ИНЖЕНЕРНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ КОММУНИКАЦИЙ

А.Ю. Воробьёв

Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем

ECOPROG — ЭКОТРЕНДЗ

Москва, 2003

УДК 621.316
ББК 31.29

А.Ю. Воробьёв

Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. — М.: Эко-Трендз, 2002. — 280 с.: ил.

ISBN 5-88405-048-8

В книге рассматриваются системы бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения инфокоммуникационных систем, размещаемых в крупных административных зданиях — так называемых интеллектуальных зданиях (ИЗ). Рассмотрены схемы перечисленных систем электроснабжения, электрооборудование — источники бесперебойного питания и дизель-генераторные установки, средства мониторинга и управления. Отдельные главы посвящены эксплуатации и созданию систем электроснабжения инфокоммуникаций.

В приложении приводятся сведения по нормативной документации в области электроснабжения, технические характеристики электрооборудования, источников бесперебойного питания, дизель-генераторных установок, способы прокладки электропроводок.

Форма изложения книги позволяет использовать её как проектировщикам систем электроснабжения, так и специалистам из персонала заказчика и управляющих компаний, а также специалистам в области телекоммуникационных и информационных технологий, заинтересованным в организации электроснабжения своих систем.

ББК 31.29

Рецензент: доктор технических наук, профессор Ю.К. Розанов

ISBN 5-88405-048-8

© А.Ю. Воробьёв, 2003

Федеральная целевая программа «Культура России»
(подпрограмма «Поддержка полиграфии и книгоиздания России»)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **5**

Глава 1. Интеллектуальное здание **7**
1.1. Понятие интеллектуального здания 7
1.2. Инженерная инфраструктура 11
1.3. Технологические системы 12
1.4. Системы безопасности 13

Глава 2. Электроснабжение интеллектуального здания **15**
2.1. Характеристики электроснабжения 15
2.2. Особенности электроснабжения средств информатизации и телекоммуникаций 26
2.3. Состав и основные функции системы электроснабжения 29

Глава 3. Система бесперебойного электроснабжения **32**
3.1. Источники бесперебойного питания 33
3.2. Системы постоянного тока 56
3.3. Аккумуляторы 58
3.4. Основные принципы построения систем бесперебойного электроснабжения зданий 59
3.5. Расчет мощности систем бесперебойного электроснабжения и систем постоянного тока 63
3.6. Обеспечение отказоустойчивой работы 67
3.7. Время автономной работы 71
3.8. Электрические сети бесперебойного электроснабжения 73

Глава 4. Система гарантированного электроснабжения **89**
4.1. Общие сведения 89
4.2. Дизель-генераторные установки 90
4.3. Устройства автоматического включения резерва 96
4.4. Схема системы гарантированного электроснабжения здания 100
4.5. Расчет мощности системы гарантированного электроснабжения 103

Глава 5. Система общего электроснабжения **112**
5.1. Организация электроснабжения зданий 112
5.2. Трансформаторная подстанция и трансформаторы 114
5.3. Схема системы общего электроснабжения 117

Глава 6. Заземление и электромагнитная совместимость **122**
6.1. Заземление 122
6.2. Электрическое соединение заземляемых частей оборудования 134
6.3. Требования к заземляющим устройствам 140
6.4. Требования к проектированию системы заземления 143
6.5. Контроль электромагнитной обстановки в здании и измерения в заземляющем устройстве 145
6.6. Требования к электромагнитной совместимости оборудования 148

Глава 7. Системы управления электроснабжением **151**
7.1. Стандартные средства мониторинга оборудования 151
7.2. Диспетчеризация электроснабжения 175
7.3. Автоматизированная система диспетчерского управления здания 192
7.4. Автоматизированная система управления электроснабжением 197

Глава 8. Электромашинные помещения **200**
8.1. Общие требования 200
8.2. Электромашинные помещения для размещения ИБП и систем постоянного тока 202
8.3. Помещения для размещения дизель-генераторных установок 207

Глава 9. Организация эксплуатации системы электроснабжения **214**
9.1. Нормативные основы эксплуатации 214
9.2. Организационная структура и функции эксплуатирующих подразделений 217
9.3. Сервисное обслуживание 222
9.4. Безопасность электроснабжения 225

Глава 10. Создание систем электроснабжения интеллектуальных зданий **228**
10.1. Комплексное проектирование и требования к проектам 228
10.2. Выбор проектировщиков, поставщиков оборудования и подрядчиков на производство работ 233
10.3. Строительство, пусконаладочные работы и сдача системы электроснабжения в эксплуатацию 237

Глава 11. Реализация концепции интеллектуального здания **239**
11.1. Система мониторинга и управления инженерным оборудованием здания 239
11.2. Системный подход к проектированию ИЗ 244

Заключение **248**

Приложение 1. Условные обозначения на электрических схемах и чертежах **249**

Приложение 2. Характеристики ИБП **253**

Приложение 3. Способы прокладки электропроводок **261**

Приложение 4. Технические характеристики трехфазных ДГУ открытого исполнения **265**

Приложение 5. Технические характеристики «сухих» и герметичных масляных трансформаторов **269**

Приложение 6. Нормативно-техническая документация **271**

Список сокращений **276**

Литература **278**

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей составной частью, обеспечивающей функционирование информационных и телекоммуникационных систем, является система электроснабжения. Системы электроснабжения довольно подробно описаны в учебной и технической литературе, однако современные концепции электроснабжения отражены в ней неполно. Специальной нормативно-технической и заводской (фирменной) документации достаточно для практической работы специалистов, имеющих опыт проектирования и эксплуатации систем электроснабжения цифровой техники. Но для учебных целей, глубокого изучения основных принципов и формирования общих представлений об электроснабжении информационных и телекоммуникационных систем литературы явно мало. Данная книга имеет целью заполнить имеющийся пробел и в первую очередь знакомит читателя с основными принципами электроснабжения инфокоммуникационных систем. Она будет полезна и для специалистов, особенно в той её части, которая содержит ряд специфических сведений и анализ нормативной документации, относящейся к затронутой проблеме. Книга не является учебным пособием или руководством для проектирования, она, скорее, очерчивает круг проблем, которые предстоит решить, приступая к созданию систем электроснабжения информационной и телекоммуникационной техники. Практическая польза может быть получена и при составлении планов и графиков работ по созданию систем электроснабжения, выбору оборудования, проектировщиков и подрядчиков, организации службы эксплуатации.

Вступительная и заключительная главы посвящены концепции и методам реализации концепции интеллектуального здания* (ИЗ). Присутствие этих глав в книге необходимо в связи с тем, что описываемые системы бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения рассматриваются с позиций их функционирования в составе инженерной инфраструктуры интеллектуального здания. Следует отметить, что электроснабжение инфокоммуникационных систем и электроснабжение систем интеллектуального здания осуществляются по одним и тем же принципам, с применением однотипного оборудования и объединяются общей задачей.

Рынок крупных интеграционных проектов в области создания интеллектуальных зданий только формируется. Приведенные в книге сведения по ИЗ, методам проектирования и управления должны помочь читателю сориентироваться в задачах ИЗ, показать место и значимость систем электроснабжения инженерных и технологических систем ИЗ.

Изложение материала построено на основе нормативно-технической базы в области электроснабжения. В случаях, когда существующие нормативы в явном виде не определяют требований к системам бесперебойного и гарантированного электроснабжения или их компонентам, приводятся разъяснения и комментарии по применению нормативов.

В работе над книгой использованы некоторые материалы, написанные в 1997–1998 гг. и вошедшие в «Концепцию электроснабжения информационно-вычисли-

---

* В настоящее время в публикациях на эту тему термин «Интеллектуальное Здание» пишется с заглавных букв. Однако, следуя правилам русского языка, в данной книге такое написание не используется.

тельных, телекоммуникационных и слаботочных систем учреждений центрального аппарата Банка России», ответственным исполнителем по выпуску которой являлся автор. Данный документ не публиковался в печатных изданиях и поэтому не включен в список использованной литературы. В книгу вошла часть материалов общетехнического характера, не относящихся к специфике работы учреждений Банка России и сохранивших актуальность на момент завершения работы.

Большая часть оборудования и программного обеспечения систем бесперебойного и гарантированного электроснабжения — импортного производства. Это источники бесперебойного питания (ИБП), дизель-генераторные установки (ДГУ), различное опциональное оборудование (аксессуары) и программное обеспечение мониторинга ИБП и ДГУ. На практике пользователям предстоит встретиться с англоязычными терминами и обозначениями в руководствах, программных меню, сообщениях на пультах и панелях управления. В связи с этим приводятся англоязычные эквиваленты русских терминов.

В приложениях приведены сведения, помогающие воспринимать материал книги, носящие справочно-иллюстративный характер, и сведения по нормативной документации.

Написание книги было бы невозможно без помощи, содействия и поддержки специалистов, с которыми автор на протяжении многих лет взаимодействовал по роду своей работы.

В связи с этим автор выражает благодарность за помощь в работе над книгой генеральному директору, главе представительства фирмы F.G.Wilson (Engineering) Ltd в СНГ и странах Балтии Л.А. Городцову; руководителю направления по работе с корпоративными заказчиками представительства корпорации American Power Conversion в СНГ А.Л. Солодовникову; А.А. Дубянскому — фирма F.G.Wilson (Engineering) Ltd; И.В. Обухову — корпорация American Power Conversion и своим коллегам по компании ЭкоПрог: В.В. Ершову, В.А. Максименко, Ю.В. Максимовой, И.Е. Солодкину, Н.А. Трипольскому, А.В. Фабричневу, В.В. Юркову.

Глава 1

Интеллектуальное здание

1.1. Понятие интеллектуального здания

Термин «интеллектуальное здание» (ИЗ) в последнее время стал очень популярным. При этом разные компании часто трактуют его по-своему. Существует ряд определений, суть которых [1, 2] можно кратко сформулировать как здание, которое обеспечивает продуктивную и экономически эффективную среду путем оптимизации четырех элементов: структуры, систем, обслуживания, управления и их взаимосвязей. Существует более общее и всеобъемлющее определение этого понятия — совокупность функций интегрированной инфраструктуры. В дальнейшем будем пользоваться именно этим определением, постепенно раскрывая стоящее за ним содержание.

Растущие потребности российского рынка привели к тому, что на нем сегодня представлен широкий спектр производителей оборудования, реализующего различные функции ИЗ. Многие из ведущих производителей этого оборудования претендуют на реализацию концепции ИЗ в своей собственной трактовке. В такой ситуации полезно определить границы оптимального применения различных инженерных решений относительно различных трактовок концепции ИЗ.

Требования к инженерным системам ИЗ можно условно разделить на две группы: требования обслуживающего персонала инженерных систем здания и требования пользователей инженерных систем — владельцев и арендаторов помещений. Первая группа определяет инженерную инфраструктуру здания, вторая — структуру систем управления комфортом и пользовательские интерфейсы общих инженерных систем здания.

Системы ИЗ делятся на инженерную инфраструктуру, технологические системы и системы безопасности.

Инженерная инфраструктура интеллектуального здания образует системы жизнеобеспечения персонала и технологическую платформу, на которой функционируют остальные системы (рис. 1.1). К инженерной инфраструктуре относятся:

1. Автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ) здания.
2. Сеть кабельной канализации (СКК).
3. Структурированная кабельная система (СКС).
4. Система электроснабжения, которая в свою очередь включает следующие системы:

– общего электроснабжения (СОЭ);

– гарантированного электроснабжения (СГЭ);
– бесперебойного электроснабжения (СБЭ);
– систему освещения.
5. Система кондиционирования и вентиляции воздуха.
6. Система водоснабжения.
7. Система канализации.
8. Система теплоснабжения.
9. Система лифтового оборудования.
10. Система часофикации.

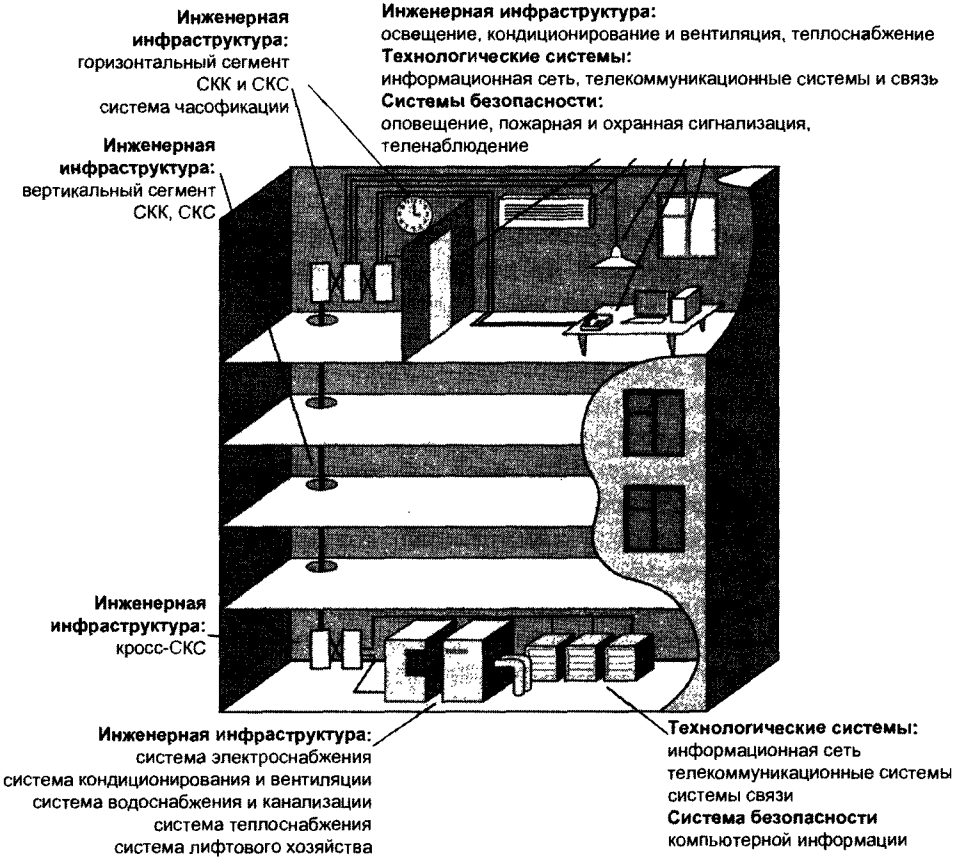


Рис. 1.1. Состав систем интеллектуального здания
(источник: Avaia Communications)

Технологические системы интеллектуального здания (рис. 1.1) формируют производственную среду, позволяющую осуществлять основную деятельность предприятия или учреждения на основе информационных и телекоммуникационных технологий. К технологическим системам относятся:

1. Информационные сети.
2. Телекоммуникационные системы.
3. Телефонные станции и системы связи.
4. Система коллективного приема телевизионных сигналов

Системы безопасности интеллектуального здания (рис. 1.1) обеспечивают безопасность персонала, сохранность самого здания и имущества и сохранность информации, включая защиту от несанкционированного доступа и преднамеренного воздействия с целью разрушения инфокоммуникационных систем. К системам безопасности относятся:

1. Система оповещения.
2. Охранная сигнализация.
3. Система контроля доступа (СКД).
4. Пожарная сигнализация.
5. Система автоматического пожаротушения.
6. Система подпора воздуха и дымоудаления.
7. Система теленаблюдения.
8. Система безопасности компьютерной информации.

С точки зрения управления комфортом инженерные системы здания можно разделить на две группы: оборудование, обеспечивающее глобальные параметры здания, и оборудование, обеспечивающее привязку этих параметров к требованиям каждого конкретного помещения и индивидуальную доводку.

К первой группе можно отнести системы отопления, кондиционирования и вентиляции, водоснабжения, электроснабжения и т.п. Их задача — обеспечение параметров, общих для здания в целом. Такое оборудование, обычно высокой производительности и мощности, — это, в частности, промышленные кондиционеры и вентиляционные системы, крышные котельные, устройства резервирования электроснабжения и др. Они задают уровень температуры воды, подаваемой в системы отопления и горячего водоснабжения, средние величины притока свежего воздуха, качественные параметры силовой электросети и пр. Таких систем в здании немного; они, как правило, территориально разнесены, имеют встроенную автоматику, работающую по индивидуальному алгоритму, и не требуют объединения в сеть. Мониторинг таких систем осуществляется через их штатные средства или с применением промышленных контроллеров.

Обеспечение индивидуальных параметров каждого помещения — задача второй группы оборудования. Количество устройств этой группы оборудования в здании велико и может исчисляться сотнями — это датчики температуры, освещенности, влажности, устройства управления освещением, жалюзи, клапанами отопления и собственно исполнительные устройства: клапаны радиаторов отопления, светильники, сплит-кондиционеры, заслонки систем вентиляции, жалюзи и др. Уже само обилие этих устройств приводит к идее объединения в единую управляющую сеть датчиков, исполнительных устройств и контроллеров управления, что и происходит реально. Стандартизация в этой области постепенно привела к тому, что поя-

вился ряд открытых протоколов, таких как M-bus, profi-bus, EIB, Lontalk, и других промышленных протоколов, поддерживающих управление инженерным оборудованием. Производители оборудования начали выпускать аппаратуру сопряжения устройств с различными протоколами для работы в единой сети. При этом подход к построению системы, разработанный для конкретной аппаратной реализации, часто оказывается применим и для других технических решений. Так, с бурным развитием Интернет-технологий появились примеры реализации Интернет-управления системами интеллектуального здания и использования для этого сотовых телефонов с WAP-доступом (более подробно этот вопрос изложен в гл. 11).

Для обеспечения функционирования и управления оборудованием инженерных систем обычно применяют специализированные системы локальной автоматики либо системы на базе универсальных промышленных контроллеров. Специализированные системы, как правило, ориентированы на управление конкретными технологическими процессами вентиляции, кондиционирования, отопления и т.д. Алгоритмы управления процессами при этом представлены резидентным программным обеспечением в управляющем оборудовании. За счет специализации оборудования упрощается процесс управления подсистемой, однако это же делает более сложной интеграцию специализированного оборудования в единую систему централизованного мониторинга и управления. Системы на базе универсальных промышленных контроллеров могут применяться как вместо специализированных систем, так и совместно с ними. За счет своей массовости они дешевле специализированных систем и более гибки, чем системы управления комфортом, однако они требуют разработки алгоритмов их функционирования применительно к конкретной инженерной системе. Поэтому их место — автоматизация нестандартного оборудования и использование в качестве так называемых proxy-систем для мониторинга и управления разнородным инженерным оборудованием, которое по своим техническим характеристикам не обладает возможностью обмена информацией с внешними системами.

Системы управления комфортом реализуются в рабочих зонах – в масштабах офиса или здания для обеспечения локального климат-контроля, управления освещением, жалюзи, некоторыми бытовыми приборами и мультимедийными приложениями.

Каждая из систем не является универсальной и имеет свою область применения. В этой ситуации целесообразно построение структуры управления ИЗ на базе набора систем, оптимальным образом связывающего инженерное оборудование конкретного объекта.

Таким образом, с позиции управления инженерными системами интеллектуального здания четко определяется необходимость сетевого управления оборудованием, обеспечивающим индивидуальные параметры климата и комфорта каждого помещения. Интернет-технологии позволяют упростить решение задачи дистанционного управления и контроля. Увязка же всех инженерных систем здания, обеспечение их оперативного мониторинга и управления приводят к необходимости создания автоматизированной системы диспетчерского управления (см. гл. 7).

1.2. Инженерная инфраструктура

Без преувеличения можно сказать, что одной из основных систем интеллектуального здания является ***автоматизированная система диспетчерского управления*** (АСДУ). АСДУ — это комплекс программно-аппаратных средств, основной задачей которого является организация надежного оптимального управления всеми системами, расположенными в здании.

АСДУ способна за счет сбора и обработки взаимоувязанной информации от всех функционирующих систем — электроснабжения, водоснабжения, кондиционирования, ЛВС, телефонии, пожарно-охранной сигнализации, системы теленаблюдения и т.д. — предложить сбалансированное адекватное решение и обеспечить его реализацию, проинформировать профильную эксплуатирующую службу о событиях. АСДУ выполняется по открытой технологии для обеспечения возможности расширения возлагаемых на неё функций, использования новых технологий и решения в дальнейшем возникающих новых задач.

Используя универсальные контроллеры, можно выбрать управляющую программу из обширной библиотеки приложений, если существуют какие-либо специфические особенности управления. Возможно создание драйверов (программ управления устройствами) и программных модулей «под заказ».

Структурированная кабельная система (СКС) предназначена для создания слаботочных систем, включая АСДУ. Основным принципом создания СКС является интеграция вычислительных, телефонных и других коммуникационных сетей в едином кабельном пространстве, т.е. объединение всего оборудования в здании. Единая СКС создается в расчете на длительную перспективу и исключает необходимость прокладки дополнительных кабелей при изменении требований к системе коммуникаций, при подключении нового и перемещении существующего оборудования.

Назначение ***сети кабельной канализации*** (СКК) — размещение, защита и упорядочение раскладки кабелей. СКК является основой для построения других систем здания, использующих силовые и слаботочные кабельные проводки. СКК проектируется и монтируется в расчете на то, что в последующем все остальные системы будут использовать трассы и конструкции СКК в целях прокладки линий соединения своих элементов.

СКК проектируется и монтируется с избыточностью, которая определяется в техническом задании и существующей нормативной документации. Обычно избыточность закладывается в объеме 15...30%.

Система электроснабжения ИЗ является основой функционирования всех систем. Отказ электроснабжения означает остановку подачи тепла, воды, выключение вентиляции и кондиционирования и, что самое главное, остановку основных технологических процессов обработки и передачи информации, осуществляемых в ИЗ. Существуют различные способы резервирования электроснабжения на разных уровнях, для различных групп потребителей. Подробно системы общего, гарантированного и бесперебойного электроснабжения будут рассмотрены далее в гл. 3–5.

Система кондиционирования и вентиляции воздуха обеспечивает оптимальные климатические условия в помещениях здания. Комплекс управления вентиляцией и кондиционированием позволяет обеспечить управление оборудованием для создания комфортных условий деятельности персонала и надежного функционирования оборудования. Системы контроля и управления вентиляцией и кондиционированием разработаны как для типовых случаев, когда используется оборудование одного производителя, так и для оборудования различных производителей. В последнем случае решение задачи осуществляется средствами объединенной АСДУ.

Системы водоснабжения и канализации предназначены для обеспечения нормальных условий жизнедеятельности персонала и удовлетворения технологических нужд оборудования.

Система теплоснабжения обеспечивает объект тепловой энергией. Применение управляющих контроллеров, интегрированных в объединенную АСДУ, позволяет обеспечить управление оборудованием теплоснабжения для создания комфортных условий деятельности персонала и применить энергосберегающие технологии.

Система лифтового оборудования выполняет управление лифтами в нормальном режиме и позволяет управлять ими по заранее заложенной программе, рассчитанной на возникновение аварийных и критических ситуаций (пожар, доставка VIP и особо ценных грузов, блокировка нежелательных лиц и т. д.).

Система часофикации предназначена для обеспечения хронометрической информацией о реальном времени пользователей и технологических систем.

1.3. Технологические системы

Как было сказано выше, инженерные системы образуют инфраструктуру (платформу), на базе которой функционируют ***технологические системы***. Под технологическими системами понимаются инфокоммуникационные системы, обеспечивающие основную деятельность организаций, предприятий, компаний и фирм, размещающихся в ИЗ. Основная деятельность этих производственных структур базируется на информационных и телекоммуникационных технологиях, и в этом смысле технологические системы являются средствами производства.

Информационная сеть образует сетевую инфраструктуру и поддерживает следующие сетевые приложения и сервис:

- интегрированная передача голосовых, видео- и цифровых данных;
- создание виртуальных локальных и частных сетей;
- управление сетью;
- учет используемых ресурсов;
- управление пользователями;
- функционирование приложений;
- построение сетей Internet, Intranet, Extranet.

Телекоммуникационные системы в общем случае являются составной частью интеллектуальных сетей здания и обеспечивают выход в глобальные информацион-

ные сети и системы связи. Основное телекоммуникационное оборудование и системы — каналообразующая аппаратура и системы спутниковой связи, системы проводной и беспроводной связи.

Телефонные станции и системы связи. Центральное место в этой группе оборудования занимают цифровые учрежденческие автоматические телефонные станции (УАТС). Эта группа включает в себя каналы связи, аппаратные средства и абонентские устройства: телефонные аппараты, телефаксы, компьютеры и т.п.

Система коллективного приема телевизионных сигналов предназначена для трансляции программ местного, всероссийского и спутникового телевещания и FM-радиопрограмм.

1.4. Системы безопасности

Персонал, здание, его инженерные и технологические системы нуждаются в обеспечении безопасных условий работы. ***Системы безопасности*** обеспечивают комплекс мер по пожарной, охранной, инженерной и информационной безопасности.

Система оповещения предназначена для управления эвакуацией персонала и может использоваться для трансляции сообщений и радиопрограмм.

Система охранной сигнализации предназначена для автоматизированной охраны помещений и подступов к объекту. Система охранной сигнализации сопрягается с системой телевизионного наблюдения для обеспечения комплексной охраны объекта.

Система контроля доступа применяется для ограничения и запрещения прохода в охраняемые помещения или на контролируемую территорию. Среди современных систем контроля доступа наиболее распространенными и оптимальными по безопасности и стоимости являются устройства и системы, считывающие идентификационный код, записанный на различных носителях. Широко распространены системы, использующие пластиковые карточки.

Система пожарной сигнализации предназначена для автоматизированного обнаружения возгорания или задымления и выдачи сигнала на запуск ***систем автоматического пожаротушения, подпора воздуха и дымоудаления***. Система пожарной сигнализации имеет связь с системами безопасности, лифтовым оборудованием, системами оповещения, электроснабжения и средствами автоматизации. При возникновении пожара по сигналу от системы осуществляется эвакуация персонала и принимаются меры, обеспечивающие сохранность оборудования.

Система телевизионного наблюдения предназначена для охраны подступов и внутренних помещений объекта. Она обеспечивает круглосуточное телевизионное наблюдение за территорией, зданием и внутренними помещениями объекта и отображение формируемых изображений на экранах мониторов в центре управления безопасностью. Прогрессивным решением является применение компьютерных систем, которые автоматически регистрируют перемещения в охраняемых зонах, сообщают об этом оператору и производят запись изображения.

Система безопасности компьютерной информации предназначена для защиты информации в компьютерных сетях (локальных или глобальных) и включает комплекс мероприятий, проводимых с целью предотвращения утечки, хищения, утраты, несанкционированного уничтожения, искажения, модификации, несанкционированного копирования, блокирования информации и т.п.

Системы ИЗ в совокупности образуют среду, позволяющую предприятию осуществлять свою деятельность с высокой производительностью и качеством, предоставляют персоналу комфортные и безопасные условия труда. Инженерные системы, технологические системы и системы безопасности находятся в определенной функциональной связи друг с другом (рис. 1.2). Инженерные системы обеспечивают функционирование технологических систем, а также систем безопасности и создают комфортные условия деятельности персонала.

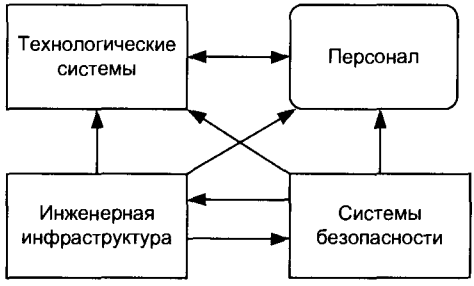


Рис. 1.2. Взаимосвязь систем интеллектуального здания

Персонал использует в своей основной деятельности технологические системы. Человекомашинный интерфейс является двунаправленным и учитывает связи только основных процессов производственной деятельности. Взаимодействие персонала с инженерными системами и системами безопасности в явном виде на рис. 1.2 не показано. Вопросы эксплуатации и требования к персоналу, обслуживающему оборудование, подробно рассмотрены в гл. 9.

Системы безопасности обеспечивают функционирование как основных процессов, включая работу персонала, так и инженерной инфраструктуры. Вопросы, связанные с безопасностью электроснабжения в широком смысле (не только электробезопасность), также рассмотрены в гл. 9.

Глава 2

Электроснабжение интеллектуального здания

Все системы ИЗ объединяет зависимость их работоспособности от состояния электроснабжения. Нарушения нормирумых показателей качества электроэнергии ведут к снижению производительности и сбоям в работе различного оборудования, а отключение питания приводит к остановке работы всех систем и прерыванию производственного процесса предприятия. В этой связи первостепенное место в инженерной инфраструктуре ИЗ занимает система электроснабжения.

2.1. Характеристики электроснабжения

2.1.1. Надёжность электроснабжения

По определению документа под названием «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), ***электроснабжением*** называется обеспечение потребителей электрической энергией. В современной литературе, относящейся к электроснабжению средств вычислительной техники и телекоммуникационных систем, зачастую применяется термин «электропитание», характерный, скорее, для вторичных источников питания и используемый в области электроники. Вместе с тем термин «питание» применяется в нормативной документации по электроснабжению. Автор считает, что для изложения предмета данной книги следует использовать терминологию ПУЭ и другой нормативной документации из области энергетики, что позволит избежать неправильной трактовки понятий, стоящих за терминами. В дальнейшем изложении все термины будут применяться в смысле соответствующих нормативных документов в области электроснабжения и электротехники. В отдельных случаях термины будут специально оговариваться.

Наиболее значимыми нормативными документами в области электроснабжения зданий являются ПУЭ и комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий». Требования Правил устройства электроустановок являются обязательными для всех ведомств, организаций и предприятий, занимающихся проектированием и монтажом электроустановок, независимо от форм собственности. ПУЭ содержит общую часть, в которой даются определения, область применения и общие указания по устройству электроустановок, выбору проводников и электрических аппаратов. В ПУЭ входят следующие разделы: распределительные устройства и подстанции, электросиловые установки, электрическое освещение, электрооборудование специальных установок, канализация электроэнергии, защита и автоматика.

Комплекс стандартов ГОСТ Р 50571 является основополагающим нормативным документом в Российской Федерации в области стандартизации, сертификации, проектирования, монтажа, испытаний и эксплуатации электроустановок зданий, а также выбора электрооборудования. Комплекс стандартов на электроустановки зданий содержит требования к проектированию, монтажу, наладке и испытанию электроустановок, а также требования к выбору электрооборудования, обеспечивающие их безопасность и удовлетворительную работу при условии использования по назначению.

Наряду с ПУЭ и комплексом ГОСТ Р 50571 существуст ряд нормативных документов, требования которых следуст учитывать при решении специальных вопросов проектирования и строительства систем электроснабжения. Эти требования относятся к некоторым видам электрооборудования, системам заземления, вопросам электромагнитной совместимости, пожарной безопасности и т.д.

Электроустановкой называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются ПУЭ на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

В здании, оснащенном средствами информационно-вычислительной техники и телекоммуникаций и оборудованном инженерной инфраструктурой для поддержания жизнедеятельности персонала и нормального функционирования технических средств, можно выделить три основные группы потребителей электрической энергии, требующих различной надежности электроснабжения.

Потребителем электрической энергии называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории. ***Приемником электрической энергии (электроприемником)*** называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

В табл. 2.1 представлен состав потребителей ИЗ и требования к надежности их электроснабжения. Группы А, В, С расположены в порядке снижения требований к надежности.

Приведенный состав потребителей относится к типичному офисному зданию. На практике составы групп потребителей А и В могут быть расширены (специфические нагрузки банковских учреждений, VIP-зоны и т.д). Способы и схемы организации электроснабжения групп А, В и С зависят от требований к надежности электроснабжения перечисленных групп. Обеспечение надежности электроснабжения группы А, соответствующее требованиям особой группы I категории по классификации ПУЭ (всего установлено три группы), должно осуществляться от трех независимых, взаимно резервирующих источников питания, причем должны быть приняты дополнительные меры, препятствующие кратковременному перерыву электроснабжения во время переключения на резервный источник питания. Элек-

троснабжение группы В производится от двух источников, но мероприятий по недопущению перерывов питания во время переключения на резерв не требуется. Электроснабжение группы С рекомендуется осуществлять также от двух независимых источников, но допускается и от одного. В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты — источники бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п. В рассматриваемых ниже случаях таковыми будут дизель-генераторные установки (ДГУ) и источники бесперебойного питания (ИБП). Поскольку все потребители располагаются в одном здании, то определяющим является требование к количеству независимых источников для группы А. Это означает, что если для электроснабжения группы А предусматривается два ввода от внешних независимых источников (вводов, помимо ДГУ и ИБП), то электроснабжение группы С будет осуществляться от тех же двух источников, а электроснабжение группы В — от трех источников (два ввода плюс ДГУ). Согласно требованиям ПУЭ при выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависимого кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях. Именно эта ситуация предусматривает применение ДГУ.

Таблица 2.1. Требования к надежности электроснабжения потребителей

Группа потребителей	Состав потребителей электроэнергии	Допустимый перерыв электроснабжения
А	Информационно-вычислительные системы Телекоммуникационные системы Система голосового оповещения и АТС Системы охранной и пожарной сигнализации Система контроля и управления доступом Система видеонаблюдения Эвакуационное освещение и освещение безопасности Система диспетчерского управления	Не допускается
В	Пожарные насосы Системы подпора воздуха и дымоудаления Пожарные лифты Система кондиционирования технологических помещений Холодильные камеры столовой Сигнальные огни	Допускается на время включения резервного источника питания
С	Прочие технологические и инженерные системы, не вошедшие в группы А и В	Допускается на время устранения аварии

На рис. 2.1. приводится иллюстрация к высказанным соображениям по обеспечению надежности электроснабжения. Два ввода от источников основного (внешнего, городского) электроснабжения осуществляются через устройство автоматического включения резерва (АВР). В условиях городской застройки электроснабжение от ДГУ может оказаться невозможным по нормам пожарной безопасности, природоохранным и санитарным нормам. В таком случае достаточно организовать электроснабжение от двух источников электроснабжения городской электросети и применить ИБП. Потребность установки ДГУ для случая электроснабжения от двух источников городской электросети следует рассматривать только в связи с требованиями задания на проектирование.

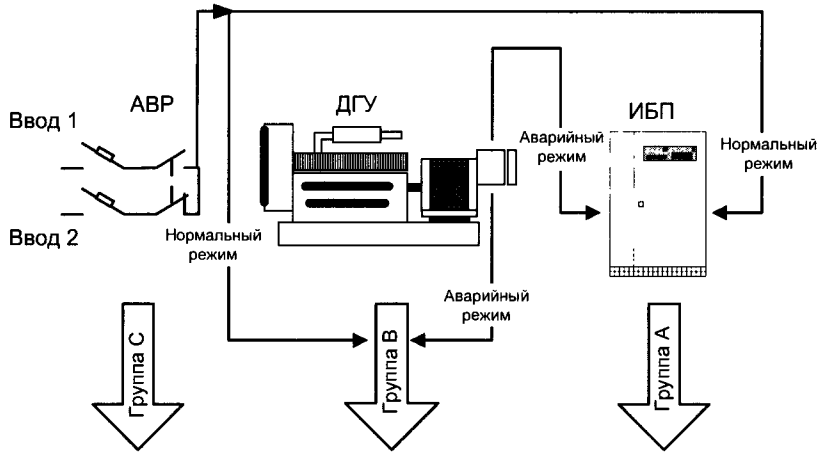


Рис. 2.1. Обеспечение надежности электроснабжения

В табл. 2.2 отражено соответствие требований надежности электроснабжения групп А, В, С нормам ПУЭ. Приведены все встречающиеся на практике комбинации. На практике в заданиях на проектирование можно встретить требования к обеспечению надежности электроприемников группы А по нормам особой группы I категории надежности электроснабжения.

Таблица 2.2. Взаимосвязь требований к надежности электроснабжения с нормами ПУЭ

№ п/п	Параметры схемы электросиабжеиия	Группы					
		А		В		С	
1	Количество независимых вводов от энергосистемы	2	1	2	1	2	1
2	Потребность в ДГУ	*	да	*	да	нет	нет
3	Потребность в ИБП	да	да	нет	нет	нет	нет
4	Фактическое количество источников электроснабжения	4	3	3	2	2	1
5	Категория надежности по классификации ПУЭ	Особая группа I	Особая группа I	Особая группа I	I	I	II
* — не обязательна, определяется требованиями задания на проектирование.							

Технические условия и разрешения на присоединение к электрическим сетям энергосистемы определяют величину установленной и единовременной мощности потребителя и категорию надежности электроснабжения. Установка автономных источников электроснабжения техническими условиями и разрешениями не регламентируется и выполняется по проекту. Два независимых ввода от системы внешнего (городского) электроснабжения (I категория надежности) характерны для крупного здания, имеющего в составе инженерных систем пожарные насосы, системы подпора воздуха и дымоудаления и прочие системы, обеспечивающие безопасность персонала и работу аварийных служб. Если заданием на проектирование специально не оговорена установка ДГУ, то проектом её можно не предусматривать, поскольку группа А имеет электроснабжение по нормам особой группы I категории надежности. Для небольших зданий обычно разрешается электроснабжение по II категории надежности. В этом случае рекомендуется установка ДГУ для электроснабжения электроприемников группы А.

2.1.2. Качество электроснабжения

Электроснабжение характеризуется надежностью и качеством. Качество электроснабжения тесно связано со свойствами самих электроприемников оказывать влияние на качество и надежность работы системы электроснабжения. К понятию качества электроснабжения в первую очередь относится качество электроэнергии (КЭ). Оно характеризуется различными нарушениями и искажениями формы питающего напряжения. Эти нарушения могут приходить из энергосистемы — например, грозовые импульсы, коммутационные перенапряжения, вызываемые коммутацией участков электрической сети, провалы и отклонения напряжения во время работы устройств автоматического включения резерва и переключения потребителей на другие источники питания. Сами электроприемники могут вносить искажения в электрическую сеть (рис. 2.2). Такими свойствами обладают электроприемники с резкопеременным и нелинейным характером нагрузки: всевозможные преобразователи, промышленные потребители, электрический транспорт и т.д. Подобные свойства электроприемников относятся к электромагнитной совместимости (ЭМС) — способности технических средств функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам, что более подробно будет рассмотрено в гл. 6.

Требования к надежности электроснабжения потребителей изложены в ПУЭ, «Инструкции по проектированию городских электрических сетей» РД 34.20.185-94, Ведомственных строительных нормах (ВСН) Госкомархитектуры «Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования» ВСН 59-88 и в ряде других ведомственных нормах проектирования. В предыдущем разделе требования к надежности электроснабжения были уже рассмотрены.

Качество электрической энергии влияет на работоспособность и эффективность функционирования электроприемников. Применительно к инфокоммуникационным системам КЭ следует рассматривать как воздействие кондуктивных помех

(электромагнитных помех, распространяющихся по элементам электрической сети) на оборудование. При этом, если уровень помех (показателей качества электроэнергии) не превышает норм, устанавливаемых стандартом, оборудование функционирует исправно и нарушений (сбоев, снижения эффективности) инфокоммуникационных систем нет.

Качество электрической энергии (качество напряжения) нормируется в ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». По определению, ***система электроснабжения общего назначения*** — совокупность электроустановок и электрических устройств энергоснабжающей организации, предназначенных для обеспечения электрической энергией различных потребителей (приемников электрической энергии). Стандарт устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии. Точка, в которой устанавливаются требования стандарта на КЭ, называется ***точкой общего присоединения*** (рис. 2.2). По определению ГОСТ 13109-97, это точка электрической сети общего назначения, электрически ближайшая к сетям рассматриваемого потребителя электрической энергии (входным устройствам рассматриваемого приемника электрической энергии), к которой присоединены или могут быть присоединены электрические сети других потребителей (входные устройства других приемников).

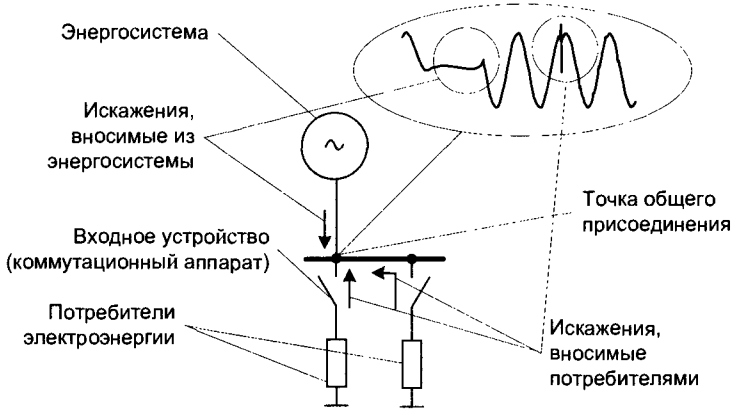


Рис. 2.2. Источники искажения качества электроэнергии

Нормы КЭ — показатели качества электроэнергии (ПКЭ), устанавливаемые указанным стандартом, являются граничными уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении указанных норм обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей систем электроснабжения общего на-

значения и электрических сетей потребителей электрической энергии (приемников электрической энергии) и не возникает нарушений и помех в работе оборудования, связанных с неудовлетворительным КЭ.

Нормы КЭ, установленные настоящим стандартом, подлежат включению в технические условия на присоединение потребителей электрической энергии и в договоры на пользование электрической энергией между электроснабжающими организациями и потребителями электрической энергии.

Эти нормы применяют при проектировании систем электроснабжения для выбора технических мероприятий по обеспечению КЭ. При эксплуатации систем электроснабжения и электроустановок потребителей ПКЭ подлежат приборному контролю для выявления случаев нарушения требований ГОСТа и установления источников (виновников) искажений КЭ.

Показатели качества электроэнергии в электрических сетях, находящихся в собственности потребителей электрической энергии, регламентируются отраслевыми стандартами и иными нормативными документами. Они не должны быть ниже норм ПКЭ, установленных настоящим стандартом в точках общего присоединения. При отсутствии отраслевых стандартов и иных нормативных документов нормы настоящего стандарта являются обязательными для электрических сетей потребителей электрической энергии.

Стандартом установлены нормально допустимые и предельно допустимые значения ПКЭ. Показателями качества электроэнергии являются рассмотренные ниже параметры.

1. Отклонение напряжения

Отклонение напряжения δU_y (рис. 2.3) характеризуется показателем установившегося отклонения напряжения, для которого определены нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения δU_y на выводах приемников электрической энергии, равные соответственно ±5 и ±10% от номинального напряжения электрической сети.

2. Колебания напряжения

Колебания напряжения (рис. 2.3) характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения δU_t;
- дозой фликкера P_t — мерой восприимчивости человека к воздействию фликкера (субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственного освещения, вызванного колебаниями напряжения) за установленный промежуток времени.

Предельно допустимые значения размаха изменения напряжения δU_t носят достаточно сложную функциональную зависимость от частоты повторения и формы огибающей. Данные зависимости приводятся в ГОСТ 13109-97.

Для инфокоммуникационных систем значимым ПКЭ являются колебания напряжения, поскольку именно они оказывают воздействие на оборудование. Доза фликкера является производной величиной от колебаний напряжения. Методики расчета и предельно допустимые значения дозы фликкера приводятся в ГОСТ 13109-97.

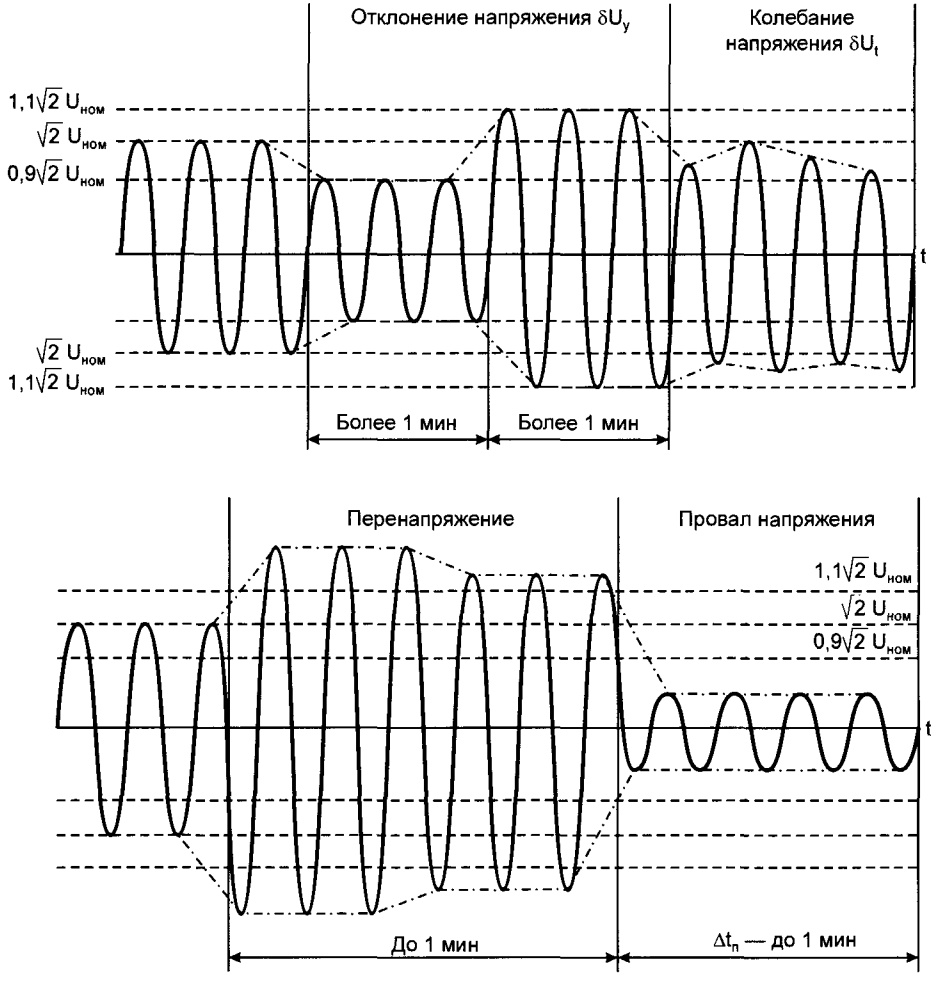


Рис. 2.3. Отклонение, колебание, перенапряжение и провал напряжения

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения δU_y и размаха изменений напряжения δU_t в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно ±10% от номинального напряжения.

3. Несинусоидальность напряжения

Несинусоидальность напряжения (рис. 2.4) характеризуется следующими показателями:

– коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U;

– коэффициентом n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения должны быть не более 8% в точках

общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ и для сетей 6...20 кВ — не более 5%.

Нормально допустимые значения коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением $U_{ном}$ приведены в табл. 2.3.

