливает наладчику степень квалификации для выполнения работ в действующих электроустановках напряжением до 1000 В.

Наладчикам, допущенным к выполнению опасных работ, которые требуют специальных знаний (работы в действующих установках, на печах и котлоагрегатах, сжигающих газ и т. п.), выдают удостоверение установленной формы на право проведения определенного вида работ и ежегодно проверяют их знания по охране труда или при грубом их нарушении проводят внеочередную проверку.

Все виды опасных и особо опасных работ должны выполнять звенья, состоящие не менее чем из двух человек.

Индивидуальные защитные средства, наладочный инструмент и контрольно-поверочная аппаратура должны быть исправными и иметь непросроченное клеймо об испытаниях или проверке.

Стендовую поверку аппаратуры, сборку контрольных схем на производственных базах следует выполнять на деревянных столах и стендах. Если столы, верстаки или стенды изготовлены из металлоконструкций, опоры должны иметь изолирующие подкладки, а столешницу покрывают изолирующим материалом или фанеруют. Линии для подачи электроэнергии на столы и стенды должны иметь соответствующее сечение и быть изолированы.

Ввод электроэнергии в помещение должен быть защищен автоматическим выключателем или плавкими предохранителями. Если временную электропроводку прокладывают открыто, то ее на всем протяжении надежно закрепляют, а над проходами поднимают на высоту не менее 2,5 м.

Заземлять аппаратуру, установленную на столе или стенде, не рекомендуется, если по условиям проверки такого заземления не требуется. Это исключает опасность попадания наладчика под напряжение при случайном касании одновременно корпуса и открытых токоведущих частей прибора.

При подаче напряжения на рабочее место и подключении поверяемых приборов на них вывешивают предупредительные плакаты.

Испытательные и поверочные схемы выполняют медными одно- или многожильными проводами сечением не менее 1 мм^2. Концы проводов должны иметь стандартные наконечники или крепления к клеммным колодкам. Необходимо обращать внимание на отсутствие повреждений изоляции испытательной схемы. Если по условиям поверки требуется провести перекоммутацию схемы или ремонт части прибора, то перед проведением этих операций напряжение со стенда полностью снимают.

Для выполнения работ непосредственно на установке или в цехе наладчика обеспечивают соответствующей одеждой: костюмом, обувью на резиновой подошве и каской. Находиться на строительной площадке без касок не разрешается.

Запрещается проверять правильность монтажа электрических цепей под напряжением. Проверочное напряжение используемых для прозвонки приборов и приспособлений не должно превышать 36 В.

Опробуют приборы и средства автоматизации до сдачи работ монтажниками, поэтому к опробованию предъявляют особые требования по безопасности. Перед опробованием проверяют правильность монтажа системы и ее соответствие проекту автоматизации. Перед подачей в опробуемую часть схемы напряжения электрического тока наладчики должны убедиться в отсутствии строительного и монтажного персонала вблизи открытых токоведущих частей.

Не проходящие в данный момент опробования приборы и электрические цепи надежно отключают, а неподсоединенные концы проводов изолируют. На элементы схем с открытыми токоведущими частями вывешивают предупреждающие плакаты.

Перед подачей напряжения в схемы, которыми управляют с нескольких постов, устраняют возможность управления ими более чем с одного поста. Для этого на коммутирующие аппараты вывешивают запрещающие плакаты, помещения надежно закрывают или цепи питания этих постов отсоединяют от клеммных сборок.

Время и порядок проведения работ по опробованию приборов и средств автоматизации определяются совмещенным графиком производства монтажно-наладочных работ. Напряжение включают в опробуемую схему только после получения письменного разрешения от руководителя монтажного подразделения или заказчика.

Напряжение и силу тока в опробуемых цепях разрешается измерять только стандартными ампервольтметрами, контрольными лампами или индикаторами напряжения.

При обнаружении дефектов в соединительных линиях и элементах аппаратуры, искрения и плохого контакта полностью снимают напряжение с установки и только тогда приступают к устранению неисправностей. Если при этом выяснилось, что необходимы дополнительные монтажные работы, то после снятия напряжения установку передают монтажной организации по акту.

При проведении наладочных работ на действующем оборудовании, то есть после пуска предприятия (когда на объекте введен эксплуатационный режим), наладчики должны соблюдать правила, установленные ведомствами и данными предприятиями.

Обучение правилам и прием экзаменов по ним осуществляют представители заказчика. Изучаются санитарные и противопожарные правила, действующие на данном предприятии, а также индивидуальные средства защиты, личной гигиены и способы их применения. Для производства работ во вредных и опасных условиях наладочный персонал наравне со штатными работниками предприятий (выполняющими те же работы, например слесарями службы КИП) обеспечивают спецодеждой по профилю предприятия (противокислотными костюмами, индивидуальными защитными средствами, такими, как противогазы и респираторы), специальным питанием и осуществляют медицинский контроль за воздействием вредных веществ на организм.

Из-за того что наладочные работы связаны с работой таких устройств, как системы защиты, блокировки, контроля и урегулирования важных технологических параметров, неправильное выполнение работ или нарушения правил их эксплуатации могут создать опасность не только для технологических агрегатов, но и для обслуживающего персонала.

После введения эксплуатационного режима к работам в действующих электроустановках или на агрегатах, сжигающих газообразное топливо, допускают лиц, имеющих удостоверения на право производства этих работ.

Все работы в действующих электроустановках и на действующем оборудовании проводят только на основании оформленного допуска или распоряжения на проведение работ. Начало и прекращение работ

должны быть зафиксированы в журнале производства работ и в оперативном технологическом журнале. При производстве работ в действующих установках и в особо вредных условиях из числа наладочного персонала выделяют ответственного производителя работ и в каждом отдельном звене назначают наблюдающего.

Включают приборы и регуляторы в работу и выключают их для проверки и опробования только после получения письменного разрешения начальника смены или цеха с оформлением этого разрешения в оперативном журнале. Деблокировочные зависимости и изменения уставок вводят в системы защиты только после письменного распоряжения ответственного представителя заказчика.

Если в процессе наладки выявляются неисправности, связанные с негерметичностью отборов импульсов, с неисправностью запорной арматуры на импульсных трассах или с дефектами в узлах и элементах систем, которые имеют непосредственный контакт с технологическими аппаратами, то наладочному персоналу категорически запрещается самостоятельно устранять эти дефекты.

При проведении работ в помещении, где уже работают включенные системы, необходимо соблюдать особую осторожность.

Испытания налаженных систем и связанные с этими испытаниями переключения, выполняемые на технологическом оборудовании, изменения технологического режима, значений заданий регуляторам могут быть проведены только технологическим персоналом.

Глава 23

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ

23.1. НЕИСПРАВНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В процессе эксплуатации автотракторного электрооборудования в генераторах могут возникать следующие основные неисправности: плохой контакт между щетками и контактными кольцами ротора, обрыв обмотки возбуждения, замыкание обмотки возбуждения на корпус ротора, межвитковое замыкание в катушке обмотки возбуждения, обрыв в цепи фазовой обмотки статора, межвитковое замыкание в катушках обмотки статора, замыкание обмотки статора на корпус, замыкание зажима «плюс» на корпус, пробой диодов выпрямительного блока, механические неисправности.

Выясним причины, характерные признаки, способы определения и устранения неисправностей.