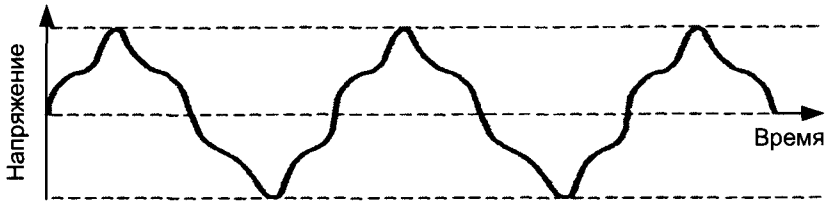


Рис. 2.4. Несинусоидальность напряжения

Таблица 2.3. Нормально допустимые значения коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения

Нечетные гармоники, не кратные 3, при $U_{ном}$, кВ			Нечетные гармоники, кратные 3**, при $U_{ном}$, кВ			Четные гармоники при $U_{ном}$, кВ		
n*	0,38	6...20	n*	0,38	6...20	n*	0,38	6...20
	Коэффициент n-й гарм. составляющей, %			Коэффициент n-й гарм. составляющей, %			Коэффициент n-й гарм. составляющей, %	
5	6,0	4,0	3	5,0	3,0	2	2,0	1,5
7	5,0	3,0	9	1,5	1,0	4	1,0	0,7
11	3,5	2,0	15	0,3	0,3	6	0,5	0,3
13	3,0	2,0	21	0,2	0,2	8	0,5	0,3
17	2,0	1,5	>21	0,2	0,2	10	0,5	0,3
19	1,5	1,0				12	0,2	0,2
23	1,5	1,0				>12	0,2	0,2
25	1,5	1,0						
> 25	0,2+1,3×25/*n*	0,2+0,8×25/*n*						

* Номер гармонической составляющей напряжения.

** Нормально допустимые значения, приведенные для n, равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице.

В соответствии с тем же стандартом предельно допустимое значение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения вычисляется по формуле

$$K_{U(n)пред} = 1,5\ K_{U(n)норм},$$

где $K_{U(n)норм}$ — нормально допустимое значение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения, определяемое по табл. 2.3.

4. Несимметрия напряжений

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:

– коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;

– коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Эти показатели вычисляются на основе метода симметричных составляющих (известно из курса теоретических основ электротехники). Практические методы расчета K_{2U} и K_{0U} приводятся в ГОСТ 13109-97. Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям в точках общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0% соответственно.

5. Отклонение частоты

Отклонение частоты напряжения переменного тока Δf в электрических сетях характеризуется показателем, для которого установлены нормально допустимое и предельно допустимое значения ± 0,2 и ± 0,4 Гц соответственно.

6. Провал напряжения

Провал напряжения (рис. 2.3) характеризуется показателем длительности провала напряжения $\Delta t_п$, для которого предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с.

7. Импульс напряжения

Импульс напряжения (рис. 2.5) характеризуется показателем импульсного напряжения $U_{имп}$.

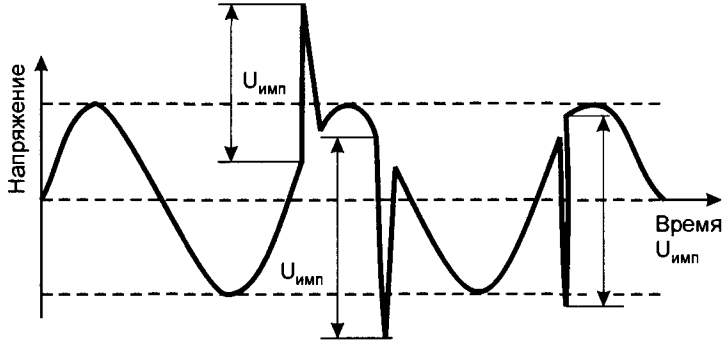


Рис. 2.5. Импульсы напряжения

Значения импульсных напряжений для грозовых импульсов, возникающих в электрических воздушных и кабельных сетях 0,38 кВ энергоснабжающей организации, не превышают 10 и 6 кВ соответственно. Для коммутационных импульсов в сетях 0,38 кВ значение импульса не превышает 4,5 кВ.

8. Временное перенапряжение

Временное перенапряжение (рис. 2.3) характеризуется показателем $K_{перU}$ (отношение максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования перенапряжения к амплитуде номинального напряжения). Значение $K_{перU}$ зависит от времени перенапряжения, но не превышает значения 1,47.

При обрыве нулевого рабочего проводника в трехфазных электрических сетях напряжением до 1 кВ, работающих с глухо заземленной нейтралью (нейтраль трансформатора или генератора присоединена к заземляющему устройству непосредственно), возникают временные перенапряжения между фазой и землей. Уровень таких перенапряжений при значительной несимметрии фазных нагрузок может достигать значений междуфазного напряжения, а длительность — нескольких часов. Этот вид нарушений КЭ опасен не только в плане повреждений оборудования и нарушения режима его работы, но и представляет собой реальную пожарную опасность вследствие высокой вероятности возгорания электрооборудования и электроприемников.

Электроприемники инфокоммуникационных систем чувствительны к нарушениям ПКЭ. Возможные последствия выражаются в сбоях в работе аппаратно-программных средств и в меньшей степени — в повреждениях оборудования. Наиболее критичными нарушениями ПКЭ являются провалы напряжения. Этот вид нарушений приводит к отключениям и перезагрузке оборудования. Повреждения оборудования могут вызывать перенапряжения и импульсы напряжения. Отклонения, колебания, несинусоидальность напряжения в наименьшей степени оказывают влияние на работоспособность инфокоммуникационных систем. Эти нарушения ПКЭ, включая отклонения частоты, в большей степени влияют на оборудование инженерных систем.

Нарушения ПКЭ вызываются различными факторами, при этом виновником может являться как энергоснабжающая организация, так и потребитель. В табл. 2.4 приведены наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ.

Обеспечение качества электроснабжения достигается различными схемными решениями и применением специального оборудования. К числу этих мер относятся:

- выделение переменной нагрузки на отдельный трансформатор;
- осуществление встречного регулирования напряжения;
- применение фильтрокомпенсирующих устройств;
- применение стабилизаторов, сетевых фильтров и источников бесперебойного питания (ИБП);
- организация технологического цикла работы электроприемников, не ухудшающего КЭ.

Для случая организации электроснабжения электроприемников группы А основным средством обеспечения надежности электроснабжения и КЭ будет ИБП. Применении ИБП будет подробно изложено в гл. 3.

Таблица 2.4. Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения (рис. 2.3)	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения (рис. 2.3)	Размах изменения напряжения δU_t Доза фликкера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
Несонусоидальность напряжения (рис. 2.4)	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения (рис. 2.3)	Длительность провала напряжения $\Delta t_п$	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения (рис. 2.5)	Импульсное напряжение $U_{имп}$	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжение (рис. 2.3)	Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$	Энергоснабжающая организация

2.2. Особенности электроснабжения средств информатизации и телекоммуникаций

Потребители группы А имеют важную особенность — в отличие от других электроприемников их электроснабжение должно осуществляться без кратковременного перерыва питания на время включения резервного источника. Такое электроснабжение называется бесперебойным, также иногда можно встретить термин «без разрыва синусоиды».

В самой группе А электроприемники не однородны по характеру электропотребления. С точки зрения схемотехники вторичных источников питания (блоков питания) ряд электроприемников группы А имеют существенные особенности. Часть электроприемников оборудована блоками питания, выполненными по схеме без преобразования частоты «трансформатор–выпрямитель–сглаживающий фильтр–стабилизатор» (рис. 2.6, *а*). Эта схема характерна отсутствием преобразования энергии на первичной стороне трансформатора. Другая часть имеет так называемые импульсные блоки питания, в которых для снижения массогабаритных показателей применяется преобразование частоты на стороне первичного напряжения трансформатора (рис. 2.6, *б*), что определяет характер потребляемого нагрузкой тока. В настоящее время эти блоки питания применяют очень широко.

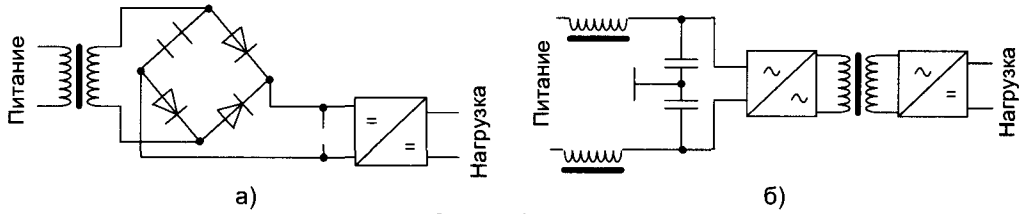


Рис. 2.6. Схемы блоков питания:
а) без преобразования частоты; *б)* импульсный

Основную часть электроприемников группы А составляют средства информатизации и телекоммуникаций, оборудованные именно импульсными блоками питания. На рис. 2.7 показана диаграмма тока и мощности типичного импульсного блока питания [3].

Из диаграммы видно, что энергия потребляется импульсами через каждые 10 мс, или 100 раз в секунду (2 раза за период промышленной частоты переменного тока 50 Гц). Существуют промежутки времени между импульсами, когда электроэнергия не потребляется из сети, а электронное устройство (компьютер, маршрутизатор и т.п.) получает энергию от конденсаторов в составе блока питания. За счет этой запасенной энергии блок питания может обеспечивать работоспособность оборудования или аппаратуры даже во время кратковременного прерывания электроснабжения на время до 50 мс. Отсюда следует, что требование к обеспечению электроснабжения «без разрыва синусоиды» носит в определенной степени условный характер и относится к времени переключения на резервное питание, которое согласно [3] не должно быть более 50 мс. Однако существуют технические средства компьютерных и телекоммуникационных сетей, которые оборудованы блоками питания без преобразования частоты, в том числе маломощными, на несколько ватт, например сетевыми адаптерами, конверторами протоколов и т.п., которые потребляют энергию не импульсами (рис. 2.8).

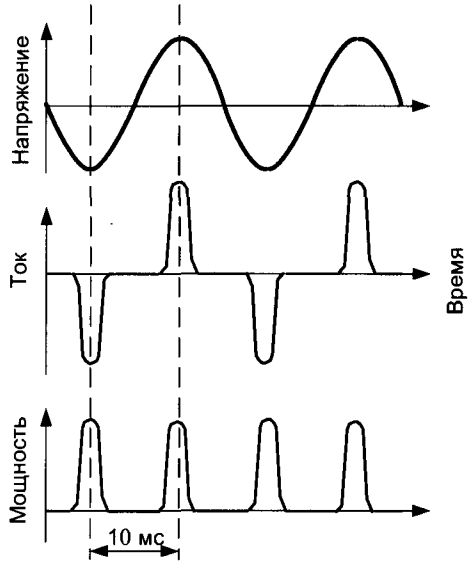


Рис. 2.7. Диаграмма электропотребления импульсного блока питания

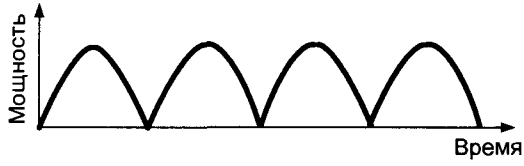


Рис. 2.8. Диаграмма потребления мощности блоками питания без преобразования частоты

Для таких устройств требование к питанию «без разрыва синусоиды» более актуально, так как конденсатор, находящийся в составе блока питания, несет функцию сглаживающего фильтра, а не накопителя энергии, как у импульсных блоков. Поскольку работоспособность информационных и телекоммуникационных систем определяется по совокупности работоспособности всех устройств, то требование к питанию «без разрыва синусоиды» становится актуальным при организации электроснабжения всего комплекса технических средств информационных и телекоммуникационных систем с различными блоками питания. Возможность переключения на резервное питание с небольшой бестоковой паузой до 50 мс для устройств с импульсными блоками питания можно использовать при организации резервирования питания соответствующих электроприемников (например, рабочих станций) простыми и дешёвыми ИБП типа off-line (см. разд. 3.1.2).

Электроприемники групп В и С представляют собой двигатели, преобразователи, осветительную и термическую нагрузки, относящиеся к технологическим и инженерным системам здания. Состав и тип электроприемников различных групп представлен в табл. 2.5, в качестве характеристик электроприемников использованы преобладающие типы нагрузок. Из табл. 2.5 видно, что состав группы А представляют преимущественно преобразователи — импульсные и обычные блоки питания; группа В — в основном двигатели; группа С представлена всеми типами нагрузок. В дальнейшем при рассмотрении систем электроснабжения для групп А, В и С будем руководствоваться требованиями и характеристиками из табл. 2.1, 2.2 и 2.5.

Таблица 2.5. Характеристики электроприемников

Группа потребителей	Состав потребителей	Характеристика электроприемников
А	Информационно-вычислительные системы	Импульсные блоки
	Телекоммуникационные системы	Обычные и импульсные блоки питания, источники постоянного тока
	Система голосового оповещения и АТС	Обычные и импульсные блоки питания, источники постоянного тока
	Системы охранной и пожарной сигнализации	Обычные и импульсные блоки питания, источники постоянного тока
	Система контроля и управления доступом	Обычные и импульсные блоки питания, двигатели
	Система видеонаблюдения	Импульсные блоки питания
	Освещение безопасности, освещение эвакуационное	Осветительная нагрузка
	Система диспетчерского управления	Импульсные блоки питания
В	Пожарные насосы	Двигатели
	Системы подпора воздуха и дымоудаления	Двигатели
	Пожарные лифты	Двигатели
	Система кондиционирования технологических помещений	Двигатели
	Холодильные камеры столовой	Двигатели
	Сигнальные огни	Осветительная нагрузка
С	Прочие технологические и инженерные системы, не вошедшие в группы А и В	Двигатели, осветительная и термическая нагрузки

2.3. Состав и основные функции системы электроснабжения

По определению ПУЭ, ***системой электроснабжения*** (СЭ) называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией. Электроснабжение групп А, В и С осуществляется для каждой группы от специально предназначенной для этого электроустановки. Рассматривая в дальнейшем качественный состав той или иной системы, будем в первую очередь обращать внимание на электрооборудование. Вспомогательное оборудование и системы будут рассматриваться отдельно в ограниченном объеме.

Электроприемники группы А получают питание от ***системы бесперебойного электроснабжения*** *(питания)* — СБЭ (СБП). СБЭ как термин более полно отражает стоящее за ним понятие, но термин «СБП» также имеет право на существование, поскольку его этимология связана с источниками (агрегатами) бесперебойного питания. В дальнейшем будем применять термин «СБЭ».

Системой бесперебойного электроснабжения называется электроустановка, осуществляющая электроснабжение нагрузки в случаях отключения основных источников внешнего электроснабжения за счет энергии, накопленной в аккумуляторах источников бесперебойного питания на время до восстановления внешнего электроснабжения или включения резервных (аварийных) источников системы гарантированного электроснабжения. Она обеспечивает КЭ у электроприемников в нормальном режиме и обладает следующими функциональными возможностями:

- обеспечивает электроснабжение «без разрыва синусоиды»;
- имеет время автономной работы, необходимое для корректного завершения процессов в информационных и телекоммуникационных системах без потери информации и повреждения оборудования;
- осуществляет электроснабжение с требуемыми показателями качества электроэнергии;
- обеспечивает электромагнитную совместимость оборудования.

СБЭ состоит из следующих компонентов:

- источников бесперебойного питания;
- главных распределительных щитов СБЭ;
- распределительных щитов (пунктов);
- распределительных сетей;
- групповых сетей.

Более подробно СБЭ и её компоненты будут рассмотрены в гл. 3.

Электроприемники группы В выделены в составе системы электроснабжения таким образом, что имеют возможность получать питание от автономного источника — дизель-электрической станции (ДЭС) — при отсутствии питания от основных источников электроснабжения. В отличие от ИБП, в нормальном режиме ДЭС отключена, и потребители группы В получают питание наравне с потребителями группы С непосредственно от основных источников. ДЭС выполняется на основе дизель-генераторных установок (ДГУ). В общем случае в состав ДЭС может входить несколько ДГУ разной мощности.

Система гарантированного электроснабжения (СГЭ) — электроустановка, осуществляющая электроснабжение потребителей от резервной ДЭС в случае отключения основных источников питания.

СГЭ состоит из следующих компонентов:

– дизель-генераторных установок;

– распределительных щитов;

– устройств автоматического включения резерва (АВР).

Подробно СГЭ и её компоненты будут рассмотрены в гл. 4.

По определению, ***система общего электроснабжения*** (СОЭ) является системой электроснабжающей организации и предназначена для обеспечения электроэнергией различных потребителей. Здесь под термином «система общего электроснабжения» понимается система потребителя, предназначенная для электроснабжения электроприемников групп В, С и системы бесперебойного электроснабжения. Часть системы электроснабжения здания от границы балансовой принадлежности до АВР СГЭ и вводных щитов СБЭ будет относиться к СОЭ.

СОЭ состоит из следующих компонентов:

– питающих линий;

– трансформаторной подстанции (ТП) и (или) вводно-рапределительного устройства (ВРУ).

– главного распределительного щита (ГРЩ);

– распределительной сети;

– распределительных щитов;

– групповых щитов;

– групповой сети.

Более подробно СОЭ и её компоненты будут рассмотрены в гл. 5.

На рис. 2.9 условно представлено питание электроприемников СОЭ, СГЭ и СБЭ в нормальном и аварийном режимах. В нормальном режиме СОЭ осуществляет электроснабжение всех электроприемников от внешних источников питания. В аварийном режиме возможны два случая:

1. При наличии двух независимых взаимно резервирующих источников электроснабжения питание будет осуществляться от оставшегося в работе источника. При серьезной аварии в системе внешнего электроснабжения и потере питания от обоих источников потребители группы С обесточиваются, потребители групп А и В получают питание от СГЭ.

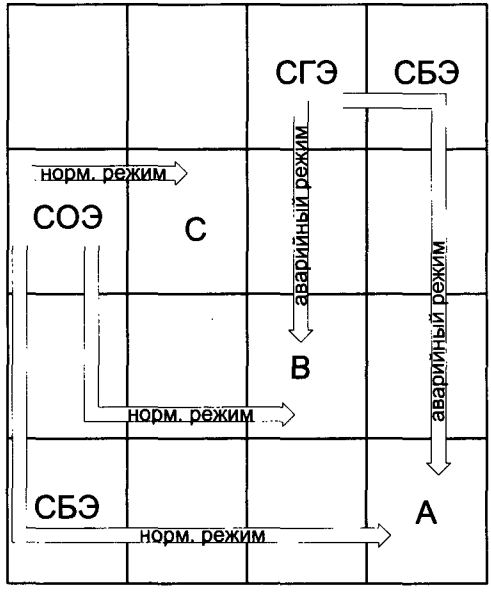


Рис. 2.9. Питание электроприемников в нормальном и аварийном режимах

2. При наличии только одного источника внешнего электроснабжения любая авария, вызывающая отключение внешнего электроснабжения, приводит к обесточиванию потребителей группы С и переводу питания групп А и В на СГЭ.

Непосредственно электроснабжение электроприемников информационных и телекоммуникационных систем осуществляет питающая их система — СБЭ. Однако емкость аккумуляторов ИБП не безгранична, и для увеличения времени автономного электроснабжения применяются ДГУ в составе СГЭ. Основным источником электроснабжения является СОЭ. Рассмотрим эти системы в перечисленном порядке.

Глава 3

Система бесперебойного электроснабжения

Система бесперебойного электроснабжения (СБЭ) является последним «рубежом обороны» в борьбе за качество и надежность электроснабжения для электроприемников группы А. Однако и в этой группе можно выделить так называемые «критические» нагрузки, которые нуждаются в дополнительном резервировании питания. К таким нагрузкам относятся, например, файл-серверы, ряд средств связи и телекоммуникаций, системы безопасности. Электроснабжение данных систем резервируется от локальных источников бесперебойного питания (ИБП) малой и средней мощности, блоками питания с встроенными аккумуляторами и буферными аккумуляторными батареями. Практикуется двустороннее питание оборудования, для чего его конструкция предусматривает наличие двух блоков питания, которые подключаются к разным источникам электроснабжения. По отношению к системе электроснабжения данный вид резервирования относится к технологическому и на принципиальную схему СБЭ не влияет.

СБЭ представляет собой электроустановку, которая предназначена для автономного электроснабжения электроприемников в случаях отключения (нарушения) электроснабжения от основных источников. Время автономной работы СБЭ, как правило, выбирается из расчета завершения работы инфокоммуникационных систем без потери информации и повреждений оборудования. Минимального (базового) времени автономной работы всегда хватает на запуск резервного источника электроснабжения, например ДГУ.

Основу СБЭ составляют источники бесперебойного питания, подробно рассмотренные ниже. Обладая различной схемотехнической базой, мощностью, конструкцией, ИБП объединены функциональной способностью резервирования питания. Часть типов ИБП может в нормальном режиме обеспечивать КЭ на входе электроприемников. В нормальном режиме работы системы внешнего электроснабжения возможны отклонения показателей качества электроэнергии, вызывающие ответную реакцию ИБП, в том числе переход в автономный режим — на батареи. В основном это отклонения напряжения δU. Допустимые значения отклонения напряжения на входе ИБП не должны вызывать перехода в автономный режим при изменениях δU в пределах, допускаемых стандартом. Практика показывает, что значение входного напряжения («входных ворот»), лежащее в диапазоне ±15%, удовлетворяет условию работы без перехода в автономный режим. В остальном ИБП достаточно устойчивы к нарушениям показателей качества электроэнергии.

СБЭ характеризуется основными технико-экономическими показателями, приведеными в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Основные технико-экономические показатели СБЭ

№ п/п	Показатель	Описание
1	Установленная мощность	Суммарная номинальная мощность ИБП
2	Избыточное резервирование	Избыточная установленная мощность на случай отказа части ИБП
3	Время автономной работы	Время работы с номинальной мощностью при отключении внешнего питания

Установленная мощность зависит от двух факторов: расчетной мощности (мощности нагрузки) и степени избыточного резервирования. Избыточное резервирование может достигать 100%. Этот случай наименее экономичен и представляет собой схему из одного рабочего и одного резервного ИБП. В настоящее время большое распространение получил принцип резервирования N+1, когда резервируется только часть мощности ИБП, а схема СБЭ построена таким образом, что позволяет использовать резерв при отказе одного из работающих ИБП. Как правило, это схемы с так называемым «горячим резервом» (находящимся под нагрузкой). Возможны случаи построения СБЭ без избыточного резервирования, но они менее предпочтительны. Время автономной работы (run-time) на номинальную нагрузку определяется емкостью аккумуляторных батарей (АБ). Реально это время несколько больше за счет избыточного резервирования и дискретности шкалы номинальных мощностей (см. разд. 3.7).

3.1. Источники бесперебойного питания

3.1.1. Классификация источников бесперебойного питания по мощности

Источник бесперебойного питания (Uninterruptible Power Supplie, UPS) — статическое устройство, предназначенное, во-первых, для резервирования (защиты) электроснабжения электроприемников за счет энергии, накопленной в аккумуляторной батарее и, во-вторых, для обеспечения КЭ у защищаемых электроприемников. Известны также ИБП, выполненные на основе вращающихся машин с накопителями энергии на основе маховиков и статических ИБП, с накопителями на основе аномальных конденсаторов большой емкости, исчисляемой фарадами. В литературе также применяется термин «агрегат бесперебойного питания» (АБП), но в настоящее время наиболее употребителен термин «ИБП».

Существующая ***классификация ИБП*** производится по двум основным показателям — мощности и типу ИБП. Классификация ИБП по мощности носит отчасти условный характер и связана с исполнением (конструкцией) ИБП.

К ***маломощным ИБП*** принято относить устройства, предназначенные для непосредственного подключения к защищаемому оборудованию и питающиеся от электрической сети через штепсельные розетки. Можно встретить даже название «розеточные ИБП». Данные устройства изготавливаются в настольном, реже — напольном исполнении, а также в исполнении, предназначенном для установки в стойку (rack-mount, RM). Как правило, эти устройства выпускаются в диапазоне мощностей от 250 до 3000 ВА.

К ***ИБП средней мощности*** относятся устройства, питающие защищаемое оборудование от встроенного блока розеток либо подключаемые к групповой розеточной сети (см. разд. 3.8.5), выделенной для питания защищаемых электроприемников. К питающей сети эти ИБП подключаются кабелем от распределительного щита через защитно-коммутационный аппарат. Данные устройства изготавливаются в исполнении, пригодном для размещения как в специально приспособленных электромашинных помещениях, так и в технологических помещениях инфокоммуникационного оборудования, допускающих постоянное присутствие персонала. Как правило, эти устройства выпускаются в напольном исполнении или в исполнении RM. Типичный диапазон мощностей таких ИБП от 3 до 30 кВА.

К ***ИБП большой мощности*** принято относить устройства, подключаемые к питающей сети кабелем от распределительного щита через защитно-коммутационный аппарат и питающие защищаемое оборудование через выделенную групповую розеточную сеть. Данные ИБП имеют напольное исполнение для размещения в специально приспособленных электромашинных помещениях. Типичный диапазон мощностей таких ИБП охватывает значения от 10 до нескольких сотен кВА (известны модели мощностью до 800 кВА). Параллельные системы ИБП и энергетические массивы могут иметь мощности до нескольких тысяч кВА, но это уже характеристики системы, а не единичного ИБП или силового модуля энергетического массива.

3.1.2. Типы источников бесперебойного питания и их структура

По принципу устройства ИБП можно отнести к двум типам.

Первый тип — это источники бесперебойного питания с режимом работы off-line (off-line — дословно «вне линии»). Принцип работы этого типа ИБП заключается в питании нагрузки от питающей сети и быстром переключении на внутреннюю резервную схему при отключении питания или отклонении напряжения за допустимый диапазон. Время переключения обычно составляет величину порядка 4...12 мс, что вполне достаточно для большинства электроприемников с импульсными блоками питания.

Второй тип — это источники бесперебойного питания с режимом работы on-line (on-line — дословно «на линии»). Эти устройства постоянно питают нагрузку и не имеют времени переключения. Наряду с резервированием электроснабжения они предназначены для обеспечения КЭ при его нарушениях в питающей сети и фильтрации помех, приходящих из питающей сети.

Достаточно часто в литературе по источникам бесперебойного питания [4–7] упоминаются источники бесперебойного питания с режимом работы line-interactive (line-interactive UPS). Принцип их работы в значительной степени схож с принципом работы off-line, за исключением наличия так называемого «бустера» — устройства ступенчатой стабилизации напряжения посредством коммутации обмоток входного трансформатора и использования основной схемы для заряда и подзаряда батареи, что обеспечивает более быстрый выход устройства на рабочий режим при переходе на питание от АБ. При этом время переключения на работу от АБ сокращается до 2...4 мс.

В зависимости от знака и величины отклонения напряжения δU включается соответствующая комбинация «отпаек» (витков) трансформатора (рис. 3.1, *а*). Данное регулирование напряжения носит ступенчатый характер. Условные обозначения на рисунках и схемах здесь и далее соответствуют приложению 1. При отклонении напряжения U выше номинального значения бустер переключает отпайку в положение -δU, снижая тем самым значение напряжения, поступающего в схему ИБП и далее к электроприемнику. При отклонении напряжения ниже номинального значения бустер переключает отпайку в положение +δU. Такая схема бустера применяется редко, на смену ей пришла схема, аналогичная магнитному усилителю (рис. 3.1, *б*). В этой схеме имеются две встречно включенные обмотки, соответственно намагничивающие или размагничивающие сердечник бустера. Различие между ИБП off-line и line-interactive фактически стерлось, поскольку появились модели off-line с возможностью регулирования напряжения в нормальном режиме при помощи введенного в схему бустера. Единственно, что различает эти типы ИБП, — это форма выходного напряжения в автономном режиме. У ИБП типа off-line — это прямоугольная форма и аппроксимация синусоиды ступеньками и трапецией, line-interactive имеет синусоидальное выходное напряжение.

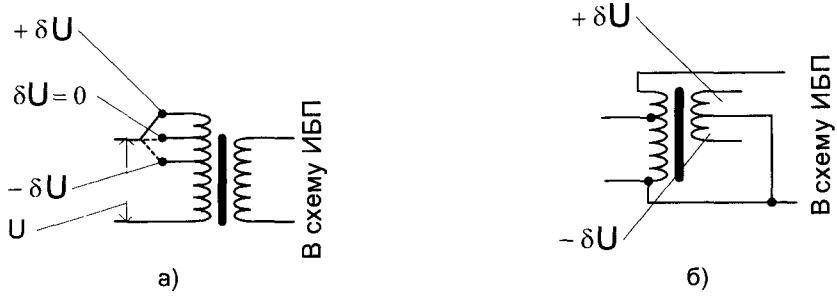


Рис. 3.1. Бустер off-line (*а*) и line-interactive ИБП (*б*)

Для питания технических средств с импульсными блоками питания форма выходного напряжения ИБП значения не имеет. На рис. 3.2 представлена структура ИБП типа off-line и line-interactive.

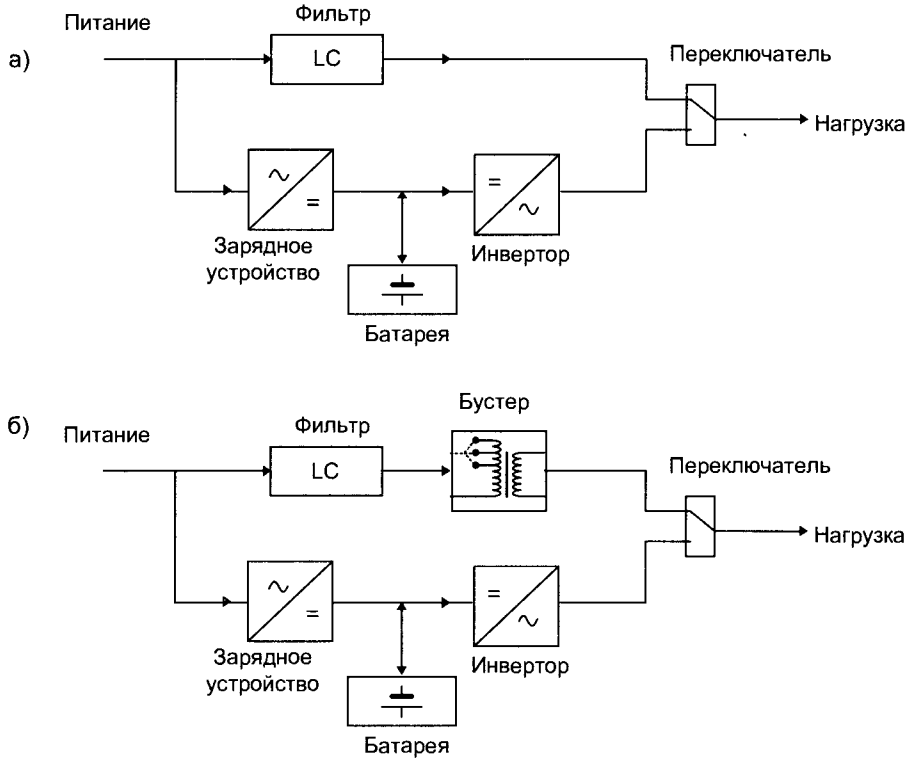


Рис. 3.2. Структура ИБП: *а)* ИБП типа off-line; *б)* ИБП типа line-interactive

В нормальном режиме ИБП пропускает питание на нагрузку, осуществляя подавление высокочастотных помех и импульсов напряжения в LC-фильтре и компенсируя отклонения напряжения бустером. Аккумуляторная батарея заряжается (подзаряжается) от зарядного устройства (выпрямителя). При отключении питания запускается инвертор, и переключатель переводит питание нагрузки на инвертор ИБП. Переключение осуществляется автоматически, и АБ будет питать нагрузку до момента восстановления напряжения на входе или до исчерпания её ёмкости. В схеме на рис. 3.2, *б* при запуске инвертора отключается вход ИБП от линии питания с целью исключения подачи обратного напряжения со стороны нагрузки в питающую линию.

Инвертор входит в состав всех типов ИБП. Он представляет собой полупроводниковый преобразователь постоянного напряжения АБ в переменное напряжение 220/380 В, поступающее на электроприемники (нагрузку). В современных ИБП типа line-interactive инвертор совмещает в себе функции как собственно инвертора, так и зарядного устройства.

В зависимости от модели ИБП инвертор формирует напряжение различной формы. Существуют упрощенные схемы инверторов, формирующие напряжение прямоугольной формы с бестоковыми паузами (рис. 3.3, *а*). Более совершенные

схемы инверторов позволяют формировать напряжение, близкое к синусоидальной форме — аппроксимированное ступенями (рис. 3.3, *б*). Оба типа таких инверторов характерны для ИБП малой мощности и пригодны для работы с импульсными блоками питания. Инверторы ИБП типа line-interactive формируют напряжение синусоидальной формы (рис. 3.3, *в*) с низким содержанием гармоник (как правило, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U < 3\%$). Такие инверторы пригодны для питания всех типов нагрузок — от импульсных блоков питания до двигателей. Как правило, форма напряжения инвертора и K_U указываются в каталожных данных ИБП.

Типичный диапазон мощностей ИБП типов off-line и line-interactive от 250 ВА до 3...5 кВА.

Источники бесперебойного питания с режимом работы on-line выпускаются нескольких типов (по принципам преобразования энергии). Существуют четыре типа on-line ИБП:

– с одиночным преобразованием;
– с дельта-преобразованием;
– феррорезонансные ИБП;
– с двойным преобразованием.

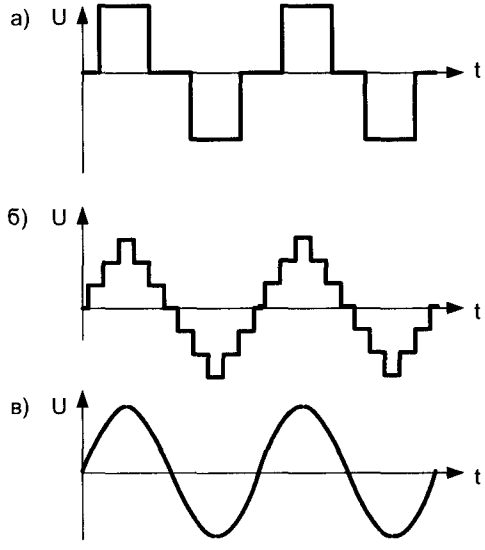


Рис. 3.3. Форма выходного напряжения инверторов: *а)* ступенчатая; *б)* апроксимированная синусоида; *в)* синусоидальная

Принцип ***одиночного преобразования*** (single conversion) (рис. 3.4) заключается в следующем. В цепь между питающей сетью и нагрузкой включен дроссель, к выходу которого подключен инвертор. Инвертор в данной схеме является реверсивным и способен преобразовывать постоянное напряжение в переменное и наоборот. Помимо питания нагрузки в автономном режиме вторым назначением инвертора является регулирование напряжения на стороне нагрузки при отклонениях в питающей сети.

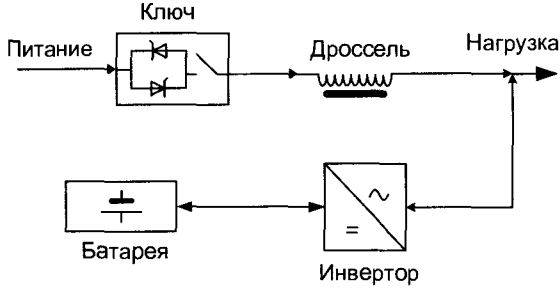


Рис.3.4. ИБП одиночного преобразования (single conversion UPS)

У ИБП данного типа КПД весьма высок и может достигать 96%. Однако имеются некоторые недостатки, например низкое значение входного коэффициента мощности ($\cos\varphi \approx 0{,}6$), при этом он меняется при изменении как напряжения сети, так и характера нагрузки. Кроме того, при малых нагрузках данные ИБП потребляют существенные реактивные токи, соизмери-

мые с номинальным током установки. Среди современных ИБП последних моделей подобный тип не встречается, поскольку на смену ему пришла технология дельта-преобразования, являющаяся развитием технологиии одиночного преобразования.

Принцип ***дельта-преобразования*** (delta conversion) основан на применении в схеме ИБП так называемого дельта-трансформатора (рис. 3.5). Дельта-трансформатор представляет собой дроссель с обмоткой подмагничивания, которая позволяет управлять током в основной обмотке (аналогично принципу магнитного усилителя). В ИБП применяются два постоянно работающих инвертора. Один служит для управления дельта-трансформатором и, соответственно, регулировки входного тока и компенсации некоторых помех. Его мощность составляет 20% от мощности второго инвертора, работающего на нагрузку. Второй инвертор, мощность которого определяет мощность ИБП, формирует выходную синусоиду, обеспечивая коррекцию отклонений формы входного напряжения, а также питает нагрузки от батарей при работе ИБП в автономном режиме. Благодаря такой схеме обеспечивается возможность плавной загрузки входной сети при переходе из автономного режима работы от батарей к работе от сети (режим on-line), а также высокая перегрузочная способность — до 200% в течение 1 мин.

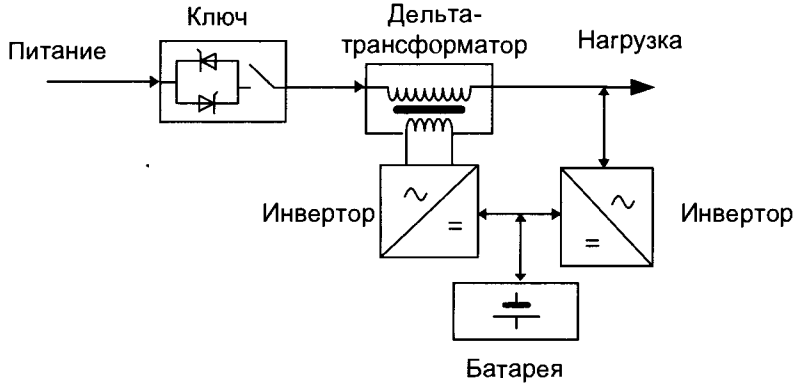


Рис.3.5. ИБП дельта-преобразования (delta conversion UPS)

При загрузке ИБП данного типа на 100% номинальной мощности коэффициент полезного действия составляет 96,5%. Однако высокие показатели данный тип ИБП обеспечивает при следующих условиях: отсутствии отклонений и искажений напряжения в питающей сети, нагрузке ИБП, близкой к номинальной и являющейся линейной. В реальных условиях показатели данного типа ИБП (КПД = 90,8...93,5%) приближаются к показателям ИБП с двойным преобразованием, рассмотренного ниже. Реальное достижение высоких заявленных значений КПД ИБП с дельта-преобразованием возможно при широком внедрении импульсных блоков питания с коррекцией коэффициента мощности. Это означает, что нагрузка приобретает преимущественно активный характер и создаются условия для проявления высоких энергетических характеристик ИБП. В последнее время ко-

эффициент мощности новых блоков питания достиг значения 0,92...0,97 [8]. Другим достоинством ИБП с дельта-преобразованием является высокий коэффициент мощности самого устройства, близкий к 1. Это облегчает совместную работу ИБП и ДГУ. На основе ИБП с дельта-преобразованием строятся мощные централизованные СБЭ с избыточным резервированием. Естественно, возможны также схемы с единичными ИБП. Диапазон мощностей ИБП этого типа 10...480 кВА. Возможно параллельное объединение до 8 ИБП для работы на общую нагрузку в одной СБЭ. Данный тип ИБП является основной альтернативой типу ИБП с двойным преобразованием.

Феррорезонансные ИБП названы так по применяемому в них феррорезонансному трансформатору. В основу принципа его работы положен эффект феррорезонанса, применяемый в широко распространенных стабилизаторах напряжения. При нормальной работе трансформатор выполняет функции стабилизатора напряжения и сетевого фильтра. В случае потери питания феррорезонансный трансформатор обеспечивает нагрузку питанием за счет энергии, накопленной в его магнитной системе. Интервала времени длительностью 8...16 мс достаточно для запуска инвертора, который уже за счет энергии аккумуляторной батареи продолжает поддерживать нагрузку. Коэффициент полезного действия ИБП данного типа соответствует КПД систем двойного преобразования (не превышает 93%). Данный тип источников бесперебойного питания широкого распространения не получил, хотя обеспечивает очень высокий уровень защиты от высоковольтных выбросов и высокий уровень защиты от электромагнитных шумов. Предел мощности ИБП данного типа не превышает 18 кВА.

Наиболее широко распространен тип ИБП ***двойного преобразования*** (double conversion UPS), представленный на рис. 3.6.

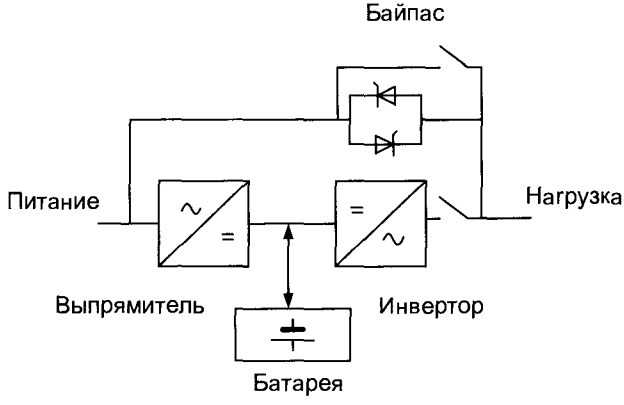


Рис. 3.6. ИБП двойного преобразования (double conversion UPS)

Зачастую в качестве синонима двойного преобразования употребляют on-line. Это не вполне верно, так как к группе ИБП типа on-line относятся и другие схемы ИБП. В ИБП этого типа вся потребляемая энергия поступает на ***выпрямитель*** и

преобразуется в энергию постоянного тока, а затем инвертором — в энергию переменного тока. Выпрямитель — это полупроводниковый преобразователь. В трехфазных ИБП средней и большой мощности — это регулируемый преобразователь, выполненный по мостовой 6-импульсной схеме (схеме Ларионова), на основе полупроводниковых вентилей — тиристоров (рис. 3.7, *а*). Для улучшения энергетических характеристик выпрямителя (снижения искажений, вносимых в сеть при работе преобразователя) применяют двухмостовые выпрямители, выполненные по 12-импульсной схеме (рис. 3.7, *б*). Выпрямители в такой схеме включены последовательно, они подключаются к питающей сети через трехобмоточный трансформатор. В современных ИБП выпрямитель непосредственно не работает на подзаряд АБ. Для зарядки АБ в схему ИБП введено специальное зарядное устройство — преобразователь постоянного тока, оптимизирующее заряд АБ, управляя напряжением на АБ и зарядным током.

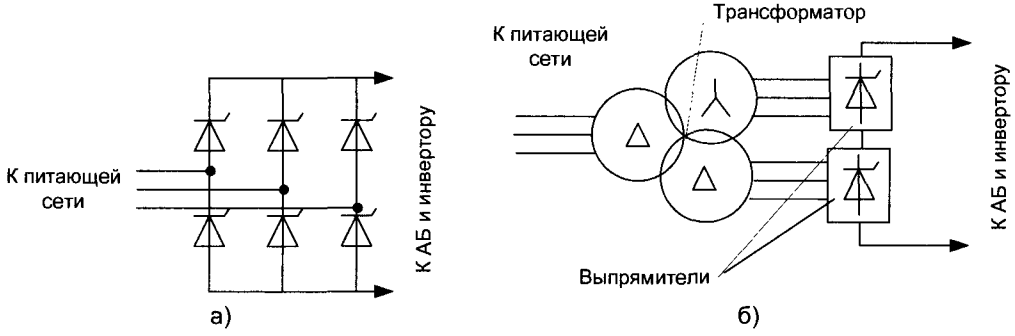


Рис. 3.7. Мостовая схема выпрямителя: *а)* 6-импульсная; *б)* 12-импульсная

Обязательным элементом схемы ИБП большой и средней мощности является *байпас* (bypass) — устройство обходного пути (рис. 3.8, см. также рис.3.6). Это устройство предназначено для непосредственной связи входа и выхода ИБП, минуя схему резервирования питания.

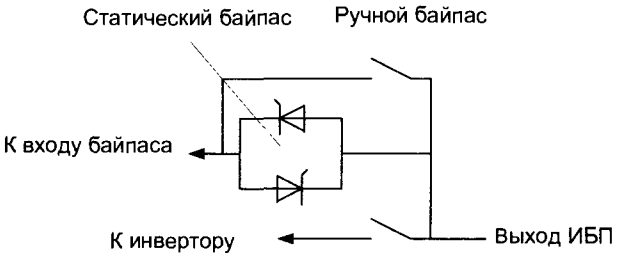


Рис. 3.8. Устройство обходного пути (байпас)

Байпас позволяет осуществлять следующие функции:

- включение/отключение ИБП при проведении ремонтов и регулировок без отключения питания электроприемников;
- перевод нагрузки с инвертора на байпас при возникновении перегрузок и коротких замыканий на выходе источника бесперебойного питания;
- перевод нагрузки с инвертора на байпас при удовлетворительном КЭ в питающей сети с целью снижения потерь электроэнергии в ИБП (econom mode — экономичный режим работы).

Байпас представляет собой комбинированное электронно-механическое устройство, состоящее из так называемого статического байпаса и ручного (механического) байпаса. Статический байпас представляет собой тиристорный (статический) ключ из встречно-паралельно включенных тиристоров. Управление ключом (включено/выключено) осуществляется от системы управления ИБП. Оно может производиться как вручную, так и автоматически. Автоматическое управление осуществляется при возникновении перегрузки и в экономичном режиме работы ИБП. При этом в обоих случаях напряжение инвертора синхронизировано с напряжением на входе цепи байпаса и с импульсами управления, что позволяет произвести перевод нагрузки с инвертора на байпас и обратно «без разрыва синусоиды».

Ручной (механический) байпас представляет собой механический выключатель нагрузки, шунтирующий статический байпас. Он предназначен для вывода ИБП из работы со снятием напряжения с элементов ИБП. При включенном ручном байпасе питание нагрузки осуществляется через цепь «вход байпаса–ручной байпас–выход ИБП» (рис. 3.8). Остальные элементы схемы ИБП: выпрямитель, инвертор, АБ, статический байпас — на время включения ручного байпаса могут быть обесточены (отключены от питания и нагрузки) с целью ремонта, регулировок, осмотров и т.д. Об отключении АБ можно говорить с некоторой натяжкой, ибо, будучи в заряженном состоянии, АБ является мощным источником постоянного напряжения, представляющим опасность для обслуживающего персонала. По классификации «Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» работы с АБ следует относить к виду работ с частичным снятием напряжения. При необходимости замены аккумуляторов АБ ИБП переводят на ручной байпас, специальным инструментом разъединяют АБ на отдельные аккумуляторы, после чего опасность поражения электрическим током устраняется.

При работе на байпасе, как статическом, так и ручном, ИБП не имеет возможности обеспечивать бесперебойное питание потребителей. Такие режимы должны сопровождаться административно-техническими мероприятиями для исключения нежелательных последствий для потребителей при отключении питания при работе на байпасе. Самая простая мера — проведение профилактических и ремонтных работ в нерабочее время потребителей.

Инвертор, управляемый микропроцессором, вырабатывает синусоидальное напряжение, поступающее на нагрузку. В мощных трехфазных ИБП инвертор также выполнен по трехфазной мостовой схеме (рис. 3.9). Для построения синусоиды в инверторе реализован принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

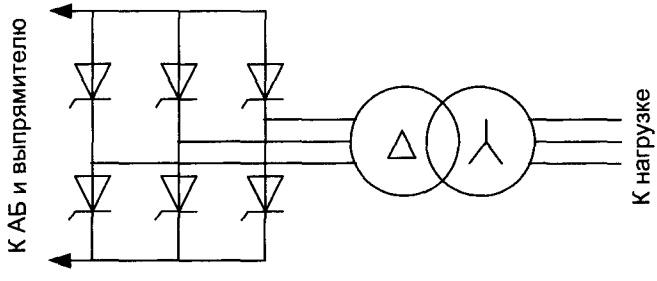


Рис. 3.9. Мостовая схеме инвертора

Принцип его действия состоит в подаче импульсов переменной скважности через тиристоры на трансформатор, выполняющий одновременно роль фильтра, или непосредственно на LC-фильтр на выходе инвертора (на схеме рис. 3.9 не показан). В результате формируется синусоидальное напряжение (рис. 3.10) с низким коэффициентом гармонических искажений: $K_U < 3\%$.

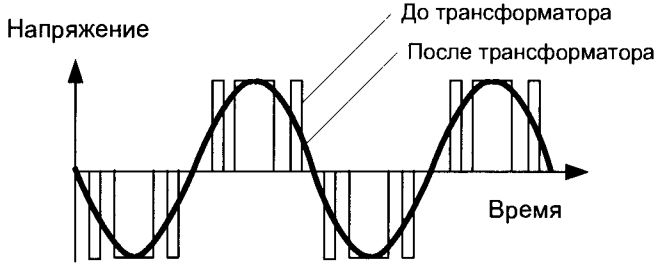


Рис. 3.10. Принцип широтно-импульсной модуляции

В современных ИБП двойного преобразования применяют схему зеркального преобразования. На рис. 3.11 изображены выпрямитель и инвертор ИБП, выполненные по схеме зеркального преобразования. В основу схемы положено применение мощных IGBT-транзисторов (Insulated Gate Bipolar Transistor — полевой биполярный транзистор с изолированным затвором). Смысл термина «зеркальное преобразование» состоит в том, что процессы выпрямления и инвертирования электроэнергии реализованы на одинаково выполненных преобразователях. Преимущества применения зеркального преобразования заключаются в обеспечении:

- отсутствия нелинейных искажений входного тока без дополнительных фильтров;
- коэффициента мощности ИБП, близкого к единице;
- реализации принципа ШИМ без выходного трансформатора и фильтра.

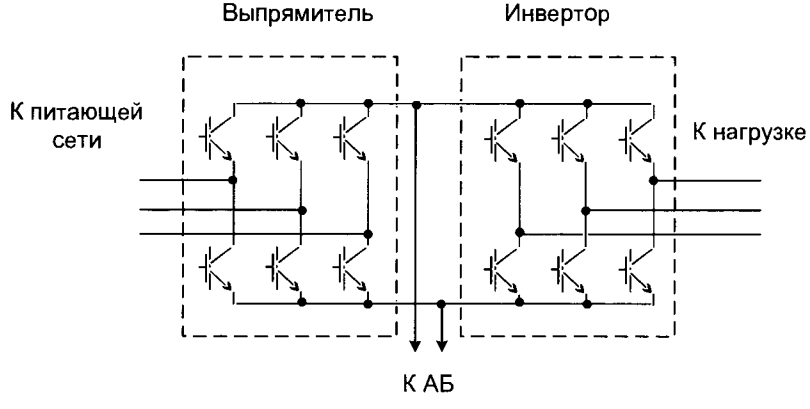


Рис. 3.11. Зеркальное преобразование

Это позволяет оптимизировать совместную работу ИБП с ДГУ, снизить массогабаритные показатели. Недостатком зеркального преобразования является более низкий КПД (на 1...1,5%), чем у ИБП двойного преобразования с тиристорными преобразователями. Это ограничивает область применения ИБП с зеркальным преобразованием мощностью до 30...40 кВА. В мощных трехфазных ИБП двойного преобразования часто применяют комбинированные схемы преобразователей — тиристорный выпрямитель и инвертор на IGBT-транзисторах.

Технология двойного преобразования отработана и успешно используется свыше двадцати лет, однако ей присущи принципиальные недостатки:

- ИБП является причиной гармонических искажений тока в электрической сети (до 30%) и, таким образом, — потенциально причиной нарушения работы другого оборудования, соединенного с электрической сетью; он имеет низкое значение входного коэффициента мощности (cosφ);
- ИБП имеет значительные потери, так как принципом получения выходного переменного тока является первичное преобразование в энергию постоянного тока, а затем снова преобразование в энергию переменного тока; в процессе такого двойного преобразования обычно теряется до 10% энергии.

Первый недостаток устраняется за счет применения дополнительных устройств (входных фильтров, 12-импульсных выпрямителей, оптимизаторов-бустеров), а второй принципиально не устраним (у лучших образцов ИБП большой мощности КПД не превышает 93%). Современные ИБП двойного преобразования оборудуются так называемыми кондиционерами гармоник и устройствами коррекции коэффициента мощности (cosφ). Эти устройства входят либо в базовый комплект ИБП, либо применяются опционально и позволяют снять проблему с внесением гармонических искажений (составляют не более 3%) и повысить коэффициент мощности до 0,98.

Поскольку в дальнейшем при рассмотрении систем бесперебойного электроснабжения мы будем ориентироваться в основном на ИБП двойного преобразования, то имеет смысл более подробно рассмотреть варианты исполнения схем ИБП данного типа. Существуют схемы ИБП 1:1, 3:1 и 3:3. Это означает:

- 1:1 — однофазный вход, однофазный выход;
- 3:1 — трехфазный вход, однофазный выход;
- 3:3 — трехфазный вход, трехфазный выход.

Схемы 1:1 и 3:1 целесообразно применять для мощностей нагрузки до 30 кВА, при этом симметрирование не требуется, и мощность инвертора используется рационально. Следует иметь в виду, что байпас в таких схемах является однофазным и при переходе ИБП с инвертора на байпас для входной сети ИБП 3:1 становится несимметричным устройством, подобно ИБП 1:1. Проектом должен быть предусмотрен режим работы на байпасе, т.е электрическая схема не должна подвергаться перегрузкам, и КЭ не должно выходить за установленные пределы при переходе ИБП на байпас. На рис. 3.12 приведена схема ИБП 3:1.

Особенностью данной схемы является наличие на входе конвертора 3:1. При его отсутствии ИБП имеет схему 1:1. Наличие конвертора не только превращает ИБП 1:1 в 3:1, но и позволяет осуществлять работу на байпасе в симметричном режиме.

На рис. 3.13 приведена схема ИБП по схеме 3:3. В отличие от схемы на рис. 3.12 здесь имеется зарядное устройство для оптимизации режима заряда аккумуляторной батареи и преобразователь постоянного тока — бустер (booster DC/DC), позволяющий облегчить работу выпрямителя за счет снижения глубины регулирования. Таким образом обеспечивается меньший уровень гармонических искажений входного тока. В некоторых случаях такую схему называют схемой с тройным преобразованием.

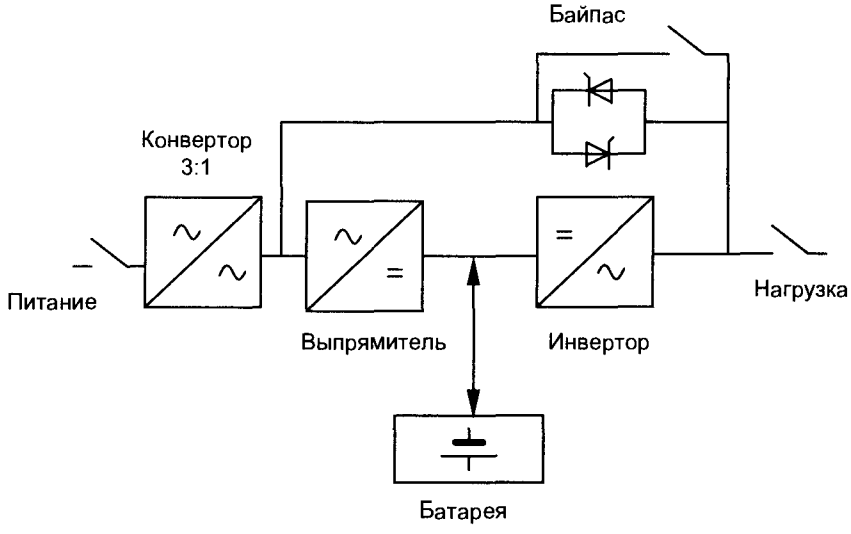


Рис. 3.12. ИБП по схеме 3:1

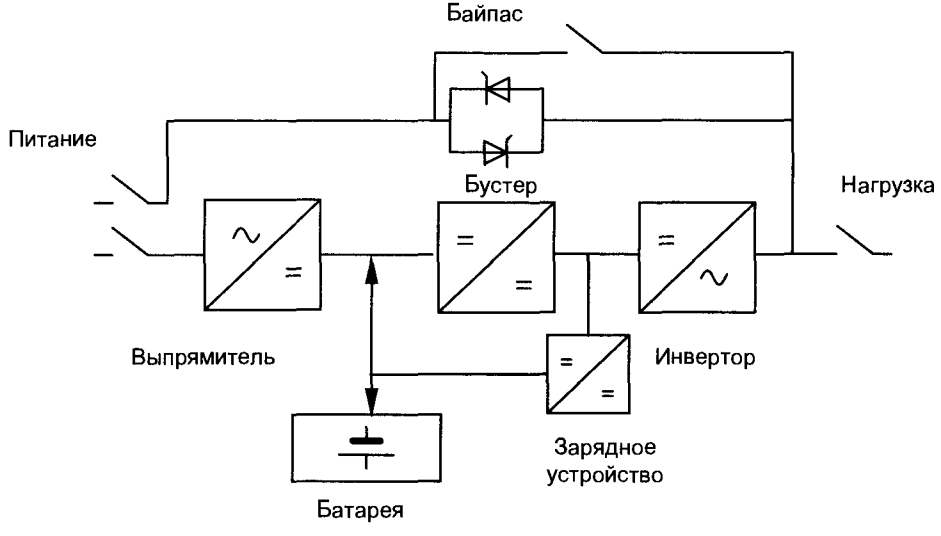


Рис. 3.13. ИБП по схеме 3:3

Принципиально нет предпосылок выделять такие схемы в отдельный тип ИБП, так как остается общим главный принцип — выпрямление тока с его последующим инвертированием. Разумеется, в звене постоянного тока могут присутствовать сглаживающие ёмкости, а в некоторых случаях — дроссель (на схемах не показаны). Источник работает по схеме 3:3 в любом режиме — при работе через инвертор (режим on-line) и при работе на байпасе. По отношению к питающей сети работа в режиме on-line является симметричной, тогда как работа на байпасе зависит от баланса нагрузок по фазам. Впрочем, сбалансированность нагрузок по фазам в первую очередь важна для рационального использования установленной мощности самого источника, а по отношению к питающей сети небаланс по фазам при работе на байпасе может проявить себя только при работе с ДГУ. Но в этом случае решающим будет не симметрия нагрузки, а её нелинейность.

В настоящее время для повышения эффективности (КПД) применяется ***комбинированная схема***, суть функционирования которой заключается в следующем. Выделяется диапазон входного напряжения, как правило ±6...10%, в котором ИБП работает в так называемом экономичном режиме (переходит на статический байпас), а при выходе входного напряжения из этого диапазона ИБП в течение 2...4 мс переходит в режим on-line. Созвучно с рекламным слоганом эту технологию можно характеризовать как «два в одном». При использовании ИБП в электросетях, имеющих показатели качества электроэнергии не ниже ГОСТ 13109-97, эта технология дает существенное снижение потерь электроэнергии за счет высокого коэффициента полезного действия в экономичном режиме. Все потери электроэнергии в этом режиме сводятся к потерям в проводниках и тиристорах статического байпаса. КПД при этом приближается к 98%.

Однако и у этой схемы имеются некоторые недостатки:

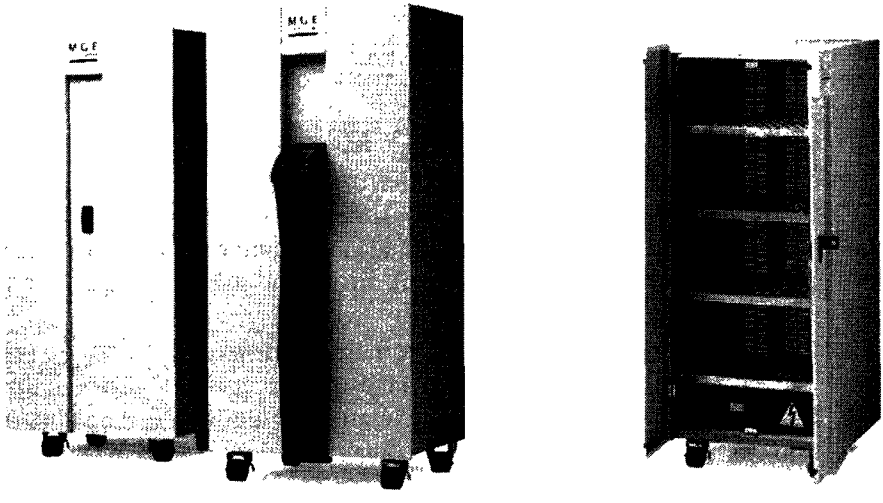
- при применении таких ИБП в качестве централизованных в двухуровневой схеме СБЭ диапазон напряжения, в котором осуществляется работа в экономичном режиме, должен быть меньше диапазона напряжения ИБП второго уровня до перехода на питание от батарей, чтобы не вызвать перехода ИБП второго уровня в автономный режим;
- при работе в экономичном режиме ИБП не защищает входную сеть от гармонических искажений тока, вызываемых нагрузкой с импульсными блоками питания. Как следствие, необходимо увеличение сечения нейтрального проводника на входе ИБП и значительное увеличение мощности ДГУ (по данным фирмы APC [3], мощность ДГУ должна превышать расчетную мощность ИБП в 6...9 раз). При работе ИБП с ДГУ соизмеримой мощности следует средствами конфигурирования ИБП исключать экономичный режим работы.

3.1.3. Конструктивное исполнение ИБП

Конструктивное исполнение ИБП определяется их назначением, номинальной мощностью и временем автономной работы. ИБП большой и средней мощности

любых типов состоят из системного блока и аккумуляторной батареи (рис. 3.14, *а*). Системный блок ИБП представляет собой шкаф (cabinet), в который устанавливаются выпрямитель, инвертор и система управления, включая пульт. Системный блок поступает на объект в сборе и монтажа не требует. У ИБП, выполненных по типу двойного преобразования, количество шкафов системного блока зависит от комплектации выпрямителя. Комплектация выпрямителя зависит от выбранных мер по ограничению гармонических искажений (см. разд. 4.5). Могут устанавливаться дополнительные шкафы с 12-импульсным выпрямителем, фильтром подавления гармоник, изолирующим трансформатором. ИБП, выполненные по типу одиночного и дельта-преобразования, дополнительно могут иметь только шкафы с изолирующими трансформаторами.

АБ имеет большую массу (до нескольких тонн) и поставляется в разобранном виде: аккумуляторы и шкаф аккумуляторных батарей (рис. 3.14, *б*). Шкафы аккумуляторных батарей бывают нескольких типоразмеров, в зависимости от емкости применяемых аккумуляторов и требуемого времени автономной работы. В шкаф устанавливаются аккумуляторы и защитно-коммутационный аппарат звена постоянного тока — блок рубильник-предохранитель или автоматический выключатель. Монтаж АБ на объекте заключается в сборке аккумуляторов в батарею и подключении АБ кабелем к системному блоку.



а) б)

Рис. 3.14. Внешний вид ИБП большой и средней мощности:
а) системный блок ИБП и АБ; *б)* шкаф АБ (аккумуляторы не установлены)
(источник: MGE UPS Systems)

ИБП средней мощности могут размещаться в одном шкафу вместе с АБ (рис. 3.15). Такая компоновка применяется как базовая комплектация. При необходимости увеличения емкости АБ устанавливается дополнительный шкаф АБ.

Охлаждение ИБП средней и большой мощности является принудительным и выполняется встроенными воздушными вентиляторами. Существуют модели ИБП с водяным охлаждением. Снятые теплоизбытки отводятся из помещения ИБП системами приточно-вытяжной вентиляции или мощными кондиционерами-охладителями (в комплект ИБП не входят).

ИБП малой мощности выполняются в едином конструктиве, содержащем собственно ИБП и аккумуляторную батарею. Внешний вид ИБП данного типа представлен на рис. 3.16. В случае необходимости применения дополнительных аккумуляторных батарей их помещают в аналогичный корпус. Конструкция ряда моделей ИБП малой мощности позволяет производить замену аккумуляторной батареи без отключения нагрузки («горячая» замена — hot swap).

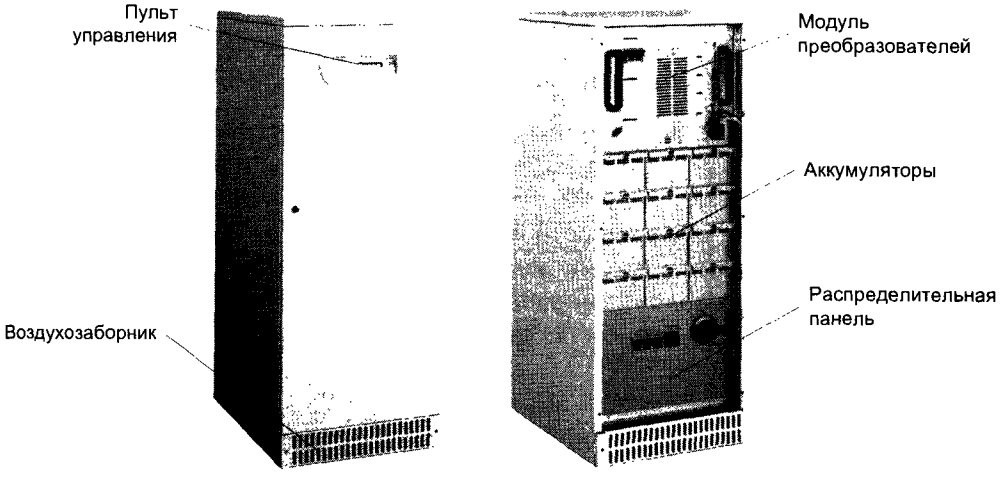


Рис. 3.15. ИБП средней мощности с совмещенной АБ
(источник: Newava UPS Systams)

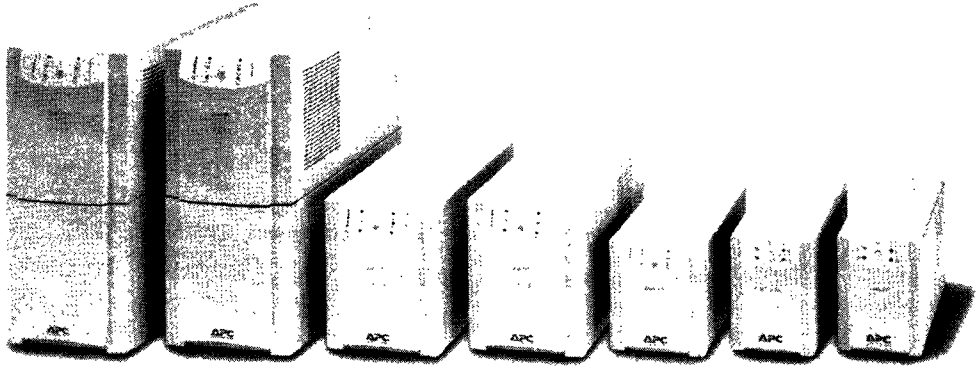


Рис. 3.16. Внешний вид ИБП *(источник: APC)*

ИБП малой мощности выполняются также в специальных корпусах, встраиваемых в стандартные шкафы (типоразмер — 19″) для активного сетевого оборудования и серверов (Rack-Mount UPS, RM UPS). Такой тип ИБП представлен на рис. 3.17.

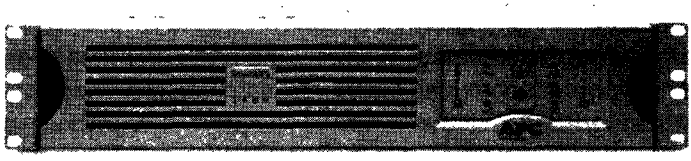


Рис. 3.17. Встраиваемый ИБП исполнения RM *(источник: APC)*

3.1.4. Энергетические массивы

Среди рассмотренных типов ИБП следует выделить так называемые энергетические массивы (power array). Это сравнительно новый тип устройств, представленный на рынке начиная с середины 90-х годов. Выполненные по типу двойного преобразования и принципу избыточности N+1 («горячий резерв»), эти ИБП представляют собой параллельную систему модулей ИБП в одном корпусе (рис. 3.18), имеющую способность продолжать работу при выходе из строя силового модуля (модуля преобразователей), модуля батарей или модуля управления.

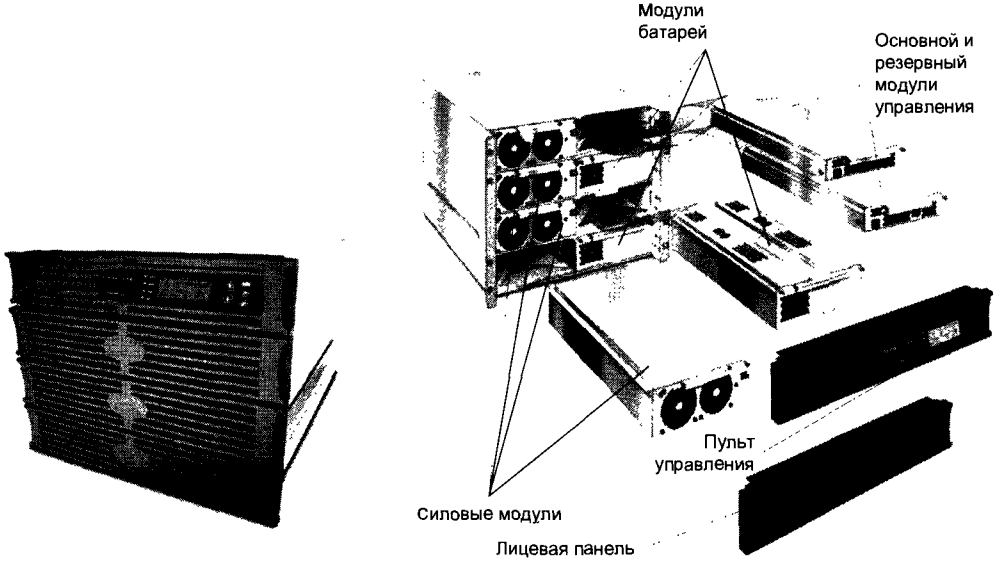


Рис. 3.18. Энергетический массив: *а)* внешний вид; *б)* состав *(источник: APC)*

Силовой модуль представляет собой блок, содержащий выпрямитель и инвертор, устанавливаемый в корпус энергетического массива для параллельной работы с другими силовыми модулями. Существуют различные концепции энергетических массивов: с распределенной логикой управления, с централизованной избыточной логикой, с отдельными батарейными модулями и с совмещенными силовыми и батарейными модулями. На рис. 3.19 приводится схема энергетического массива с централизованной избыточной логикой управления и раздельными силовыми и батарейными модулями.

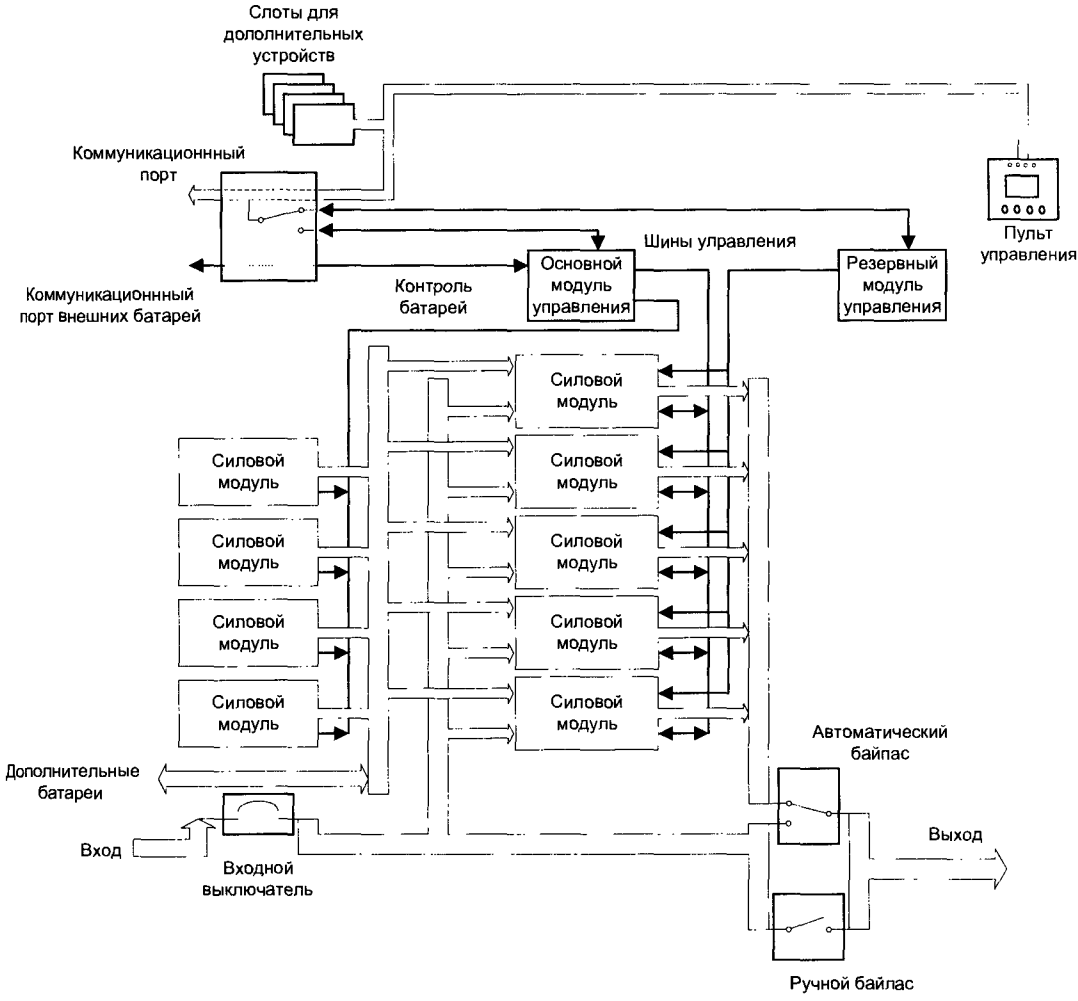


Рис. 3.19. Схема энергетического массива *(источник: APC)*

Из схемы видно, что питание через входной выключатель поступает на каждый силовой модуль, которые включены параллельно. АБ состоит из нескольких батарейных модулей, также включенных параллельно. Управление энергетическим массивом

осуществляется по шинам управления от основного и резервного модулей управления. Отказ любого модуля не вызывает остановки ИБП в целом. Процедура ремонта состоит в замене отказавшего блока без отключения ИБП («горячая» замена), как это показано на рис. 3.18, *б*. Индикация о неисправности выводится на пульт управления и на коммуникационный порт для передачи в систему мониторинга ИБП (см. разд. 7.1.1). Слоты дополнительных устройств предназначены для расширения коммуникационнных и функциональных возможностей ИБП (см. разд. 7.1.1).

В энергетике потребляемые и генерирующие мощности являются одними из основных технико-экономических показателей. На основе мощностей силовых модулей энергетических массивов можно оценить направления развития этого перспективного типа ИБП. Основные данные табл. 3.2 — мощности силовых модулей и суммарные мощности утройств. Эти данные определяют тенденции развития типа ИБП, однако не могут быть использованы как справочные материалы по моделям и производителям. Существует ряд моделей, не вошедших в таблицу.

Таблица 3.2. Мощность энергетических массивов и силовых модулей

№ п/п	Производитель	Модель	Мощность, кВА	
			Устройство	Модуль
1	APC	Symmetra	16	4
2	APC	Symmetra RM	12	2
3	APC	Symmetra PX	40	10
4	Liebert	Nfinity	16	4
5	Meta System	HF Top Line	8	1
6	Meta System	HF Top Line rack	4	1
7	Newave UPS Systems	ConceptPower/ Upgrade Line	120	40
8	PK Electronics	US 9003	4,8	0,4
9	PK Electronics	US 9001	144	1
10	Power Ware	PW 9170	18	3

Мощности силовых модулей лежат в диапазоне 0,4...40 кВА. С момента появления энергетических массивов по настоящее время прослеживается тенденция роста мощности единичного модуля. Удельные мощности силовых модулей в расчете на единицу массы составляют до 0,5...0,6 кВА/кг. Конструктив энергетического массива близок к стандартным телекоммуникационным шкафам, и очевидно, что предел мощности будет определяться массогабаритными показателями силового модуля, позволяющими производить его замену одному-двум человекам. Мощность всего устройства при этом не превысит 200 кВА. Этот прогноз делается из расчета массы модуля (не более 60 кг) и количества модулей в устройстве (до 5 штук).

Наращивание мощностей энергетических массивов возможно по следующим технологическим направлениям:

– увеличение единичной мощности модуля;
– увеличение количества модулей;
– масштабируемость устройств.

Увеличение единичной мощности модуля при существующей элементной базе промышленной электроники потребует увеличения массы и габаритов модуля. Такой путь реализован в энергетическом массиве APC Symmetra MW с модулями 200 кВА (рис. 3.20). Количество модулей в устройстве может составлять до 8, и суммарная мощность достигает 1600 кВА.

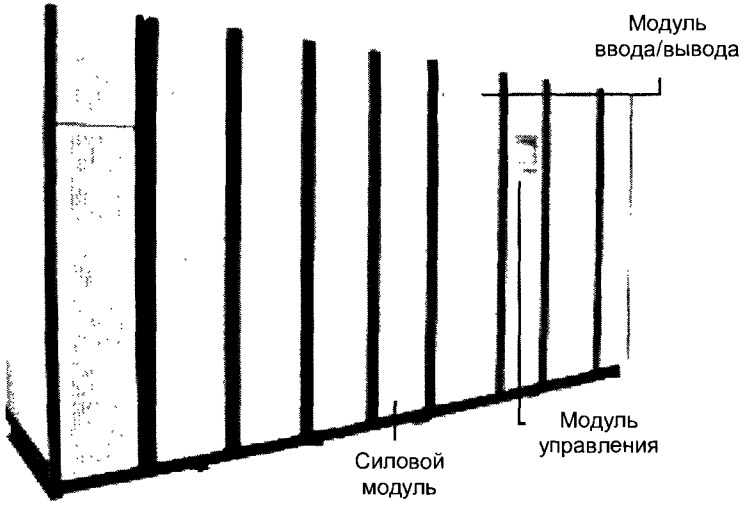


Рис.3.20. Энергетический массив Symmetra MW
(источник: APC)

Конструктив этого устройства позволяет производить замену силового модуля по частям, с выделением выпрямителя, инвертора и других компонентов преобразователей в отдельные конструктивные элементы. Процедура замены модуля при таком конструктиве не требует применения средств механизации.

Увеличение мощности путем увеличения числа модулей реализовано в устройстве PK Electronics US 9001 с модулем мощностью 1 кВА, общим числом модулей до 144 и соответственно суммарной мощностью до 144 кВА. Большее количество модулей в устройстве теоретически возможно, но потребует увеличения размера стойки, что усложнит условия перевозки и монтажа.

Масштабируемость устройств нуждается в пояснении. Ряд моделей энергетических массивов позволяют осуществлять комплектацию устройства таким образом, что количество силовых и батарейных модулей может находиться в разных соотношениях. Такая комплектация применяется для следующих целей:

- осуществления избыточного резервирования по принципу N+2 и более для электроприемников с особо высокими требованиями к надежности электроснабжения (системы безопасности, технические средства органов государственного управления, транспорта, опасного производства, крупные платежные системы и т.д);

– комплектации необходимой установленной мощности;
– комплектации АБ с большим временем автономной работы.

Масштабируемость может осуществляться в пределах одного устройства, причем количество силовых и батарейных модулей может быть определено с учетом дальнейшего доукомплектования при расширении состава или количества электроприемников. Ряд моделей энергетических массивов позволяет включать значительное, теоретически неограниченное количество устройств параллельно. При этом сохраняются все функции, характерные для энергетического массива (в первую очередь — «горячая» замена). Осуществление масштабирования заключается в выборе мощности модуля или единичного устройства. При этом можно подобрать суммарную мощность установки с точностью до одного модуля, обеспечив резервирование N+1 с минимальной избыточностью. На рис. 3.21 показаны примеры масштабирования энергетического массива в составе единичного устройства (рис. 3.21, *а, б*) и параллельное включение устройств (рис. 3.21, *в*).

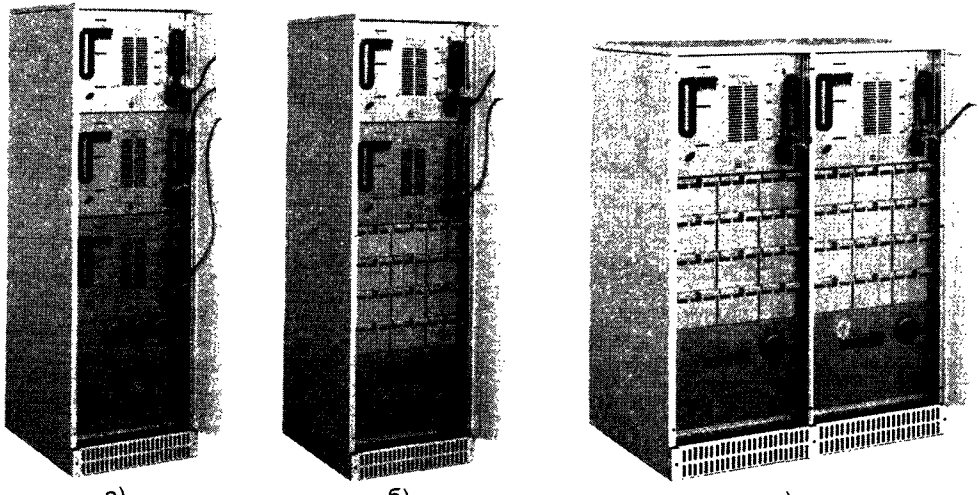


Рис. 3.21. Масштабирование энергетических массивов
(источник: Newave UPS Systems)

Экономия средств, затрачиваемых на резервирование, выражается в оптимизации выбора мощности (и соответственно стоимости) единичного модуля и составляет несколько процентов от суммарной мощности всей установки.

Энергетические массивы позволяют обеспечить высшую степень защиты нагрузки и являются наилучшим решением для построения отказоустойчивых систем электроснабжения. В последние годы номенклатура энергетических массивов пополнилась моделями разных производителей и определилась тенденция расширения производства энергетических массивов. Энергетические массивы выпускаются в диапазоне мощностей, покрывающем потребности в создании отказоустойчивой системы бесперебойного электроснабжения практически любого здания. Техниче-

ские возможности современных технологий и номенклатура выпускаемой продукции ИБП класса энергетических массивов дают широкие возможности выбора оборудования по заданным технико-экономическим показателям.

3.1.5. Технические характеристики источников бесперебойного питания

До настоящего времени в Российской Федерации действует ГОСТ 27699-88 (Стандарт СЭВ 5874-87) «Системы бесперебойного питания приемников переменного тока. Общие технические условия». Так как основным назначением СБЭ является электроснабжение инфокоммуникационного оборудования, требования к ИБП наряду с рекомендациями стандарта определяются следующими факторами:

- характеристиками блоков питания оборудования;
- обеспечением надежности электроснабжения при некритичных авариях и неисправностях в самой СБЭ;
- обеспечением электромагнитной совместимости.

На рис. 3.22 представлены области нормального функционирования и области отказов и сбоев импульсных блоков питания в зависимости от напряжения и времени нарушения электроснабжения.

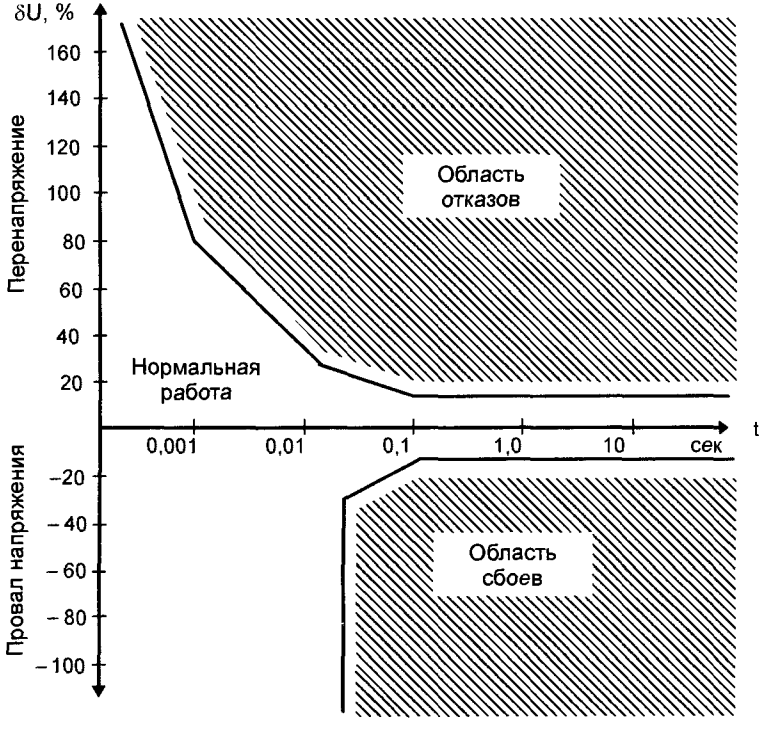


Рис. 3.22. Области нормального функционирования, отказов и сбоев импульсных блоков питания

Требования ГОСТ 27699-88 представлены в табл. 3.3, которая может помочь в выборе ИБП. Некоторые ячейки в таблице не заполнены. Это означает, что стандарт не регламентирует данный параметр, а при выборе ИБП следует руководствоваться техническими условиями на защищаемое оборудование. Масса и габариты устройств должны быть приняты во внимание при разработке строительного задания на размещение ИБП, определении пригодности монтажных проемов и нагрузочной способности перекрытий. КПД имеет смысл сравнивать при выборе ИБП одинакового типа. Количество параллельно работающих ИБП важно при выборе оборудования для создания отказоустойчивой системы электроснабжения.

Таблица 3.3. Характеристики ИБП по ГОСТ 27699-88

Показатель	Значение, %
Стабилизация напряжения	±5
Стабилизация частоты	±2
Гармонические искажения	5
Фильтрация ВЧ-импульсов	—
Входной cosφ	—
Гальваническая развязка	—
Колебания напряжения на входе	–15...+10
Колебания частоты на входе	±2
Перегрузочная способность (в течение 15 мин)	110
Количество агрегатов, работающих параллельно	

На практике производители ИБП предоставляют достаточно большой объем технических характеристик выпускаемой продукции. В табл. 3.4 приводятся наименования и необходимые комментарии к характеристикам ИБП.

Таблица 3.4. Характеристики ИБП

Характеристика	Описание
Общие данные	
Номинальная выходная мощность ИБП [кВА]	Номинальная мощность ИБП без учета КПД и заряда АБ
Номинальная выходная мощность одного модуля ИБП [кВА]	Номинальная мощность одного модуля энергетического массива
Количество ИБП, включаемых на параллельную работу	Максимальное количество ИБП, включаемое параллельно
Схема ИБП	Число фаз вход/выход (1:1; 3:1; 3:3)
Количество модулей, включаемых на параллельную работу	Максимальное количество модулей в устройстве или в группе
КПД при нагрузке 100% в режиме on-line[%]	Как правило, указывается для работы на активную нагрузку
Тепловыделение ИБП при нагрузке 100% и заряженных батареях [Вт]	Тепловыделение с учетом КПД и без учета заряда АБ
Тепловыделение одного модуля при нагрузке 100% и заряженных батареях [Вт]	То же, для одного модуля энергетического массива

Таблица 3.4 (окончание)

Характеристика	Описание
Уровень акустического шума [дБ]	Уровень шума при нагрузке 100% на расстоянии 1 м
Тип батарей	См. разд. 3.3
Плавающее напряжение батарей [В пост.тока]	Напряжение на одном аккумуляторе (ячейке)
Максимальный ток заряда батарей [А]	Максимальный ток заряда для данного типа батарей (допускает регулировку)
Количество батарей 12 В	Количество аккумуляторов (ячеек) в АБ
Наличие статического байпаса ИБП	Да/нет
Наличие механического байпаса ИБП	Да/нет
Наличие статического байпаса модуля ИБП	Да/нет
Устойчивость к перегрузкам в режиме байпаса	Указывается в % к номинальной мощности ИБП
Время перехода с байпаса на инвертор	Максимальное время
Рабочий диапазон температур [°С]	Указывается для работы при нагрузке 100%
Температура хранения/транспортировки [°С]	Указывается для системного блока или модуля ИБП
Входные параметры	
Номинальное напряжение [В]	Номинальное входное напряжение
Диапазон изменения напряжения	Диапазон входного напряжения без перехода в автономный режим
Диапазон изменения частоты [Гц]	Без перехода в автономный режим
Коэффициент мощности	Коэффициент мощности или cosφ
Форма потребляемого тока	Для ИБП средней и большой мощности — всегда синусоидальная
Выходные параметры	
Номинальное напряжение [В]	Номинальное выходное напряжение, допускает регулировку
Разброс напряжения [%]	Отклонение напряжения без изменения нагрузки
Разброс напряжения (при изменении нагрузки 0...100 и 100...0%) [%]	Статический и динамический характер изменения нагрузки (в том числе 100%)
Выходная частота [Гц]	Указывается для работы в автономном режиме
Разброс частоты [%]	В автономном режиме, без изменения нагрузки
Крест-фактор	Допустимое отношение амплитуды к действующему значению тока нагрузки
Перегрузка [%]	Дополнительно указывается время перегрузки
Коммуникационные возможности	
ПО для мониторинга и закрытия серверов	Как правило, для ИБП малой и средней мощности
Наличие SNMP-адаптеров	Да/нет
Коммуникационный порт (интеллектуальный и сухие контакты)	Да/нет
Функция экстренного отключения (EPO)	Emergency Power Off (экстренное отключение питания)
Функция координации работы с ДГУ (Gen on)	Программирование заряда АБ, блокировка байпаса и др.функции по сигналу «ДГУ в работе» (Gen on)
Массогабаритные показатели	
Стандартные размеры ИБП (Ш×В×Г) [мм]	Для системного блока ИБП без фильтров и трансформаторов
Размеры батарейных шкафов (Ш×В×Г) [мм]	Размер батарейных шкафов, могут указываться несколько типоразмеров
Масса ИБП без батарей [кг]	Масса системного блока ИБП
Масса модуля ИБП [кг]	Для энергетических массивов

В приложении 2 приведены характеристики ИБП нескольких производителей в соответствии с формой табл. 3.4.

Характеристики ИБП в первую очередь представляют интерес для проектировщиков, поскольку они принимают технические решения, направленные на обеспечение требований задания на проектирование. Заказчику основное внимание следует уделять предоставлению исходных данных, состав которых приведен в разд. 3.6.

3.2. Системы постоянного тока

Наряду с ИБП существуют системы постоянного тока, предназначенные для электроснабжения средств связи и телекоммуникаций. Исторически системы постоянного тока ведут свое начало от систем питания постоянного тока аналоговых телефонов. Эти системы обеспечивают АТС постоянным напряжением 24, 48 или 60 В с возможностью работы в автономном режиме в течение 4...8 ч. По классификации ОСТ 45.55-99 «Системы и установки питания средств связи Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации» различают буферные системы питания — системы, в состав резервной цепи которых входит батарея, выводы которой постоянно соединены с нагрузкой, и системы питания с отделенной батареей, в состав резервной цепи которых входят батареи, выводы которых при нормальном режиме работы отключены от нагрузки с помощью коммутирующего устройства.

Современные системы постоянного тока [9, 10] (за исключением систем крупных городских АТС) обеспечивают питание напряжением 24, 48, 54, 60, 110, 125 В постоянного тока и рассчитаны на мощность до несколько десятков кВт. Система строится по модульному принципу (рис. 3.23) и включает следующие компоненты:

- выпрямители;
- устройство управления и контроля (контроллер);
- аккумуляторную батарею;
- защитные устройства (размыкатели батареи);
- устройства распределения постоянного тока;
- конверторы DC/DC (преобразователи напряжения постоянного тока);
- инверторы.

Выпрямитель — устройство, производящее преобразование переменного входного напряжения в постоянное. Типовые выходные напряжения — 27(24); 54(48) В.

Устройство управления и контроля (контроллер) — микропроцессорный модуль системы PMS (Power Management System), осуществляющий контроль и управление системой.

Защитное устройство (батарейный размыкатель, устройство отключения при низком напряжении) — устройство, производящее отключение, когда напряжение батареи достигает минимально допустимого (Low Voltage Disconnect, LVD). Это предотвращает глубокую разрядку батареи, которая может привести к выходу батареи из строя. LVD может быть отдельным модулем, устройством или входить в состав системы.

Устройство распределения постоянного тока — одна или несколько розеток для подключения нагрузки, обычно защищенных предохранителями или автоматами. Могут быть выполнены в виде панели, полки или шкафа.

Конвертор DC/DC (преобразователь напряжения постоянного тока) — преобразователь постоянного напряжения для питания нагрузок, номинальное напряжение которых отличается от выходного напряжения выпрямителей.

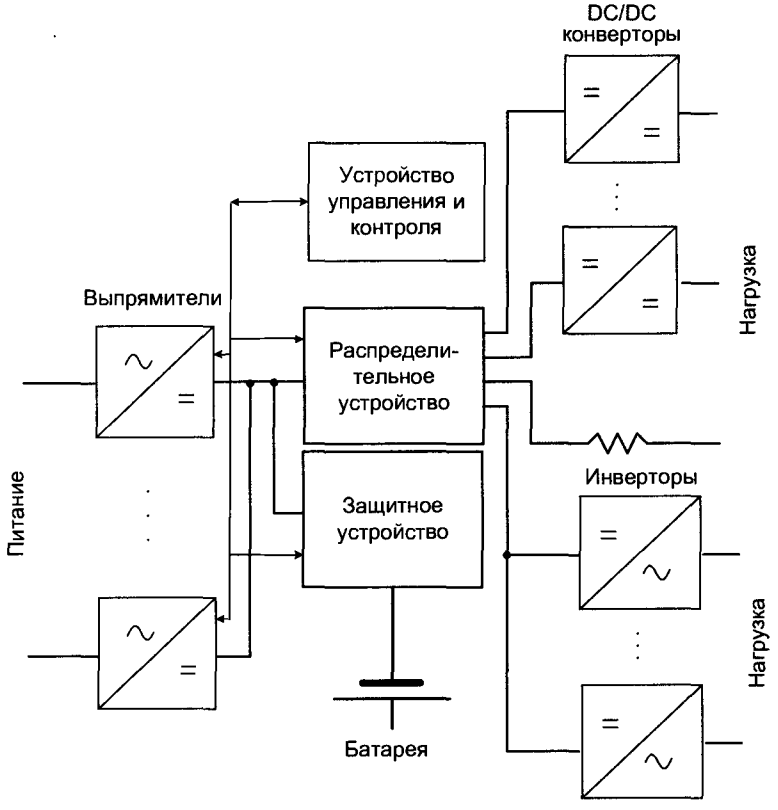


Рис. 3.23. Структура системы постоянного тока
(источник: APC)

При необходимости обеспечения резервирования питания потребителей переменного тока системы комплектуются инверторами.