1. Плохой контакт между щетками и контактными кольцами возникает при загрязнении и замасливании контактных колец, большом износе щеток, уменьшении давления пружин на щетки и зависании щеток

в щеткодержателях. При таких дефектах повышается сопротивление в цепи возбуждения (или даже прерывается цепь возбуждения), что вызывает снижение силы тока возбуждения, уменьшается мощность генератора. Для устранения этой неисправности снимают щеткодержатель и проверяют его состояние. При необходимости протирают щеткодержатель и щетки тканью, смоченной в бензине. Щетки должны свободно перемещаться в щеткодержателях. При износе до высоты 8 мм щетки заменяют с последующей проверкой давления пружины на каждую щетку в отдельности. Загрязненные контактные кольца ротора протирают тканью, смоченной бензином. Окисленную рабочую поверхность колец зачищают стеклянной шкуркой.

2. Обрыв обмотки возбуждения чаще всего происходит в местах пайки концов обмотки к контактным кольцам. При обрыве обмотки возбуждения в обмотке статора индуктируется ЭДС не более 5 В, обусловленная остаточным магнетизмом стали ротора. При такой неисправности аккумуляторная батарея не будет заряжаться. Чтобы определить обрыв, необходимо отсоединить конец обмотки от щетки, а затем к этому концу и к зажиму Ш генератора присоединить через лампу или вольтметр провода от аккумуляторной батареи. В случае обрыва обмотки лампа загораться не будет, а стрелка вольтметра не отклонится. Для нахождения катушки с обрывом обмотки провода от зажимов батареи подключают к концам каждой катушки. После этого тщательно проверяют место пайки соединений и выводные концы катушек обмотки возбуждения. Обнаруженное место обрыва устраняют бескислотной пайкой, пользуясь мягкими припоями. Если обрыв произошел внутри катушки, ее заменяют или перематывают.

3. Межвитковое замыкание в катушках обмотки возбуждения возникает вследствие разрушения изоляции провода обмотки при перегреве или механическом повреждении, что вызывает увеличение тока возбуждения и повышение температуры обмотки. При работе генератора с контактными реле-регуляторами ток возбуждения генератора замыкается через контакты регулятора. Вследствие этого при снижении сопротивления обмотки возбуждения через контакты регулятора проходит ток, сила которого больше допустимой, и поэтому между контактами возникает сильное искрение, что ускоряет эрозию их рабочей поверхности. В транзисторных регуляторах при этих условиях перегревается выходной транзистор, что может привести к его пробою. Чтобы определить межвитковое замыкание в катушках, измеряют омметром их сопротивление и сопоставляют его с сопротивлением исправной катушки.

4. При замыкании на корпус в роторе вся обмотка возбуждения или ее часть закорачивается, вследствие чего генератор не возбуждается. Чаще всего обмотка замыкается на корпус в местах вывода ее концов к контактным кольцам ротора. Замыкание обмотки на корпус вызывает увеличение силы тока в цепи регулятора напряжения. Этот вид повреждения определяют контрольной лампой. Один провод соединяют

с любым контактным кольцом, а другой — с сердечником или валом ротора. Лампа будет гореть, когда обмотка замкнута на корпус. Если невозможно изолировать обмотку от корпуса, то ее заменяют.

5. Замыкание обмотки статора на корпус возникает вследствие механического или теплового повреждения изоляции обмотки. При этой неисправности значительно снижается мощность генератора. Генератор перегревается. Аккумуляторная батарея заряжается только на повышенной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Этот вид повреждения определяют контрольной лампой путем подключения одного щупа на сердечник, а другого — на любой вывод обмотки. Лампа горит только при замыкании обмотки на корпус. Дефектные катушки заменяют.

6. Замыкание зажима «плюс» генератора на корпус происходит вследствие разрушения изоляции зажима или изоляции провода, подключенного к этому зажиму. При такой неисправности генератора резко увеличивается сила тока в обмотке статора и в диодах выпрямительного блока, что приводит к тепловому разрушению изоляции обмотки и пробою диодов выпрямительного блока. После пробоя диодов возникает короткое замыкание аккумуляторной батареи, вследствие чего происходит глубокий разряд батареи, и изоляция соединительных проводов разрушается, а также выходит из строя амперметр.

Дефектную изоляцию зажима восстанавливают. Поврежденные обмотки статора и выпрямительный блок диодов заменяют исправными в условиях ремонтной мастерской.

7. Межвитковое замыкание в катушках обмотки статора возникает при перегреве вследствие разрушения изоляции обмотки. В короткозамкнутых катушках проходит большой ток, это приводит к перегреву катушки и вызывает дальнейшее разрушение изоляции обмотки. При такой неисправности значительно снижается мощность генератора, а аккумуляторная батарея заряжается только на большой частоте вращения коленчатого вала двигателя. Обнаружить межвитковые замыкания в катушках обмотки статора можно измерением сопротивления фаз обмотки омметром или при помощи вольтметра и амперметра, а также при помощи дефектоскопа.

8. Пробой диодов выпрямителя происходит при перегреве током большой силы, повышении напряжения генератора выше нормы и при механическом повреждении. В пробитых диодах сопротивление практически равно нулю в обоих направлениях, что вызывает короткое замыкание фаз обмотки статора, отказ генератора. При пробое диодов аккумуляторная батарея начинает разряжаться через обмотку статора, что вызывает разрушение изоляции обмотки и быстрый разряд

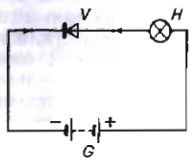


Рис. 23.1. Схема проверки диода: *H* — лампочка; *G* — батарейка; *V* — диод

батареи. Для проверки диодов на пробой и обрыв цепи пользуются омметром или, в крайнем случае, контрольной лампой мощностью 1 Вт от аккумуляторной батареи или генератора напряжением 12...24 В. При исправном диоде лампа горит только при совпадении полярности батареи и диода (рис. 23.1), а при обрыве не будет гореть во всех случаях подключения. Диод имеет короткое замыкание (пробит), если лампа горит при любой схеме подключения.

23.2. НЕИСПРАВНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА, СТАРТЕРОВ, ТЯГОВЫХ РЕЛЕ И РЕЛЕ ВКЛЮЧЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В процессе работы мобильных средств могут возникнуть следующие неисправности машин постоянного тока: износ и зависание щеток, потеря упругости пружин щеткодержателей, износ и загрязнение коллектора, межвитковое замыкание в катушках обмотки возбуждения, замыкание обмотки возбуждения на корпус, замыкание обмотки якоря на сердечник, выброс проводников из паза сердечника якоря, износ подшипников и др.

Неисправности в машинах постоянного тока описаны в главе 5.

Работоспособность стартера во многом зависит от состояния якоря, щеток, щеткодержателей и привода. Поэтому при проверке состояния деталей следует обратить на них особое внимание. В якоре могут быть следующие дефекты: обгорание, износ поверхности и замыкание пластин коллектора, межвитковое замыкание обмотки, отпайка концов секций обмотки от пластин коллектора. При эксплуатации поверхность коллектора загрязняется, вследствие этого стартер не включается в работу.

При незначительном обгорании поверхности коллектор необходимо отшлифовать стеклянной шкуркой, смоченной в бензине, как указано в п. 13.3. Значительные обгорание и местный износ поверхности коллектора (определяются при помощи штангенциркуля) устранить проточкой и шлифованием стеклянной шкуркой. Допускается использовать коллектор диаметром не менее 30,660 мм (диаметр нового коллектора 32 мм). Замыкание пластин между собой и межвитковое замыкание обмотки якоря проверяют на портативном дефектоскопе КИ-959.

Дефекты щеток: неплотное прилегание их к коллектору и износ. Площадь поверхности щетки, прилегающей к коллектору, должна составлять не менее 80 %. Высота щетки должна быть не менее 11 мм.

Дефекты в щеткодержателях и пружинах: ослабление крепления щеткодержателей и повреждение изоляции под ними, поломка или ослабление пружин.

Дефекты в приводе: забоины на торцовой поверхности зубьев шестерни, ослабление упругости буферной пружины, износ внутреннего отверстия томпакового вкладыша.

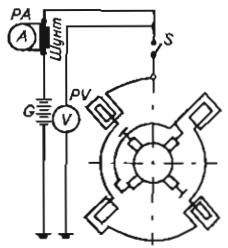


Рис. 23.2. Электрическая схема испытаний стартера в режиме холостого хода

В собранном стартере отрегулировать зазор между шестерней привода и упорной шайбой и момент замыкания контактов. При включенном положении шестерни этот зазор должен составлять 1...4 мм. Для уменьшения зазора колпачок включателя нужно повернуть по часовой стрелке, для увеличения — против часовой стрелки. После замыкания контактов дополнительный ход плунжера включателя должен быть не менее 1 мм. Момент замыкания контактов определяют по сигнальной лампе, включенной последовательно с контактами и аккумуляторной батареей.

Проверяют работу стартера в режиме холостого хода, включив его в электрическую цепь, как показано на рисунке 23.2. Измеряют потребляемую силу тока и частоту вращения якоря в режиме холостого хода. Стартер должен потреблять силу тока не более 40 А и развивать частоту вращения якоря не менее 6000 мин$^{-1}$ при напряжении на клеммах аккумуляторной батареи 12 В. Указанные измерения следует выполнять не менее чем через 30 с после включения.

Осматривают устройство деталей и узлов стартера, проверяют их состояние, определяют материал, из которого они изготовлены. Особое внимание обращают на состояние деталей тягового реле. В нем могут быть следующие дефекты: повреждение резьбы контактного болта и крепежных деталей, подгорание рабочих поверхностей контактных болтов и контактного диска, обрыв вывода катушки, повреждение изоляции контактного болта и контактного диска, короткое замыкание между витками катушки или обрыв витков.

Повреждение резьбы контактного болта и крепежных деталей обнаруживают при осмотре и проверке новыми крепежными деталями. Подгорание рабочих поверхностей контактных болтов и контактного диска и обрыв вывода катушки определяют во время осмотра. Повреждение изоляции контактного болта и контактного диска выявляют при осмотре и проверке напряжением 220 В. Короткое замыкание между витками катушки или обрыв витков определяют при измерении сопротивления обмотки.

Работоспособность реле включения зависит от его регулировки. Поэтому необходимо проверить и, если это нужно, отрегулировать этот прибор, пользуясь схемой, приведенной на рисунке 23.3. Зазор между сердечником *4* и якорем *3* при замкнутых контактах должен быть не менее 0,1 мм. При неправильном зазоре отрегулировать его путем подгибания ограничителя *5* подъема якоря. Зазор между контактами должен быть 0,4...0,6 мм; при необходимости отрегулировать его изменением высоты стойки *6* неподвижного контакта.

Для определения напряжения момента замыкания и размыкания контактов собрать схему, изображенную на рисунке 23.3. Включателем включить ток. Реостатом *8* установить напряжение 1...2 В, затем увеличивать его до момента замыкания контактов, когда контрольная лампа *7* загорится. По показанию вольтметра определить напряжение включения реле. Уменьшая напряжение реостатом до момента размыкания контактов, когда контрольная лампа *7* погаснет, определить по показанию вольтметра напряжение выключения реле. Напряжение включения реле должно быть 6...9 В, а выключения 2...4 В. При отклонении от указанных данных изменить натяжение пружины *2* путем подгибания кронштейна *1*.

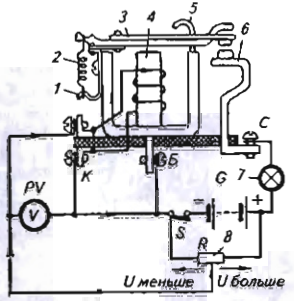


Рис. 23.3. Схема включения приборов при регулировке реле включения стартера: *1* — кронштейн; *2* — пружина; *3* — якорь; *4* — сердечник; *5* — ограничитель подъема якоря; *6* — стойка неподвижного контакта; *7* — контрольная лампа; *8* — реостат; *К, Б, С* — обозначения на корпусе реле

Проверить также, не замыкает ли обмотка реле на ярмо. Для этого отсоединить провода от зажимов *К* и *С*. Проводом, отсоединенным от зажима *С*, поочередно касаться зажимов *К*. При исправном реле лампа *7* не загорится, при неисправном — загорится.

23.3. НЕИСПРАВНОСТИ МАГНЕТО

В процессе ремонта магнето (рис. 23.4) проверяют состояние его деталей. Проверяют состояние снятой полумуфты и крепление ее на валу ротора как от продольного, так и поперечного перемещений. Проверяют состояние крышки и крепление деталей прерывателя. При осмотре ротора обращают внимание на состояние резьбы на конце вала: не задевали ли полюса за магнитопроводы. В трансформаторе находят выводы первичной и вторичной обмоток, обращая внимание на их состояние. Осмотром устанавливают целость поверхностной изоляции. Обращают внимание на состояние корпуса магнето.

Выявляют дефекты деталей демонтированного магнето. В роторе могут изнашиваться шейки вала под подшипники. Нормальный размер шеек 12,0 мм, допустимый без ремонта 11,975 мм. Изнашиваются также шейки вала под кулачок. Нормальный размер шейки вала под кулачок 8,5 мм, допустимый без ремонта 8,445 мм. Эти размеры определяют микрометром. Размагничивание ротора можно определить магнитометром МД-4. Допустимая намагниченность 220 мкВб (определяют по верхней шкале магнитометра). Срыв или износ резьбы под

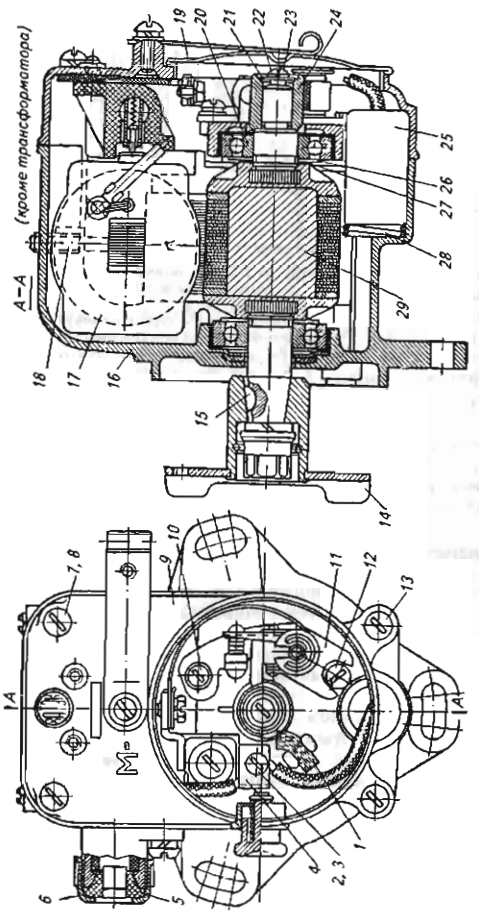


Рис. 23.4. Магнето М24-А1 и М124-А:
1 — фильц; *2, 7, 10, 13, 23* — винты; *3, 8, 22* — шайбы пружинные; *4* — скоба; *5* — шайба резиновая; *6* — гайка зажимная; *9* — крышка магнето; *11* — стойка контактная; *12* — эксцентрик; *14* — полумуфта; *15* — шпонка; *16* — корпус магнето; *17* — трансформатор; *18* — шпилька специальная; *19* — крышка прерывателя; *20* — кольцо шарикового подшипника внутреннее и обойма с шариками; *21* — шайба; *24* — кулачок; *25* — конденсатор; *26* — шайба регулировочная; *27* — шайба маслоотбойная; *28* — пружина; *29* — ротор

винт крепления кулачка и на хвостовике вала со стороны привода можно выявить при осмотре и при помощи проверки новыми винтом и гайкой. Проверяют прямолинейность валов.