Модульный принцип построения систем постоянного тока, так же как и энергетических массивов, позволяет осуществлять отказоустойчивое электроснабжение потребителей. Конструкция систем постоянного тока выполняется как открытой в стойках (стативах), так и в стандартных шкафах типоразмеров 19″ и 23″ (рис. 3.24).

Охлаждение для стативного исполнения может быть конвекционным, а для шкафного исполнения — принудительным. Теплоизбытки должны удаляться из помещений аналогично тому, как это делается для помещений, где установлены ИБП.

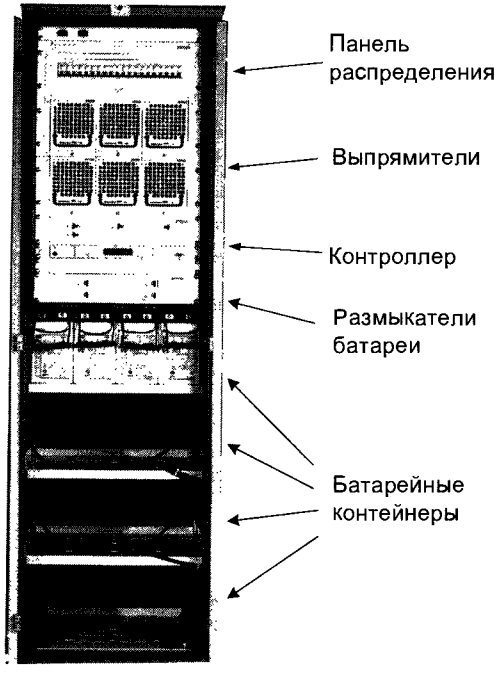


Рис. 3.24. Внешний вид системы постоянного тока *(источник: APC)*

3.3. Аккумуляторы

Источники бесперебойного питания различных типов и системы постоянного тока содержат аккумуляторную батарею (АБ). В ИБП малой мощности она может быть представлена единичным аккумулятором. ИБП средней и большой мощности и системы постоянного тока оборудованы АБ, составленной из различного числа (зависит от модели) аккумуляторов, собранных в последовательные цепочки, которые в свою очередь могут включаться параллельно для увеличения емкости АБ.

Подавляющее большинство батарей комплектуются герметичными необслуживаемыми свинцово-кислотными аккумуляторами (Valve Regulated Lead Acid, VRLA), использующими принцип рекомбинации газов. Батареи VRLA не выделяют водород при нормальных циклах заряда-разряда.

Производители предлагают несколько стандартных конфигураций комплектования своих аппаратов на основе одного-двух типов герметичных необслуживаемых батарей. Производитель батареи определяется (рекомендуется) фирмой, производящей ИБП и системы постоянного тока.

По классификации EUROBAT (Ассоциация ведущих европейских производителей аккумуляторных батарей) различают четыре категории аккумуляторных батарей, характеризующихся в первую очередь сроком их ожидаемой службы:

- 10+ years (10+ лет) — категория высокой целостности (High Integrity); применяется в оборудовании, где необходима высочайшая степень безопасности (телекоммуникационные центры, атомные электростанции, нефтеперекачивающие комплексы и т.д.);
- 10 years (10 лет) — категория высокого исполнения (High Performance); практически повторяет предыдущую категорию, однако требования к исполнению и надежности несколько снижены;
- 5–8 years (5–8 лет) — категория общего применения (General Purpose); практически повторяет предыдущую категорию, однако требования к исполнению и надежности менее строгие;
- 3–5 years (3–5лет) — категория стандартных коммерческих применений (Standart Commercial); применяется в стационарных установках и особенно популярна в небольших ИБП.

Следует отметить, что реальный срок службы аккумуляторных батарей существенно зависит от условий их эксплуатации и может значительно отличаться от паспортных данных. К числу наиболее важных факторов, влияющих на продолжительность эксплуатации батарей, относятся:

- температура окружающей среды;
- количество прошедших циклов заряда-разряда;
- степень заряженности батареи.

Основные параметры батарей:

- тип батарей (как правило, VRLA);
- рабочее напряжение батареи;
- минимальное напряжение батареи;
- ёмкость батареи (ампер-часы [Ач], вольт на ячейку [В/ячейка]);
- температурные характеристики.

Температура, для которой указываются параметры в спецификации, 25 °С. Если температура среды понижена до 20 °С, емкость батареи следует увеличить на 4%, если температура увеличивается на 10 °С, срок службы аккумуляторов сокращается вдвое, невзирая на категорию. Отсюда следует, что наиболее критичные требования к параметрам окружающей среды помещения ИБП и систем постоянного тока предъявляет аккумуляторная батарея. Со временем емкость батареи падает. Время, когда батарея имеет только 80% начальной емкости, определяет окончание срока службы. Разница в 20% не учитывается производителем при указании параметров батареи, т.е. аккумуляторы одного типа могут обладать емкостью, составляющей 80% относительно каталожных данных, и при этом считаться кондиционными.

3.4. Основные принципы построения систем бесперебойного электроснабжения зданий

Построение систем бесперебойного электроснабжения может производиться по различным схемам в зависимости от требований к надежности работы системы, количества и мощности потребителей, строительно-архитектурных особенностей зда-

ний, условий размещения основного оборудования СБЭ и некоторых других факторов, определяемых заданием на проектирование и результатами рабочего проектирования. В соответствии со сложившейся технической практикой создания СБЭ можно выделить две традиционные структуры систем — распределенную и централизованную (локальную) [4, 6]. В ***распределенной системе*** СБЭ (рис. 3.25) электроприемник (или небольшая группа электроприемников) получает питание от отдельного (локального) ИБП. ***Централизованная система*** (рис. 3.26) строится на основе одного или несколько мощных ИБП. На рис. 3.25 и в дальнейшем различные изображения ИБП отражают различия в конструктивном исполнении и мощности.

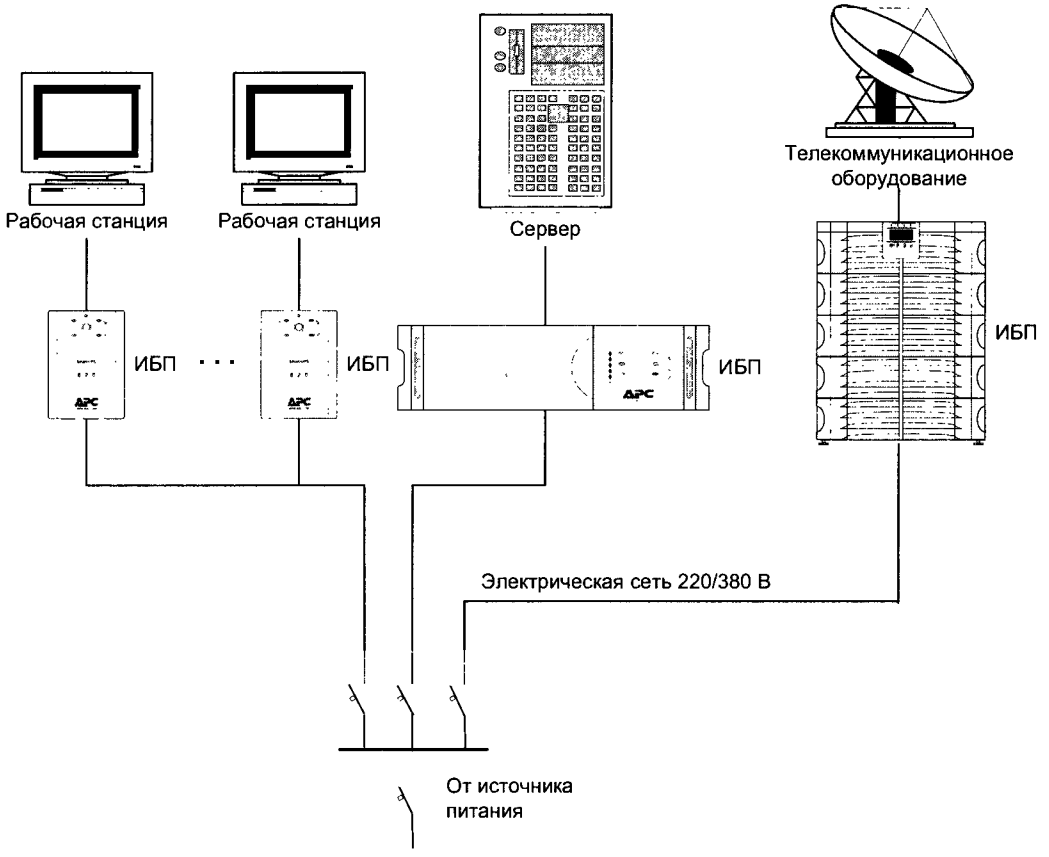


Рис. 3.25. Распределенная СБЭ

Преимуществами распределенной системы являются:

- отсутствие необходимости переделки кабельной сети при использовании «розеточных» ИБП (ИБП малой мощности, включаемые непосредственно в розетку);
- простота наращивания мощности и изменения конфигурации;
- отключение только части системы при отказе одного ИБП и устранение последствий отказа простой заменой поврежденного источника;

– отсутствие необходимости выделения специальных помещений для размещения ИБП.

Недостатками распределенной системы являются:

– неэффективное использование установленной мощности ИБП из-за невозможности обеспечения номинальной загрузки всех ИБП;
– время автономной работы всей системы не является общим для всех нагрузок;
– недостаточная перегрузочная способность системы при подключении дополнительной нагрузки или коротком замыкании в цепи нагрузки одного ИБП; этот недостаток не является существенным и проявляется редко;
– при использовании ИБП с режимами работы off-line или line-interactive даже при сбалансированной симметричной нагрузке в нейтральном проводнике возникают токи, значения которых могут превосходить значения токов в фазных проводниках [11]; это явление приводит к перегрузке нейтрального проводника и ухудшению электромагнитной совместимости.

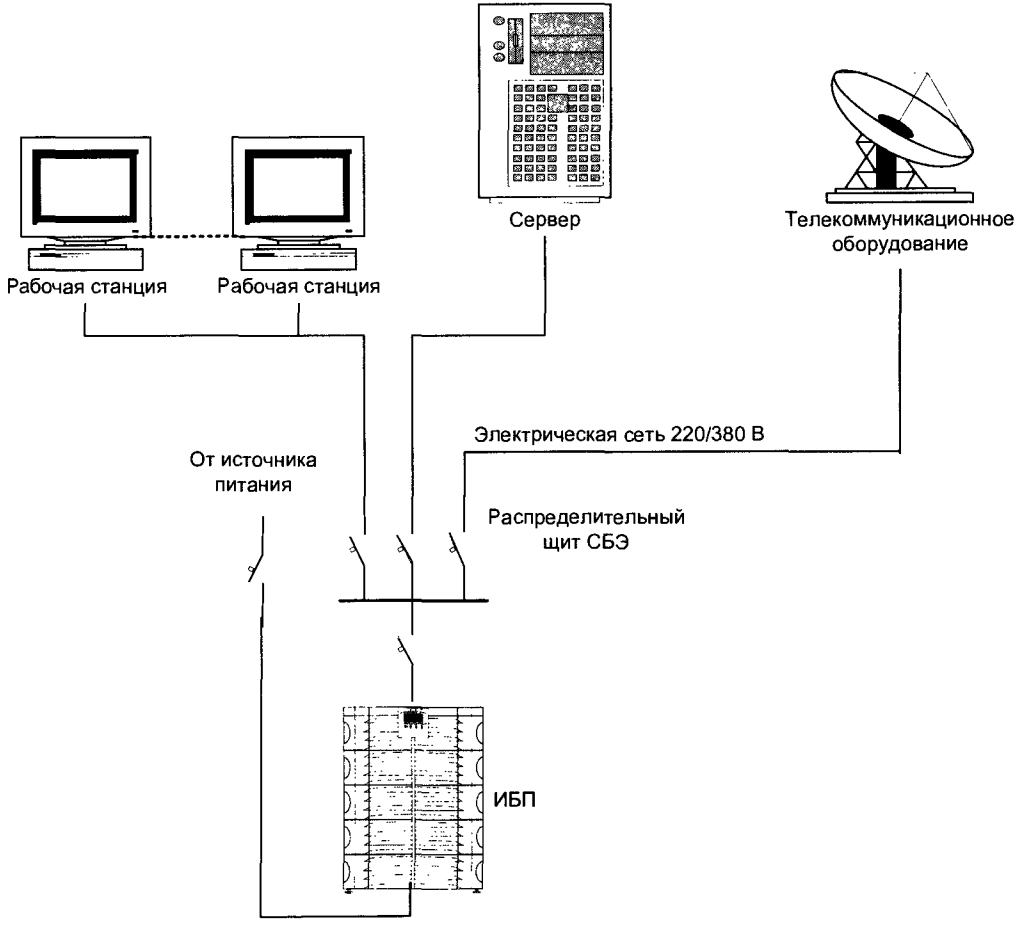


Рис. 3.26. Централизованная СБЭ

Преимуществами централизованной структуры СБЭ являются:
- эффективное использование установленной мощности ИБП и емкости батарей;
- устойчивость к локальным перегрузкам;
- возможность увеличения времени автономной работы за счет отключения менее ответственных потребителей в соответствии с так называемым планом «деградации» системы;
- исключение перегрузки нейтрального проводника на участке от ввода до ИБП.

Недостатком централизованной системы является вероятность общего отказа из-за неисправности распределительной сети бесперебойного электроснабжения или самого ИБП.

В чистом виде каждая из приведенных систем применяется достаточно редко. Использование централизованной системы целесообразно для электроснабжения оборудования, выполняющего единую задачу и состоящего из однородных по назначению и надежности элементов (издательские комплексы, телекомуникационные центры и т.п). Типичными приложениями распределенной системы являются административные учреждения, в которых большое число персональных компьютеров работает в режиме рабочих станций с объединением или без объединения их в локальную вычислительную сеть, а также сравнительно небольшие организации, размещающиеся в арендуемых помещениях.

На практике часто применяют ***двухуровневую систему***, которая представляет собой комбинацию централизованной и распределенной системы (рис. 3.27).

Оптимизация установленной мощности ИБП и соответственно стоимости оборудования состоит в выделении наиболее ответственных потребителей, которые будут получать электроснабжение от ИБП малой мощности (ИБП «второго уровня»), последовательно подключенных к централизованной системе. Целью двухуровневого резервирования является защита такого оборудования, как, например, файловые серверы и наиболее ответственные рабочие станции управления ЛВС, коммуникационное оборудование, системы связи, от обесточивания вследствие аварий в электрической сети внутри здания, вызванных локальными повреждениями — короткими замыканиями или перегрузками (в том числе в сети бесперебойного электроснабжения, подключенной к основному ИБП).

Появление энергетических массивов позволяет организовать электроснабжение по централизованной схеме, разделив оборудование по функциональным и территориальным группам. Рабочие станции защищаются по централизованной схеме в масштабах здания. Коммутационные центры, серверы и телекоммуникационное оборудование защищаются энергетическими массивами малой и средней мощности в масштабах телекоммуникационной (серверной) стойки или технологического помещения.

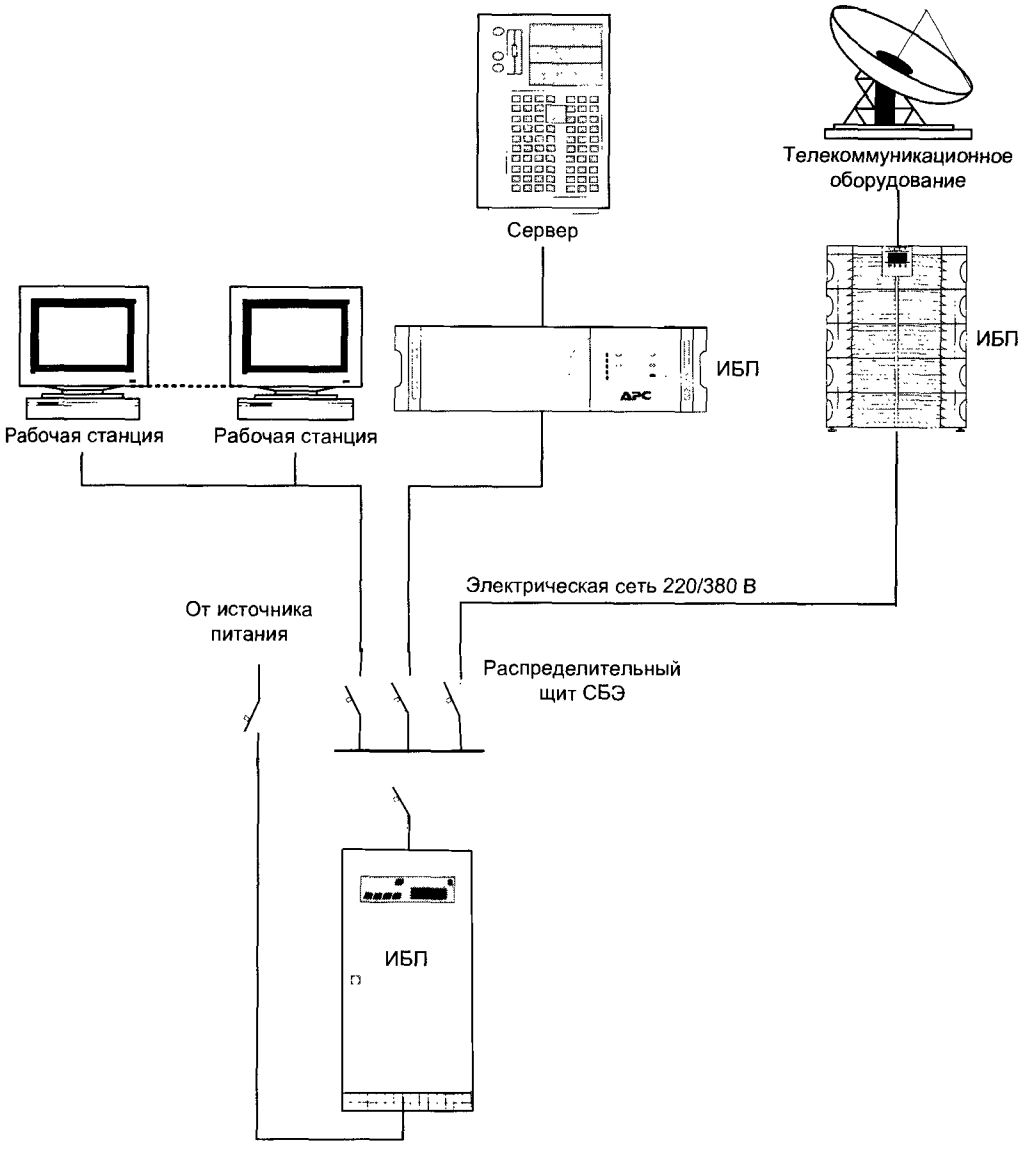


Рис. 3.27. Двухуровневая СБЭ

3.5. Расчет мощности систем бесперебойного электроснабжения и систем постоянного тока

Выбор конкретных моделей ИБП для проектируемой СБЭ производится на основе расчета потребляемой мощности нагрузки и прогноза её роста в будущем.

Расчет мощности ИБП осуществляется по таким расчетным и задаваемым параметрам, как:

- мощность нагрузки;
- коэффициент мощности нагрузки;
- пусковые токи потребителей с мощностью, соизмеримой с номинальной мощностью ИБП;
- время автономной работы ИБП;
- время зарядки батарей;
- требования к надежности.

Как правило, в задании на проектирование задаются следующие данные:

- мощность нагрузки;
- характер нагрузки;
- время автономной работы ИБП.

При расчете необходимой мощности ИБП, включаемых в параллельный комплекс, учитывается, что при отказе одного ИБП мощность оставшихся должна соответствовать мощности нагрузки. Данное требование выражается значением N+1, где N — количество ИБП, обеспечивающих продолжение работы СБЭ при отказе одного. В простейшем случае N=1, однако при этом в нормальном режиме каждый из ИБП будет загружен только на 50%. Так как загрузка ИБП на 100% лишает систему возможности увеличения мощностей нагрузки и ограничивает перегрузочную способность, а с уменьшением нагрузки уменьшается коэффициент полезного действия ИБП и возможно появление нелинейных искажений на входе ИБП, рациональной представляется система, состоящая из четырех ИБП, каждый из которых в любом режиме загружен не более чем на 75%. Практический опыт подтверждает целесообразность такого решения. При этом коэффициент использования источников бесперебойного питания рассчитывается по следующему выражению:

$$K_{и} = 0,75\frac{N}{N+1},$$

где N — минимальное количество работающих аппаратов в группе; для единичного аппарата N = 1.

Ясно, что $K_{и} \le 0,75$. В зависимости от расчетной схемы, нагрузки и степени требований к точности расчетов $K_{и}$ может принимать другие значения (более 0,75 не рекомендуется), поскольку приведенная формула оперирует только количеством установленных устройств.

Установленная мощность ИБП соотносится с расчетной мощностью нагрузки $S_{Р}$:

$$S_{ИБП} = S_{Р}/(K_{и} \times N).$$

Шкала номинальных мощностей ИБП дискретная, следовательно, выбирается ближайшее большее значение $S_{ИБП}$. Расчет $S_{Р}$ сопряжен с некоторыми трудностями, поскольку нормы проектирования не определяют удельные мощности нагрузок средств информатизации и телекоммуникаций. Ведомственные нормы проектирования ВСН 59-88 приводят значения для терминальных устройств и больших ЭВМ (мэйнфреймов), что не подходит для компьютерных сетей и обрабатывающих цен-

тров. Для расчета мощности нагрузки компьютерной сети можно пользоваться удельным потреблением, выражаемым в ВА/м^2, или мощностью одного рабочего места (рабочей станции) [ВА]. В [12] приводится значение удельного потребления 40 Вт/м^2 для одного этажа и 30 Вт/м^2 для нескольких этажей или всего здания. При санитарной норме 6 м^2 на одно автоматизированное рабочее место получаем 240 и 180 Вт/м^2 или при коэффициенте мощности pf = 0,7 — 340 и 250 ВА/м^2. В последнее время с широким использованием рабочих станций и персональных компьютеров на базе Pentium 4, а также мониторов с диагональю 19″ наметился некоторый рост потребляемой мощности. Однако есть основания полагать, что это временное явление, поскольку мониторы на базе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) постепенно вытесняются плоскими жидкокристаллическими (ЖК) дисплеями. На рис. 3.28 показано изменение во времени удельных мощностей нагрузки [12].

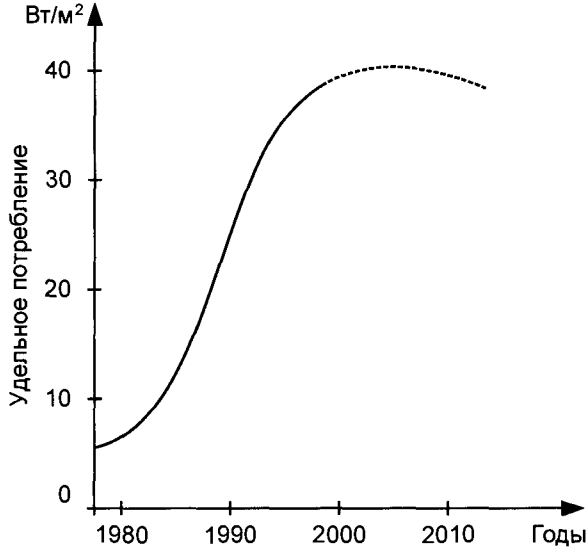


Рис. 3.28. Прогноз электропотребления информационного офисного оборудования *(источник: CSS Index)*

Расчет мощности нагрузки компьютерной сети требует также учета коэффициента использования для персональных компьютеров. Коэффициент использования $К_и$ характеризует отношение числа электроприемников, находящихся одновременно в работе, к общему количеству однотипных электроприемников, установленных на объекте. В нормативной документации таких сведений не приводится. Из опыта эксплуатации можно определить этот коэффициент как 0,7...0,9 — для этажа и 0,4...0,6 — для здания в целом. Необходимо заметить, что $К_и$ зависит от режима работы и назначения здания (министерство, офис крупной компании, бизнес-центр и т.д.). Коэффициент использования серверов, коммутационных центров близок к единице. Определение коэффициента использования на этапе составления технического задания — важный момент в совместной деятельности

подрядчика и заказчика. При его завышении мощность ИБП также окажется завышенной, и инвестиции в оборудование станут излишними. Занижение $К_и$ приведет к дефициту мощности СБЭ.

Выбор защитно-коммутационного оборудования (автоматических выключателей, выключателей нагрузки, рубильников и предохранителей) для подключения ИБП должен производиться с учетом КПД, токов заряда батарей и установленной мощности ИБП. Выбор номинальных значений защитно-коммутационного оборудования по установленной мощности позволяет в случае необходимости полностью нагрузить систему. Как было отмечено выше, КПД для технологии двойного преобразования не превышает 0,93. Ток заряда батареи ИБП с временем автономной работы 10...15 мин не превышает 10% номинального тока ИБП в режиме on-line. Отсюда номинальный ток защитно-коммутационного оборудования для подключения ИБП вычисляется по формуле

$$I_{ном} = \left(S_р/\eta + 0{,}1S_р\right)/3U_ф ,$$

где $U_ф$ — фазное напряжение; η — коэффициент полезного действия.

Расчет системы постоянного тока разбивается на расчет батареи и расчет выпрямителя (источник: АРС).

Расчет батареи

1. Рассчитывается мощность нагрузки как сумма мощностей отдельных электроприемников:

$$P_{нагр} = P_{нагр1} + P_{нагр2} + \ldots .$$

2. Определяется количество ячеек (аккумуляторов) батареи исходя из того, что напряжение на батарее должно быть равно напряжению питания нагрузки:

$$N = U_{бат}/U_{яч}.$$

3. Вычисляется мощность ячейки при заданном времени работы:

$$P_{яч} = P_{нагр}/N.$$

4. Если используется M линеек, то значение мощности определяется из выражения

$$P_{яч} = P_{яч}/M.$$

Расчет выпрямителя

1. Определяется ток зарядки батареи $I_{бат}$ исходя из 10% каталожной емкости.
2. Рассчитывается максимальный и минимальный токи нагрузки:

$$I_{u\,max} = I_{рез} + U_{min}/U_{max} \times I_{пм} + I_{пт},$$

$$I_{u\,min} = U_{min}/U_{max} \times I_{рез} + I_{пт},$$

где $I_{u\,min}$ и $I_{u\,max}$ — минимальный и максимальный токи ячейки при минимальном и максимальном напряжениях на ячейке; $I_{рез}$ — ток нагрузки резистивного характера, зависящий от напряжения; $I_{пм}$ — ток нагрузки с постоянной мощностью, зависящий от напряжения; $I_{пт}$ — ток нагрузки с I=const, не зависящий от напряжения; U_{min} — минимальное напряжение ячейки; U_{max} — максимальное напряжение ячейки.

3. Вычисляется суммарный ток выпрямителей:

$I_{сум} = I_{бат} + I_{max}$.

4. Определяется номинальный ток выпрямителя (количество выпрямителей $N_{выпр}$ задается):

$I_{выпр} = I_{сум} / N_{выпр}$.

5. Итоговое количество выпрямителей выбирается с учетом резервирования:

$N = N_{выпр} + 1(2,3\ldots)$.

При расчете как ИБП, так и систем постоянного тока учитывается резервирование по принципу N+1. Как ранее отмечалось, такой принцип построения СБЭ и систем постоянного тока предназначен для обеспечения отказоустойчивой работы. Обеспечение отказоустойчивой работы достигается не только увеличением установленной мощности, но и различными схемными решениями.

3.6. Обеспечение отказоустойчивой работы

Непрерывный характер технологических процессов в инфокоммуникациях и необходимость сохранения и защиты информации обусловливают требования к надежности функционирования технических средств СБЭ. Поскольку надежность работы оборудования компьютерных сетей и комплексов связи неразрывно связана с электроснабжением, требуется принятие специальных мер по обеспечению надежности работы СБЭ.

Надежность системы — совокупное понятие, включающее возможность продолжения работы системы в целом даже при возникновении неисправностей (отказов) ее элементов, локализацию места отказа элемента системы и восстановление исходной работоспособности путем замены или дублирования отказавшего элемента. Достижение требуемых показателей надежности обеспечивается применением соответствующих технических средств, организационными мероприятиями и оперативными действиями обслуживающего персонала

В СБЭ отказоустойчивость достигается за счет применения двухуровневой схемы электроснабжения и избыточности комплекса ИБП (принцип N+1). Сущность и преимущества двухуровневой схемы были рассмотрены выше (см. рис. 3.27).

Продолжение работы системы в целом, даже при возникновении неисправностей (отказов) ее элементов, достигается резервированием ее важнейших элементов, в нашем случае ИБП. Мощные трехфазные ИБП должны функционировать в параллельном комплексе.

Целью объединения нескольких ИБП в ***параллельный комплекс*** является обеспечение работы комплекса в целом при отказе одного из ИБП. Структура параллельного комплекса изображена на рис. 3.29.

Количество ИБП рассчитывается таким образом, чтобы в случае выхода из строя одного из источников (на рис. 3.29 — ИБП 3) оставшиеся в работе могли обеспечивать питание нагрузки (принцип RPA — Redundant Parallel Architecture — избыточная параллельная архитектура).

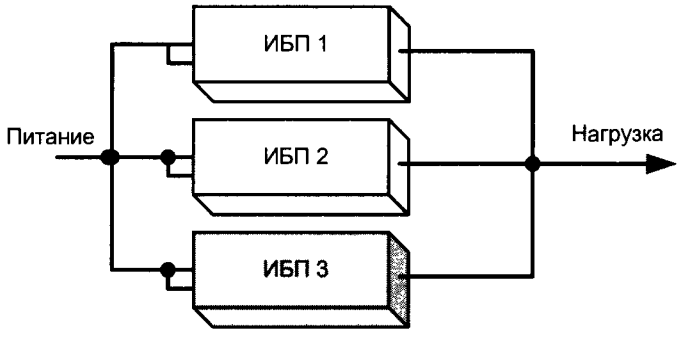


Рис. 3.29. Параллельный комплекс ИБП

Возможны два варианта построения параллельного комплекса:
- по централизованной схеме (с выделением статического переключателя обходной цепи байпаса в виде объединительного блока);
- по децентрализованной (модульной) схеме — без объединительного блока.

Централизованная схема требует установки объединительного блока, рассчитанного на суммарную выходную мощность комплекса. Модульная структура (рис. 3.29) позволяет при необходимости нарастить комплекс, добавляя новые ИБП к уже установленным. В современных параллельных комплексах ИБП применяются модульные схемы.

Управление централизованной и модульной структурой производится по принципу распределенной логики, т.е. без центрального управляющего звена. Таким образом, микропроцессорные блоки синхронизации работы параллельного комплекса в каждом ИБП полностью равноправны, и отключение либо выход из строя одного из ИБП не приводит к потере работоспособности комплекса в целом. Такая схема позволяет также производить техническое обслуживание и ремонт любого ИБП не только без отключения нагрузки, но и с сохранением бесперебойного электроснабжения. Более предпочтительна модульная параллельная структура без объединительного блока с резервированием шины управления (аналогично энергетическому массиву на рис. 3.19) [13].

Наряду с параллельной схемой СБЭ существует ***последовательная схема***. В таких системах резервирование ИБП достигается за счет включения на вход байпаса резервного ИБП. Резерв находится во включенном состоянии, но нагрузки не несет и не участвует в работе при переходе основных ИБП в автономный режим. На рис. 3.30 приведена последовательная схема СБЭ с резервированием по линии байпаса.

Такое решение может быть продиктовано архитектурными особенностями объектов, когда в старом здании недостаточно места для размещения параллельной централизованной системы бесперебойного питания. ИБП, непосредственно работающие на нагрузку, распределяются по зданию (в общем случае — по этажам) в небольших, специально приспособленных помещениях.

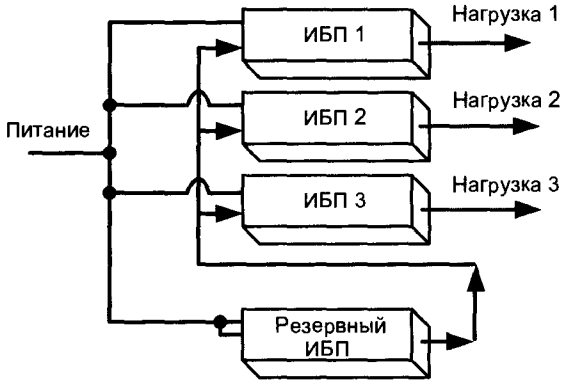


Рис.3.30. Последовательная схема СБЭ с резервированием по линии байпаса

На рис. 3.31 изображена традиционная схема последовательного «горячего резервирования». Такие схемы исторически были первыми на пути создания отказоустойчивых систем, но после появления систем RPA отошли на второй план по причине наличия ряда недостатков, которые отсутствуют в параллельных системах.

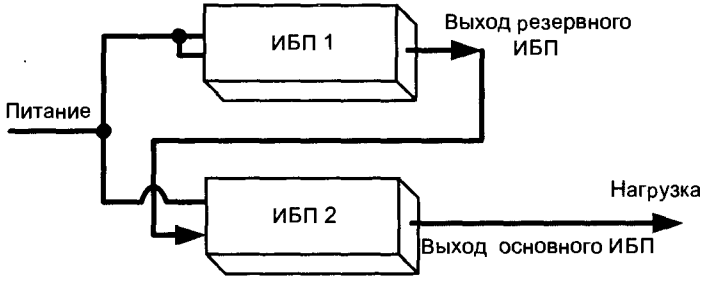


Рис 3.31. Схема последовательного «горячего резервирования»

При проектировании предпочтение следует отдавать параллельным и двухуровневым (избыточным) схемам СБЭ. Второй уровень СБЭ относится к ответственным рабочим станциям, файл-серверам, активному сетевому и телекоммуникационному оборудованию. При сосредоточенном размещении этого оборудования его электроснабжение обеспечивается с применением выделенного ИБП средней мощности (до 40 кВА) в сочетании с простыми резервными ИБП типа off-line. Такое решение в сочетании с дополнительными техническими средствами, позволяющими осуществлять резервирование ИБП второго уровня, представляет собой отказоустойчивую систему бесперебойного питания. В качестве наиболее прогрессивного решения по созданию отказоустойчивых систем следует рекомендовать СБЭ с применением источников бесперебойного питания класса энергетического массива.

Помимо применения параллельных комплексов ИБП и энергетических массивов в настоящее время начинают применять схемные решения, заимствованные из «большой» энергетики и позволяющие осуществлять электроснабжение нагрузок

группы А от двух независимых ИБП. Устройства, позволяющие реализовать эту схему, получили название «избыточный переключатель» (redundant switch). Устройство имеет сравнительно небольшую мощность и позволяет питать сервер или комплект сетевого оборудования. Рекомендуется подключать ИБП, работающие на избыточный переключатель, к различным групповым линиям, желательно от разных секций главного распределительного щита (ГРЩ). На рис. 3.32 показан пример подключения избыточного переключателя.

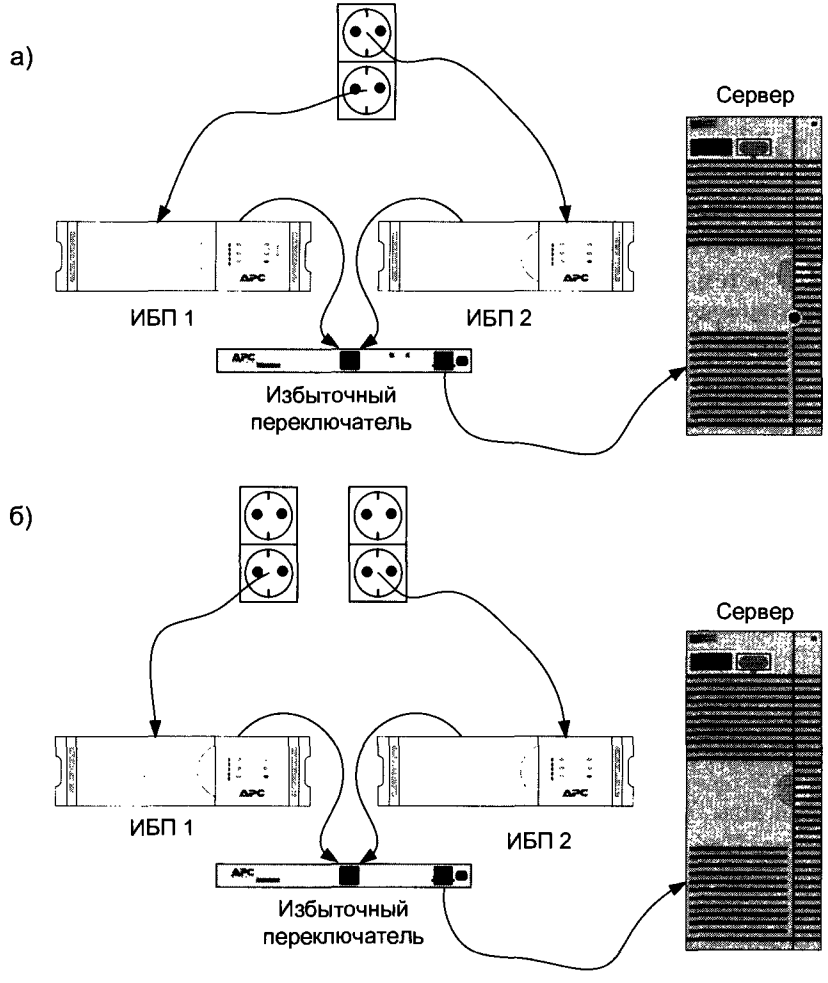


Рис. 3.32. Пример подключения избыточного переключателя:
а) к одной линии; *б)* к двум линиям
(источник: APC)

Разумеется, такое схемное решение применяется для особо критичных нагрузок из группы А. В большинстве случаев эти технические средства информатизации и

телекоммуникаций оборудуются двумя независимыми блоками питания, и необходимость использования избыточного переключателя отпадает. Для питания таких потребителей следует выполнить групповую сеть таким образом, чтобы обеспечить питание от различных секций ГРЩ, причем по крайней мере одна из линий должна иметь питание от СБЭ.

Модульные системы постоянного тока также позволяют создавать отказоустойчивые системы электроснабжения. Применяя инверторы, можно создавать системы бесперебойного электроснабжения средств коммуникаций, использующих питание переменного тока, web-узлов и центров обработки [9]. Существует мнение о целесообразности перевода питания средств информатизации на питание от постоянного тока [14]. Действительно, существует ряд предпосылок для таких преобразований:

- большое время автономной работы систем постоянного тока (несколько часов);
- необходимость совместной работы потребителей, питающихся переменным и постоянным током, исходя из условий обработки и передачи информации;
- сложившееся применение инверторов в системах постоянного тока;
- необходимость снижения эксплуатационных затрат.

Отказ питания от инверторов части оборудования в системах постоянного тока потребует перевода вторичных источников питания этого оборудования на электроснабжение от постоянного тока. Это повысит совокупную надежность системы, снизит затраты. Однако сложившийся парк оборудования и технология его производства не могут быть изменены в одночасье. Не является универсальным и сам принцип электроснабжения на постоянном токе. Например, для зданий в целом он вряд ли применим, поскольку требования нормативных документов в строительстве не разработаны для распределенных систем постоянного тока. Не изучены вопросы электромагнитной совместимости, электробезопасности, нет электрооборудования для систем, распределенных в масштабах зданий. В настоящее время область применения систем постоянного тока остается прежней — средства связи и телекоммуникаций.

3.7. Время автономной работы

Помимо мощности СБЭ характеризуется временем автономной работы (run-time) — временем работы ИБП от АБ. Время автономной работы тесно связано с понятием отказоустойчивости и должно быть не менее времени включения или переключения на резервный (резервирующий) источник электроснабжения от внешней системы электроснабжения или от ДЭС. При полном отключении основных и резервных источников электроснабжения время автономной работы должно позволить завершить процесс обработки передачи информации без потерь, например корректно закрыть сервер. Эта функция возлагается преимущественно на ИБП второго уровня. Поскольку процесс автоматизирован, то важно на этапе инсталляции специального программного обеспечения (ПО) правильно выбрать вре-

мя начала закрытия сервера (рис. 3.33). Рекомендуется, чтобы время автономной работы позволяло без дополнительного перезаряда батареи дважды произвести закрытие сервера. Диаграмма на рис. 3.33 показывает последовательность событий при отключении питания (power fail), подаче управляющего сигнала на закрытие сервера от ИБП (shutdown) и сигнала об исчерпании емкости батареи (low battery). Последний выдается за одну–две минуты до окончания работы ИБП. Обозначения сигналов в тексте и на рис. 3.33 сохранены в соответствии с терминологией, используемой при описании ПО, и характерны для большинства операционных систем (ОС) и изготовителей ПО ИБП.

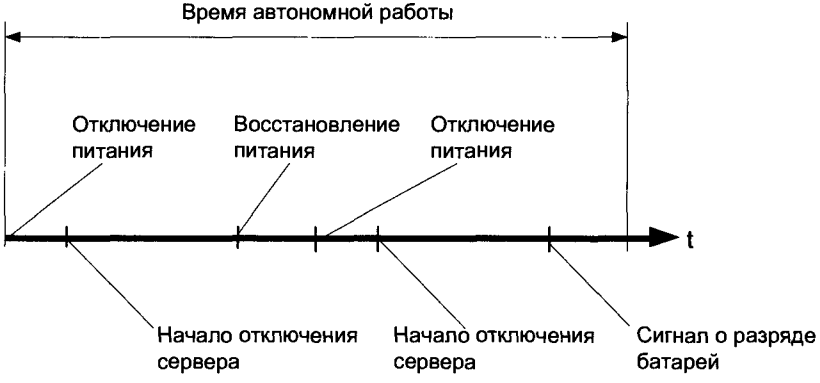


Рис. 3.33. Диаграмма закрытия сервера по сигналам ИБП

Основная логика работы ПО состоит в том, что время закрытия сервера не должно превышать время разряда батареи. Логика закрытия сервера без перезаряда батареи рекомендуется исходя из того, что переход ИБП в автономный режим вследствие аварии может повториться из-за отказа резервного источника или повторения аварии (например, короткое замыкание (КЗ) на линии ИБП, срабатывание защиты и повторное включение силами дежурного персонала при неустраненном КЗ). Длительность закрытия сервера соотносится с временем автономной работы в зависимости от типа ОС и параметров информационных процессов сервера.

Для центральных (основных) ИБП время автономной работы обычно составляет 10...20 мин, чего вполне достаточно для запуска резервной ДЭС или завершения работы пользователей компьютерной сети. Альтернативой ДЭС может служить СБЭ с большим временем автономной работы. В [15] рассматривается экономический аспект данной альтернативы. При мощностях более 10 кВА становится экономически нецелесообразно применение СБЭ с большим временем автономной работы (более 15...20 мин). Кроме того, существует технический аспект, связанный с временем заряда батареи. На рис. 3.34 приведена диаграмма заряда батареи. Время t — это длительность заряда батареи до 80% емкости током, величина которого составляет 10% от номинального. Типичное значение t равно 10...12 ч. При увеличении времени автономной работы количество параллельных

цепочек аккумуляторов возрастает, ток заряда соответственно уменьшается. Если время автономной работы будет составлять несколько часов, то время заряда до 100% будет исчисляться днями.

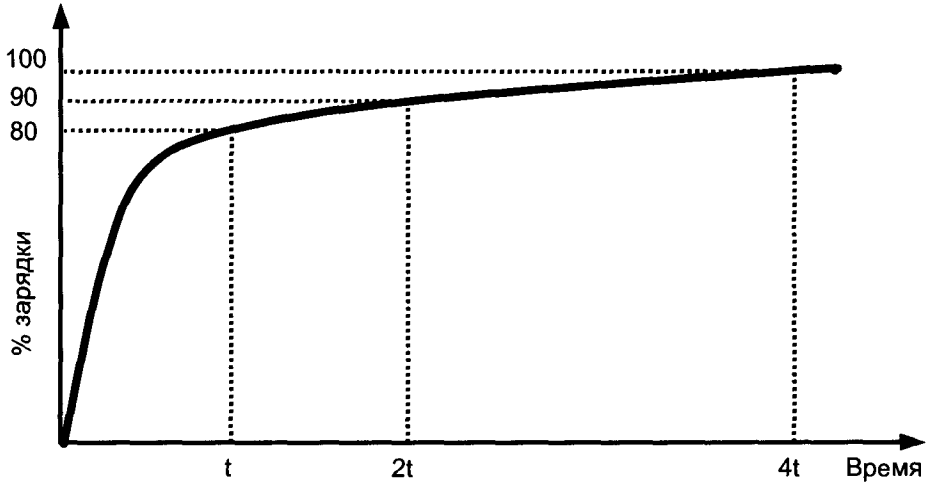


Рис. 3.34. Зависимость емкости батареи от времени заряда
(источник: APC)

Несмотря на большую стоимость и длительное время заряда, АБ большой емкости может быть применена в случае, когда по какой-либо причине устройство резервной ДЭС невозможно.

Выбор времени автономной работы для систем постоянного тока регламентируется нормативными документами и зависит от типа нагрузки. Например, для АТС оно составляет не менее 4 ч, а емкость аккумуляторной батареи пожарной автоматики должна обеспечивать питание электроприемников устройств сигнализации установок в течение 24 ч в дежурном режиме и не менее 3 ч — в режиме «Тревога».

3.8. Электрические сети бесперебойного электроснабжения

3.8.1. Особенности функционирования

Режим работы электрических сетей бесперебойного электроснабжения характеризуется преобладающим характером нелинейной нагрузки. Основную часть электроприемников СБЭ составляет информационно-вычислительная техника и средства телекоммуникаций с импульсными блоками питания, представляющие собой нелинейную нагрузку, в которой протекают несинусоидальные токи (см. рис. 2.7). При этом в нейтральном проводнике (нулевой рабочий проводник) даже симметрично загруженной трёхфазной сети протекает ток, приблизительно в 1,7 раза [11] превы-

шающий ток в линейном проводнике (рис. 3.35.). Ток имеет частоту 150 Гц и состоит преимущественно из 3-й гармоники промышленной частоты.