В трансформаторе могут быть излом электрода, сквозные трещины в наружной изоляции, электрический пробой изоляции обмоток, излом щек.

В корпусе встречаются изломы лапок крепления магнето, трещины и отколы стенок, задиры и коррозия на поверхности полюсных башмаков, износы или срывы резьб в отверстиях под винты крепления крышки магнето и в отверстиях под винты крепления трансформатора. Резьбу можно проверить новыми винтами.

Во втулке полумуфты изнашивается шпоночная канавка. Нормальная ширина ее 2,5 мм, а допустимая без ремонта 2,6 мм. Наблюдаются также погнутость или поломка поводка, трещины во втулке, срыв резьбы или износ специальной гайки.

Крышка магнето может иметь трещины и отколы. Большое значение имеет износ контакта прерывателя. Нормальная высота контакта 1 мм, допустимая без ремонта 0,6 мм. Могут обгорать поверхности контактов, изнашиваться или срываться резьба в отверстиях под винты, изнашиваться пяточка подушки рычага прерывателя. Нормально пяточка выступает над подушкой на 4,25 мм, допустимая высота 3 мм. Упругость пружины рычага прерывателя проверяют динамометром, при этом ось его должна быть расположена вдоль оси контактов. Сила давления пружины, измеренная в момент размыкания контактов, должна составлять 3...7 Н (0,3...0,7 кгс).

Перед установкой в корпус магнето собранного ротора очищают щеткой его магнит от посторонних металлических частей. Поверхность ротора и полюсные башмаки корпуса смазывают тонким слоем вазелинового масла, а подшипники промывают в бензине и наполняют их на 2/3 объема полости смазкой ЦИАТИМ-221, ЦИАТИМ-201, Л3158 или заменителем УТМ (КВ).

Правильно собранное и отремонтированное магнето отвечает следующим техническим условиям.

Ротор вращается плавно и без заеданий, поперечного перемещения ротора нет, продольное перемещение (едва ощутимое рукой) не превышает 0,006 мм. Зазор у полностью разомкнутых контактов прерывателя составляет 0,2...0,35 мм. Кулачок на роторе установлен так, что при повороте ротора в направлении нормального вращения от нейтрального положения на угол 8...10° контакты прерывателя находятся в начале размыкания. Сердечник трансформатора плотно прилегает к полюсным башмакам корпуса. Сила давления пружины, измеренная в момент размыкания контактов, составляет 3...7 Н (0,3...0,7 кгс).

При работе магнето в пусковом режиме (250 об/мин) в течение 15 с искрообразование на трехэлектродном разряднике с воздушным зазором 7 мм бесперебойное. Проверяют магнето на искрообразование на стенде КИ-968 при вращении ротора от руки. Подшипники магнето

необходимо периодически смазывать. Масленки для смазки в магнето не ставят, так как трудно проконтролировать количество подаваемого масла, а избыток его приводит к замасливанию деталей магнето и к прекращению вырабатывания тока.

23.4. РЕМОНТ АККУМУЛЯТОРОВ

На предприятиях по хранению и переработке зерна и в сельском хозяйстве эксплуатируется много аккумуляторных батарей. Ремонт аккумуляторов в каждом хозяйстве не позволяет эффективно использовать запасные части, делает ремонт дорогим и низкокачественным, так как при ремонте аккумуляторных батарей требуются соответствующая квалификация персонала, высокая организации ремонта и применение соответствующего ремонтного оборудования.

Наиболее эффективный способ — передача аккумуляторных батарей на пункты централизованного хранения и обслуживания аккумуляторов. Неисправности аккумуляторных батарей (такие, как разрушение, трещины и отслаивания в заливочной мастике; нарушение прочности крепления межэлементных соединений и выводных клемм со штырями бареток и свинцовыми втулками крышек; отсутствие или поломка выводных клемм) устраняют непосредственно на пункте. Батареи, требующие среднего и капитального ремонта (разборка, замена положительных и отрицательных пластин и сепараторов, ремонт баков и крышек или их замена и т. д.), принимают на специальном обменном пункте.

Типовая технологическая схема ремонта стартерных аккумуляторных батарей на базе запасных частей приведена на рисунке 23.5.

Оснастка для ремонта аккумуляторных батарей включает комплект приспособлений и инструмента для разборно-сборочных работ. Во время предварительной дефектации проверяют состояние бака, крышек заливочной мастики, прочность крепления межэлементных соединений выводных клемм со штырями бареток и свинцовыми втулками крышек, выявляют элементы батареи, имеющие короткие замыкания, определяют наличие и концентрацию электролита, а также выбраковывают негодные детали.

В процессе предварительной дефектации определяют вид и объем ремонта. Разборку батареи начинают с высверливания выводных клемм и межэлементных соединений, затем разогревают и удаляют мастику с поверхности батареи. Снятую мастику собирают в ящик для повторного использования после нейтрализации в 2...3%-ном растворе щелочи или соды.

При помощи съемника снимают крышки с бака аккумуляторной батареи, вынимают элементы и устанавливают их наклонно на бак на 1...1,5 мин, чтобы стекли остатки электролита. Затем проводят предварительную дефектацию пластин полублоков и уточняют вид и объем ремонта. При выпадании активной массы, поломке решеток,

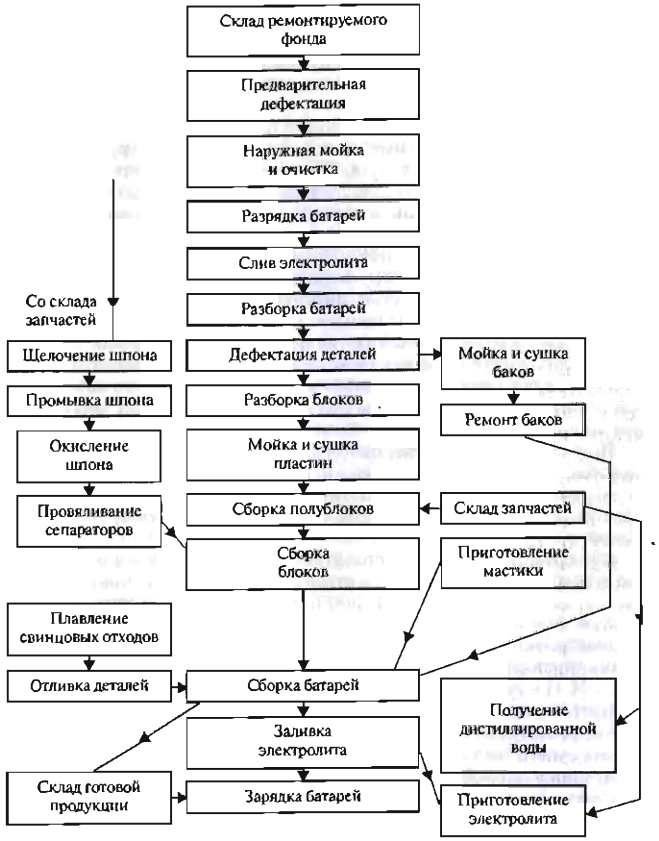


Рис. 23.5. Технологическая схема ремонта стартерных аккумуляторных батарей

сплошной сульфатации поверхности пластин полублоки выбраковывают. После этого устанавливают элементы в бак, заливают дистиллированной водой и ставят на зарядку нормальным током в течение 16...20 ч.

Уровень воды в баке аккумуляторной батареи должен быть на 5...10 мм выше пластин элемента. Если бак имеет течь, зарядку проводят в другом исправном баке. После зарядки из батареи сливают электролит, извлекают элементы из бака и разбирают на полублоки, предварительно удалив из элемента сепараторы и предохранительные щитки.

Полублоки заряженных отрицательных пластин сразу после разборки помещают в ванну с водой, чтобы предохранить их от окисления кислородом воздуха. Предохранительные щитки и сепараторы из микропористой пластмассы и микропористого эбонита, если нет отломов, трещин и сквозных отверстий, используют повторно.

Деревянные сепараторы повторно не используют, так как это может привести к преждевременному выходу аккумулятора из строя. Полублоки отрицательных пластин выбраковывают при следующих повреждениях: сломе одной из кромок; короблении, если стрела прогиба более 3 мм; сквозных трещинах на десяти и более ячейках в разных местах или на пяти ячейках рядом; сквозном выкрашивании активной массы из пяти ячеек; выкрашивании активной массы из пяти ячеек; выкрашивании активной массы под ушком из двух и более ячеек; сульфатации поверхностей пластин более чем на 20 %.

При отсутствии выбраковочных дефектов полублоки отрицательных пластин промывают водой в течение 25...30 мин. Промытый полублок отрицательных пластин разбирают, удалив из мостика баретки годные к сборке пластины, а также пластины, требующие ремонта.

Как правило, во время эксплуатации батареи активная масса отрицательных пластин разбухает, и ставить такую пластину в аккумулятор нельзя, так как она быстро выйдет из строя при работе аккумулятора. В связи с этим отрицательные пластины опрессовывают. Под пресс устанавливают стопку из 4...9 пластин с брезентовыми и металлическими прокладками между пластинами и опрессовывают усилием 300...350 Н в течение 30 с. После опрессовки пластины повторно промывают и сушат при температуре 15...25 °С.

Допускается отправлять на сборку пластины сразу же после мойки без сушки, если они будут использованы на сборке не позднее следующих суток. В случае большого разогрева пластины при сушке во избежание растрескивания помещают ее на 1...2 мин в холодную воду и вновь высушивают. Годные полублоки отрицательных пластин направляют на сборку, а на пластины с укороченным или отломанным ушком напаивают ушко. После этого пластины направляют на сборку.

Полублоки положительных пластин выбраковывают при следующих повреждениях: разрушении решетки; сломе одной из кромок; ширине кромок менее 1 мм; короблении пластин, если стрела прогиба более 3 мм; разбухании активной массы более 0,5 мм по толщине и более 20 % по поверхности пластин; сквозных трещинах на восьми и более ячейках в разных местах или на четырех ячейках рядом; сквозном выкрашивании активной массы из трех ячеек или из одной ячейки под ушком пластины; сульфатации более 20 % поверхности пластины; шелушении и пузырении активной массы на глубину более 0,5 мм и на поверхности пластины, составляющей более 20 % общей поверхности.

Полублоки, годные к сборке и нуждающиеся в ремонте, промывают водой в течение 25...30 мин. Покоробленные пластины правят во влажном и заряженном состоянии непосредственно после мойки. Перед правкой между каждой парой пластин прокладывают металлические прокладки толщиной 5...7 мм, собирают стопку из 4...9 пластин и выправляют под прессом с усилием 350...500 Н. Усилие прессования увеличивают постепенно со скоростью не более 0,5 т/мин и выдерживают стопки пластин под давлением 350...500 Н в течение 30...40 с.

После выправления пластины вновь промывают, сушат и направляют на сборку. На пластины с отломанными или укороченными ушками напаивают ушки. Баки, крышки и пробки промывают; при этом наличие шлама внутри бака не допускается. После промывки баки сушат при температуре 15...20 °С в течение 3...4 ч.

Трещины в эбонитовых баках заделывают клеем на основе эпоксидной смолы, после чего бак проверяют на электронепроницаемость, вновь промывают и сушат.

Сепараторы из микропористого эбонита и микропористой пластмассы и предохранительные щитки, не имеющие сквозных отверстий, отколов и трещин длиной более 10 мм, промывают чистой водой в течение 10...15 мин, очищают от сульфата свинца, а не направляемые непосредственно на сборку просушивают.

При сборке элемента не допускается комплектовать восстановленные или бывшие в эксплуатации пластины в один полублок с новыми, так как новые пластины имеют более высокий потенциал и будут выходить из строя быстрее.

Древесный шпон (сепараторы), поступающий вместе с запасными частями к аккумуляторам, в химически необработанном виде не применяют. Шпон подвергают щелочению в 4...6%-ном растворе щелочи плотностью 1,04...1,06 г/см^3. Щелочение шпона хвойных пород (кедр, сосна) проводят при температуре 90...100 °С в течение 9...12 ч, а шпона лиственных пород (ольха) — при температуре 60...70 °С в течение 6 ч; при этом через каждые 3 ч перемешивают раствор щелочи. Бурый цвет шпона и отсутствие на нем светлых пятен и жилок свидетельствуют о конце выщелачивания.

После выщелачивания шпон промывают в воде в течение 10...12 ч. Промытый шпон обрабатывают раствором серной аккумуляторной кислоты плотностью 1,05...1,08 г/см^3 при температуре не выше 49 °С в течение 8...16 ч; при этом об окончании обработки судят по желтому цвету шпона и отсутствию бурых пятен и жилок.

После обработки сепараторы еще раз промывают водой в течение 6...8 ч и провяливают перед поступлением на сборку в течение 24 ч. Хранить деревянные сепараторы до 10 дней необходимо под влажным холстом, а более длительное время — в электролите плотностью 1,05...1,08 г/см^3.

Подробную технологию приготовления дистиллированной воды, электролита и заливочной мастики, а также отливки межэлементных соединений бареток и выводных клемм приводят в альбоме технологических карт на ремонт аккумуляторов.

Собранные аккумуляторы после ремонта заливают электролитом плотностью 1,27...1,28 г/см^3, а новую батарею — с учетом климатического района, где эксплуатируется батарея.

Температура электролита, заливаемого в аккумуляторные батареи, не должна превышать 25 °С. Новые незаряженные батареи и батареи, собранные из сухих пластин и сепараторов, выдерживают в течение 4...6 ч, чтобы электролит впитался в поры активной массы пластин, а новые сухозаряженные батареи выдерживают в течение 3 ч. Аккумуляторные батареи после текущего и среднего ремонтов, а также батареи, подвергаемые десульфатационному циклу, можно направлять на зарядку сразу же после заливки электролита.

После заливки электролита и выдержки проводят зарядку нормальным (для данного типа аккумулятора) зарядным током в течение 16...20 ч. В процессе зарядки необходимо следить, чтобы сила зарядного тока была постоянной, и через каждые 2...3 ч измерять температуру электролита и его плотность. Если в процессе зарядки температура электролита достигнет 45 °С, необходимо уменьшить силу зарядного тока в два раза или прервать зарядку на время, необходимое для снижения температуры до 30 °С.

Зарядку аккумуляторных батарей ведут до тех пор, пока не наступает обильное газовыделение («кипение» электролита), а напряжение и плотность электролита не будут постоянными в течение 3 ч. В конце зарядки определяют плотность электролита в соответствии с общими рекомендациями для данного климатического района.