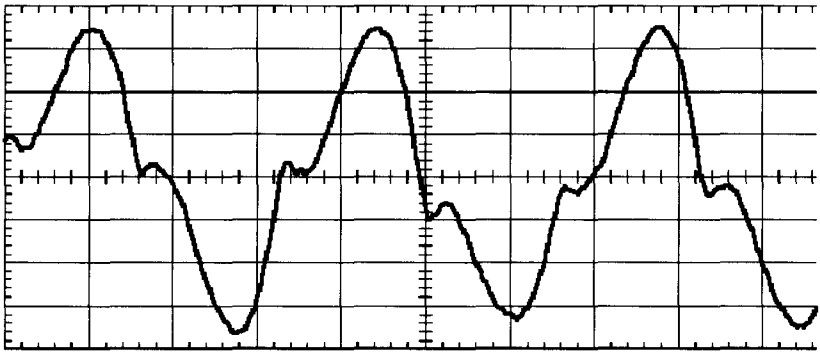


Рис. 3.35. Осциллограмма тока в нейтральном проводнике (масштаб 2 мс/деление)

По определению [16], квадрат действующего значения тока в фазном проводнике $I_ф$ выражается следующим образом:

$$I_ф^2=\frac{1}{T}\int_0^T i^2dt,$$

где i — мгновенное значение тока.

Ток в нейтральном проводнике представляет собой сумму токов фазных проводников. Тогда квадрат тока в нейтральном проводнике $I_н$ за период промышленной частоты 20 мс, учитывая, что он представляет собой 3-ю гармонику, равен

$$I_н^2=3\frac{1}{T}\int_0^T i^2dt.$$

Отсюда следует, что $I_н=\sqrt{3}I_ф$.

Полученное соотношение определяет тот факт, что нейтральный проводник должен быть рассчитан на протекание именно такого тока. В случае применения ИБП, построенного по принципу двойного преобразования в режиме работы on-line, токи в нейтральном проводнике будут протекать только в сети бесперебойного электроснабжения на участке после ИБП, но в случае работы ИБП в режиме «байпас» такие токи протекают также и в линиях, питающих ИБП от сети общего назначения (рис. 3.36). Следовательно, в этих линиях тоже требуется увеличение сечения нейтрального проводника. Это приводит к необходимости на этапе проектирования выполнять проверку проводимости тех существующих проводок зданий, по которым могут протекать данные токи.

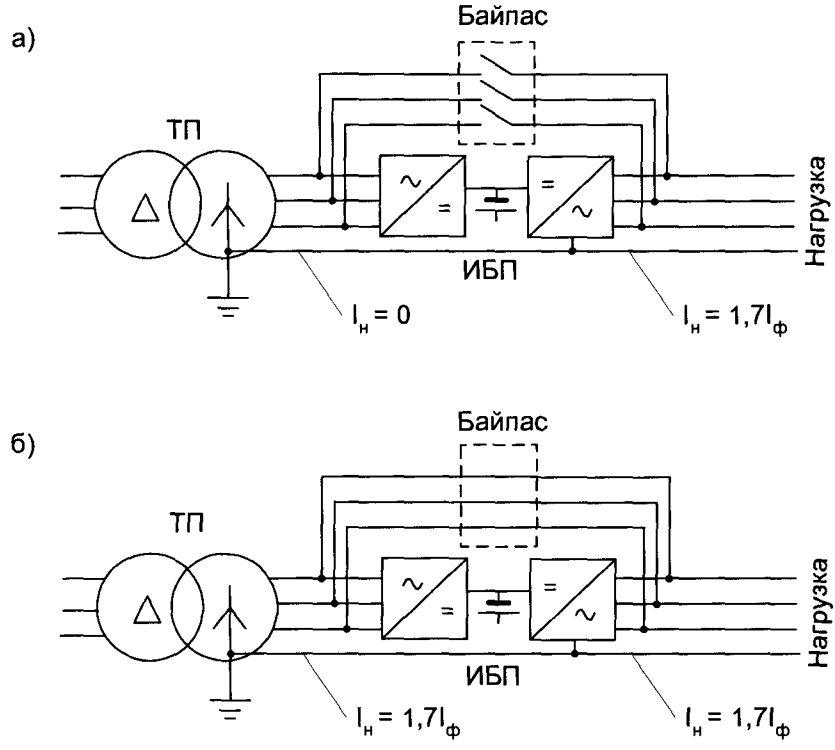


Рис. 3.36. Токи в нейтральном проводнике:
а) инвертор работает, байпас разомкнут; *б)* инвертор остановлен, байпас замкнут

Например, подлежит обязательной проверке сечение нулевого рабочего проводника от трансформаторной подстанции (ТП) до вводно-распределительного устройства (ВРУ), от которого питается СБЭ. Как правило, замены существующих линий не требуется, так как мощность СБЭ меньше той мощности, на которую рассчитаны ТП и ВРУ, а нейтральный проводник при симметричной нагрузке обычными потребителями (освещение, электродвигатели и т. д.) практически не загружен.

Кроме особенностей протекания токов в нормальном режиме, существуют особенности отключения токов короткого замыкания в цепи ИБП. Дело в том, что токи короткого замыкания соизмеримы с рабочими токами. Управляемый инвертор ИБП в первый момент ограничивает ток КЗ, что затрудняет селективное срабатывание защиты. Необходимо пояснить понятие селективности. Под селективностью срабатывания устройств защиты электрической сети понимается отключение поврежденного участка сети без отключения неповрежденных участков. Селективность достигается выбором уставок срабатывания и времени отключения защитных устройств. В случае несогласованного выбора автоматов защиты короткое замыкание будет

отключаться неселективно. На рис. 3.37 приводится иллюстрация к понятию селективности отключения короткого замыкания.

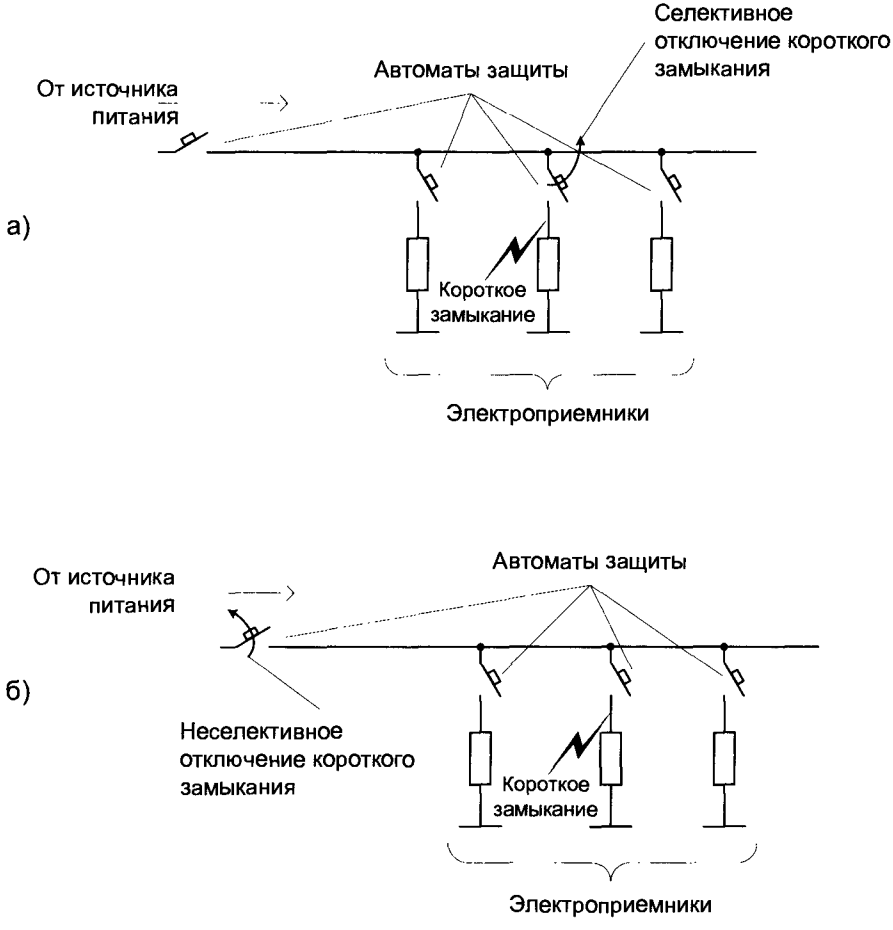


Рис. 3.37. Селективное (*а*) и неселективное (*б*) отключение короткого замыкания

Существуют пять вариантов отключения короткого замыкания в цепи ИБП:

1. Короткое замыкание отключается селективно защитным аппаратом поврежденного участка сети. Это наиболее благоприятный вариант.

2. Короткое замыкание отключается неселективно вводным защитно-коммутационным аппаратом электрического щита, от которого отходит поврежденная линия. При этом обесточиваются потребители, питающиеся от этого щита. ИБП остается в работе и питает потребителей от других оставшихся включенных щитов.

3. Короткое замыкание не успевает отключиться в цепи ИБП. Это вызывает перегрузку инвертора и срабатывание его защиты. Обесточиваются все потребители данного ИБП.

4. Короткое замыкание не успевает отключиться в цепи ИБП. Перегрузка инвертора вызывает переход на байпас. Ток короткого замыкания в цепи байпаса отключается селективно, так как он уже не ограничивается инвертором, и появляются предпосылки для селективного отключения. ИБП на короткое время теряет функцию бесперебойного электроснабжения, по сети возможно прохождение помех от короткого замыкания. Оставшиеся потребители остаются в работе.

5. Короткое замыкание не успевает отключиться в цепи ИБП. Перегрузка инвертора вызывает переход на байпас. Ток КЗ в цепи байпаса не удается отключить селективно. Все потребители обесточиваются.

Общие принципы расчета селективности не отличаются от расчетов в сетях общего назначения, но проектировщикам необходимо иметь в виду сделанные замечания.

Другой особенностью режимов работы сетей СБЭ является наличие технологических токов утечки. Импульсный блок питания (см. рис. 2.6, *б*) имеет симметричный LC-фильтр для подавления помех, средняя точка которого соединена с корпусом устройства. По требованиям безопасности корпус устройства заземлен. Возникает цепь через емкость фильтра на землю, что и приводит к технологической (не от повреждения изоляции) утечке. Требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) определена необходимость применения устройств защитного отключения (УЗО) в групповых розеточных сетях. Соблюдение этого требования без учета токов утечки в цепях с импульсными блоками питания может приводить к ложным срабатываниям УЗО и отключениям нагрузки.

В некоторых публикациях [17] приводится значение тока утечки 2...3 мА на одно устройство. Удельная величина тока утечки по специально проведенным замерам составляет около 2 мА на 1 А тока нагрузки. Это значение удельной величины тока утечки характерно для рабочих станций, принтеров и других офисных средств информатизации. Согласно ГОСТ Р 50807-94 отключающее значение тока УЗО находится в диапазоне 0,5...1 номинального значения, а суммарное значение тока с учетом присоединяемых электроприемников не должно превышать 1/3 номинального тока УЗО [18]. На рис. 3.38 показаны баланс токов в линии питания компьютера и осциллограмма тока утечки в защитном проводнике. Разность между прямым током $I_п$ и обратным током $I_о$ составляет ток утечки $I_у$. Импульсный характер потребляемого тока $I_п$ (см. рис. 2.7) не влияет на форму тока утечки, которая близка к синусоидальной. Это следует учитывать при выборе параметров устройства защитного отключения. В общем случае ток утечки складывается из утечки через изоляцию и утечки, обусловленной схемой входного LC-фильтра блока питания. В нормальном режиме основную долю составляет утечка через фильтр.

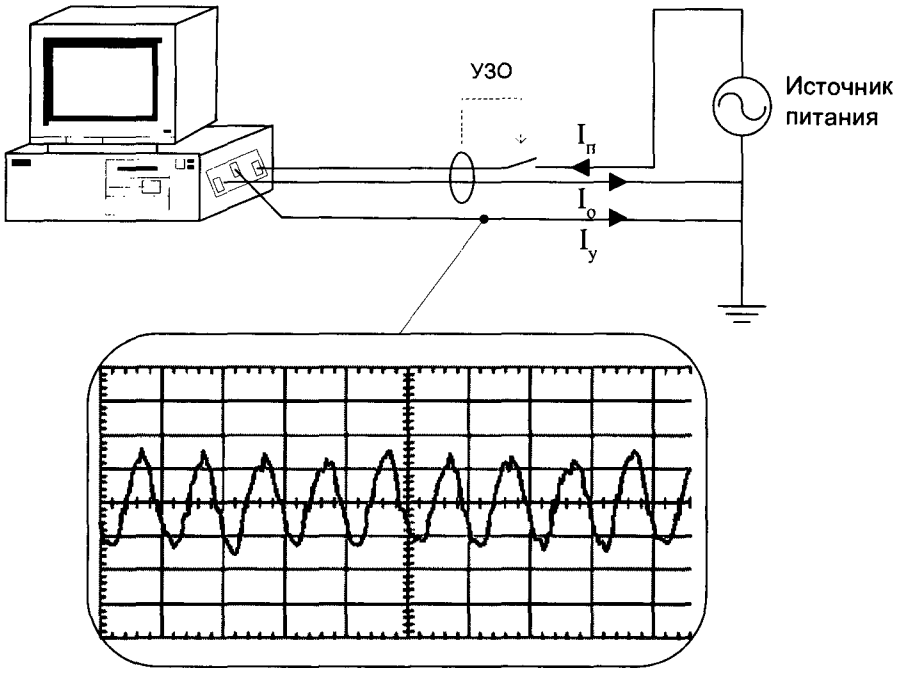


Рис. 3.38. Баланс токов в линии питания компьютера

3.8.2. Структура электрической сети бесперебойного электроснабжения

Сети бесперебойного электроснабжения прокладываются совместно со структурированными кабельными системами (СКС). В некоторых публикациях [19] встречается понятие структурированной силовой проводки (ССП). При этом в качестве требований к ССП предъявляются:

– защита здоровья людей и сохранность имущества;
– эксплуатационная надежность;
– удобство использования и гибкость.

Первое требование обеспечивается при проектировании и монтаже сетей и регламентируется правилами и стандартами. Обеспечение пожарной и электробезопасности не зависит от принципиальной схемы электрической сети. В свою очередь эксплуатационная надежность и гибкость зависят от схемы.

Понятие «ССП», используемое в [19], необходимо наполнить именно структурой электрической сети, в значительной степени повторяющей СКС. На рис. 3.39 показана структура электрической сети, позволяющая эксплуатировать систему электроснабжения без каких-либо переделок и изменений в случае роста мощности нагрузки или изменения состава потребителей.

Такая структура обеспечивает выполнение требований к надёжности, электромагнитной совместимости, защите от несанкционированного воздействия на оборудование по электрической сети, возможность обслуживания и ремонта сети с отключением возможно меньшего участка, селективное отключение повреждённого или перегруженного участка сети. Проектные решения, касающиеся сети бесперебойного электроснабжения, могут допускать возможность превышения минимальных нормативных (базовых) требований, которые предписываются ПУЭ, СНиП и другими нормативными документами.

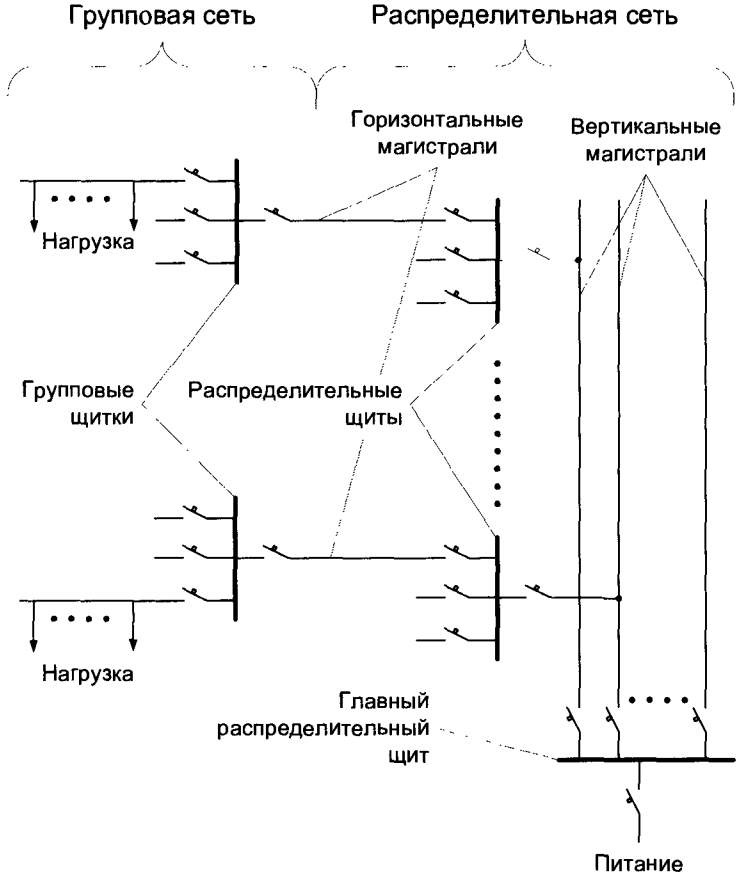


Рис. 3.39. Структура сети бесперебойного электроснабжения

Сеть состоит из следующих компонентов:

- главного распределительного щита (ГРЩ) — распределительного щита, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная часть;
- распределительных пунктов (щитов), получающих электроэнергию от ГРЩ или вводно-распределительного устойства (ВРУ) и распределяющих ее по групповым щиткам и отдельным стационарным электроприемникам;

– групповых щитов, распределяющих электроэнергию по группам штепсельных розеток и отдельным стационарным электроприемникам;
– распределительной сети от ГРЩ до распределительных щитов;
– групповой сети от групповых щитов до штепсельных розеток и других электроприемников.

Разделение электрических щитов на главные, распределительные и групповые производится по их функциональному назначению. Различие в конструктивном исполнении (напольные, настенные) обусловлено их размерами и условиями размещения.

Магистрали распределительной сети условно подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Это вызвано тем, что в ряде случаев конструктивное исполнение вертикальной магистрали представляет собой жесткий шинопровод. Шинопровод (токопровод) — конструкция из жестких токопроводящих шин, опорных изоляторов и защитного кожуха. Использование шинопровода позволяет эффективно организовать подачу большой мощности от ГРЩ к распределительным пунктам на этажах. Возможно выполнение вертикальной магистрали кабелем. Исполнение магистрали нормативами не регламентируется и определяется проектировщиком. Горизонтальные магистрали в административных зданиях по сложившейся практике всегда выполняются кабелями.

3.8.3. Распределительные щиты

Распределительные щиты СБЭ выполняются с соблюдением тех же требований, что и для сетей электроснабжения общего назначения. Эти требования изложены в пп.7.1.22–7.1.31 ПУЭ.

Щиты для мощных ИБП, питающих большое количество электроприемников (например, отдельное здание или этаж), рекомендуется разделять на вводные — от сети общего назначения и выводные — к сети бесперебойного электроснабжения. При установке отдельных ИБП средней мощности или в стеснённых условиях допускается применение одного вводно-выводного щита. Схема щитов ИБП и их подключение имеют важную особенность, связанную с работой байпаса в параллельных комплексах ИБП. На рис. 3.40 изображено подключение параллельного комплекса из двух ИБП, причем один из вариантов (рис. 3.40, *а*) является неправильным. Поясним подключение ИБП к распределительным щитам. Напряжение, формируемое инвертором ИБП на шинах выводного щита, синхронизируется по фазе и частоте с напряжением на байпасе. Подключение разных ИБП в параллельном комплексе на разные секции ГРЩ (рис. 3.40, *а*) не позволяет осуществить синхронизацию ИБП в связи с тем, что напряжения на разных секциях хотя и имеют одинаковую частоту, однако сдвинуты по фазе относительно друг друга. Это обусловливается тем, что разные секции ГРЩ питаются от разных трансформаторов (см. гл. 5). Таким образом, включение и работа параллельного комплекса по схеме рис. 3.40, *а* будет невозможна — ИБП не засинхронизируются и просто не включатся. В редком случае, когда фазовый сдвиг окажется незначительным и синхронизация возможна, переход ИБП на байпас вызовет объединение секций ГРЩ, что недопусти-

мо по условиям работы трансформаторов и вызывает протекание уравнительных токов в цепи байпаса.

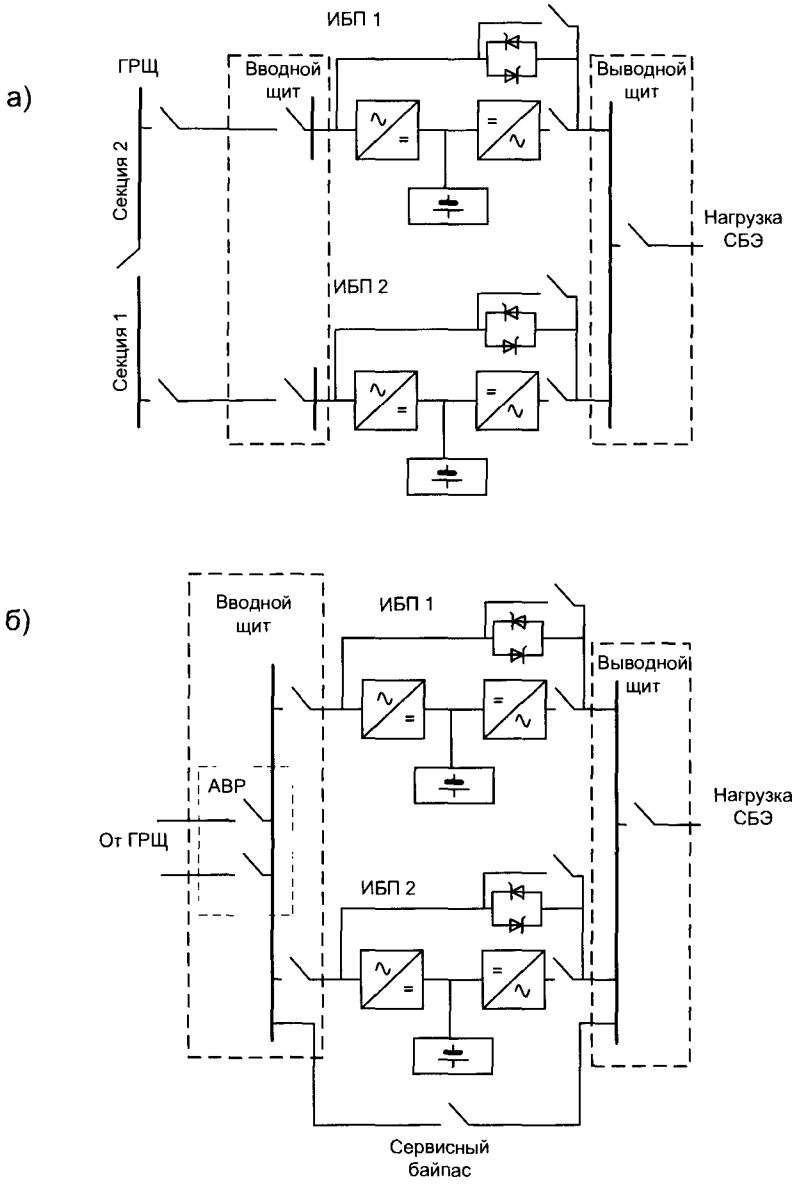


Рис. 3.40. Подключение ИБП: *а*) неправильное; *б*) правильное

Для правильного подключения ИБП следует организовать один вводной щит (рис. 3.40, *б*), обеспечив подключение всех ИБП в комплексе к общим вводным шинам. Для обеспечения возможности питания комплекса ИБП от разных секций ГРЩ следует предусмотреть устройство автоматического включения резерва (см. разд. 4.3).

В параллельном комплексе ИБП переход одного из источников на байпас требует перехода на байпас всех ИБП в комплексе. Это вызвано тем, что переход на байпас напрямую соединяет шины вводного щита с шинами выводного щита. Соединение входа ИБП с его выходом недопустимо и вызовет повреждение ИБП. Проведение регулировок и настроек ИБП в ряде случаев требует перевода комплекса на байпас. В некоторых случаях необходимо отключение ИБП от нагрузки (например, для проведения тестирования на нагрузочные реостаты). Для обеспечения возможности подачи напряжения на нагрузку СБЭ в схеме предусматривается сервисный байпас — коммутационный аппарат, соединяющий вводной и выводной щиты. В нормальном режиме работы сервисный байпас должен быть заблокирован от ошибочного включения.

Конструкцию щитов рекомендуется выполнять с использованием шин, так как это упрощает монтаж и уменьшает количество проводных перемычек внутри щита (рис. 3.41).



Рис. 3.41. Пример применения шинного монтажа в распределительном щите

Шина нулевого проводника должна быть рассчитана на ток, превышающий фазный в 1,7 раза. На шине должны предусматриваться резервные зажимы (клеммы) в количестве 20% от числа клемм, на которые разделаны кабели и провода. Монтаж в щитах должен быть выполнен таким образом, чтобы имелась возможность доступа к любому аппарату, установленному в щите, без отключения и демонтажа рядом стоящего оборудования и проводок. Проводка в щитах, выполненная проводами, должна быть проложена таким образом, чтобы имелась возможность замера токов в любом из них стандартными измерительными клещами (бесконтактным измерителем тока).

Поскольку в ряде случаев (в основном в реконструируемых зданиях и помещениях) требуется подключение новых потребителей и отключение бесперебойного питания даже на короткое время не всегда возможно, то в силовых и распределительных щитах бесперебойного электроснабжения необходимо предусматривать

установку дополнительных резервных автоматических выключателей. Количество резервных автоматов, число фаз, номинальные токи должны определяться при проектировании с учётом прогноза возможного изменения количества потребителей и их мощности. Опыт эксплуатации подобных сетей показывает, что количество резервных выключателей должно быть в пределах двадцати процентов от количества рабочих, номинальные токи примерно одной трети из них должны быть равны 32...63 А, а остальных — 16...20 А.

В связи с ответственностью оборудования, которое питает СБЭ, необходимо ограничить доступ к аппаратуре управления. Для этого используют прочные двери (2-й класс защиты), оборудованные системой управления доступом и защищенные охранной сигнализацией. Все распределительные щиты СБЭ, установленные вне специальных помещений, вход в которые имеют только сотрудники службы эксплуатации, должны оборудоваться замками с системой единого ключа.

3.8.4. Электропроводки

Электропроводки характеризуются способом прокладки, минимально допустимым сечением, допустимой токовой нагрузкой.

Способы прокладки электропроводок регламентируются в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) и ГОСТ Р 50571.15-97 (МЭК 364-5-52-93) «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки».

В стандарте содержится ряд требований и положений, существенно отличающихся от требований ПУЭ, действующих на момент выхода стандарта. Требования стандарта, относящиеся к особенностям прокладки электропроводок в административных зданиях, приводятся ниже.

1. Изолированные провода допускается прокладывать только в трубах, коробах и на изоляторах. Не допускается прокладывать изолированные провода скрыто под штукатуркой, в бетоне, в кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, а также открыто по поверхности стен и потолков, на лотках, на тросах и других конструкциях. В этом случае должны применяться изолированные провода с защитной оболочкой или кабели.

2. В одно- или трехфазных сетях сечение нулевого рабочего проводника и PEN-проводника (совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник) должно быть равным сечению фазного проводника при его сечении 16 мм^2 и ниже для проводников с медной жилой. При больших сечениях фазных проводников допускается снижение сечения нулевого рабочего проводника при следующих условиях:

– ожидаемый максимальный рабочий ток в нулевом проводнике не превышает его длительно допустимый ток;

– нулевой защитный проводник имеет защиту от сверхтока.

При этом в стандарте сделано специальное замечание относительно тока в нулевом рабочем проводнике: нулевой проводник может иметь меньшее сечение по сравнению с сечением фазных проводников, если ожидаемый максимальный ток,

включая гармоники, если они есть, в нулевом проводнике при нормальной эксплуатации не превышает величины допустимой нагрузки по току для уменьшенного сечения нулевого проводника.

Это требование следует связать с фактом протекания 3-й гармоники тока в нулевом проводнике трехфазных сетей, имеющих в составе нагрузок импульсные блоки питания (компьютеры, телекоммуникационное оборудование и т.п.). Величина действующего значения тока в нулевом рабочем проводнике при таких нагрузках может достигать 1,7 от действующего значения тока в фазных проводниках.

С 06.10.1999 в действие введены новые редакции разд. 6 «Электрическое освещение» и 7 «Электрооборудование специальных установок» седьмого издания ПУЭ. Содержание этих разделов приведено в соответствие с комплексом стандартов МЭК на электроустановки зданий. В ряде отдельных пунктов новой редакции разд. 6 и 7 ПУЭ предъявляют даже более жесткие требования, чем в стандарте на основе материалов МЭК. Эти разделы выпущены отдельной брошюрой «Правила устройства электроустановок» (7-е изд. — М.: НЦ ЭНАС, 1999).

В седьмом разделе ПУЭ содержится гл. 7.1, заслуживающая особого внимания. Глава называется «Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий» и распространяется на электроустановки:

- жилых зданий, перечисленных в СНиП 2.08.01-89 «Жилые здания»;
- общественных зданий, перечисленных в СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения» (за исключением зданий и помещений, перечисленных в гл. 7.2);
- административных и бытовых зданий, перечисленных в СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания».

К электроустановкам уникальных и других специальных зданий, не вошедших в вышеуказанный список, могут предъявляться дополнительные требования.

Глава 7.1 содержит требования к электропроводкам и кабельным линиям. При выборе способа прокладки и сечений электропроводки, руководствуясь как требованиями ГОСТ Р 50571.15-97, так и ПУЭ, следует иметь в виду, что новая редакция ПУЭ в части п. 7.1.37 формулируется следующим образом: «...электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой: скрыто — в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах; открыто — в электротехнических плинтусах, коробах и т.п.

В технических этажах, подпольях ... электропроводку рекомендуется выполнять открыто...

В зданиях со строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов, допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке. Применение несменяемой замоноличенной прокладки проводов в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении на заводах стройиндустрии или выполняемой в монтажных стыках панелей при монтаже зданий, не допускается».

Кроме того (п. 7.1.38 ПУЭ), электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и в перегородках, рассматриваются как скрытые электропроводки, и их следует выполнять:

- за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов в металлических трубах, обладающих локализационной способностью, и в закрытых коробах;
- за потолками и в перегородках из негорючих материалов, в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах, а также кабелями, не распространяющими горение.

При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей. Под подвесными потолками из негорючих материалов понимают такие потолки, которые выполнены из негорючих материалов, при этом другие строительные конструкции, расположенные над подвесными потолками, включая междуэтажные перекрытия, также выполнены из негорючих материалов.

В приложении 3 приводится выдержка из таблицы 52Н ГОСТ Р 50571.15-97 с примерами монтажа электропроводок применительно к административным зданиям. Данные иллюстрации не дают точного описания изделий или практики монтажа, а рассматривают способ монтажа.

Для выполнения проводок сети бесперебойного электроснабжения необходимо применение проводов и кабелей только с медными жилами. Рекомендуется использование однопроволочных кабелей и проводов. Применение гибких многопроволочных кабелей возможно на участках сети, подвергаемых реконструкции при работе или для подключения отдельных электроприемников. Все соединения необходимо выполнять ответвительными сжимами или пружинными клеммами, при этом многопроволочные жилы должны быть обжаты с применением специальной оснастки.

В связи с тем, что сечение нулевого рабочего проводника должно быть рассчитано на ток, который может превышать фазный в 1,7 раза, а существующая номенклатура проводов и кабелей не всегда позволяет однозначно решить данную задачу, возможно выполнение трёхфазных электропроводок следующими способами:

1. При прокладке проводами сечение фазных и защитного проводников выполняется одним сечением, а нулевой рабочий (нейтральный) проводник выполняется сечением, рассчитанным на ток, больший фазного в 1,7 раза.

2. При прокладке кабелями возможны три варианта:

- при применении трёхжильных кабелей жилы кабелей используются как фазные проводники, нулевой рабочий проводник выполняется проводом (или несколькими проводами) сечением, рассчитанным на ток, больший фазного в 1,7 раза, нулевой защитный — проводом сечением в соответствии с п. 7.1.45 ПУЭ, но не менее 50% сечения фазных проводников; вместо проводов возможно применение кабелей с соответствующим числом жил и сечением;
- при использовании четырёхжильных кабелей: три жилы — фазные проводники, нулевой рабочий проводник — также одна из жил кабеля, а нулевой защитный проводник — отдельный провод. При этом сечение кабеля определяется по рабочему току в нулевом рабочем проводнике, а сечение фазных жил

получается завышенным (такое решение является наилучшим с технической точки зрения, но дороже прочих и не всегда выполнимо при больших токах);

– при применении пятижильных кабелей с жилами одного сечения: три жилы — фазные проводники, в качестве нулевого рабочего проводника используются две объединённые жилы кабеля, а для нулевого защитного — отдельный провод. При этом сечение кабеля определяется током фазы (такое решение также является наилучшим с технической точки зрения, однако довольно дорого; имеются также сложности с заказом и поставкой кабелей).

При больших мощностях возможна прокладка фазных, нулевых рабочих и защитных проводников двумя или более параллельными кабелями или проводами. Все кабели и провода, относящиеся к одной линии, должны прокладываться по одной трассе.

Прокладка нулевого защитного проводника для информационно-вычислительной техники и электротехнического оборудования должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 50571.10-96 «Заземляющие устройства и защитные проводники», ГОСТ Р 50571.21-2000 «Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации» и ГОСТ Р 50571.22-2000 «Заземление оборудования обработки информации».

Схемы заземления и подключения нулевых защитных проводников рассмотрены в гл. 6.

3.8.5. Групповые розеточные сети

Групповые сети бесперебойного электроснабжения должны строиться таким образом, чтобы обеспечивать селективное отключение повреждённых при коротких замыканиях и перегруженных участков без отключений питания в остальной сети. Это даст возможность проведения работ с отключением напряжения на ограниченных участках сети, не затрагивая работу сравнительно большого числа потребителей. Для этого необходимо разбить сеть на участки, защищаемые автоматическими выключателями с возрастающими уставками защит от перегрузки и короткого замыкания. Практика создания сетей бесперебойного электроснабжения показала, что автоматические выключатели удобно устанавливать непосредственно на вводе в каждую комнату и в распределительных (этажных) щитках на магистралях, питающих группы комнат. В рабочих комнатах рекомендуется установка одного выключателя с номинальным током 16 А, а при большом количестве рабочих мест — нескольких автоматов.

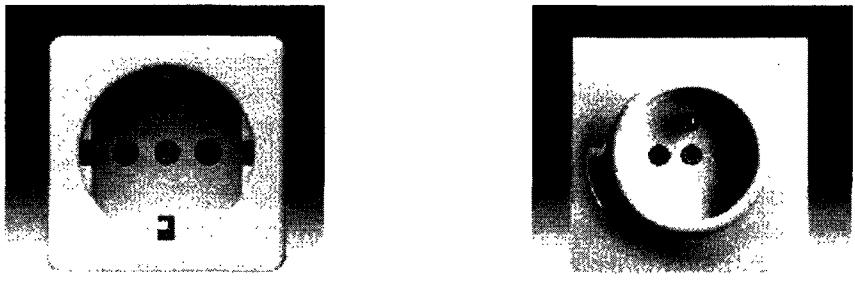
По своим техническим данным оборудование с импульсными блоками питания может выдерживать пропадания и провалы напряжения длительностью около 40 мс. Поэтому время срабатывания автоматических выключателей при коротких замыканиях, на время которых могут возникать глубокие провалы напряжения, не должно превышать этого значения. На горизонтальную магистраль в распредели-

тельной сети рекомендуется подключать до 3–4 помещений с количеством рабочих мест не более 25. Распределительные щиты должны подключаться по радиальной схеме от выводного щита ИБП, так как при применении магистральной схемы при аварии и проведении работ со снятием напряжения будут отключены сразу два или более щитков, что недопустимо.

Необходимо пояснить употребляемое понятие рабочего места. Под рабочим местом понимается совокупность информационных и электротехнических оконечных устройств (электроустановочных изделий, розеток), объединенных общим функциональным назначением и подключенных к электрическим и информационным линиям одного пользователя. Информационные розетки входят в номенклатуру СКС и, как правило, представлены двумя информационными розетками RJ-45 для компьютерной и телефонной сетей. Электрические розетки рабочего места разделяются на розетки сети бесперебойного электроснабжения и розетки сети общего электроснабжения (СОЭ). На практике было определено, что число розеток СБЭ должно составлять 3–4, а розеток СОЭ — 1–2.

В мире существует достаточно большое количество типов электрических розеток. В настоящее время в России широко используются розетки европейского типа («евророзетки»). Согласно системе нормативных обозначений, принятых в европейских странах, эти розетки обозначаются как E10-G: CEE 7 Shuko. Литера G означает немецкий типоразмер. Существует также франко-бельгийский типоразмер E10-F: French/Belgian. Эти типоразмеры розеток отличаются положением и формой третьего заземляющего контакта. У розеток E10-G: CEE 7 Shuko заземляющий контакт имеет форму двух ламелей, расположенных по окружности розетки (рис. 3.42, *а*). У розеток E10-F: French/Belgian заземляющий контакт выполнен в виде штыря, выступающего над штепсельными разъемами розетки (рис. 3.42, *б*). Большинство электрических вилок кабелей питания инфокоммуникационного оборудования позволяют включиться в оба типа розеток, однако бывают и исключения. При выборе электроустановочных изделий следует ориентироваться на розетки немецкого типа E10-G: CEE 7 Shuko. Розетки, выпускавшиеся в СССР, отличаются от евророзеток диаметром гнезда штепсельного разъема. У них диаметр составляет 4 мм, а у евророзеток — 5 мм. По этой причине современные вилки со штырями диаметром 5 мм не включаются в старые розетки без переходника. Кроме того, отсутствие в них заземления не допускает эксплуатацию по условиям новых требований электробезопасности.

Импульсный блок питания (см. на рис. 2.6) оборудован LC-фильтром, средняя точка которого соединена с корпусом. Если корпус заземлен через заземляющий контакт розетки, то никаких неприятностей не происходит. Если этот контакт отсутствует, то на корпусе оборудования оказывается напряжение 110 В. Это напряжение появляется в силу того, что незаземленный фильтр работает как емкостной делитель, а корпус включен между плечами делителя. Возможный ток при прикосновении к корпусу оборудования и заземленным частям или другому оборудованию ограничивается емкостями фильтра, но тем не менее опасность поражения электрическим током сохраняется.



а) б)

Рис. 3.42. Электророзетки европейского типа:
а) E10-G: CEE 7 Shuko; *б*) E10-F: French/Belgian
(источник: Bush-Jaeger Elektro GmbH)

Как уже отмечалось, проводки следует выполнять, только учитывая возможности замены, перекладки и дополнительной прокладки. Для этого групповые сети необходимо выполнять в коробах или в специальных электротехнических плинтусах с установкой в них розеток или под съёмными фальшполами в лотках с установкой розеток в лючках и подключением к ним оборудования через удлинители-разветвители. Возможно одновременное использование этих методов. Такая комбинация применяется в специальной компьютерной (офисной) мебели.

Количество розеток для серверов, активного оборудования информационно-вычислительной сети и другого оборудования, имеющего нетиповую конфигурацию, должно выбираться индивидуально. В групповых сетях следует оставлять резерв кабелей, по длине достаточный для перемещения розеток в коробах или под фальшполом на 1...2 м. Групповые электропроводки в коробах следует выполнять с разделением внутреннего пространства сепараторами от остальных сетей (проводок) (см. табл. П3.1, справочный номер (позиция) 72).

Глава 4

Система гарантированного электроснабжения

4.1. Общие сведения

Система гарантированного электроснабжения (СГЭ) по своему назначению является резервной (аварийной). В отличие от потребителей СБЭ (группа А), потребители группы В в нормальном режиме получают питание от основного источника питания — системы общего электроснабжения. При отказе основного источника электроснабжения в работу вступает оборудование СГЭ — дизель-генераторные установки (ДГУ). ДГУ входят в состав дизель-электрической станции (ДЭС), которая может состоять из одной или нескольких ДГУ, в том числе разной мощности. Во время пуска ДГУ питание потребителей группы А осуществляется за счет энергии аккумуляторной батареи ИБП. Диаграмма функционирования комплекса СБЭ–СГЭ в случае аварийного отключения питания и последующего восстановления основного электроснабжения показана на рис. 4.1.

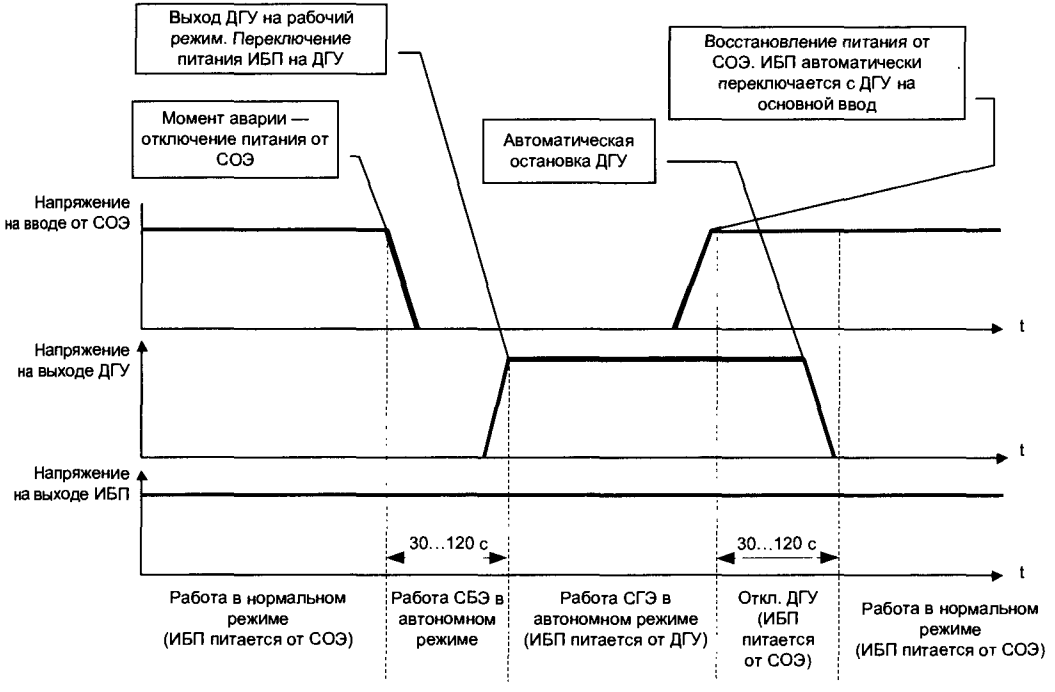


Рис. 4.1. Временная диаграмма работы комплекса СБЭ–СГЭ

Комплекс работает по следующему алгоритму:
- при отказе основного питания электроснабжение потребителей группы А переводится на питание от ИБП (используется энергия аккумуляторных батарей);
- производится запуск ДГУ, которая за время, не превышающее двух минут, выходит на номинальные обороты и принимает нагрузку;
- происходит автоматическое переключение СБЭ на питание от СГЭ (ДГУ);
- ИБП питаются от ДГУ и производят подзаряд аккумуляторных батарей;
- при восстановлении основного питания потребители переводятся на электроснабжение от СОЭ;
- ДГУ останавливается.

Для СГЭ, так же как и для СБЭ, справедливо понятие времени автономной работы. В СБЭ время автономной работы определяется ёмкостью АБ, в СГЭ — количеством дизельного топлива. Количество топлива определяется объёмом штатного бака, расположенного в станине, и дополнительных баков. Штатные баки имеют различную ёмкость, в зависимости от модели ДГУ, и, как правило, позволяют работать с номинальной мощностью в течение 6...8 ч. Время автономной работы ДГУ должно определяться в задании на проектирование — от этого зависит, оснащать или нет ДГУ дополнительными баками. В случае, когда размещение дополнительных топливных баков невозможно, проектом должен быть предусмотрен подвоз и дозаправка топлива. Следует учитывать, что обеспечить необходимое время автономной работы за счет подвоза топлива на практике достаточно сложно в организационном плане.

4.2. Дизель-генераторные установки

ДГУ предназначены для работы в качестве основных (prime) или резервных (stand-by) источников электроснабжения. ДГУ для использования в качестве основных источников электроснабжения (ДГУ для непрерывной работы) допускают работу с перегрузкой 10% от номинальной мощности в течение одного часа, но не чаще одного раза в двенадцать часов. Длительность работы такой установки в течение года не ограничивается. Резервные ДГУ не допускают перегрузки относительно номинальной мощности установки. В течение года резервная ДГУ должна наработать не более 500 моточасов при номинальной мощности. Модели ДГУ, использующие один и тот же двигатель, выпускаются в исполнении как для основной, так и для резервной работы. Номинальная мощность установки для основной работы меньше номинальной мощности установки для резервной работы примерно на 10% (зависит от модели). Применение в качестве резервных источников питания ДГУ, предназначенных для основной работы, допустимо без всяких технических ограничений. Выбор того или иного типа ДГУ определяется проектом. При этом следует учитывать предполагаемые режим работы и наработку. При мощности нагрузки 90% от номинального значения наработка моточасов резервных ДГУ соизмерима с наработкой ДГУ для постоянной работы.

Установки могут подключаться для параллельной работы на общую нагрузку с суммарной мощностью до 10 МВА. Установки выпускаются как в трехфазном, так и в однофазном (до 100 кВА) исполнении. В соответствии с ГОСТ 13822-82 «Электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные. Общие технические условия (с изменениями 1989 г.)» частота оборотов двигателей выбирается из ряда 500, 750, 1000, 1500, 2000 и 3000 об/мин. Двигатели с частотой вращения 500, 750 и 1000 об/мин применяются, как правило, для мощных установок (свыше 1 МВА). Высокооборотные двигатели с частотой вращения 3000 об/мин используются для резервных ДГУ мощностью до 500 кВА. Наиболее распространенная частота вращения двигателей агрегатов мощностью до 1000 кВА — 1500 об/мин.

ДГУ могут функционировать как в полностью автоматическом режиме, так и в режиме ручного управления. Степень автоматизации нормируется ГОСТ 13822-82. Автоматизация должна обеспечивать выполнение операций, приведенных в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Автоматизация дизель-генераторных установок по ГОСТ 13822-82

Уровень сложности	Объем автоматизации	Степень автоматизации
Первый	Стабилизация выходных электрических параметров Защита электрических цепей	0
Второй	Стабилизация выходных электрических параметров Аварийно-предупредительная сигнализация и аварийная защита Автоматическое поддержание нормальной работы после пуска и включения нагрузки, в том числе без обслуживания и наблюдения в течение 4 или 8 ч	1
Третий	Стабилизация выходных электрических параметров Аварийно-предупредительная сигнализация и аварийная защита Дистанционное и (или) автоматическое управление при пуске, работе и остановке со сроком необслуживаемой работы 16 или 24 ч	2
Четвертый	Стабилизация выходных электрических параметров Аварийно-предупредительная сигнализация и аварийная защита Дистанционное и автоматическое или только автоматическое управление всеми технологическими процессами со сроком необслуживаемой работы 150 или 240 ч	3

В технических спецификациях на отечественное оборудование указывается степень автоматизации. В табл. 4.1 уровень сложности приведен, как это принято в стандарте, для порядкового обозначения объема автоматизации. Степень автоматизации 0 и 1 требует наличия персонала для осуществления запуска установки. Для аварийной системы электроснабжения административного здания, действующей в автоматическом режиме, необходима степень автоматизации 2 и 3. В технических спецификациях на импортное оборудование степень автоматизации по российскому стандарту не указывается, а перечисляются функции системы автоматизации

ДГУ, органы и каналы управления, сигнализация и измерительные приборы. Необходимая степень автоматизации ДГУ определяется в проекте.