23.5. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОТРАКТОРНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Ремонт автотракторного электрооборудования аналогичен ремонту силового. Поэтому все положения охраны труда, приведенные выше, применимы и в данном случае. Но, кроме этого, следует учиты-

вать очень высокое напряжение в системе зажигания, что требует при ее ремонте и регулировке соблюдать особую осторожность.

Особую осторожность необходимо также соблюдать при регулировках и наладках электрооборудования на работающих двигателях внутреннего сгорания, учитывая повышенную пожароопасность из-за наличия паров горючего, опасность от вращающихся частей и т. п.

Практические занятия

Занятие 3.1. Испытания и регулировка магнитных пускателей

Оборудование и приборы. Источник трехфазного тока. Магнитный пускатель. Мегомметр на 500 В. Лабораторный автотрансформатор ЛАТР или РНО. Вольтметр на 300 В. Динамометр. Контрольная лампа. Папиросная бумага. Мерная линейка. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Измеряют сопротивление изоляции пускателя между входом и выходом каждой фазы и каждого полюса вспомогательных контактов при разомкнутых контактах, между соседними полюсами при замкнутых контактах, между кожухом и всеми токоведущими частями. Включают пускатель в сеть. Измеряют напряжение втягивания и отпускания якоря. Измеряют значения растворов и провалов контактов пускателя. Определяют начальное и конечное нажатие контактов пускателя.

Занятие 3.2. Испытания трансформатора после ремонта

Оборудование и приборы. Силовой трансформатор. Мегаомметр на 2500 В. Испытательный аппарат АИ-80, мост постоянного тока Р-329. Вольтметр на 100 В. Амперметры на 1 и 5 А. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Провести внешний осмотр трансформатора. Записать его паспортные данные. Выполнить контрольные испытания трансформатора (измерение сопротивления изоляции обмоток, измерение сопротивления обмоток постоянному току, испытания электрической прочности трансформаторного масла, измерение силы тока и потерь холостого хода, проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях фаз, проверка группы соединения обмоток, измерение напряжения и потерь короткого замыкания, испытание электрической прочности изоляции, испытание бака трансформатора). Сделать заключение о состоянии трансформатора.

Занятие 3.3. Определение маркировки выводов обмотки трехфазного асинхронного электродвигателя

Оборудование и приборы. Источник переменного тока. Трехфазный асинхронный электродвигатель мощностью до 4 кВт с утраченной маркировкой выводов обмоток. Вольтметры на 250 В (3 шт.). Контрольная лампа накаливания. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. У ремонтируемого электродвигателя выполнить попарную классификацию выводов обмотки с помощью лампы или вольтметра. Затем одним из способов (трансформации, подбора или открытого треугольника) определить начала и концы выводов фаз обмотки электродвигателя.

Занятие 3.4. Выявление неисправностей в автотракторном электрооборудовании

Оборудование и приборы. Стенд для определения неисправностей в электрооборудовании автомобилей, тракторов и комбайнов.

Порядок выполнения работы. Подключить электрооборудование (автомобиля, трактора или комбайна) к стенду. Отработать порядок обнаружения короткого замыкания и обрыва в электрических цепях автотракторного электрооборудования. Проверить исправность зарядных цепей автомобиля, трактора или комбайна.

Занятие 3.5. Дефектация асинхронного электродвигателя при ремонте

Оборудование и приборы. Источник трехфазного тока. Мегаомметр на 500 В. Аппараты СМ-1, ВЧФ2, ЕЛ-10 или ПДО. Штангенциркуль. Набор щупов. Приспособление КИ-1223. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы. Осмотреть электродвигатель и записать его паспортные данные. Провести дефектацию электродвигателя до разборки. Разобрать электродвигатель. Выполнить дефектацию электродвигателя после разборки. Снять все необходимые данные для изготовления обмотки (тип обмотки, обмоточные данные, габаритные размеры катушек), вычертить развернутую схему обмотки. Заполнить дефектовочную ведомость.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите операции текущего ремонта электродвигателей. 2. Как осуществляют операции пропитки и сушки обмоток электродвигателей? 3. Какова последовательность разборки и сборки трансформатора? 4. Как определить степень износа изоляции трансформатора? 5. Перечислите основные требования к трансформаторному маслу. 6. Перечислите виды и причины характерных повреждений пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В. 7. Перечислите операции при ремонте магнитных пускателей. 8. Как проверить исправность диода? 9. Какие неисправности встречаются у кислотных аккумуляторов? 10. Каким должно быть сопротивление изоляции электропроводок?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Допустимая длительность простоев технологических звеньев и удельный недовыпуск продукции

Технологический процесс	Допустимая длительность простоя технологической линии τ_0, ч	Удельный недовыпуск основной продукции α, относительные единицы
Молочные предприятия		
Доение	1,5	0,07
Поение	3,0	0,4
Кормление	3,0	0,03
Обеспечение нормативного микроклимата	3,5	0,02
Первичная обработка молока	3,0	0,035
Предприятия по откорму крупного рогатого скота		
Кормление	3,5	0,01
Поение	3,0	0,015
Обеспечение нормативного микроклимата	3,5	0,01
Свиноводческие предприятия (откорм свиней)		
Кормление	4,0	0,025
Поение	3,0	0,030
Обеспечение нормативного микроклимата при температуре наружного воздуха, °С:		
0...+12	6,0	0,01
13...20	3,0	0,025
−20...−1	Ущерб отсутствует	
Агрегат АВМ		
Приготовление витаминной муки	3,5	0,1
Теплица (обеспечение микроклимата)		
Выращивание растений при температуре наружного воздуха (в числителе — огурцы, томаты; в знаменателе — зеленные культуры), °С:		
−35...−20	4/7	0,05/0,05
−15...−5	7/12	0,05/0,003
0	9/—	0,002/0

Приложение 2

Журнал учета электрооборудования

(Наименование хозяйства и участка обслуживания (бригады, отделения))

Машина, тип, место и дата ее установки	Электродвигатель				Пускорегулирующая аппаратура				
	тип, мощность, дата выпуска заводом	инвентарный номер	дата установки	отметка о ремонте, замене и т. д.	наименование	тип, дата выпуска заводом	инвентарный номер	дата установки	отметка о ремонте, замене и т. д.

Приложение 3

График технического обслуживания и ремонта электрооборудования

(Наименование хозяйства, участка)

на _____ квартал 200__ г.

Место установки и наименование электрооборудования	Инвентарный номер	Нормативное количество технических обслуживаний	Трудоемкость технического обслуживания, чел.-ч		Выполнение технического обслуживания по месяцам и дням								
					Январь			Февраль			Март		
			на единицу оборудования	всего	1—10	11—20	21—31	1—10	11—20	21—28	1—10	11—20	21—31

Итого:
чел.-ч/квартал

Инженер (техник)-электрик _____ (Подпись)

"_____" _____ 200__ г.

Примечание. При составлении графика по кварталам года следует учесть, что в соответствии с ремонтным циклом для некоторых видов электрооборудования возможно совпадение периодичности проведения ТО и ТР. В таком случае ТО не следует планировать, поскольку в объем работ по ТР входят и работы, выполняемые при ТО.