Стандартная комплектация ДГУ включает в себя:

- промышленный дизельный двигатель;
- турбонагнетатель для двигателей с турбонаддувом;
- бесщеточный генератор переменного тока с самовозбуждением и авторегулировкой в защитном кожухе;
- единое основание (рама) для двигателя и генератора;
- топливный бак;
- систему охлаждения ДГУ, радиатор и вентилятор;
- выходной защитный автомат;
- панель управления;
- системы смазки и подачи топлива;
- интерфейсный модуль двигателя;
- электрооборудование, стартерную аккумуляторную батарею, зарядное устройство и электрический стартер;
- систему экстренного останова ДГУ;
- автоматические регуляторы напряжения и частоты;
- промышленный глушитель.

Общий вид ДГУ представлен на рис. 4.2.

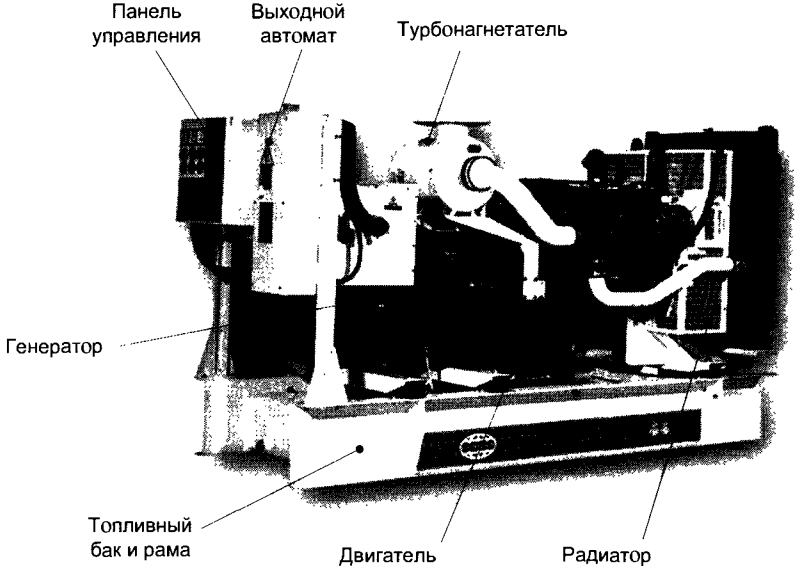


Рис. 4.2. ДГУ открытого исполнения
(источник: F.G.Wilson)

Ряд моделей ДГУ оснащается двигателями, в которых реализована гидравлическая система впрыска топлива, управляемая микропроцессором. Это позволяет оп-

тимизировать работу двигателя в различных режимах и значительно улучшить его эксплуатационные характеристики. Основные преимущества ДГУ на базе двигателей с микропроцессорным управлением:

- более полное сгорание топлива и более высокий КПД;
- пониженный уровень содержания вредных веществ в выхлопных газах;
- пониженный уровень шума и вибраций;
- пониженный расход топлива;
- возможность автоматического пуска двигателя без специального подогрева при температурах до –20 °С;
- усовершенствованная система диагностики.

Для расширения функциональных возможностей ДГУ, не обеспечиваемых стандартной комплектацией, производится ее оснащение ***дополнительным оборудованием*** (см. также разд. 7.1.2). К дополнительному оборудованию относятся:

- автоматические панели управления, которые обеспечивают автоматизацию второй, третьей и четвертой степени (табл. 4.1);
- панели переключения нагрузки, аналогичные устройствам автоматического включения резерва;
- панели дистанционного мониторинга, запуска и останова двигателя;
- электронный регулятор скорости вращения двигателя, предназначенный для точной стабилизации частоты и рекомендуемый при работе с нелинейной нагрузкой, в том числе с источниками бесперебойного питания;
- устройство заряда аккумуляторной батареи от электросети, постоянно поддерживающее аккумуляторы в заряженном состоянии;
- топливный бак повышенной емкости для увеличения времени непрерывной работы ДГУ до 24 ч и более;
- дополнительные глушители (резидентный и критический), применяемые в случаях повышенных санитарных требований к окружающей жилой застройке;
- защитные кожухи, ограничивающие собственный шум агрегата и защищающие его от атмосферных воздействий;
- арктический контейнер, обеспечивающий работу ДГУ в условиях низких температур до –50 °С;
- устройство подогрева охлаждающей жидкости;
- устройство подогрева смазочного масла;
- устройство подогрева обмоток генератора и компонентов панели управления (последние три опции применяются для облегчения запуска двигателя при низких температурах совместно с защитными кожухами и контейнерами);
- дополнительные датчики для индикации аварийного состояния и остановки двигателя;
- мобильное шасси (трейлер) для транспортировки агрегата;
- набор систем дистанционной подачи топлива из резервного бака.

При проектировании системы гарантированного электроснабжения стандартные и дополнительные компоненты ДГУ могут быть отражены или не отражены в

рабочей документации. Такие компоненты, как, например, рама, защитный автомат, различного рода датчики, устройства подогрева масла и охлаждающей жидкости, системы смазки, различные регуляторы, сам двигатель и генератор и т.д., указываются только в спецификации на установку, а на рабочих чертежах не показываются. Эти компоненты определяются поставщиками оборудования в соответствии с заданием проектировщика. В задании указываются основные технико-экономические показатели установки:

- мощность (кВА/кВт);
- конструктивное исполнение;
- тип нагрузки;
- время наработки (моточасы/год);
- допустимый уровень шума;
- предельно допустимые концентрации (ПДК) выбросов;
- степень автоматизации;
- интерфейс.

Проектировщик СГЭ должен учесть конструктивное исполнение ДГУ в соответствии с заданием на проектирование или определить в ходе проектных работ. То же относится и к панелям переключения нагрузки или АВР.

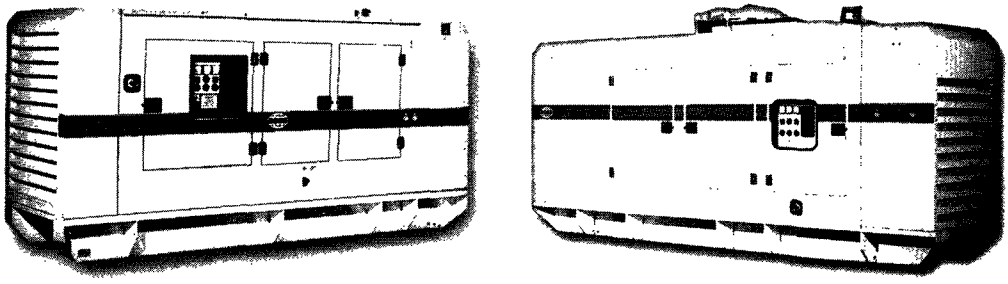
По конструктивному исполнению ДГУ подразделяются на три типа: для внутренней установки (открытого исполнения), для наружной установки — в кожухах или контейнерах и передвижные.

ДГУ для внутренней установки (рис. 4.2) предназначена для размещения в специально приспособленном электромашинном помещении (см. разд. 8.3) или для монтажа в кожух, контейнер или на передвижное шасси.

Кожух с шумоизоляцией (рис. 4.3, *а*) предназначен как для наружной установки ДГУ, так и для установки внутри специально оборудованных помещений в случае необходимости снижения уровня шума двигателя. Он имеет большие габариты и массу в сравнении со всепогодным кожухом за счет применения звукоизоляции. При установке ДГУ в непосредственной близости от жилых помещений, в пределах городской застройки по результатам расчетов в части проекта «Охрана окружающей среды» может потребоваться использование кожуха с супершумоизоляцией.

Низкотемпературный кожух с шумоизоляцией (рис. 4.3, *б*) предназначен для наружной установки ДГУ при температуре окружающей среды до −40 °С. Основными особенностями данного кожуха являются:

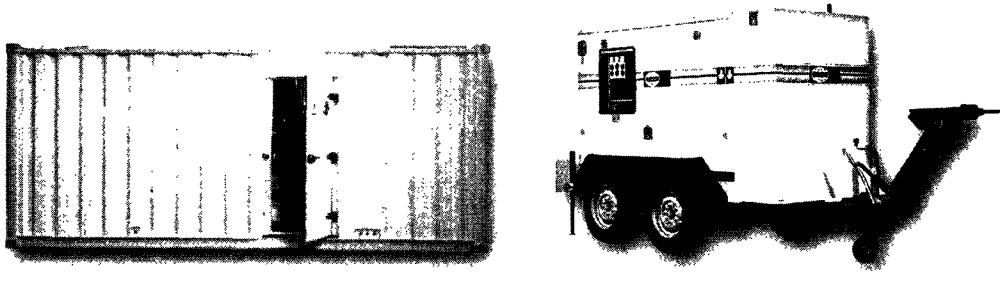
- автоматические жалюзи, открывающиеся при запуске ДГУ и обеспечивающие прохождение воздушного потока через радиатор;
- специальная топливная система, обеспечивающая подачу топлива при низкой наружной температуре;
- система рециркуляции воздуха;
- внутренняя система подогрева кожуха;
- металлические амортизаторы;
- аккумуляторная батарея повышенной емкости;
- устройство подогрева охлаждающей жидкости.



а) б)

Рис. 4.3. ДГУ в шумоизоляционном (*а*) и низкотемпературном (*б*) кожухах
(источник: F.G.Wilson)

Арктический контейнер (рис. 4.4, *а*) предназначен для эксплуатации ДГУ в особо тяжелых климатических условиях с температурой окружающей среды до -50 °С. Контейнер оборудован системами обогрева и вентиляции, а также оборудован автоматически открывающимися жалюзийными решетками. Это позволяет удерживать тепло внутри контейнера и повышает эффективность работы подогревателей ДГУ при низких температурах.



а) б)

Рис. 4.4. ДГУ в арктическом контейнере (*а*) и на передвижном шасси (*б*)
(источник: F.G.Wilson)

Шасси ***передвижных ДГУ*** (рис. 4.4, *б*) представляют собой дорожные одно-, двух- или трехосные трейлеры. Агрегат комплектуется одним из типов защитных кожухов. Трейлеры допускают буксировку на большие расстояния.

Важным комплектующим изделием ДГУ является ***панель управления*** (рис. 4.5, см. также разд. 7.1.2) На ней расположены все основные органы управления, мониторинга и индикации. Панель на металлической стойке установлена на несущей раме ДГУ. Панель позволяет:

- управлять работой ДГУ (подготовка к запуску, запуск/останов);
- контролировать работу ДГУ и ее состояние по измерительным приборам и индикаторам.

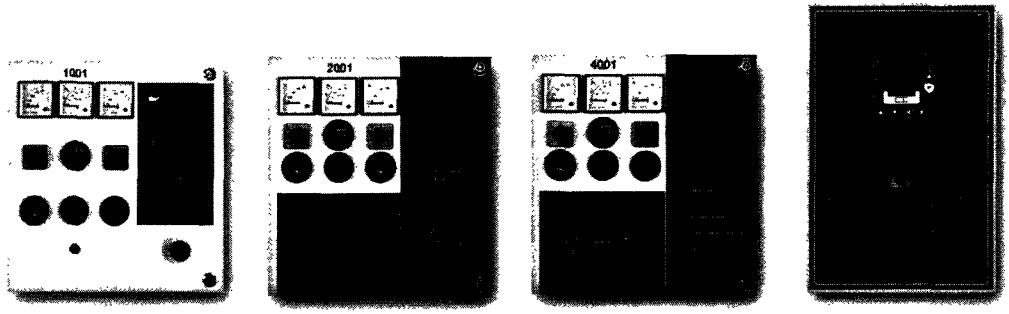


Рис. 4.5. Панели управления ДГУ *(источник: F.G.Wilson)*

Панели управления отличаются степенью автоматизации и дополнительными возможностями. Все они имеют одинаковые установочные размеры и соединительные разъемы, что обеспечивает полную взаимозаменяемость. Самой простой модификацией является панель ручного управления работой двигателя, запуск и останов которого производятся поворотом ключа. Панель оборудована основными измерительными приборами и устройством автоматического останова при аварийных ситуациях.

Существуют панели управления, в том числе микропроцессорные, предназначенные для автоматического запуска ДГУ при аварии и имеющие степень автоматизации не ниже третьей (табл. 4.1). Запуск и остановка двигателя производятся автоматически по сигналу, посылаемому панелью переключения нагрузки. Микропроцессорные панели управления также оснащены основными измерительными приборами и органами ручного управления. Кроме того, благодаря наличию коммуникационных портов имеется возможность управлять работой ДГУ и контролировать её состояние с удаленного компьютера по локальной сети или телефонной линии. Микропроцессорные панели управления применяются при параллельном соединении нескольких агрегатов, в том числе различной мощности. Контроллеры, связанные через коммуникационные линии (обычно «витая пара»), обеспечивают последовательный запуск агрегатов в зависимости от мощности нагрузки, а также распределяют активную и реактивную нагрузки пропорционально выходной мощности ДГУ.

4.3. Устройства автоматического включения резерва

Устройства автоматического включения резерва (АВР) и панели переключения нагрузок предназначены для переключения источников электроснабжения, питающих нагрузку, при отключениях питания на одном вводе АВР (панели переключения). Простейшая схема АВР показана на рис. 4.6. В нормальном режиме нагрузка питается от источника 1. При его отказе коммутационный аппарат в цепи источника 1 размыкается, а коммутационный аппарат в цепи источника 2 замыкается, после чего питание нагрузки переводится на источник 2.

Функционально и конструктивно устройство АВР и панели переключения нагрузок различий не имеют. Разница заключается только в том, что панели переключения нагрузок входят в номенклатуру опций ДГУ и могут комплектно поставляться. Термин «устройство автоматического включения резерва» более полно отражает стоящее за ним понятие и применяется в случаях, когда переключаются источники питания различных видов, таких как трансформаторные подстанции, дизель-генераторные установки, ИБП, секции ГРЩ и т.д. В дальнейшем будем пользоваться термином «АВР».

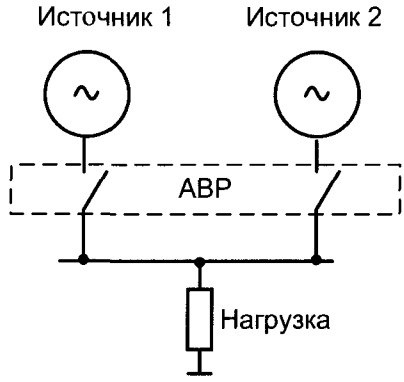


Рис. 4.6. Схема автоматического включения резерва

АВР представляет собой второй важнейший элемент СГЭ. Без АВР невозможно организовать автоматическое переключение питания на ДГУ при отказе основного источника электроснабжения. Применяемые в некоторых случаях перекидные рубильники не являются автоматическими аппаратами и требуют постоянного присутствия на объекте оперативного персонала для осуществления необходимых переключений. Для интеллектуального здания СГЭ с применением перекидных рубильников не является приемлемым решением. В некоторых случаях решения на основе АВР могут являться альтернативой решениям на основе ИБП при построении СБЭ. При определенных условиях они позволяют отказаться от ДГУ (см. разд. 5.1).

Существующие типы АВР рассмотрены ниже.

Тиристорные (электронные) АВР (Static Transfer Switch, STS) имеют минимально возможное время переключения при синфазных сетях — не более 3 мс, а в несинфазных сетях могут обеспечивать включение резервного ввода в момент перехода его входного напряжения через ноль (с целью ограничения возможных бросков тока при коммутации). По своему устройству тиристорные АВР повторяют статический байпас ИБП, с той лишь разницей, что в них имеется минимум пара статических ключей. Вариантом STS являются избыточные переключатели, упоминаемые в разд. 3.6.

Отсутствие в схеме механических элементов позволяет получить высокую надежность тиристорных (электронных) АВР. В то же время при больших токах нагрузки тепловыделение тиристорных АВР может достигать нескольких киловатт (потребуется принудительная вентиляция или кондиционирование помещения электрощитовой). Блокировка от возможных замыканий двух входов между собой может быть только электронной, в то время как органы Энергонадзора, как правило, требуют наличия механической блокировки. Блокировка применяется для исключения подачи напряжения с одного ввода АВР на другой при переключении. Можно сказать, что АВР должно работать по логике ИЛИ. Блокировка может осуществляться как электрическими (электронными), так и механическими средствами. Нормативными документами требования к механической блокировке вводов АВР не регламентируются и устанавливаются в соответствии с местными инструкциями и руководящими документами.

Однократность действия АВР требуется для исключения его повторного включения в случае короткого замыкания на нагрузке.

Стоимость тиристорных АВР примерно в два раза выше, чем стоимость электромеханических аппаратов той же мощности.

Как уже отмечалось, тиристорные АВР могут рассматриваться как альтернатива ИБП [11]. Малое время переключения при двустороннем питании приближает тиристорный АВР к ИБП типа off-line. Но, поскольку резервные источники питания находятся вне пределов объекта и обеспечение качества электроэнергии требует дополнительных мероприятий, применение тиристорных АВР в таком качестве широкого распространения не получило. В некоторых случаях используют тиристорные АВР для резервирования критической нагрузки с организацией двустороннего питания от разных групп ИБП (рис. 4.7, *а*) или от ИБП и ДГУ (рис. 4.7, *б*).

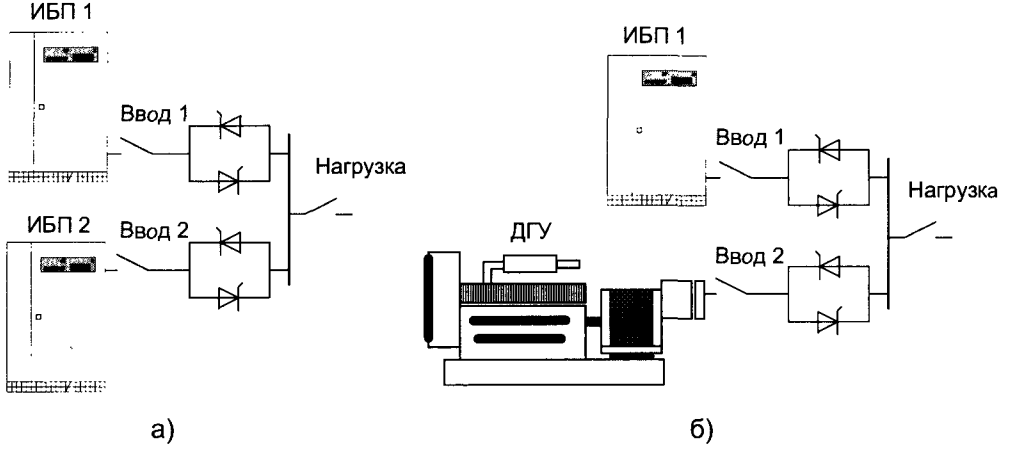


Рис. 4.7. Резервирование с применением тиристорных АВР

Электромеханические АВР на контакторах наиболее распространены и имеют достаточно высокое быстродействие (десятки–сотни миллисекунд) среди электромеханических аппаратов, уступая только тиристорным [20]. При двухвходовой и трехвходовой схеме АВР существует возможность ввести в дополнение к электрической механическую блокировку контакторов. Механическая блокировка выполняется на базе простого и надежного рычажного механизма. Количество вводов принципиально не ограничено и определяется логикой работы системы автоматики, управляющей контакторами. На рис. 4.8, 4.9 изображены трехвходовые АВР, обеспечивающие питание нагрузки от двух основных источников питания (ввод 1 и ввод 2) и от резервной дизель-электростанции (ДЭС).

Трехвходовые АВР на базе двухвходовых (рис. 4.8), как правило, выполняются на номинальные токи до 630 А. Это связано с конструктивным исполнением контакторов и управляемых выключателей. При токах, бóльших 630 А, трехвходовые АВР выполняются непосредственно на трех аппаратах (рис. 4.9). Механическая блокировка при этом производится специальным тросовым блокировочным механизмом.

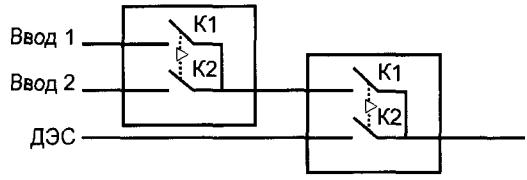


Рис. 4.8. Трехвходовое АВР на базе двухвходовых с механической блокировкой
(источник: издание компании «Электросистемы»)

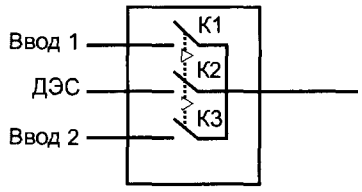


Рис. 4.9. Трехвходовое АВР с механической блокировкой
(источник: издание компании «Электросистемы»)

Электромеханические АВР на автоматических выключателях с электроприводом (рис. 4.10) уступают предыдущим по быстродействию и также позволяют осуществить механическую и электрическую блокировки при двухвходовой (рычажная блокировка) и трехвходовой (тросовая блокировка) схемах. К недостаткам можно отнести более сложную электрическую схему и более высокую стоимость этих устройств при мощностях ниже 100 кВА.

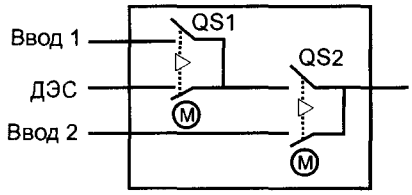


Рис. 4.10. АВР на управляемых выключателях с электроприводом
(источник: издание компании «Электросистемы»)

К достоинствам этих АВР можно отнести конструкцию, обеспечивающую невозможность замыкания между собой двух входов, а также наличие ручного управления, которое обеспечивается независимо от напряжения на сетевых вводах. Стоимость АВР на управляемых переключателях при мощностях более 100 кВА ниже, чем стоимость аппаратов на контакторах и автоматических выключателях.

У всех рассмотренных типов АВР при необходимости могут быть реализованы функции контроля уровня напряжения, введены элементы регулировки задержек и схемы управления работой ДЭС. Контроль уровня напряжения необходим для работы автоматики по заданному алгоритму: если напряжение на рабочем входе АВР упало ниже установленного уровня, то автоматика определяет это как отключение напряжения и производит переключение нагрузки на тот вход, где уровень напряжения находится в допустимом диапазоне. Задержки времени на осуществление переключения устанавливаются для исключения излишних переключений на резервный вход и обратно в случае кратковременного пропадания напряжения и его последующего восстановления. Управление работой генератора необходимо для выдачи сигнала на запуск ДГУ по прошествии необходимой выдержки (задержки) времени в случае отключения вводов от энергосистемы.

Резюмируя сказанное, можно сделать следующие выводы:

- целесообразно использовать АВР электромеханического типа, которые могут быть выполнены на контакторах, управляемых автоматических выключателях или управляемых переключателях с электроприводом;
- желательно наличие механической блокировки, исключающей возможность замыкания двух входов друг на друга;

- при использовании в качестве резервного источника ДЭС схема АВР должна содержать необходимые элементы для управления ее работой (автоматический пуск и останов ДЭС, возможность регулировки различных временных параметров, в том числе задержки обратного переключения на сеть, времени работы ДЭС на холостом ходу для охлаждения и т.п.);
- трехвходовая схема может быть реализована путем последовательного соединения двух двухвходовых АВР;
- АВР на контакторах и управляемых автоматических выключателях могут быть реализованы как трехвходовые (что уменьшит суммарную стоимость оборудования на 20...30% за счет меньшего числа коммутирующих элементов), однако при этом невозможно обеспечить полноценную механическую блокировку между тремя входами.

4.4. Схема системы гарантированного электроснабжения здания

Система гарантированного электроснабжения требует выделения нагрузок групп В и А (точнее, ИБП, от которых питаются электроприемники группы А) на отдельную секцию шин 0,4 кВ. Это позволяет оптимизировать установленную мощность ДГУ и обеспечивать требования к отказоустойчивости. Оптимизация мощности заключается в том, что на питание от ДЭС включается не весь состав электроприемников объекта, а только группы А и В. Отказоустойчивость достигается за счет параллельной работы нескольких ДГУ, входящих в состав ДЭС, на общую секцию шин гарантированного электроснабжения (рис. 4.11). В случае специально оговоренных требований технического задания ДЭС может быть выполнена по принципу N+1, подобно СБЭ. В большинстве случаев этого не требуется, так как ДЭС является резервной системой и в отличие от ИБП постоянно не работает. Параллельное включение ДГУ различной мощности обычно применяется для обеспечения режима работы малых нагрузок.

На рис. 4.12 изображена система гарантированного электроснабжения здания, которая работает следующим образом. В нормальном режиме питание от системы внешнего электроснабжения поступает по питающим кабелям 1 и 2 на силовые трансформаторы 3, которые через вводные выключатели 8 питают каждый свою секцию шин 4 и 5. От секций 4 и 5 через линейные выключатели 6 питаются линии нагрузки 7 группы С, компенсация реактивной мощности осуществляется батареями конденсаторов* 12. Секция гарантированного электроснабжения 13 в нормальном режиме получает питание через трехвходовое АВР 11 от секций 4 или 5.

* Батарея конденсаторов – устройство компенсации реактивной мощности, устанавливаемое у потребителя и обеспечивающее потребление от энергосистемы реактивной мощности в пределах, указанных в условиях на присоединение электроустановок этого потребителя к энергосистеме.

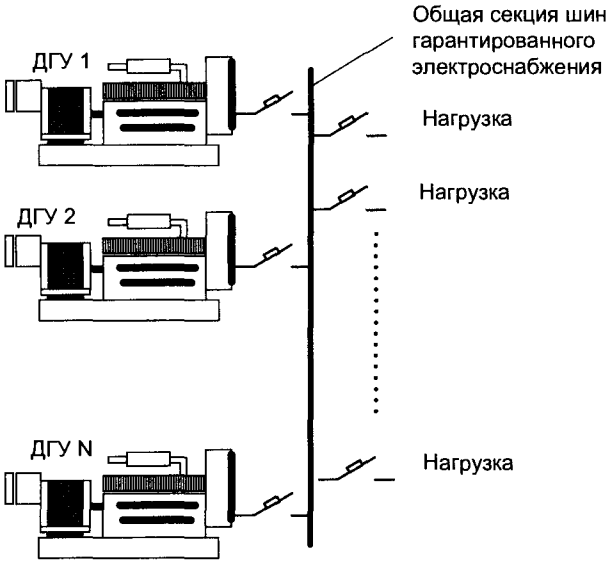


Рис. 4.11. Параллельное включение ДГУ

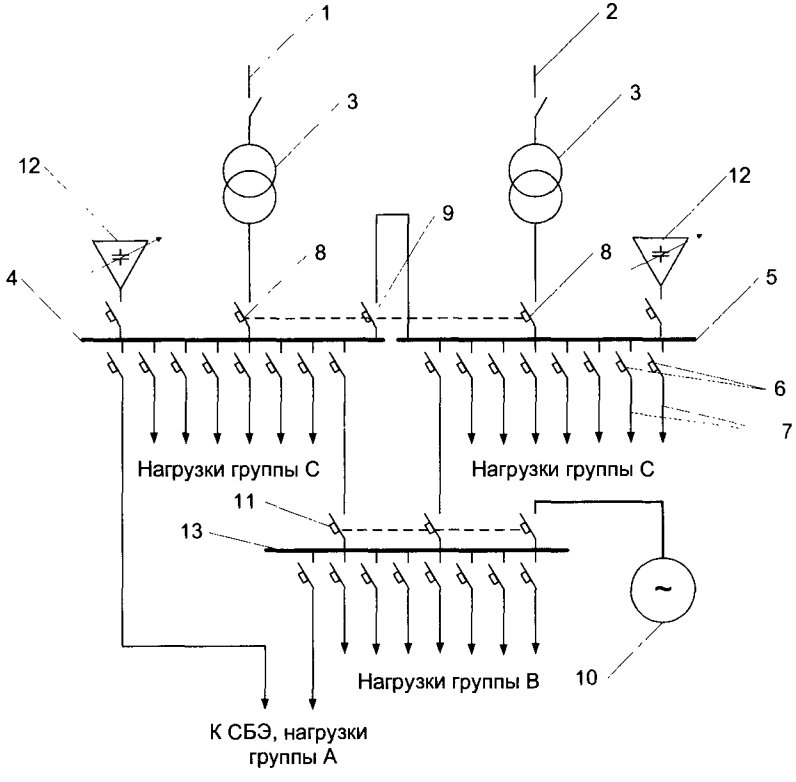


Рис. 4.12. Система электроснабжения с выделением секции СГЭ

При потере питания на кабелях 1 или 3 замыкается секционный выключатель 9. При этом сблокированные выключатели 8 отключают потерявший питание трансформатор от шин 0,4 кВ с целью предотвращения подачи обратного напряжения на отключившийся ввод. Выдержка времени запуска дизель-генератора 10 такова, что его запуск не производится в интервале времени замыкания секционного выключателя 9.

В момент переключения секционного выключателя 9 СБЭ переходит в автономный режим, обеспечивая электроснабжение нагрузок группы А. Нагрузки групп В и С теряют питание на короткое время.

При отказе секционного выключателя 9 или повреждении связи секции 13 с секцией 4 или 5 происходит переключение АВР 11 на секцию 4 или 5.

Полная потеря питания от вводов 1 и 2 переводит СГЭ в автономный режим. При этом АВР 11 отключает секцию СГЭ 13 от шин 4 и 5 и после запуска и выхода на режим работы от дизельной электростанции 10 подключает ее к секции 13.

Требования к системе гарантированного электроснабжения с учетом сведений по надежности, приведенных в гл. 2, можно сформулировать следующим образом:

1. Электроприемники I категории надежности (группа В) должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания, а для электроснабжения особой группы электроприемников I категории (группа А) должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого источника.

2. В качестве одного из резервирующих источников питания может использоваться автоматизированная дизель-электростанция, что необходимо учитывать при выборе конкретной схемы АВР.

3. При использовании АВР должны быть приняты меры, исключающие возможность работы двух независимых источников питания на общие шины. В дополнение к требованиям ПУЭ органы Энергонадзора, как правило, требуют наличия не только электрической, но и механической блокировки коммутационной аппаратуры.

4. Максимальное время переключения резерва зависит от характеристик потребителей электроэнергии, но при наличии в системе ИБП не имеет определяющего значения. Для исключения ложных срабатываний при переключениях АВР на стороне высокого напряжения должна быть предусмотрена возможность регулировки задержки переключения при отказе питания от одного из источников.

5. Важное значение имеет наличие регулировки порогов срабатывания АВР в диапазоне контролируемого напряжения для каждого ввода. В частности, в случае подключения к выходу АВР ИБП согласование между собой диапазонов входных напряжений обоих устройств позволяет обеспечить своевременное переключение на резервную сеть при отклонении напряжений основной питающей сети за заданные значения и тем самым исключить длительную работу ИБП на батареях при возможности питания от резервного ввода.

6. Желательно наличие индикации состояния АВР и возможности ручного управления им.

Схема СГЭ на рис. 4.12 выполнена с применением средств локальной автоматики АВР. Такое построение СГЭ является общепринятым, однако не лишено некоторых недостатков.

Главный недостаток — схема не очень гибкая, состав потребителей, выделенных в группу В, определяется на этапе проектирования и в дальнейшем не позволяет какого-либо масштабирования без частичной реконструкции ГРЩ. Это вызвано тем, что по схеме выделение электроприемников группы В на секцию гарантированного электроснабжения 13 является обязательным. Если требуется добавить или вывести из состава группы В какой-либо электроприемник, то необходимо проложить (переложить) соответствующие линии питания и установить дополнительную коммутационную аппаратуру. Частичным решением этой проблемы может быть резерв автоматических выключателей на секциях шин 4, 5 и 13.

Второй, менее значительный недостаток — наличие выделеной секции 13 увеличивает габариты ГРЩ. Увеличение габаритов ГРЩ в схеме с резервной ДЭС представляется естественным и неизбежным, но может вызвать затруднения при размещении оборудования в стесненных условиях.

Современные средства автоматизации позволяют решить задачу обеспечения гарантированным электроснабжением более эффективным способом с устранением перечисленных недостатков. Подробно об этом будет сказано в гл. 5 и 7.

Применение передвижных ДГУ целесообразно при ограничениях на размещение стационарных установок. В таком случае передвижная ДГУ размещается в отапливаемом гараже, что позволяет поддерживать её в работоспособном состоянии. При необходимости ДГУ выкатывается на улицу к месту подключения к ГРЩ, которое оборудовано промышленным разъёмом (терминалом). Проектом должна быть предусмотрена возможность блокировки подачи обратного напряжения от ДГУ в питающую сеть. При таком решении, как правило, используется вторая (табл. 4.1) степень автоматизации ДГУ.

4.5. Расчет мощности системы гарантированного электроснабжения

Расчет мощности системы гарантированного электроснабжения включает следующие взаимосвязанные задачи:

- обеспечение работы в режиме малых нагрузок;
- обеспечение отказоустойчивой работы;
- согласование совместной работы ИБП–ДГУ

При проектировании резервных дизель-электростанций часто возникает требование длительной и надежной работы ДГУ с минимальной нагрузкой (в ряде случаев до холостого хода включительно). Это требование вызвано крайне неравномерной загрузкой ДГУ как во времени (от минут до нескольких суток), так и по величине нагрузки (от холостого хода до номинальной). В настоящее время для большинства дизельных двигателей нагрузка должна быть не менее 25...40% от номинальной только в течение ограниченного времени (обычно 1...2 ч, а в ряде случаев 15...30 мин). После работы в этом режиме требуется прожиг, проводимый на нагрузке порядка 70...80% от номинальной [21].

Последнее объясняется тем, что при работе на малых нагрузках из-за невысокой температуры выхлопных газов смазочное масло, попадающее в камеру сгорания и частично выносимое в коллектор и выхлопной трубопровод, полностью не сгорает, а оседает на их стенках, элементах турбонагнетателя, клапана и т.п., где коксуется. При длительной работе дизеля в таком режиме это коксование приводит к уменьшению сечения соплового аппарата турбонагнетателя и, как следствие, к нарушению нормальной работы дизеля. Более того, при последующих пусках и попадании топлива в выхлопную систему это может привести к взрыву («хлопку»), который часто сопровождается повреждением дизеля [21].

В силу изложенного при необходимости обеспечения работы дизельной электростанции в широком диапазоне мощностей (от минимальной до номинальной) устанавливают несколько дизель-генераторных установок, оборудованных системой управления, обеспечивающей их последовательный автоматический ввод в работу при достижении нагрузки работающих агрегатов заданного значения (обычно 75...80% номинальной) и остановку при ее снижении (до 25...30%). При этом используемые ДГУ могут быть разной мощности и иметь разные пределы допустимой минимальной нагрузки. В этом случае минимальная нагрузка дизельной электростанции определяется характеристиками (мощностью и минимально допустимой нагрузкой) первой включающейся в работу ДГУ системы, а ее уменьшение по сравнению с вариантом установки одной эквивалентной ДГУ (равной по мощности сумме мощностей установок, используемых на электростанции) определяется выражением [21]

$$q_{мин} = \frac{q_{экв} \cdot N_{уст}}{q_{уст} \cdot N_{экв}} 100\%,$$

где $q_{мин}$ — величина минимальной нагрузки, в % от нагрузки, допускаемой при установке одной ДГУ эквивалентной мощности; $N_{экв}$, $q_{экв}$ — номинальная мощность (кВА) и минимально допустимая нагрузка (%) эквивалентной ДГУ; $N_{уст}$, $q_{уст}$ — номинальная мощность (кВА) и минимально допустимая нагрузка (%) фактически установленной ДГУ, включаемой в работу первой.

Отметим, что в ряде случаев резервные дизельные электростанции выполняют из нескольких ДГУ, равных по мощности и запускаемых одновременно. Мощности одной из них достаточно для питания всей расчетной нагрузки. Последнюю подключают к той ДГУ, которая после команды на пуск первой выходит на режим готовности к ее приему. Остальные ДГУ, как правило, проработав несколько минут (выдержка времени), останавливаются. Такие дизельные электростанции обеспечивают повышенную надежность электроснабжения, но их стоимость весьма высока. Вопросы о работе на минимальной нагрузке и «прожиге» ДГУ на таких электростанциях практически не стоят (время работы ДГУ на холостом ходу измеряется минутами, благодаря чему прожиг производится не чаще, чем через два–три месяца).

Применение вместо одной нескольких ДГУ позволяет существенно снизить минимальную нагрузку, на которой допускается длительная работа электростанции, однако этот метод имеет и ряд недостатков:

- повышенная стоимость (по сравнению с применением одной установки);
- более сложная и соответственно дорогая система управления;
- невозможность снижения минимально допустимой нагрузки до холостого хода.

Наряду с проблемами работы в режиме минимальных нагрузок существуют проблемы, вызываемые характером нагрузки. К ним относятся гармонические искажения тока, вызываемые работой нагрузки, и характер тока — индуктивный или емкостной. Активная составляющая тока всегда присутствует. Желательно, чтобы ДГУ была нагружена на любую активно-индуктивную нагрузку, а форма потребляемого тока была близка к синусоидальной. В противном случае работа ДГУ затрудняется вследствие нарушений функционирования систем регулирования и возникновения перегрузок. Данные проблемы приходится решать при согласовании работы ДГУ с ИБП.

Согласование совместной работы ДГУ и ИБП требует предварительного выбора и расчета конфигурации ИБП с целью снижения уровня гармонических искажений, вносимых выпрямителем ИБП. Под конфигурацией ИБП понимается исполнение выпрямителя (6- или 12-импульсный) и фильтры гармоник. Наличие нелинейной нагрузки, в нашем случае выпрямителя ИБП, генерирует токи гармоник, которые, протекая в линейных элементах электрической сети, вызывают гармонические искажения напряжения. Нелинейные нагрузки порождают проблемы не только в работе ДГУ, но и вызывают:

- перегрев кабелей и трансформаторов;
- возрастание потерь в компенсирующих конденсаторах;
- изменение крутящего момента электродвигателей и, следовательно, изменение скорости их вращения;
- сбои в работе автоматических выключателей и устройств защитного отключения;
- проблемы в работе телекоммуникационных систем;
- сбои систем мониторинга.

Типичной нелинейной нагрузкой является тиристорный выпрямитель ИБП, который генерирует следующие гармонические составляющие токов:

$$n = kp \pm 1,$$

где n — номер гармоники; k — константа, принимающая значения 1, 2, 3,...; p — количество преобразований или импульсов выпрямителя.

Например, 6-импульсный выпрямитель генерирует гармоники: 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25 и т.д. В случае применения 12-импульсного выпрямителя имеем следующие гармоники: 11, 13, 23, 25 и т.д.

Величина гармонических токов выпрямителя зависит от параметров его входной цепи, активного сопротивления сети и качества электроэнергии источника питания. Искажения напряжения являются функцией гармоник тока и пол-

ных сопротивлений на различных частотах. Величины токов выше 25-й гармоники пренебрежимо малы как для 6-импульсного выпрямителя, так и для 12-импульсного.

Теоретически для идеального источника с нулевым полным сопротивлением и полным отсутствием постоянной составляющей действующее значение тока гармоник определяются как

$I_n = I_o/n$,

где I_n — величина тока гармоники; I_o — величина основного тока (тока основной частоты — 50 Гц); n — номер гармоники.

Существуют различные пути подавления гармонических искажений:

1. Отделение ИБП от другого оборудования с помощью разделительного трансформатора на стадии проектирования распределительной сети.
2. Применение фильтров подавления гармоник.
3. Увеличение количества импульсов выпрямителя за счет использования двухмостового выпрямителя или фазосдвигающего трансформатора.

Прежде чем анализировать применение фильтров и/или 12-импульсного выпрямления, следует убедиться, необходимо ли это. Использование фильтров допустимо в случаях, когда применение ДГУ не предусматривается. Дело в том, что сопротивление фильтров на основной частоте носит ёмкостной характер. Включение ДГУ на ёмкостную нагрузку противопоказано. Выбор мероприятий по ограничению гармоник связан единым алгоритмом, учитывающим применение ДГУ. Структурная схема алгоритма приведена на рис. 4.13. Определив необходимость подавления гармоник, производим выбор конфигурации ИБП исходя из табл. 4.2.

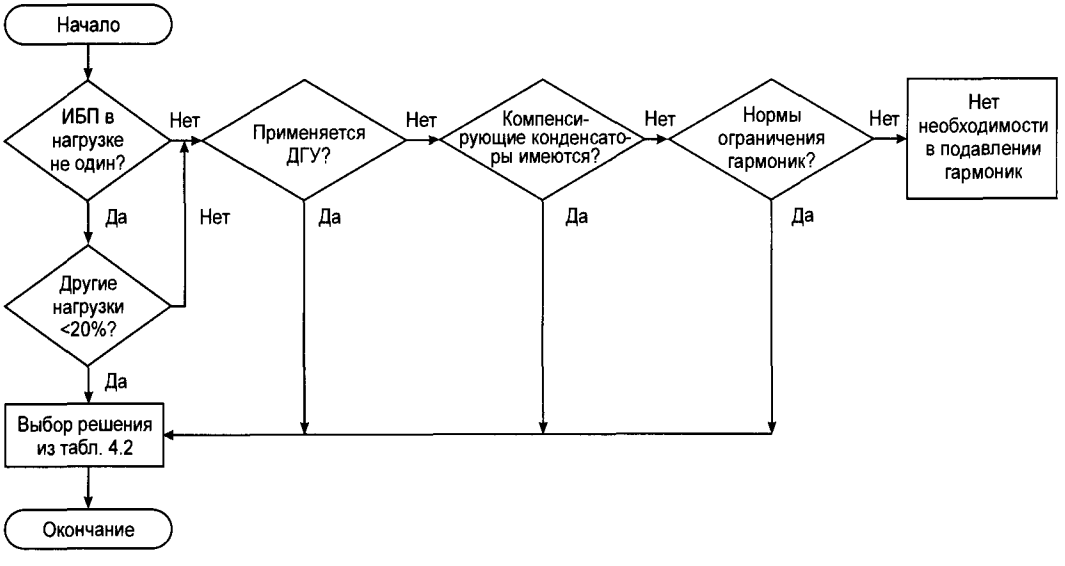
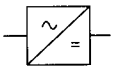
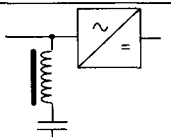
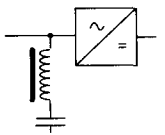
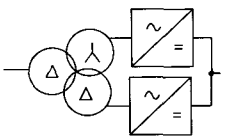
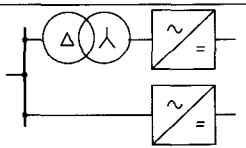
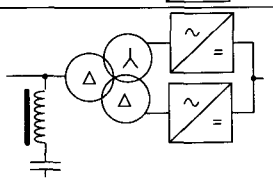


Рис. 4.13. Алгоритм выбора мероприятий по подавлению нелинейных искажений *(источник: IMV)*

Таблица 4.2. Выпрямители ИБП для совместной работы с ДГУ

№ п/п	Наименование схемы выпрямителя	Схема выпрямителя	Величина гармоник тока, %	Преимущества	Недостатки	Пригодность для работы с ДГУ
1	6-импульсный		27,8	Дешевизна, простота	Большое содержание гармоник, дизель-генератор может перегреваться, влияние на других потребителей	–
2	6-импульсный + фильтр 5, 7, 11, 13-й гармоник		7,0	Подавление 5, 7, 11, 13-й гармоник, входной cosφ приблизительно равен 1	Емкостная нагрузка может вызвать проблемы с регулятором дизель-генератора, не подавляет гармоники высших порядков	
3	6-импульсный + фильтр 5-й, 7-й гармоник		11,4	Подавление 5-й, 7-й гармоник, входной cosφ приблизительно равен 1	Емкостная нагрузка может вызвать проблемы с регулятором дизель-генератора, не подавляет гармоники высших порядков, входной cosφ может быть емкостного характера	
4	12-импульсный		9,4	Подавление 5, 7, 17, 19, 29, 31-й гармоник, отсутствует влияние на дизель-генератор, гальваническая изоляция	Входной cosφ достаточно низок (0,83)	+ + +
5	Квази-12-импульсный		9,7	Подавление 5, 7, 17, 19, 29, 31-й,... гармоник	Входной cosφ приблизительно равен 0,83, применение возможно только в параллельной конфигурации (комплексе)	+
6	12-импульсный + фильтр 5, 7, 11, 13-й гармоник		2,4	Подавление 5, 7, 11, 13, 17, 19, 29, 31-й,... гармоник, гальваническая изоляция, входной cosφ приблизительно равен 1	Наибольшая стоимость	+ +

Примечание. Знаки +, + +, + + + означают степень пригодности выпрямителя для совместной работы с ДГУ.

Если в оборудование включается дизель-генераторная установка, необходимо придерживаться следующих правил:

1. Переходная реакция X'_d генератора (расчетная величина, характеризующая сопротивление генератора в начале переходного процесса, которая указывается в каталожных данных на генератор) должна иметь величину порядка 10...35% от номинального значения индуктивного сопротивления генератора. Это делает удобным управление генератором при минимальной величине X'_d, так как искажения напряжения, вызываемые токами гармоник выпрямителя, напрямую зависят от этой величины.

2. ИБП должен иметь конфигурацию, обеспечивающую минимум вносимых искажений, так как значительные искажения могут являться причиной неправильной работы регулятора напряжения генератора, что приводит к нестабильности и неудовлетворительному регулированию.

3. Необходимо подавлять токи гармоник, вызывающие добавочные потери и являющиеся причиной перегрева обмоток генератора, или увеличивать мощность генератора.

4. Нежелательно подавлять токи гармоник на генераторе при помощи главного (единого) фильтра, так как это может явиться причиной резонансных явлений, которые могут влиять на регулятор генератора и вызывать перенапряжение на выходе (в некоторых случаях — до 500 В). Лучшим решением при этом является применение 12-импульсного двойного мостового выпрямителя.

5. Необходимо принимать во внимание также мощность и характер других нагрузок, которые могу быть также присоединены к генератору.

Если номинальная мощность генератора, предназначенного для работы на выпрямитель, соизмерима с мощностью выпрямителя, то вводится повышающий коэффициент, зависящий от модели и конфигурации ИБП и типа двигателя. Этот повышающий коэффициент показывает, во сколько раз необходимо увеличить мощность ДГУ по сравнению со случаем работы на нагрузку без гармонических искажений. Диапазон значений повышающего коэффициента лежит в пределах 1,05...1,3. Если генератор обеспечивает электроснабжение также и других нагрузок (нагрузок, не вносящих искажения), то его мощность должна быть равна мощности других нагрузок, плюс мощность выпрямителя ИБП, умноженная на повышающий коэффициент.