Приложение 4

Журнал регистрации производственного инструктажа по правилам безопасности

(Наименование хозяйства, участка)

Дата проведения инструктажа (число, месяц, год)	Фамилия, имя, отчество инструктируемого	Специальность инструктируемого	Краткое содержание инструктажа	Подпись инструктируемого о получении инструктажа	Фамилия, имя, отчество, должность, группа по ПТЭ и ПТБ, подпись лица, проводившего инструктаж

Приложение 5

Журнал учета защитных средств по безопасности труда

(Наименование хозяйства)

Наименование защитного средства, номер, место нахождения	Даты и результаты испытаний					
	дата испытания (число, месяц, год)	результаты испытания	подпись	дата испытания (число, месяц, год)	результаты испытания	подпись

Приложение 6

Журнал учета отключений и перерывов в подаче электроэнергии

(Наименование хозяйства)

Наименование и номер отключенных подстанций, линий, объекта	Причина отключения (плановое предупреждение, внеплановое, отключение на время, превышающее согласованное, авария, стихийное бедствие)	Время отключения (число, месяц, год, часы)	Количество недоотпущенной электроэнергии на производственные нужды (по усредненным показателям), кВт · ч	Время возобновления подачи электроэнергии (число, месяц, год, часы)	Примечание

Приложение 7

Журнал учета потребления электроэнергии на производственные нужды

(Наименование хозяйства, участка)

Объект, ТП	Счетчик	Дата съема показаний (число, месяц, год)	Показания счетчика, кВт · ч	Разница показаний, кВт · ч	Коэффициент трансформации трансформатора тока	Количество потребленной электроэнергии, кВт · ч

Приложение 8

Журнал регистрации вводного инструктажа по безопасности труда

(Наименование хозяйства, участка)

левая сторона

Дата проведения инструктажа	Сведения о лице, прошедшем инструктаж				Подпись лица, проводившего инструктаж	Фамилия, имя, отчество и должность	Подпись лица, проводившего инструктаж
	Фамилия, имя, отчество	Год рождения	Общий производственный стаж, годы	Общий стаж работы по данной специальности, годы			

правая сторона

Сведения о медосмотре		Прохождение обучения и проверка знаний (дата, номер протокола)	Присвоены квалификационный разряд, степень квалификации (группа) по электробезопасности	Дата выдачи удостоверения о проверке знаний по ПТЭ и ПТБ	Несчастные случаи (дата и номер акта)	Алфавит
Дата прохождения	Срок действия					

Приложение 9

Журнал регистрации технической учебы персонала

Дата проведения занятия	Тема занятия	Квалификация присутствующих	Число присутствующих	Фамилия, инициалы, должность и подпись проводившего техническую учебу, занятие	Подпись руководителя

Приложение 10

Журнал учета выхода из строя электрооборудования

(Наименование хозяйства, участка)

Наименование электрооборудования	Инвентарный номер	Тип	Место установки	Дата		Причина	Заключение	Подпись
				установки	выхода из строя			

Приложение 11

Журнал учета работы резервной электростанции (электроагрегата) типа _____

Мощность _____ кВт, инвентарный N _____.

(Наименование предприятия, объекта, хозяйства)

Дата пуска станции в эксплуатацию _____ 200____ г.

Дата и время включения в работу, мин	Причина включения	Дата и время отключения, мин	Нагрузка генератора		Показание, мото-ч	Разность показаний, мото-ч	Суммарная наработка, мото-ч	Расход топлива, л	Показание трехфазного счетчика электроэнергии, кВт · ч	Разность показаний счетчика, кВт · ч	Суммарная выработка электроэнергии, кВт · ч	Неисправности и поломки, меры, принятые для их устранения
			кВт	А								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Примечания. 1. В графах 7 и 12 после каждого включения электроагрегата в работу вносят соответствующие показатели нарастающим итогом с начала эксплуатации нового или капитально отремонтированного дизеля. 2. При наличии на ДЭС трех однофазных счетчиков электроэнергии форма должна иметь для каждого счетчика собственные графы 10 и 11.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ... 3

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ... 5

Глава 1. Основные положения технического обслуживания и ремонта электрооборудования и средств автоматизации ... 5

1.1. Техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты оборудования ... 5
1.2. Стратегии обслуживания электрооборудования ... 8
1.3. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования в сельском хозяйстве ... 9
1.4. Формы эксплуатации электроустановок ... 11
1.5. Обеспечение электрооборудования и средств автоматизации запасными частями ... 12
1.6. Организация эксплуатации и ремонта сельских электрических сетей ... 14

Глава 2. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации. Виды испытаний электрооборудования и средств автоматизации ... 15

2.1. Контрольно-измерительные приборы ... 15
2.2. Средства автоматизации ... 22
2.3. Поверка средств измерений ... 29
2.4. Виды испытаний электрооборудования и средств автоматизации ... 31
2.5. Испытания изоляции электрооборудования ... 33

Глава 3. Качество электроэнергии в сельских электрических сетях ... 39

Глава 4. Надежность электрооборудования и средств автоматизации ... 44

4.1. Понятие о надежности электрооборудования и средств автоматизации ... 44
4.2. Показатели надежности ... 47

Практические занятия ... 53
Контрольные вопросы и задания ... 54

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ... 55

Глава 5. Эксплуатация электродвигателей ... 55

5.1. Электродвигатели, применяемые в сельском хозяйстве ... 55
5.2. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний при вводе электродвигателей в эксплуатацию ... 57
5.3. Пуск асинхронных электродвигателей, контроль их нагрузки и температуры ... 58
5.4. Способы сушки изоляции обмоток электродвигателей ... 62
5.5. Техническое обслуживание электродвигателей ... 65
5.6. Особенности эксплуатации электродвигателей погружных насосов ... 67
5.7. Неисправности электродвигателей при эксплуатации ... 68
5.8. Защита электродвигателей от аварийных режимов ... 71
5.9. Правила безопасности при эксплуатации электродвигателей ... 72

Глава 6. Эксплуатация силовых трансформаторов ... 73

6.1. Общие положения ... 73
6.2. Подготовка трансформаторов к включению ... 74
6.3. Осмотры и текущий ремонт трансформаторов ... 77
6.4. Режимы нагрузки и температуры трансформаторов ... 77
6.5. Контроль за состоянием изоляции и сушка трансформаторов ... 79
6.6. Трансформаторное масло и предъявляемые к нему требования ... 84
6.7. Параллельная работа трансформаторов ... 86
6.8. Экономичные режимы работы трансформаторов ... 87
6.9. Правила безопасности при эксплуатации и испытаниях силовых трансформаторов ... 89

Глава 7. Эксплуатация воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением до 1000 В ... 90

7.1. Эксплуатация воздушных линий ... 90
7.2. Эксплуатация кабельных линий ... 98
7.3. Охрана воздушных и кабельных линий и надзор за ними ... 102
7.4. Правила безопасности при эксплуатации воздушных и кабельных линий ... 104

Глава 8. Эксплуатация распределительных устройств напряжением выше 1000 В ... 107

8.1. Общие положения ... 107
8.2. Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств ... 107
8.3. Приемо-сдаточные и профилактические испытания электрооборудования распределительных устройств ... 109
8.4. Эксплуатация устройств релейной защиты и контрольно-измерительных приборов ... 112

8.5. Оперативные переключения в установках напряжением выше 1000 В ... 116
8.6. Эксплуатация потребительских подстанций ... 118
8.7. Правила безопасности при эксплуатации распределительных устройств ... 119

Глава 9. Эксплуатация пусковой, защитной, регулирующей аппаратуры и распределительных устройств напряжением до 1000 В ... 122

9.1. Объемы и нормы испытаний пусковой, защитной и регулирующей аппаратуры ... 122
9.2. Эксплуатация распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры ... 134
9.3. Правила безопасности при эксплуатации аппаратуры и распределительных устройств ... 138