В табл. 4.2 приводятся сведения о выпрямителях, применяемых в ИБП типа двойного преобразования, которые следует учитывать при выборе конфигурации для совместной работы ДГУ и ИБП. Первые три позиции конфигураций 6-импульсных выпрямителей с фильтрами не подходят для совместной работы из-за высокого уровня искажений и ёмкостного характера нагрузки, которую представляет ИБП для ДГУ. Позиции с четвертой по шестую в разной степени пригодны для совместной работы. Следует обратить внимание на то, что квази-12-импульсный выпрямитель на самом деле не является опцией одного ИБП, а составлен из двух различных конфигураций ИБП, входящих в параллельный комплекс.

На практике наиболее часто используется конфигурация ИБП с 12-импульсным выпрямителем, вне зависимости от того, входит он в параллельный комплекс или

нет. Справедливо также напомнить, что ИБП с дельта-преобразованием не требуют проверок на совместимость с ДГУ.

Для работы в режиме малых нагрузок проектом должны быть предусмотрены специальные технические мероприятия по обеспечению достаточной нагрузки двигателя. К таким мерам относятся неотключаемые нагрузки, обеспечивающие необходимую мощность потребления от ДГУ, или специальные реостаты. Возможна утилизация энергии, идущей только на поддержание минимально допустимой нагрузки. Например, она может использоваться для нагрева воды теплонагревающими элементами и ее последующего использования для хозяйственных нужд потребителя.

Дизель-генераторные установки, согласно ГОСТ 13822-82 «Электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные. Общие технические условия (с изменениями 1989 г.)», должны эксплуатироваться с нагрузкой, cosφ которой не должен быть меньше значения 0,8, при этом характер нагрузки должен быть индуктивным. Работа ДГУ на емкостную нагрузку не рекомендуется. При выборе ДГУ необходимо представлять характер наброса нагрузки при переходе в автономный режим. Дизели с двойным турбонаддувом мгновенно могут принять нагрузку не более 55% номинальной мощности. Это означает, что ДГУ мощностью $P_{ДГУ} = P_{ИБП}/0,55 = 1,82\ P_{ИБП}$ при отсутствии потребителей группы В будет работать со значительной недогрузкой [22] (см. рис. 2.1). Недогрузка ДГУ помимо неэффективного использования установленной мощности вызовет ранее упоминавшееся коксование цилиндров. С подобным недостатком можно мириться, если требуемая скорость переключения ИБП на ДГУ становится важным параметром комплексной системы СГЭ–СБЭ, поскольку ДГУ с турбонаддувом имеет минимальное время выхода на номинальные значения частоты и напряжения.

Поскольку суммарная потребляемая мощность параллельного комплекса ИБП (т.е. мощность на входе ИБП) может увеличиваться при наращивании количества рабочих мест, то при расчете мощности ДГУ учитывается суммарная потребляемая мощность для всех ИБП, подключенных к выходу ДГУ и работающих в режиме полной нагрузки и заряда аккумуляторных батарей, а также дополнительного оборудования (нагрузка группы В).

Исключить нежелательное увеличение мощности ДГУ из-за ограничений при мгновенном набросе мощности можно, если ИБП будет нагружать ДГУ постепенно, плавно или ступенями. Это возможно при «мягком» (soft-start) пуске выпрямителя ИБП. В этом случае нагрузка к генератору (и, следовательно, к дизелю) будет прикладываться за некоторый промежуток времени, достаточный для уверенного выхода дизеля на режим полной нагрузки [22]. На рис. 4.14 показана диаграмма пуска выпрямителей системы из трех параллельных ИБП при переходе СГЭ в автономный режим. Особенностью режима работы системы является задержка на включение заряда АБ. Задержка устанавливается программированием ИБП при его инсталляции и позволяет снизить на 10% величину наброса нагрузки.

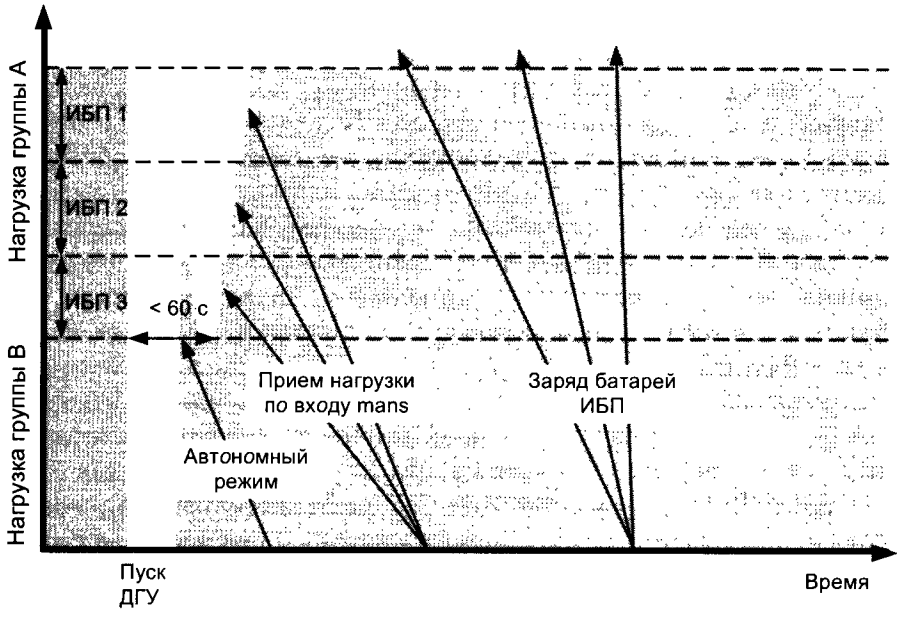


Рис. 4.14. Диаграмма плавного перехода ИБП на питание от ДГУ

Расчет мощности ДЭС для совместной работы с ИБП осуществляется в следующей последовательности [22, 23]:

1. Определяются технические данные и свойства ИБП, который планируется использовать совместно с ДГУ:
   - мощность;
   - КПД;
   - коэффициент мощности ИБП;
   - коэффициент нелинейных искажений (табл. 4.2);
   - способность плавной (ступенчатой) нагрузки ДГУ;
   - мощность заряда АБ;
   - возможность задержки заряда АБ.
2. Рассчитывается мощность ДГУ ($P_{ДГУ}$) для ДГУ без турбонаддува:

$$P_{ДГУ} = m \times 1/p \times (P_{ИБП}/\eta + P_{зар\ АБ}) + P_{В},$$

где m — повышающий коэффициент (в соответствии с документацией); η — КПД ИБП; $P_{зар\ АБ}$ — мощность заряда АБ; $P_{В}$ — мощность нагрузок группы В; p — коэффициент, учитывающий снижение нагрузочной способности ДГУ при коэффициенте мощности ИБП менее 0,8.

3. Расчет мощности ДГУ для случая плавного пуска ИБП, независимо от типа двигателя ДГУ, производится по предыдущей формуле.
4. Расчет мощности ДГУ ($P_{ДГУ}$) для случая наброса нагрузки от ИБП скачком на ДГУ с турбонаддувом осуществляется по формуле

$$P_{ДГУ} = 1{,}82 \times (P_{ИБП}/\eta + P_{зар\ АБ}) + P_{В}.$$

Мощность $P_В$ определяется из выражения

$$P_В = 1{,}82 \times (P_{ИБП}/\eta + P_{зар\ АБ}) - 1{,}25 \times 1/p \times (P_{ИБП}/\eta + P_{зар\ АБ}).$$

5. Расчет мощности ДГУ для случая наброса нагрузки от ИБП скачком на ДГУ с турбонаддувом и заряда АБ с задержкой осуществляется по формуле

$$P_{ДГУ} = 1{,}82 \times P_{ИБП}/\eta + P_В.$$

Мощность нагрузок группы В определяется из выражения

$$P_В = 1{,}82 \times P_{ИБП}/\eta - 1{,}25 \times 1/p \times (P_{ИБП}/\eta + P_{зар\ АБ}).$$

6. Мощность ДГУ с учетом потерь в сетях и расходов электроэнергии на собственные нужды определяется по формуле

$$P_{ДГУ\ расч} = РДГУК_{пот} / K_{сн},$$

где $K_{пот}$ =1,1 — коэффициент, учитывающий потери мощности в сетях 0,4 кВ; $K_{сн}$ =0,95...0,97 — коэффициент, учитывающий расход электроэнергии на собственные нужды.

Данные формулы приводятся для случаев, когда пусковые токи электроприемников группы В невелики и существенно не влияют на условия приема нагрузки дизель-генераторной установкой.

Глава 5

Система общего электроснабжения

5.1. Организация электроснабжения зданий

Для электроустановок зданий существует определение (ГОСТ Р 50571.1-93): «любое сочетание взаимосвязанного электрооборудования в пределах данного пространства или помещения». ***Системой общего электроснабжения*** (СОЭ) здания будем называть совокупность электрических линий, машин, аппаратов на участке от ввода питающих линий на территорию объекта до вводных коммутационных аппаратов СБЭ и СГЭ. Рассмотрение СОЭ только на участке от ввода в здание или главного распределительного щита до границы с СБЭ и СГЭ не дает полной картины организации электроснабжения, поскольку основной частью СОЭ является трансформаторная подстанция (ТП), которая может территориально находиться как внутри, так и вне здания и быть на балансе и обслуживании предприятия электрических сетей. Для крупного здания с потребляемой мощностью сотни и тысячи кВА характерен случай встроенной (пристроенной) ТП (рис. 5.1, *а*). Для сравнительно небольших зданий с потребляемой мощностью 100...200 кВА электроснабжение, как правило, осуществляется от отдельно стоящей ТП (рис. 5.1, *б*), и в этом случае СОЭ будет ограничиваться границей балансовой принадлежности — границей силового ввода питающих кабелей от внешней (городской) энергосистемы.

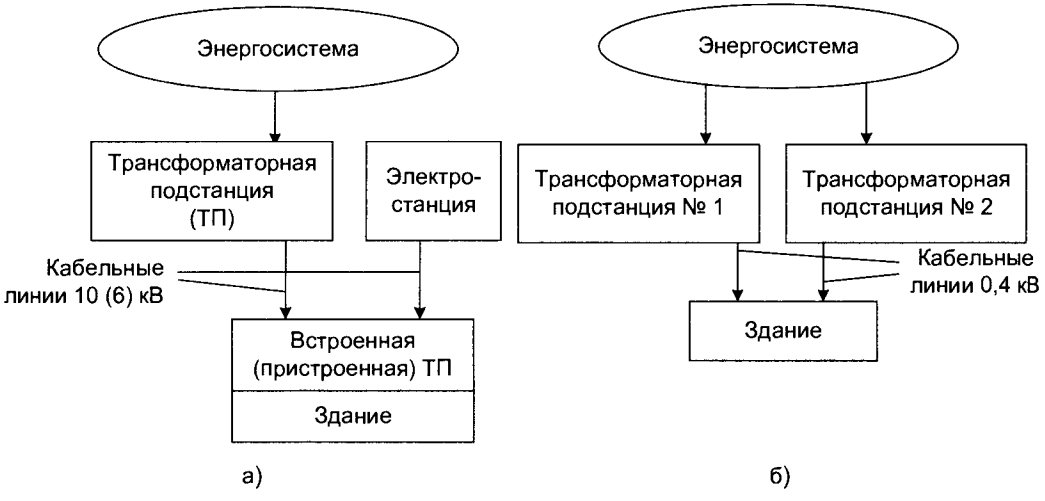


Рис. 5.1. Схема электроснабжения зданий:
а) крупного; *б*) средних размеров

Назначение СОЭ — прием и распределение электроэнергии, поступающей из внешнего источника электроснабжения (энергосистемы). Прослеживать всю цепь поступления электроэнергии от источников её производства — электростанций нет необходимости. В нашем случае достаточно принять за основной источник электроснабжения подстанцию 10(6)/0,4 кВ или шины 10(6) кВ электростанции, если электроснабжение осуществляется на генераторном напряжении — непосредственно от генераторов электростанций без трансформаций в электрических сетях.

Электроснабжение крупного здания согласно рис. 5.1, *а* происходит от сети напряжением 10(6) кВ. Напряжение 6 кВ в настоящее время используется в существующих сетях. Новые сети, как правило, имеют напряжение 10 кВ. Можно встретить современное импортное электрооборудование, которое имеет номинальное напряжение 20 кВ. Такое номинальное напряжение является более прогрессивным и обеспечивает лучшие показатели по потерям электроэнергии. Соответственно сети электроснабжения для такого электрооборудования также выполняются на напряжение 20 кВ. В России напряжение 20 кВ до настоящего времени широкого распространения не получило. При питании от отдельно стоящей ТП электроснабжение осуществляется на напряжении 0,4 кВ.

Важным техническим показателем СОЭ является ***надежность электроснабжения***. Надежность электроснабжения определяется количеством независимых взаимно резервирующих источников. Различают три категории надежности электроснабжения. При этом в составе электроприемников I категории надежности электроснабжения выделяется особая группа. Правила устройства электроустановок устанавливают различное количество независимых источников электроснабжения для каждой из трех групп (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Категории надежности электроснабжения

Категория	Количество источников	Примечание
Особая группа I категории	3	Третьим (вторым) независимым источником можно использовать электростанцию, ДГУ, ИБП и т.д.
I категория	2	
II категория	2 (1)	Рекомендуется питание от двух источников
III категория	1	Количество источников питания не нормируется

Разница в электроснабжении по I и II категориям надежности состоит во времени переключения на резервный источник питания. При электроснабжении по I категории это время определяется срабатыванием АВР, для II категории — действиями дежурного персонала электросистемы или выездной оперативной бригады. В зависимости от количества внешних независимых источников электроснабжения категория надежности электроприемников групп А, В, С будет соответствовать значениям табл. 2.2.

Осуществление электроснабжения на генераторном напряжении более предпочтительно, чем электроснабжение от ТП предприятия электрических сетей. Вероятность отказа в таком случае ниже и отсутствуют нарушения качества электроэнер-

гии по вине энергосистемы. Электроснабжение на генераторном напряжении позволяет отказаться от применения ДГУ и ограничиться только применением ИБП. Однако такое решение не всегда возможно, так как расположение объекта относительно ближайшей электростанции может не позволить осуществить электроснабжение непосредственно от шин.

5.2. Трансформаторная подстанция и трансформаторы

При оценке категории надежности электроснабжения не следует смешивать двухцепную (две линии) кабельную линию, идущую от одной трансформаторной подстанции, с двумя линиями (двухцепными или одноцепными), идущими от различных ТП. В первом случае резервируется только линия, но никак не источник питания. Что касается источников питания, то ТП, непосредственно питающая здание I или II категории надежности, имеет двухтрансформаторную схему. Это делается для того, чтобы при отказе одного из трансформаторов электроснабжение осуществлялось от оставшегося в работе (рис. 5.2)

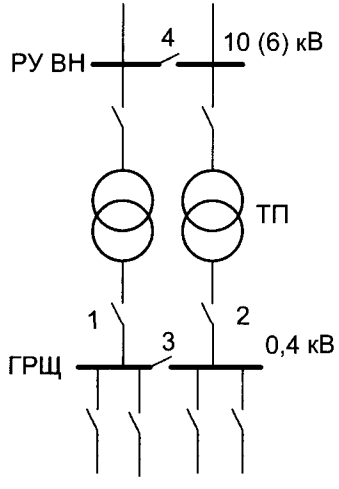


Рис. 5.2. Двухтрансформаторная подстанция

В нормальном режиме ТП питается от двух источников электроснабжения 10(6) кВ. Секционный выключатель 4 распределительного устройства высокого напряжения (РУ ВН) может быть замкнут или разомкнут в зависимости от схемы электроснабжения в сети 10(6) кВ. Обычно секционный выключатель 4 находится в разомкнутом положении. При отключении одного из источников питания ТП выключатель 4 замыкается, и питание подается от одного источника на оба трансформатора ТП. Выдержка времени на замыкание выключателя 4 меньше, чем время срабатывания АВР в главном распределительном щите (ГРЩ) на стороне 0,4 кВ (выключатели 1–3). Логика работы секционных выключателей 3 и 4 такова, что исключает параллельный режим работы трансформаторов. В случае повреждения одного из трансформаторов происходит отключение линейного выключателя 1 или 2 и замыкается секционный выключатель 3 по стороне 0,4 кВ. Мощность трансформаторов выбирается таким образом, что вся нагрузка может быть переведена на один трансформатор.

Трансформатор с масляным охлаждением способен выдерживать сорокапроцентную перегрузку в течение 6 часов при условии, что в остальное время он будет недогружен. Для графика нагрузки, имеющего суточный максимум и минимум, 6 часов вполне достаточно для прохождения периода максимальных нагрузок.

В последнее время все большее распространение приобретают «сухие» трансформаторы. Условия их размещения более просты в смысле класса помещений по

пожарной безопасности и позволяют совместно разместить трансформаторы и главный распределительный щит в одном электромашинном помещении. Правилами устройства электроустановок нормируются ограничения при размещении трансформаторных подстанций непосредственно под и над помещениями. В них может находиться не более 50 человек в течение не более 1 часа. Эти требования не распространяются на трансформаторные помещения, в которых установлены сухие трансформаторы или трансформаторы с негорючим наполнением.

Московские строительные нормы МГСН 4.04-94 «Многофункциональные здания и комплексы» в явном виде требуют применения только «сухих» трансформаторов. Актуальность и преимущества применения «сухих» трансформаторов в строительстве административных зданий стимулировали освоение выпуска этого вида продукции отечественной электропромышленностью. В номенклатуре выпускаемой продукции имеются «сухие» трехфазные трансформаторы внутренней установки на напряжение 10(6)/0,4 кВ. Трансформаторы применяются для питания электрооборудования жилых и общественных зданий, промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов, транспорта и т.д. Они выпускаются в двух типоисполнениях:

– без защитного кожуха (IP00) – тип ТСЛ;

– в металлическом кожухе (IP31) — тип ТСЗЛ.

Изоляция обмоток высокого напряжения выполняется путем заливки под вакуумом эпоксидной смолы со специальным наполнителем, обеспечивающим негорючесть композиции. Общий вид такого трансформатора представлен на рис. 5.3.

Кожухи трансформаторов — коробчатого типа, с дверями для удобства работ при монтаже и эксплуатации. Для трансформаторов специального исполнения (пыле- и водонепроницаемых) — кожухи герметичные. Трансформаторы с литой изоляцией типа «геафоль» выпускаются без кожухов.

Регулирование напряжения осуществляется обычно ступенями $\pm 2 \times 2{,}5\%$ (по две отпайки 2,5% номинального напряжения) при отключенном от сети трансформаторе.

Установленный срок службы – не менее 25 лет в условиях, соответствующих климатическому исполнению и категории размещения [24].

Наряду с преимуществами по сравнению с масляными трансформаторами по условиям размещения имеется и недостаток. Перегрузочная способность «сухих» трансформаторов невелика и не превышает 5...10% в зависимости от времени перегрузки. Это вызывает необходимость установки «сухих» трансформаторов, рассчитанных на всю мощность нагрузки каждый. Соответственно в нормальном режиме установленная (транс-

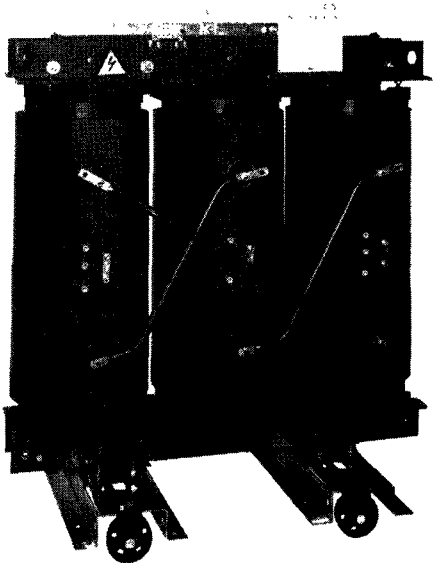


Рис. 5.3. Внешний вид «сухого» трансформатора с литой изоляцией *(источник: ОАО ХК «Электрозавод»)*

форматорная) мощность используется неэффективно. Тем не менее «сухие» трансформаторы широко применяются при строительстве административных зданий, и их следует считать более предпочтительными, чем масляные трансформаторы. Технические характеристики «сухих» трансформаторов приведены в приложении 5.

Альтернативой «сухим» трансформаторам являются герметичные масляные трансформаторы в случаях установки в пристроенных или отдельно стоящих подстанциях. Герметичные трансформаторы, как и «сухие», являются необслуживаемыми устройствами, поэтому эксплуатационные расходы у них соизмеримы, различаются только условия размещения.

Трехфазные масляные герметичные трансформаторы на напряжение 6...10/0,4 кВ (рис. 5.4) применяются для питания электрооборудования жилых и общественных зданий, промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов, транспорта и т.д.

Трансформаторы выпускаются в двух исполнениях:
- с медными обмотками — серия ТМГ;
- с алюминиевыми обмотками — серия ТМГА.

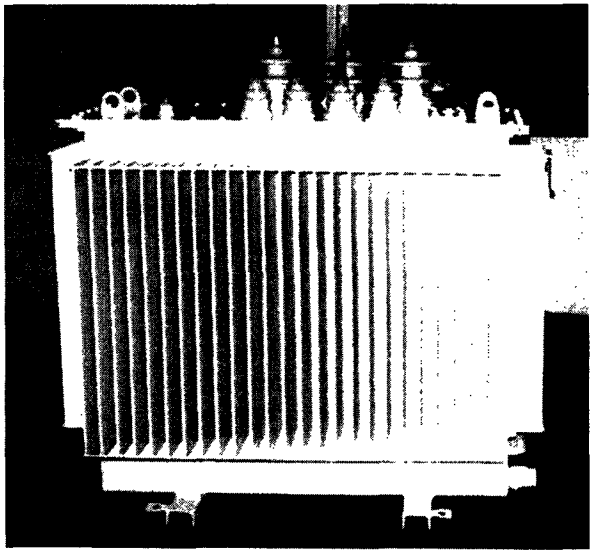


Рис. 5.4. Внешний вид герметичного масляного трансформатора
(источник: ОАО ХК «Электрозевод»)

Герметичные масляные трансформаторы имеют отличительные особенности:
- не нуждаются в обслуживании при эксплуатации;
- отсутствует контакт с воздухом, что обеспечивает сохранность изоляционных свойств масла в течение не менее 25 лет;
- более компактны, занимают меньше места по сравнению с традиционными трансформаторами с расширителем и воздушной подушкой;
- являются малошумными — уровень шума не превышает 55 дБ;

– конструктивные и технологические решения обеспечивают снижение потерь холостого хода на 15...20% в зависимости от мощности оборудования [25].

Технические характеристики герметичных масляных трансформаторов приведены в приложении 5.

5.3. Схема системы общего электроснабжения

На рис. 5.5 изображена система общего электроснабжения здания. По сравнению со схемой на рис. 4.12 данная схема обладает рядом существенных отличий и преимуществ.

В составе системы общего электроснабжения предусмотрен третий резервный источник питания — резервная дизельная электростанция (РДЭС). Электроснабжение потребителей, относящихся к группам А и В, предусматривается от двух независимых вводов 1, 2 и РДЭС 10 с устройством АВР. Потребители группы С получают питание от двух независимых вводов с АВР. Для электроснабжения потребителей группы А предусмотрено создание системы бесперебойного электроснабжения с установкой источников бесперебойного питания.

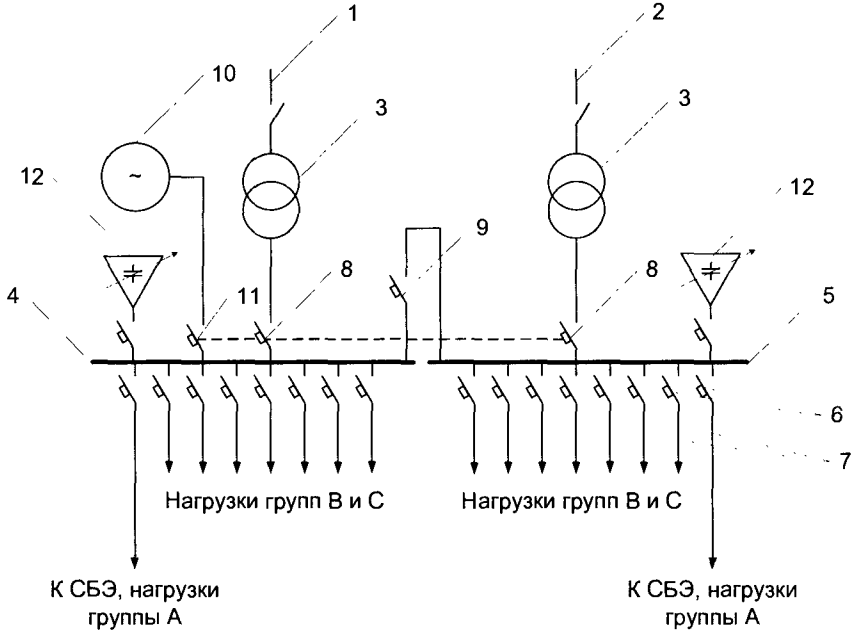


Рис. 5.5. Система электроснабжения здания

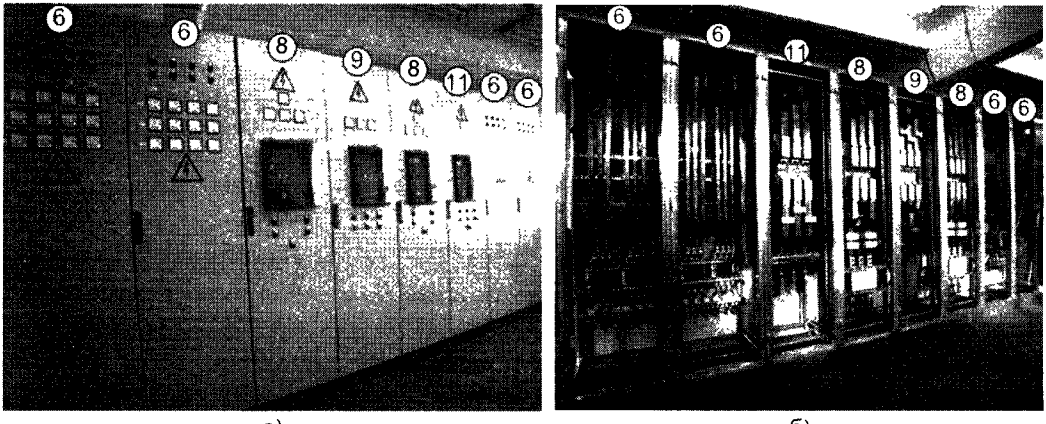
Для приема и распределения электроэнергии в здании предусмотрен главный распределительный щит (ГРЩ) низкого напряжения. ГРЩ состоит из:

– двух вводных автоматических выключателей 8;

– автоматического выключателя 11 резервной дизельной электростанции 10;
– одного секционного автоматического выключателя 9;
– двух автоматических выключателей компенсирующих устройств 12;
– распределительных автоматических выключателей 6 с двумя секциями шин 4 и 5.

Каждая из секций 4 и 5 получает питание от высоковольтных кабелей 1 и 2 через соответствующие трансформаторы 3.

На рис. 5.6 показан внешний вид ГРЩ. Обозначения панелей выключателей вводных, секционного, распределительных выключателей и РДЭС приводятся в соответствии с обозначениями на рис. 5.5. Обратите внимание на шинный монтаж в ГРЩ.



а) б)

Рис. 5.6. Внешний вид ГРЩ: а) вид спереди; б) вид сзади
(источник: ЭкоПрог)

В ГРЩ предусмотрено измерение по вводам 1 и 2 фазных токов, напряжений коэффициента мощности, частоты сети, активной и реактивной мощности с выводом этих данных на диспетчерский пункт автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) (см. гл. 7). ГРЩ обеспечивает автоматическое включение резерва, выполненное на выключателях 8, 9, 11, и автоматическое резервирование потребителей от РДЭС 10. Все автоматические выключатели снабжаются микропроцессорными (интеллектуальными) модулями, позволяющими организовать дистанционное управление и измерение электрических параметров. Эти модули подключаются к системе автоматизации управления ГРЩ. На рис. 5.7 представлен внешний вид автоматического выключателя с микропроцессорным управлением, установленного в панелях 8, 9, 11 ГРЩ (рис. 5.6). Система автоматизации ГРЩ позволяет отказаться от выделенного щита (секции) гарантированного электроснабжения.

Схема ГРЩ обеспечивает:
– дистанционное управление нагрузками;
– дистанционный контроль состояния автоматов;

- дистанционный и местный контроль отходящих линий 7 (сигнализация положения выключателя и измерение токов нагрузки);
- блокировку одновременности включения энергоемких потребителей при работе РДЭС;
  предотвращение несанкционированного включения потребителей, не относящихся к группам А и В при работе РДЭС;
- разгрузку системы электроснабжения при работе РДЭС;
- возможность ручной коммутации автоматов на ГРЩ.

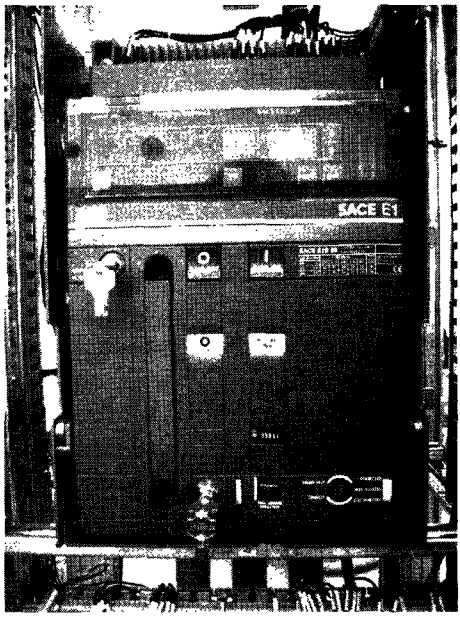


Рис. 5.7. Автоматический выключатель с микропроцессорным управлением *(источник: ЭкоПрог)*

Предусмотренный в ГРЩ АВР на вводных (8) и секционном (9) выключателях и автоматическое включение резерва дизель-генератора (АВР ДГ — 11) реализованы на автоматических выключателях с приводами дистанционного управления. Алгоритм действия автоматики реализован на промышленных контроллерах, управляющих схемами АВР и отходящими линиями ГРЩ.

АВР секционного выключателя работает следующим образом:

1. В нормальном режиме секционный выключатель 9 и выключатель ввода РДЭС 11 отключены.
2. Выключатели 8 ввода 0,4 кВ включены.
3. При исчезновении напряжения на одном из вводов или отклонении напряжения за границы допустимого диапазона (например, 10% от $U_{ном}$, устанавливается исходя из требований ГОСТ 13109-97 или технических характеристик электроприемников) соответствующий ввод 8 отключается защитой минимального напряжения и затем включается секционный выключатель 9.
4. При восстановлении напряжения на обоих вводах отключается секционный выключатель 9 и включается соответствующий ввод 8.

АВР ДГ работает при исчезновении напряжения на обоих вводах 0,4 кВ или отклонении напряжения на обоих вводах за границы допустимого диапазона по следующему алгоритму:

1. Замыкается цепь запуска РДЭС.
2. После запуска ДГ появляется напряжение на вводе РДЭС и в цепях управления, срабатывает система автоматической разгрузки, отключающая потребителей группы С (часть линий 7) и на время пуска ДГ потребителей группы В.
3. Отключаются оба ввода 8.
4. Отключаются конденсаторные батареи 12.
5. Включается секционный выключатель 9.

6. Включается ввод РДЭС 11.

7. После этого для обеспечения условия блокировки одновременного включения энергоемких потребителей с выдержкой времени между включениями не менее 15 с происходит включение автоматических выключателей 6 в цепях линий 7 нагрузок группы В. В зависимости от загрузки ДГ диспетчер может изменить состав подключенной к РДЭС нагрузки.

8. При появлении напряжения хотя бы на одном из вводов 8 снимается сигнал запуска ДГ, отключается ввод РДЭС 11 и включается соответствующий ввод 8. Затем автоматически включаются потребители, отключенные системой разгрузки, и подключаются конденсаторные батареи.

Устройство АВР секционного выключателя выполнено с применением программируемых контроллеров, позволяющих обеспечить следующую логику работы и функции:

- работа АВР разрешена только при наличии напряжения во всех фазах на другом вводе ГРЩ;
- разрешена однократность действия АВР;
- запрещены действия АВР при аварийном отключении выключателей ввода 8 или секционного выключателя 9;
- исключена возможность многократного включения АВР на короткое замыкание при любой однократной неисправности в схеме;
- блокируются действия АВР при отключении автоматических выключателей в цепях реле контроля напряжения;
- обеспечена сигнализация ручного режима АВР и сигнализация срабатывания АВР;
- установлена выдержка времени на отключение выключателей 8 вводов ГРЩ при исчезновении напряжения на время 15...30 с.
- установлена выдержка времени на включение выключателей 8 вводов ГРЩ при появлении напряжения на время до 60 с.

Для обеспечения безопасности обслуживания в ГРЩ предусматриваются блокировки при работе и обслуживании выключателей в выкатных ячейках:

- вкатывание включенного выключателя в рабочее положение;
- выкатывание включенного выключателя;
- включение выключателя ввода РДЭС хотя бы при одном включенном вводе 0,4 кВ.

Автоматизация управления выключателями ГРЩ делает систему общего электроснабжения универсальной. Различие в категориях надежности электроснабжения нагрузок групп А, В, С не требует выделения отдельного щита гарантированного электроснабжения (см. рис. 4.12). Возникает возможность осуществления гарантированного электроснабжения потребителей, находящихся на любой линии 7, что обеспечивается автоматическими выключателями, управляемыми по заданному алгоритму.

В крупном здании необходимость изменения требований к категории надежности электроснабжения электроприемников вполне реальна и при традиционной тех-

нологии электроснабжения потребует реконструкции существующей системы. В случае создания управляемого ГРЩ, имеющего в своем составе своеобразный «виртуальный» щит (секцию) гарантированного электроснабжения, изменение категории надежности электроснабжения на каждом из присоединений достигается программированием контроллеров. Управление электроснабжением предоставляет дополнительные возможности по оптимизации режима работы системы в целом и, в частности, трансформаторов «сухого» типа. Например, при работе на один трансформатор в режиме летнего максимума нагрузки для предотвращения длительной перегрузки трансформатора служба эксплуатации здания имеет возможность провести аварийную разгрузку с пульта диспетчера или вручную. Состав отключаемой нагрузки определяется в конкретной ситуации в зависимости от режима работы и состава включенного оборудования.

Более подробная информация об управлении и автоматизации электроснабжения представлена в гл. 7.

Глава 6

Заземление и электромагнитная совместимость

6.1. Заземление

6.1.1. Определения и основные требования

Заземлением какой-либо части электроустановки и другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

Занулением в электроустановках напряжением до 1 кВ называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока и с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

Заземлителем называется проводник (электрод) или совокупность металлически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

ГОСТ Р 50571.2-94 предусматривает следующие типы систем заземления электрических сетей: TN-S, TN-C, TN-C-S, IT, TT. Для зданий можно встретить в основном схемы TN-S, TN-C, TN-C-S. Схемы IT, TT характерны, как правило, для локальных зон внутри здания и обеспечивают телекоммуникационные системы, питающиеся постоянным током. Буквы и графические символы, используемые в приведенных обозначениях типов систем заземления и на рисунках, расшифрованы в табл. 6.1 и 6.2.

Заземление (зануление) средств вычислительной техники, телекоммуникационных средств и технологического оборудования обеспечивает решение двух основных задач:

– защиту персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции и замыкании одного из проводов питающей линии на корпус оборудования или от появления на корпусе оборудования опасного для человека по-

тенциала по каким-либо другим причинам (например, из-за индуктивных или емкостных связей);

– защиту оборудования и линий обмена информацией (в том числе локальных вычислительных сетей) от помех, которые возникают со стороны питающих сетей из-за разности потенциалов между различными точками цепей заземления и блуждающих токов в цепях заземления вследствие воздействия внешних электромагнитных полей и других причин.

Таблица 6.1. Буквенные обозначения систем заземления и заземляющих проводников

Обозначение	Описание
Первая буква — характер заземления источника питания	
T	Непосредственное присоединение одной точки токоведущих частей источника питания к земле
I	Все токоведущие части изолированы от земли, или одна точка заземлена через сопротивление
Вторая буква — характер заземления открытых проводящих частей электроустановки	
T	Непосредственная связь открытых проводящих частей с землей, независимо от характера связи источника питания с землей
N	Непосредственная связь открытых проводящих частей с точкой заземления источника питания (в системах переменного тока обычно заземляется нейтраль)
Последующие буквы — устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников	
S	Функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются раздельными проводниками
C	Функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике
Рабочие, нулевые рабочие и заземляющие проводники	
L	Рабочий проводник
N	Нулевой рабочий проводник
PE	Нулевой защитный проводник
PEN	Совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник
FE	Функциональный заземляющий проводник
PEF	Совмещенный защитный и функциональный заземляющий проводник

Таблица 6.2. Условные обозначения проводников

Изображение	Назначение
	Фазный проводник
	Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)
	Защитный проводник (PE)
	Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N) и защитный проводник (PE), объединенные в один (PEN)

Первая задача решается с помощью защитных заземляющих устройств, выполняемых в соответствии с гл. 1.7 ПУЭ, ГОСТ Р 50571.10-96, ГОСТ Р 50571.21-2000, ГОСТ Р 50571.22-2000. Вторая задача решается с помощью прокладки специальных заземляющих или нулевых защитных проводников, соединенных в единую электрическую соединительную сеть.

В соответствии с ГОСТ Р 50571.10-96 в случае, когда заземление требуется как для защиты, так и для нормальной работы электроустановки, в *первую очередь следует соблюдать требования, предъявляемые к мерам защиты.*

Наличие замкнутых контуров и связей между системами заземления различного назначения может сопровождаться возникновением межсистемных помех заземления, которые не устраняются установкой источников бесперебойного питания и других устройств кондиционирования (улучшения) мощности без гальванической развязки. В ряде случаев, формально выполняя требования ГОСТ 464-79 по организации отдельной системы заземления для средств телекоммуникаций, создают отдельную систему заземления, например для учрежденческой цифровой телефонной станции. При этом не обращается внимания на то, что стандарт требует отдельной системы заземления для полюса системы питания постоянного тока. Питание оборудования от общей сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью и выполнение, казалось бы, обособленного заземления как раз приводят к ситуации, когда образуются контура заземления, вызывающие неустойчивую работу оборудования. Контур заземления, в отличие от жаргонного «контура заземления» (соединения горизонтальных заземлителей в земле), является нежелательным и образуется при наличии связи между двумя заземлителями (рис. 6.1).

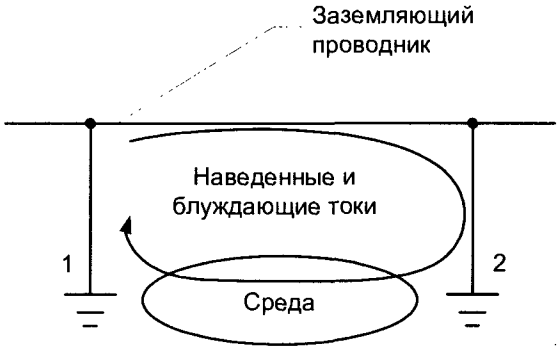


Рис. 6.1. Контур заземления

В образовавшемся контуре заземлитель 1 — электрическая связь (проводник) — заземлитель 2 — среда (земля) могут наводиться токи от внешних электромагнитных полей или протекать блуждающие токи сторонних нагрузок. Все это приводит к электромагнитным помехам в работе оборудования. Локальные вычислительные и телекоммуникационные сети зачастую имеют в своем составе оборудование связи (антенны, модемы и пр.) и подвержены влиянию помех, в том числе от разрядов молний, поэтому для них важна высокая помехозащищенность. В силу этого обстоятельства устранению контуров следует уделять особое внимание при проектировании и эксплуатации электроустановок зданий.

На практике встречается также ошибочное заземление отдельного электроприемника или группы электроприемников на обособленный заземлитель, не связанный с нейтралью трансформатора (рис. 6.2). Эта схема заземления напоминает схему ТТ, с той лишь разницей, что при этом нарушается п. 1.7.39 ПКЭ, который гла-

сит: «В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается...». Это требование вызвано тем, что обеспечить электробезопасность при такой схеме невозможно. На рис. 6.2 показан вынос потенциала при коротком замыкании на корпус электроприемника, заземленного на обособленный заземлитель.

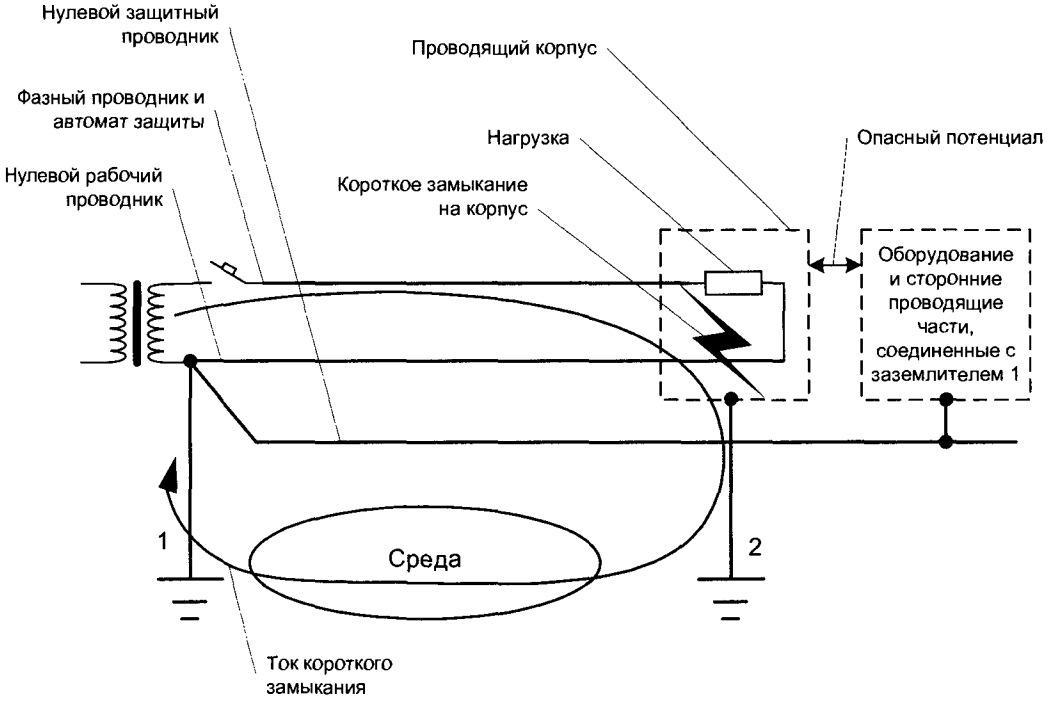


Рис. 6.2. Вынос потенциала на незанулённый корпус оборудования

Потенциал на корпусе будет обусловлен падением напряжения в фазном проводнике до точки КЗ и падением напряжения в сопротивлении заземлителя 2, в среде (в земле и конструкциях) и в сопротивлении заземлителя 1. Сопротивление цепи короткого замыкания при этом будет больше сопротивления цепи «фаза-ноль», исходя из параметров которого выбирается защитный автомат, и короткое замыкание, скорее всего, не будет отключено действием максимальной токовой защиты. При этом на корпус будет вынесен потенциал, близкий к фазному напряжению, что создаст угрозу для жизни людей. Отключение КЗ произойдет за счет действия тепловой защиты автоматического выключателя, но время отключения КЗ при этом превысит нормируемые значения.

Характеристики устройств защиты и полное сопротивление цепи «фаза–ноль» должны обеспечивать автоматическое отключение питания в пределах нормирован-

ного времени при замыканиях на открытые проводящие части. Это требование выполняется при соблюдении следующего условия [26]:

$$Z_s I_a \leq U_0,$$

где Z_s — полное сопротивление цепи «фаза–ноль»; I_a — ток, меньший тока короткого замыкания, вызывающий срабатывание устройства защиты за время, являющееся функцией номинального напряжения U_0; U_0 — номинальное напряжение (действующее значение) между фазой и землей.

Предельно допустимые времена отключения для систем TN составляют:

U_0 = 220 В, время отключения — 0,4 с;

U_0 = 380 В, время отключения — 0,2 с.

Таким образом, неправильно выполненное заземление приводит к образованию нежелательных контуров и вызывает электромагнитные помехи в работе оборудования, а также создает угрозу для жизни людей.

6.1.2. Главный заземляющий зажим

Для обеспечения минимального уровня электромагнитных помех и электробезопасности важно выполнить заземление с минимальным количеством замкнутых контуров. Обеспечение этого условия возможно при наличии главного заземляющего зажима (ГЗЗ) или шины. Поскольку в отечественной НД это понятие и сопутствующие требования должным образом не отражены, ассоциацией «Росэлектромонтаж» выпущен технический циркуляр от 11.05.2000 № 6-1/2000 «О выполнении главной заземляющей шины», согласованный с Госэнергонадзором. Термины «шина» или «зажим» в данном случае почти равноценны и отражают соответственно конструктивное исполнение и тот факт, что подключение нулевых защитных и нулевых рабочих проводников к заземлителю производится через единственную точку присоединения.

Пункт 7.1.87 ПУЭ требует выполнения на вводе в здание системы уравнивания потенциалов — электрического соединения проводящих частей друг с другом для достижения их эквипотенциальности и выполнения главного заземляющего зажима. В связи с тем, что разработка гл. 1.7 «Заземление и защитные меры электробезопасности» ПУЭ 7-го издания, в которой приведены конкретные требования к выполнению системы уравнивания потенциалов, задерживается, до введения в действие гл. 1.7 ПУЭ следует руководствоваться циркуляром № 6-1/2000. Основное содержание циркуляра состоит в следующем:

«1. В каждой электроустановке здания должна быть выполнена главная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой следующие проводящие части:

- защитный проводник (PE-проводник или PEN-проводник) питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к естественному или искусственному заземлителю (если заземлитель имеется);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (трубы горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.);
- металлический каркас здания;

– металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине PE шкафов питания кондиционеров и вентиляторов;
– система молниезащиты;
– заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и если отсутствуют ограничения на присоединение цепей функционального заземления к заземляющему устройству защитного заземления.

Соединение указанных проводящих частей между собой следует выполнять при помощи главной заземляющей шины (зажима).

2. Главная заземляющая шина (зажим) может быть выполнена (выполнен) внутри вводного устройства (ВУ) или вводно-распределительного устройства (ВРУ) или отдельно от него. Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину PE. При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства электроустановки здания.

Главный заземляющий зажим должен быть расположен как можно ближе к входу кабелей питания и связи. Его необходимо соединить с заземлителем (заземлителями) проводником наименьшей длины (рис. 6.3).

Такое расположение ГЗЗ обеспечивает наилучшее выравнивание потенциалов и ограничивает наведенное напряжение от индустриальных помех, грозовых и коммутационных перенапряжений, приходящее извне по экранам кабелей связи, броне силовых кабелей, трубопроводам и антенным вводам.