Глава 10. Эксплуатация внутренних электропроводок и электроустановок специального назначения ... 139

10.1. Эксплуатация внутренних электропроводок ... 139
10.2. Эксплуатация осветительных и облучательных установок ... 141
10.3. Эксплуатация электронагревательных установок ... 143
10.4. Эксплуатация электроустановок в животноводстве ... 146
10.5. Особенности эксплуатации электрооборудования электронно-ионной технологии ... 148
10.6. Эксплуатация электрифицированного инструмента ... 149
10.7. Эксплуатация заземляющих устройств и сварочных трансформаторов ... 150
10.8. Особенности эксплуатации электрооборудования культурно-бытового назначения ... 151
10.9. Правила безопасности при эксплуатации внутренних электропроводок и электроустановок специального назначения ... 152

Глава 11. Эксплуатация электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов ... 153

11.1. Организация технического обслуживания электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов ... 153
11.2. Ежесменное техническое обслуживание электрооборудования ... 155
11.3. Техническое обслуживание аккумуляторных батарей ... 158
11.4. Техническое обслуживание генераторов ... 161
11.5. Техническое обслуживание реле-регуляторов ... 162
11.6. Техническое обслуживание стартеров ... 162
11.7. Техническое обслуживание системы зажигания ... 163
11.8. Техническое обслуживание системы освещения и сигнализации 164
11.9. Правила безопасности при эксплуатации электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов ... 166

Глава 12. Эксплуатация средств автоматизации ... 166

12.1. Организация технического обслуживания средств автоматизации ... 166
12.2. Правила безопасности при эксплуатации средств автоматизации ... 172

Глава 13. Эксплуатация и ремонт резервных электростанций ... 173

13.1. Назначение и типы автономных источников электроснабжения ... 173
13.2. Подготовка к эксплуатации и техническое обслуживание резервных электростанций ... 176
13.3. Включение генераторов на параллельную работу ... 179
13.4. Текущий ремонт генераторов резервных электростанций ... 180
13.5. Меры безопасности при обслуживании резервных электростанций ... 181

Глава 14. Организация рациональной эксплуатации электроустановок ... 182

14.1. Значение организации рациональной эксплуатации электроустановок в сельскохозяйственном производстве ... 182
14.2. Ущербы, причиняемые сельскохозяйственному производству отказами электрооборудования ... 182
14.3. Энергетическая служба хозяйства ... 186
14.4. Техническая документация энергетической службы ... 188
14.5. Предупреждение и устранение аварий электроустановок ... 190
14.6. Обучение персонала, обслуживающего электроустановки ... 192
14.7. Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей ... 194
14.8. Мероприятия по экономии энергоресурсов и электрической энергии ... 200
14.9. Реактивные нагрузки и снижение потребления реактивной мощности электроприемниками ... 201
Практические занятия ... 203
Контрольные вопросы и задания ... 204

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ... 205

Глава 15. Ремонт электродвигателей ... 205

15.1. Виды ремонтов электродвигателей, сроки их проведения и объемы ... 205
15.2. Разборка электродвигателей и выявление неисправностей ... 206
15.3. Удаление поврежденных обмоток и намотка новых ... 208
15.4. Ремонт электромеханической части электродвигателей ... 210
15.5. Послеремонтные испытания электродвигателей ... 213
15.6. Пересчет обмоточных данных электродвигателей при ремонте ... 217
15.7. Правила безопасности при ремонте электродвигателей ... 222

Глава 16. Ремонт силовых трансформаторов ... 222
16.1. Сроки и объемы текущих и капитальных ремонтов трансформаторов ... 222
16.2. Разборка трансформатора ... 224
16.3. Ремонт обмоток ... 226
16.4. Ремонт магнитопроводов ... 228
16.5. Межоперационный контроль ремонтных работ. Сушка выемной части трансформатора перед сборкой ... 228
16.6. Послеремонтные испытания трансформаторов ... 229
16.7. Правила безопасности при ремонте силовых трансформаторов ... 232

Глава 17. Ремонт воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением до 1000 В ... 232
17.1. Обслуживание и ремонт воздушных линий ... 232
17.2. Ремонт кабельных линий ... 237
17.3. Определение мест повреждений на кабельных линиях ... 240
17.4. Правила безопасности при выполнении ремонтных работ на воздушных и кабельных линиях электропередачи ... 243

Глава 18. Ремонт распределительных устройств напряжением выше 1000 В ... 246
18.1. Сроки проведения и определение объемов ремонта распределительных устройств ... 246
18.2. Неисправности аппаратуры и их устранение ... 248
18.3. Испытания оборудования после ремонта ... 252
18.4. Правила безопасности при ремонте оборудования распределительных устройств напряжением выше 1000 В ... 253

Глава 19. Ремонт пусковой, защитной, регулирующей аппаратуры и распределительных устройств напряжением до 1000 В ... 255
19.1. Повреждения пусковой и защитной аппаратуры ... 255
19.2. Ремонт пусковой и защитной аппаратуры ... 257
19.3. Сроки и объемы ремонта распределительных устройств ... 263
19.4. Послеремонтные испытания аппаратуры распределительных устройств ... 264
19.5. Правила безопасности при ремонте оборудования распределительных устройств ... 265

Глава 20. Ремонт внутренних электропроводок и электроустановок специального назначения ... 266
20.1. Ремонт внутренних электропроводок ... 266
20.2. Устранение неисправностей электротепловых и облучательных установок ... 270
20.3. Ремонт сварочных трансформаторов и установок электротехнологии ... 272
20.4. Правила безопасности при ремонте внутренних электропроводок и электроустановок специального назначения ... 273

Глава 21. Ремонт средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов ... 274
21.1. Неисправности элементов средств автоматизации и способы их обнаружения ... 274
21.2. Ремонт контрольно-измерительных приборов и элементов систем автоматизации ... 279

Глава 22. Наладка схем автоматизации ... 296
22.1. Общие сведения ... 296
22.2. Проверка и наладка электрических схем ... 297
22.3. Наладка релейных схем ... 299
22.4. Наладка бесконтактных логических схем ... 300
22.5. Наладка устройств автоматического контроля ... 301
22.6. Охрана труда при выполнении наладочных работ ... 306

Глава 23. Ремонт электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов ... 310
23.1. Неисправности генераторов переменного тока и способы их устранения ... 310
23.2. Неисправности генераторов постоянного тока, стартеров, тяговых реле и реле включения и способы их устранения ... 313
23.3. Неисправности магнето ... 315
23.4. Ремонт аккумуляторов ... 318
23.5. Правила безопасности при ремонте автотракторного электрооборудования ... 322
Практические занятия ... 323
Контрольные вопросы и задания ... 324
Приложения ... 325

Учебное издание

Воробьев Виктор Андреевич

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Учебник для средних специальных учебных заведений

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Технический редактор *Н. Н. Зиновьева*
Корректоры *Л. И. Ключевская, Р. Ф. Соколова*

Сдано в набор 23.09.03. Подписано в печать 23.03.04.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон.
Печать офсетная. Усл. печ. листов 20,58. Уч.-изд. л. 22,75.
Изд. № 03. Заказ №1112. Тираж 3000 экз.

ООО «Издательство КолосС», 101000, Москва,
ул. Мясницкая, д. 17.
Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.
Тел. (095) 280-99-86, тел./факс (095) 280-14-63, e-mail:
koloss@koloss.ru, наш сайт www.koloss.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ГУП РМЭ
«Марийский полиграфическо-издательский комбинат»
424000, г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112

ISBN 5-9532-0166-0