PE-проводник (PEN-проводник) питающей линии должен быть подключен к шине PE вводного устройства, которая соединяется с главной заземляющей шиной при помощи проводника, проводимость которого должна быть не менее проводимости PE (PEN) — проводника питающей линии.

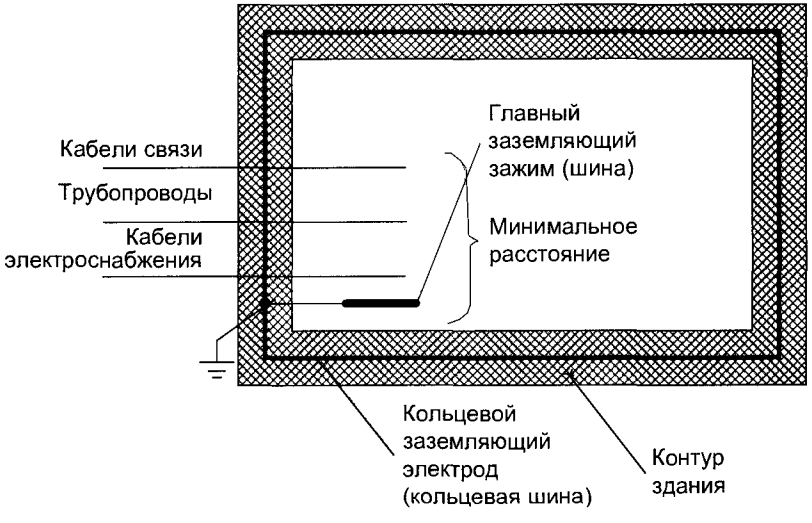


Рис. 6.3. Расположение главного заземляющего зажима

При выполнении главного заземляющего зажима (шины) как внутри вводного устройства, так и при отдельной установке его проводимость должна быть не менее проводимости PEN-проводника питающей линии.

3. Все контактные соединения в главной системе уравнивания потенциалов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434 к контактным соединениям класса 2.

4. Главная заземляющая шина должна быть, как правило, медной. Допускается выполнение главной заземляющей шины из стали. Применение главных заземляющих шин из алюминия не допускается.

...

6. Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии одной или нескольких встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой подстанции. Эти шины должны быть соединены между собой при помощи проводника системы уравнивания потенциалов, проводимость которого должна быть не менее половины проводимости наибольшего PEN-проводника питающих линий здания. Для соединения могут быть использованы сторонние проводящие части, например каркас здания. Используемые сторонние проводящие части должны обеспечивать непрерывность электрической цепи и иметь проводимость не менее указанной для специально проложенных проводников.

...

9. Указания по выполнению системы уравнивания потенциалов на вводе в электроустановку здания и установка главной заземляющей шины должны быть предусмотрены в проектной документации на электроустановку здания».

Существующая нормативная документация (НД) устанавливает следующие требования к выполнению ГЗЗ. Согласно ГОСТ Р 50571.10-96 в каждой установке должен быть предусмотрен главный заземляющий зажим или шина и к нему (или к ней) должны быть присоединены:

– заземляющие проводники;
– защитные проводники;
– проводники главной системы уравнивания потенциалов;
– проводники рабочего заземления (если оно требуется).

С главным заземляющим зажимом или шиной должны быть соединены заземлители защитного и рабочего (технологического, логического и т.п.) заземления, молниезащиты и др.

Согласно Приложению В ГОСТ Р 50571.10-96 главный проводник системы уравнивания потенциалов должен соединять главный заземляющий зажим или шину со сторонними проводящими частями (металлоконструкциями здания, трубопроводами и т.п.). Со сторонними проводящими частями также должны быть соединены корпуса (открытые проводящие части) распределительных пунктов, щитов и другого электрооборудования.

6.1.3. Типы систем заземления

Системы заземления различаются по схемам соединения и числу нулевых рабочих и защитных проводников.

К *системе TN-C* (рис. 6.4) относятся трехфазные четырехпроводные (три фазных проводника и PEN-проводник, совмещающий функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников и однофазные двухпроводные (фазный и нулевой рабочий проводники) сетей существующих зданий старой постройки.

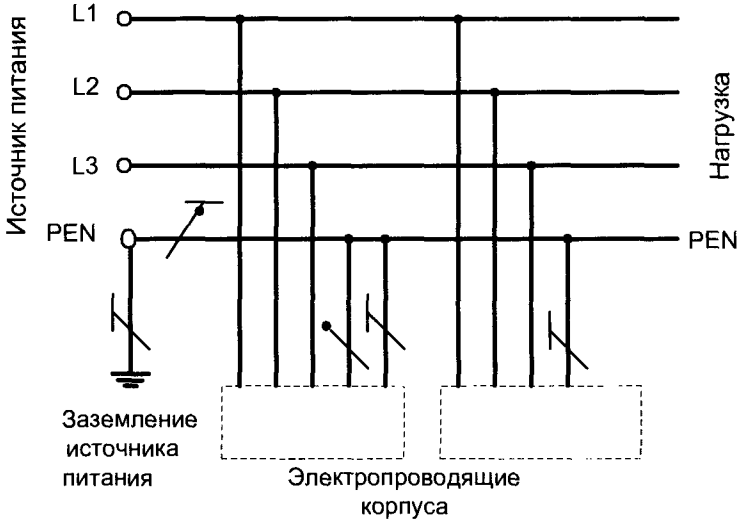


Рис. 6.4. Система TN-C (нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети)

Отсутствие специального нулевого защитного (заземляющего) проводника в существующих электропроводках однофазных сетей создаст опасность поражения персонала электрическим током.

В ряде случаев технические средства информатики и телекоммуникаций устанавливаются в помещениях, где отсутствует заземление и одновременно имеется нетокопроводящее покрытие пола, на котором накапливается статическое электричество. Из-за отсутствия заземления и возникновения разрядов статического электричества при касании оператора клавиатуры или корпуса персонального компьютера происходят сбои в работе, например «зависания», и могут возникнуть повреждения оборудования, нарушения в работе программного обеспечения и потери информации.

Включение современной компьютерной техники в розетки электрической сети TN-C сопряжено с таким явлением, как вынос напряжения на корпус. Это вызвано тем, что импульсные блоки питания имеют на входе симметричный LC-фильтр,

средняя точка которого присоединена к корпусу. При занулении (заземлении) компьютера происходит технологическая утечка через фильтр, что необходимо учитывать при применении устройства защитного отключения (УЗО). При отсутствии проводника PE напряжение 220 В делится на плечах фильтра, и на корпусе оказывается 110 В (см. рис. 2.6, разд. 3.8.1 и 3.8.5).

В настоящее время требованиями НД применение системы TN-C на вновь строящихся и реконструируемых объектах не допускается. При эксплуатации системы TN-C в здании старой постройки, предназначенном для размещения средств информатики и телекоммуникаций, следует обеспечить переход от системы TN-C к системе TN-S (TN-C-S).

Система TN-C-S характерна для реконструируемых сетей, в которых нулевой рабочий и защитный проводники объединены только в части схемы. На рис. 6.5 показана система TN-C-S.



Рис. 6.5. Система TN-C-S (в части сети нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены)

При переходе от системы TN-C к системе TN-S следует соблюсти последовательность расположения систем относительно источника питания таким образом, как это показано на рис. 6.5. В противном случае обратные токи электроприемников системы TN-C будут замыкаться по защитным проводникам PE системы TN-C-S и вызывать помехи. На рис. 6.6 изображен переход от TN-C к TN-S. Если трансформатор, дизель-генератор, источник бесперебойного питания или иное подобное устройство, являясь частью электроустановки здания, имеют систему заземления типа TN-C и используются главным образом для питания оборудования инфокоммуникационных систем, должен быть осуществлен переход на систему типа TN-S.

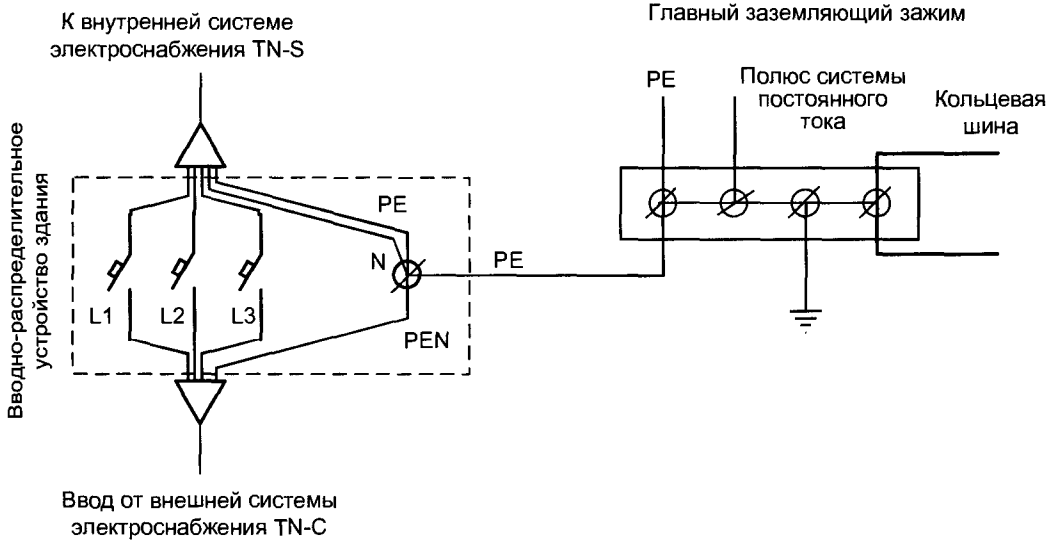


Рис. 6.6. Главный заземляющий зажим и переход от системы TN-C к TN-S

Система TN-S (рис. 6.7) является основной рабочей системой заземления для зданий с информационно-вычислительным и телекоммуникационным оборудованием.

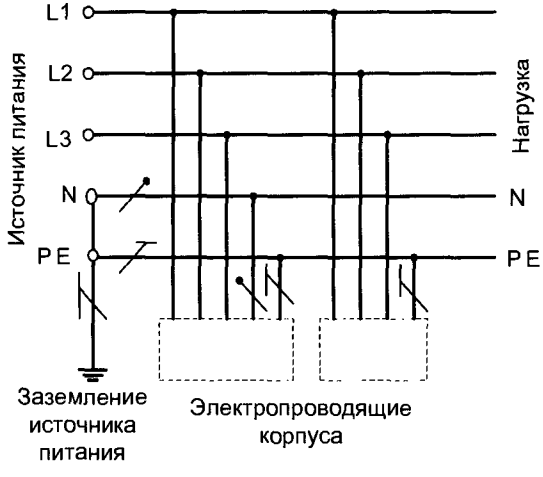


Рис. 6.7. Система TN-S (нулевой рабочий и нулевой защитный проводники проложены раздельно по всей сети)

В системе TN-S нулевой рабочий и нулевой защитный проводники проложены отдельно. Такая схема исключает обратные токи в проводнике PE, что снижает риск возникновения электромагнитных помех. При эксплуатации системы TN-S необходимо следить за соблюдением назначения проводников PE и N. Оптимальным

случаем с точки зрения минимизации помех является наличие встроенной (пристроенной) трансформаторной подстанции, что позволяет обеспечить минимальную длину проводника от ввода кабелей электроснабжения до главного заземляющего зажима (рис. 6.8). Соблюдение этого требования справедливо и для системы TN-C-S. В этом случае речь идет также о расстоянии между вводом системы электроснабжения и главным заземляющим зажимом. Для системы TN-C-S желательно выполнение повторного заземления нейтрали. Система TN-S при наличии встроенной (пристроенной) подстанции не требует повторного заземления, так как имеется основной заземлитель на ТП.

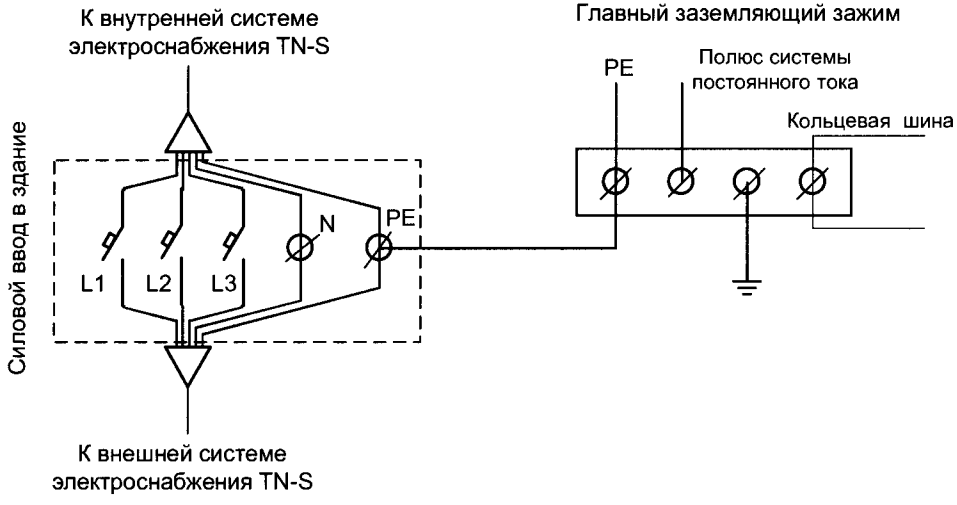


Рис. 6.8. Главный заземляющий зажим системы TN-S

В *системе TT* все электропроводящие корпуса защищаются одним и тем же устройством защиты. Они должны быть связаны защитным проводником и присоединены к одному и тому же заземляющему устройству (рис. 6.9, *а*). Если большинство устройств защиты объединены в группу, то это предписание применяется раздельно ко всем электропроводящим корпусам, присоединенным к каждому устройству защиты. Нулевой проводник может отсутствовать. В таком случае заземляется одна из фаз источника питания (рис. 6.9, *б*).

Схемы TT в электроустановках административных зданий, как правило, не применяются. Основная область применения схем TT — заземление стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приёма телевидения. Обоснование и нормы применения схемы TT в числе прочих схем заземления для указанных объектов регламентируются ГОСТ 464-79.

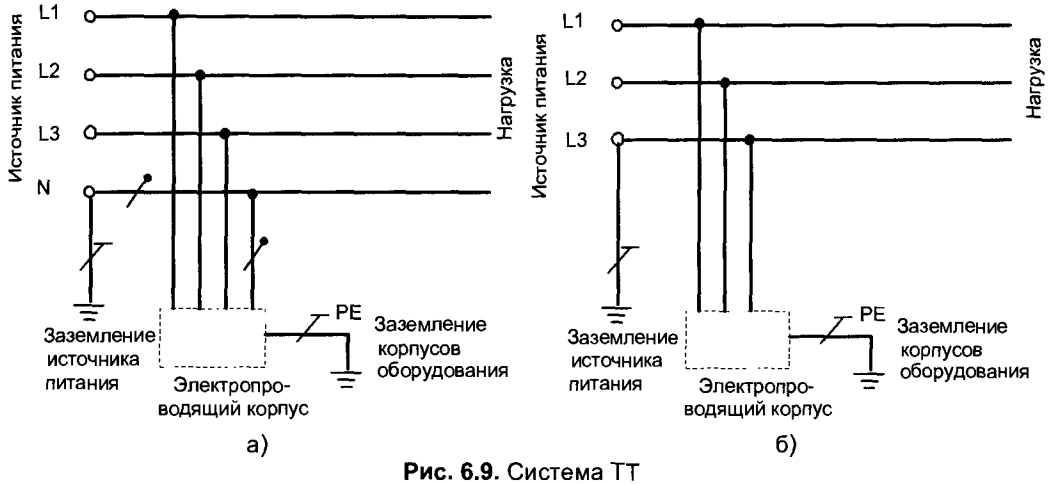


Рис. 6.9. Система TT

В *системе IT* (рис. 6.10) точка нейтрали, или, если она отсутствует, то один из фазных проводников источника питания должен быть заземлен. Электроустановка должна быть заземлена или присоединена к заземляющему устройству через заземляющее сопротивление, имеющее достаточно большую величину. Такая связь осуществляется либо в точке нейтрали установки (рис. 6.10, *а*), либо в точке нейтрали, созданной искусственно, которая может быть соединена напрямую с землей, если соответствующее однополюсное заземляющее сопротивление имеет достаточную величину. Если точки нейтрали не существует, то фазный проводник должен быть заземлен через заземляющее сопротивление (рис. 6.10, *б*).

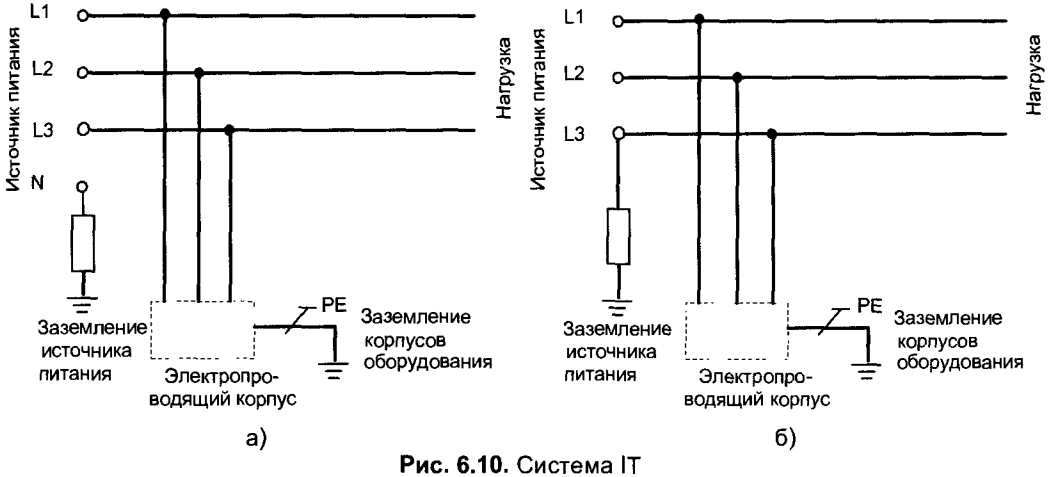


Рис. 6.10. Система IT

Для защиты от коротких замыканий в схемах IT могут применяться [26]:
- устройства контроля изоляции;
- устройства защиты от сверхтоков;
- устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток.

Рекомендуется применение световой и звуковой сигнализации в устройстве контроля изоляции.

Схема IT в электроустановках административных зданий, как правило, не используется.

Организация внутренней сети IT или TT также требует главного заземляющего зажима (рис. 6.11). Выполнение заземляющего устройства на объекте при этом обязательно.

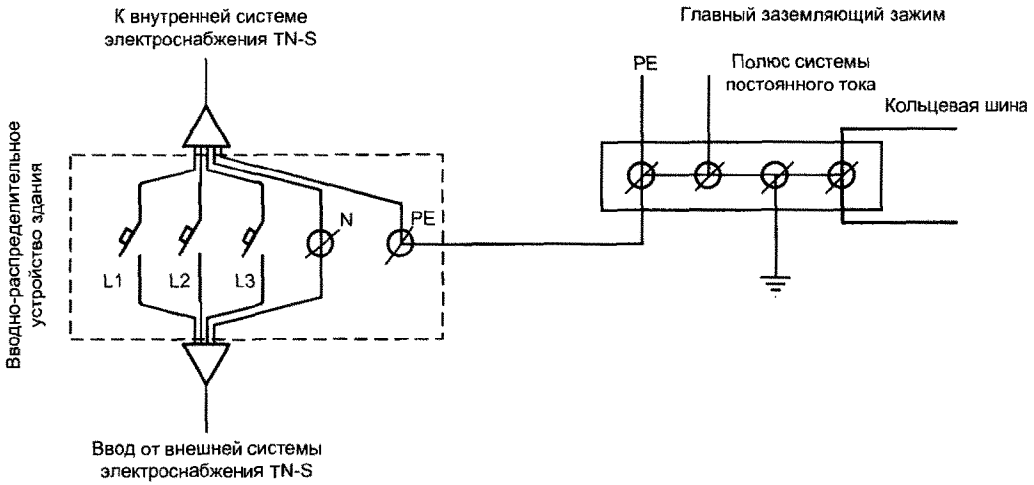


Рис. 6.11. Главный заземляющий зажим для сетей TT или IT

6.2. Электрическое соединение заземляемых частей оборудования

6.2.1. Понятие электрической соединительной сети

Кондуктивные помехи, распространяющиеся непосредственно по электрической сети при протекании тока, проникают в СБЭ из питающей сети общего назначения. Их подавление у электроприемников группы А до приемлемого уровня, определяемого требованиями ГОСТ 13109-97 (см. разд. 2.1.2), осуществляется применением ИБП типа on-line, которые защищают оборудование от помех, поступающих от сети, и организацией электроснабжения потребителей по выделенной сети. Выделенной сетью называется электрическая сеть, предназначенная для питания выделенной группы электроприемников, объединенных по признаку функционального назначения или общими требованиями к качеству электроэнергии и надежности электроснабжения. Важной составляющей выделенной электрической сети является сеть заземляющих проводников.

Анализ отечественной и зарубежной нормативной документации (НД), относящейся к проблеме заземления и электромагнитной совместимости (ЭМС), показывает, что в действующей НД взаимосвязано регламентированы вопросы:

– электробезопасности;

– защиты информации от несанкционированного доступа;

– обеспечения ЭМС и помехоустойчивости оборудования.

По определению ГОСТ Р50397-92 «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения», электромагнитной совместимостью технических средств (ЭМС ТС) называется «способность технических средств функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам». Воздействие электромагнитных помех приводит к нарушениям в работе оборудования, сбоям, потере данных, а в некоторых случаях — и к выходу из строя дорогостоящей аппаратуры.

Общим методом обеспечения требований НД, наряду со специальными мероприятиями для выполнения нормативных требований по каждому из перечисленных вопросов, является электрическое соединение заземляемых частей оборудования электрической соединительной сети.

Понятие «электрическая соединительная сеть» (ЭСС) начало применяться в зарубежной НД. В отечественной НД это понятие привнесено из публикаций Международной электротехнической комиссии (МЭК) и присутствует в комплексе ГОСТ Р 50571 (МЭК 364) [27]. Эти стандарты содержат требования к заземляющим устройствам, системам электроснабжения и электрического соединения с точки зрения обеспечения ЭМС и электробезопасности. Выполнение сети заземляющих проводников описано в стандартах комплекса ГОСТ Р 50571 – ГОСТ Р 50571.21-2000 и ГОСТ Р 50571.22-2000.

Наряду с публикациями МЭК и стандартами на их основе существует другая международная НД, относящаяся к проблеме ЭМС. Она содержит требования к заземляющему устройству, системе электроснабжения и электрической соединительной сети в здании, направленные на обеспечение устойчивого функционирования оборудования, установленного в зданиях, в условиях реальной электромагнитной обстановки (ЭМО). К этой НД относятся:

1. Рекомендации К.27. Конфигурация электрических соединений и заземление внутри телекоммуникационных сооружений. МСЭ-Т, 1996 (Recommendation K.27. Bonding Configurations and earthing inside a telecommunication building. ITU-T, 1996).

2. Европейский телекоммуникационный стандарт 300 253. Конструирование оборудования. Заземление и электрическое соединение телекоммуникационного оборудования в телекоммуникационных центрах. 1994 (ETSI 300 253. Equipment Engineering (EE); Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres. 1994).

Эти стандарты не являются обязательными к применению на территории Российской Федерации. Однако использование на российской территории импортного телекоммуникационного оборудования должно предусматривать соответствие усло-

вий его монтажа и установки тем нормативам, по которым это оборудование было спроектировано и рекомендовано к применению. Указанные нормативы следует рассматривать в качестве справочных материалов, а обязательными документами прямого действия по этой теме являются российские стандарты ГОСТ Р 50571-21-2000, ГОСТ Р 50571-22-2000 и ГОСТ 464-79. Требования этих стандартов не имеют противоречий с упомянутыми зарубежными стандартами.

В соответствии с Рекомендациями К.27 в зданиях, где устанавливается телекоммуникационное оборудование, должна использоваться система электроснабжения TN-S по ГОСТ Р 50571 (МЭК 364). Применение других систем допускается для постоянного тока средств связи и телекоммуникаций, систем телевизионного вещания и других специально оговоренных случаев для конкретного типа оборудования в соответствии с техническими условиями на него. Противоречий с отечественной НД в этом требовании нет. Если к тому же принять во внимание, что информационное и телекоммуникационное оборудование преимущественно импортное, то необходимость соблюдения упомянутых стандартов и рекомендаций на его установку очевидна.

Рекомендациями К.27 вводятся следующие новые понятия:

1. *Электрическая соединительная сеть* — ЭСС (Bonding Network, BN). Совокупность взаимосвязанных проводящих структур, которые обеспечивают электромагнитный экран для электронного оборудования и пользователей на частотах от постоянного тока до низких радиочастот. Термин «электромагнитный экран» означает любую структуру, используемую для отвода, блокирования или препятствования прохождению электромагнитной энергии. Все виды ЭСС должны быть заземлены.

2. *Общая электрическая соединительная сеть* — ОЭСС (Common Bonding Network, CBN). Представляет собой совокупность металлических частей, которые преднамеренно соединяются между собой, с тем чтобы образовать основную ЭСС здания. Частями могут являться: стальная арматура здания, металлические водопроводные трубы, металлические воздуховоды здания, металлические трубы для проводки электрических сетей, каркасы и кожухи для прокладки силовых кабелей, металлические кабельные каналы структурированных кабельных систем, заземляющие проводники.

3. *Решетчатая ЭСС* — РЭСС (Meshed Bonding Network, Mesh BN). Электрическая соединительная сеть, в которой все подсоединенные станины, каркасы и кожухи соединены между собой и с ЭСС во многих точках.

4. *Изолированная ЭСС* — ИЭСС (Isolated Bonding Network, IBN). Электрическая соединительная сеть, имеющая единственную точку присоединения (Single Point Connection, SPC) либо к ОЭСС, либо к другой ИЭСС. Все ИЭСС соединяются с землей через единственную точку присоединения.

5. *Решетчатая ИЭСС* — РИЭСС (Mesh Isolated Bonding Network, Mesh IBN). Разновидность ИЭСС, в которой все компоненты ИЭСС соединены между собой, образуя решетчатую структуру. Это может быть достигнуто многократными электрическими соединениями между рядами кожухов оборудования или электриче-

ским соединением всех кожухов оборудования с металлической решеткой, установленной под оборудованием и изолированной от ЭСС. Шаг решетки и длина соединительных проводников выбираются в соответствии с частотным диапазоном применяемого оборудования.

В Рекомендациях К.27 установлено, что электромагнитная совместимость оборудования, как в плане помехоустойчивости, так и в плане эмиссии помех, может быть эффективно обеспечена при создании в здании единой заземленной кондуктивной экранирующей структуры ОЭСС, а также ее элементов — РЭСС, ИЭСС, РИЭСС. Отечественная НД также содержит аналогичные положения (ГОСТ Р 50571.10-96, ГОСТ Р 50571.18-2000, ГОСТ Р 50571.22-2000).

Применение в зданиях ОЭСС и заземления позволяет:

- обеспечить электробезопасность персонала и уменьшить пожароопасность;
- минимизировать перерывы в функционировании и повреждения оборудования от воздействия промышленных электромагнитных помех;
- уменьшить восприимчивость оборудования к кондуктивным и излучаемым помехам;
- уменьшить кондуктивную и излучаемую эмиссию от оборудования;
- обеспечить устойчивость оборудования к электростатическим и молниевым помехам.

В зданиях, в которых установлено или может быть установлено большое количество инфокоммуникационного или иного оборудования, чувствительного к действию помех, необходимо следить за использованием отдельных защитных проводников (PE-проводников) и нулевых рабочих проводников (N-проводников) после точки подвода питания, чтобы предотвратить или свести к минимуму электромагнитные воздействия. Указанные проводники нельзя объединять, поскольку в этом случае ток нагрузки и особенно сверхток, возникающий при однофазном коротком замыкании, будет проходить не только по нулевому рабочему проводнику, но и частично по защитному проводнику, что может привести к помехе.

На рис. 6.12 показаны электрические цепи, по которым следует

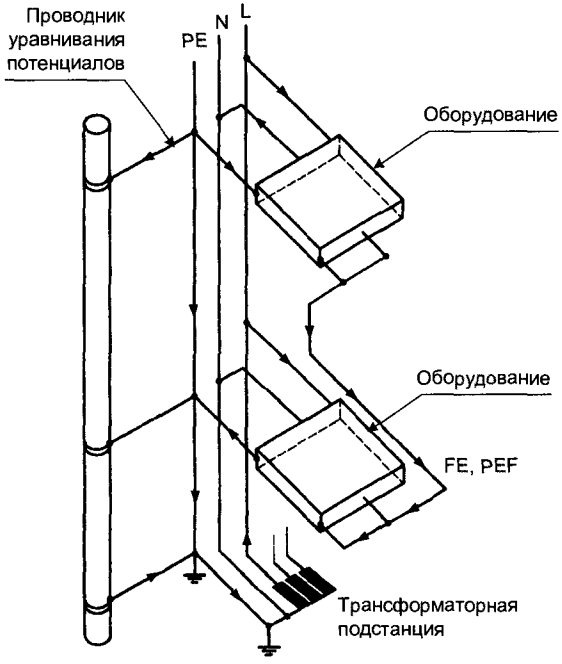


Рис. 6.12. Электрическая соединительная сеть здания, предназначенного для размещения инфокоммуникационного оборудования в соответствии с ГОСТ 50571-21

исключить протекание токов нагрузки. Это цепи защитных проводников PE и междублочных соединений отдельных устройств по оплеткам экранированных кабелей и нулевым защитным проводникам (FE, PEF).

6.2.2. Электрическая соединительная сеть заземляющих проводников

Как уже отмечалось, для зданий с телекоммуникационным и информационным оборудованием следует применять систему заземления TN-S. Важно также выполнить электрическую сеть заземляющих проводников таким образом, чтобы обеспечить наилучшую ЭМС. Поскольку в здании содержатся сосредоточенные и распределенные инфокоммуникационные системы, то и ЭСС заземляющих проводников на разных участках будет различной. К сосредоточенным системам можно отнести серверные, коммутационные центры, станции спутниковой связи и аппаратные, типичная распределенная система — локальная вычислительная сеть. На рис. 6.13 изображены основные схемы сетей заземляющих проводников.

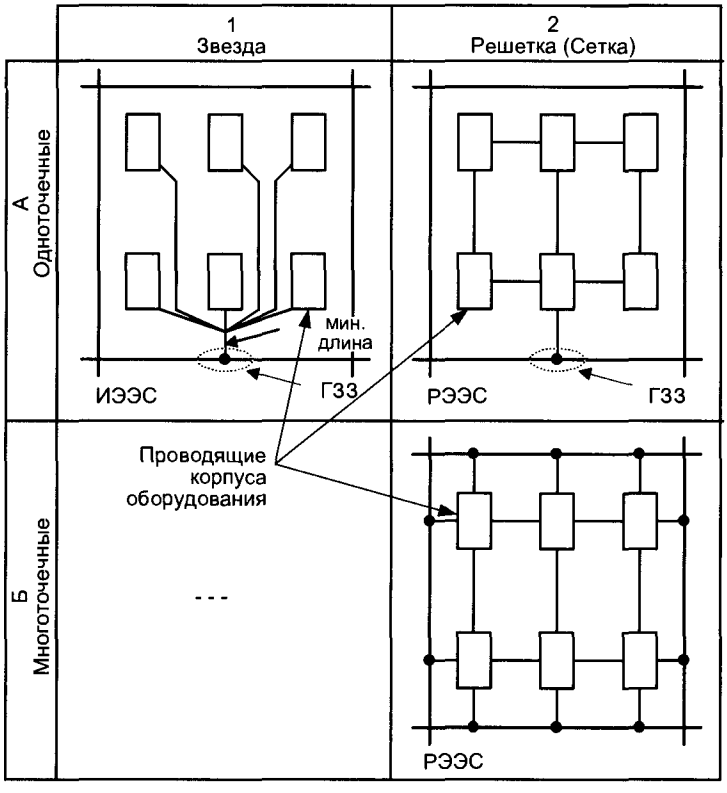


Рис. 6.13. Основные схемы сетей заземляющих проводников

Рабочие станции компьютерной сети должны иметь схему заземляющей сети по типу одноточечной звезды (рис. 6.13, схема А1). На практике такая схема трудно

реализуема из-за большого количества связей, поэтому применяется гибридная схема. В её основе лежит ИЭСС, а заземляющие проводники прокладываются совместно по одной трассе с магистральными и групповыми линиями электроснабжения (рис. 6.14). На участке от ВРУ или ГРЩ, где расположен главный заземляющий зажим, до групповых щитков схема является одноточечной звездой (параллельной одноточечной), а на участке групповых сетей от щитка до электрической розетки схема является последовательной одноточечной [28].

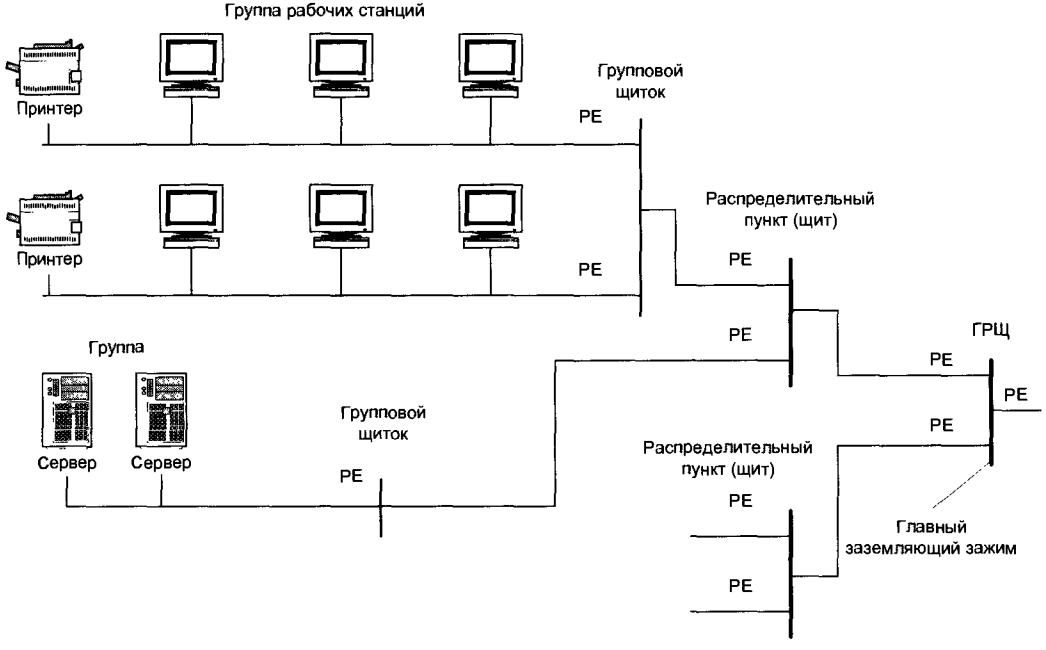


Рис. 6.14. Гибридная схема заземления

Все заземляющие проводники прокладываются изолированными проводами и кабелями. В групповых и распределительных щитах шины и клеммники PE для потребителей компьютерной сети размещаются изолированно от корпусов. Линии PE для заземления корпусов, коробов, лотков и прочего электротехнического оборудования и конструкций прокладываются отдельными проводами и кабелями от одного и того же главного заземляющего зажима.

Сосредоточенные зоны размещения телекоммуникационного и информационного оборудования могут иметь ту же схему (ИЭСС), что и рабочие станции, или одноточечную РЭСС при размещении оборудования в машинных залах (рис. 6.13, схема А2). Магистральный проводник от главного заземляющего зажима также прокладывается совместно с магистральными линиями электроснабжения этих помещений. Заземление технологического оборудования следует выполнять в соответствии с требованиями технической документации на это оборудование. При этом корпуса (открытые проводящие части) технологического оборудования долж-

ны соединяться с главным заземляющим зажимом и со сторонними проводящими частями (СПЧ), выполняющими роль системы уравнивания потенциалов.

На выбор той или иной схемы заземления влияет также вид питания электроприемников. Возможны следующие случаи:

- смешанное питания — часть элетроприемников работает на переменном токе, другая часть электроприемников работает на постоянном токе;
- питание всех электроприемников осуществляется от системы постоянного тока;
- питание всех электроприемников осуществляется от сети переменного тока.

В первом случае в шкафу источника питания постоянного тока имеется шина системного заземления в одной точке, к которой следует присоединять заземляющие проводники от корпусов или заземляющих клеммников (бонок) оборудования. Шина системного заземления должна быть, в свою очередь, соединена с нулевым защитным проводником PE и через него — с главным заземляющим зажимом. Отдельно проложенным проводником шина системного заземления должна быть соединена с СПЧ.

Во втором случае шина системного заземления находится в шкафу источника питания постоянного тока; с ней следует соединить обратные проводники от всех устройств, а ее таким же образом, как и в первом случае, соединить с главным заземляющим зажимом и с СПЧ.

В третьем случае заземляющие клеммники следует соединить с нулевым защитным проводником PE и через него — с главным заземляющим зажимом, а его соединить отдельным заземляющим проводником с СПЧ.

Многоточечные РЭСС (рис. 6.13, схема Б2) применяются для специализированных предприятий связи и крупных обрабатывающих центров. Основным элементом, к которому присоединяются заземляющие проводники, является не главный заземляющий зажим, а кольцевая шина (рис. 6.3).

6.3. Требования к заземляющим устройствам

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Заземляющее устройство в здании, в котором устанавливается информационное, телекоммуникационное оборудование и средства связи, должно быть защитным и соответствовать требованиям электробезопасности, установленным в ГОСТ 12.1.030, ПУЭ и стандартах ГОСТ Р 50571 (МЭК 364) «Электроустановки зданий». Какие-либо другие требования к заземляющему устройству не предъявляются.

Сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать ПУЭ (разд. 1.7.62). Если сопротивление заземляющего устройства в здании имеет допустимое значение, то уменьшение сопротивления не влияет на устойчивость функционирования установленного в здании оборудования, и дополнительные требования к сопротивлению заземлителей не предъявляются.

В здании может быть один заземлитель, могут быть два или несколько заземлителей, но если при одном заземлителе сопротивление заземляющего устройства

удовлетворяет требованиям ПУЭ, то увеличение числа заземлителей не влияет на электробезопасность и устойчивость функционирования установленного в здании оборудования. Рекомендуется располагать заземлитель (заземлители) внутри охраняемой территории. Это является одним из условий по обеспечению защиты информации.

Заземляющие проводники должны являться составной частью ОЭСС здания, сечение заземляющих проводников определяется ГОСТ Р 50571.10-96.

При организации системы заземления дизель-генераторной установки следует учитывать, что ГОСТ 13822-82, с одной стороны, содержит требование об изолированной нейтрали генератора и недопущении электрической связи с корпусом или землей, а с другой стороны, оговаривается, что режим нейтрали электроагрегата или электростанции при эксплуатации в составе конкретной системы электроснабжения объектов и защитные меры безопасности определяются действующими правилами, в том числе ПУЭ.

Поскольку системы электроснабжения рассматриваемых объектов выполняются с глухозаземленной нейтралью, то нейтраль генератора и проводящие части (корпуса оборудования) ДГУ должны быть глухо заземлены и соединены с глухозаземленной нейтралью системы электроснабжения объекта (занулены) на главном заземляющем зажиме. Металлический контейнер ДГУ должен быть соединен с существующим защитным заземлением объекта стальной полосой. Зануление оборудования ДГУ следует выполнять в соответствии с гл. 1.7 ПУЭ.

В ряде случаев предъявляется требование создания отдельного функционального (технологического, логического и т.д.) заземлителя, не связанного с заземлителями защитного заземления, с целью защиты информации и предотвращения несанкционированного доступа к ней по цепям питания и заземляющим проводникам.

Если по технологическим требованиям (условиям защиты информации от несанкционированного доступа, обработки конфиденциальной информации и т.п.) требуется отделение заземлителя функционального (технологического и т.д.) заземления от системы защитного заземления (зануления), то магистральные нулевые защитные проводники и заземлитель функционального (технологического и т.д.) заземления следует присоединять к отдельному заземляющему зажиму, изолированному от металлоконструкций и электрооборудования. Для обеспечения электробезопасности и защиты информации в этом случае следует применять:

– изолирующий трансформатор;

– ИБП с двойным преобразованием частоты и изолирующим трансформатором;

– фильтры (трансфильтры, суперфильтры) с изолирующим трансформатором.

Основным условием применения этого обрудования является отсутствие кондуктивной связи с первичной стороной как по PE, так и по N. Соответственно режим работы ИБП на байпасе не должен нарушать указанное условие. Это достижимо при установке изолирующего трансформатора в цепи байпаса.

Заземлитель функционального (технологического и т.д.) заземления должен в этом случае располагаться в охраняемой или контролируемой зоне во избежание неконтролируемого доступа к нему.

С системой заземления тесно связана и находится в единой ЭСС *система молниезащиты*. Системы молниезащиты должны проектироваться и выполняться в соответствии с Инструкцией по устройству молниезащиты РД.34.21.122-87 с учетом конкретных условий каждого объекта (категории молниезащиты). На рис. 6.15 изображены молниезащита, ЭСС и заземление здания.

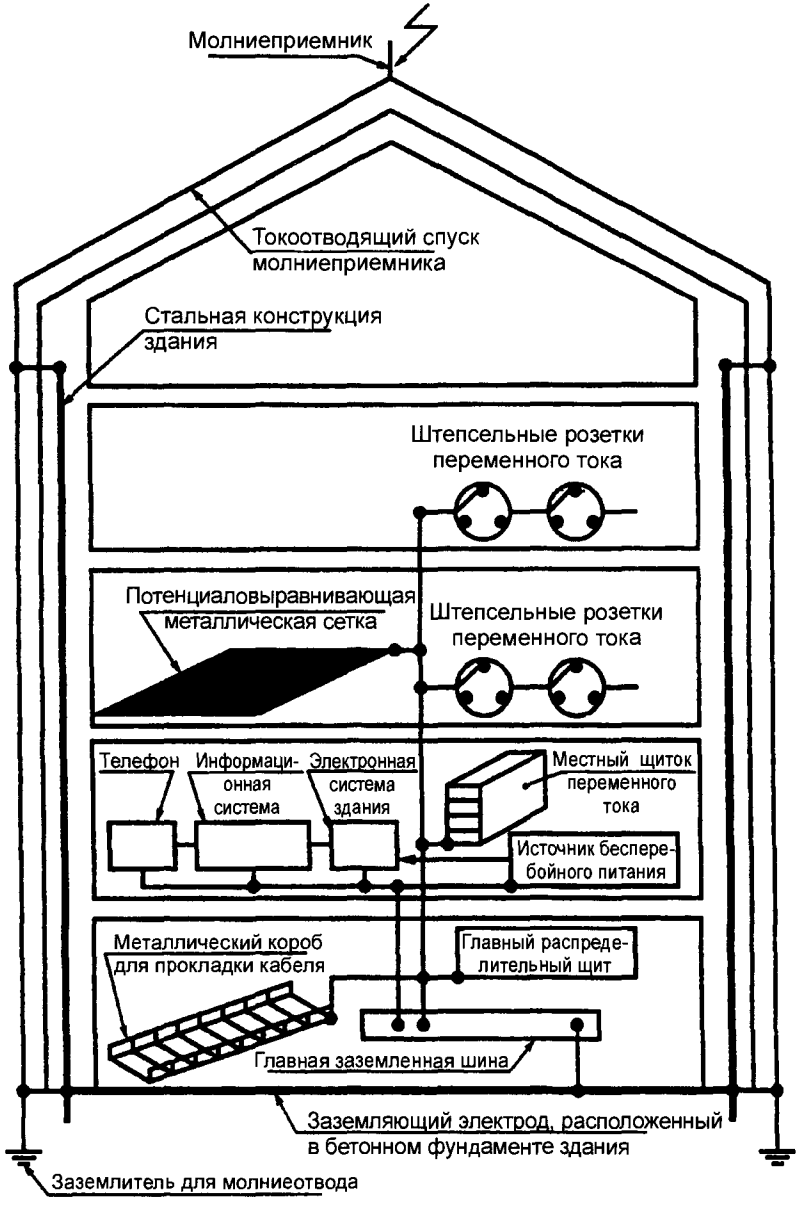


Рис. 6.15. Молниезащита, ЭСС и заземление здания

Если для молниезащиты в качестве естественных заземлителей используются железобетонные фундаменты зданий, то они, как сторонние проводящие части, должны быть соединены с главным заземляющим зажимом проводником, сечение которого должно выбираться в соответствии с ГОСТ Р 50571.10-96. Если для молниезащиты используются отдельные искусственные заземлители, выполненные в соответствии с Инструкцией по устройству молниезащиты РД.34.21.122-87, то они должны быть соединены с главным заземляющим зажимом или с заземлителем объекта (естественным или искусственным).

6.4. Требования к проектированию системы заземления

При разработке проекта на новое строительство и реконструкцию здания перед проектировщиком встает ряд вопросов по обеспечению ЭМС и выполнению заземления различного инфокоммуникационного оборудования. При этом необходимо учитывать требования к заземлению и ЭМС по различным системам, что требует системного подхода к определению требований и разработке проектных решений и технических мероприятий. Требования к системам заземления изложены в различных стандартах и нормативных документах:

- Правила устройства электроустановок — раздел 1.7;
- ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- ГОСТ 464-79. Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления.
- ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК 364-5-54-80). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.
- ГОСТ Р 50571.21-2000 (МЭК 60364-5-548-96). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.
- ГОСТ Р 50571.22-2000 (МЭК 60364-7-707-84). Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации.

Кроме нормативных документов прямого действия существует ряд отраслевых стандартов, правил и руководящих документов, которые необходимо учитывать при проектировании. Такое обилие требований может вызвать затруднения при выработке технических решений по системе заземления. Учет требований к заземлению для различных инфокоммуникационных систем может быть упорядочен при системном подходе к проектированию (см. гл. 11).

Вместе с тем существуют частные методики, позволяющие решать поставленную задачу. Применительно к системам заземления информационного и телеком-

муникационного оборудования таковой является информационно-справочная система, описанная в [28]. Данная система представляет собой семантическое дерево (табл. 6.3), содержащее вопросы и ответы, которые определяют основные направления в выработке конкретных технических решений по созданию системы заземления электронного оборудования. Очевидно, что такая методика не дает всех возможных решений проблемы заземления, но тем не менее она позволяет определить наиболее рациональные варианты, которые могут лечь в основу проектных решений.

Таблица 6.3. Выбор решений по созданию системы заземления

	Вопросы
1	Есть ли средства для максимального обеспечения ЭМС?
2	Будет ли устанавливаться в помещении фальшпол?
3	Будет ли монтироваться в качестве основы фальшпола стальная решетка?
4	Требуется ли согласно НТД на электробезопасность защитное заземление для данного электронного оборудования?
5	Будет ли установлена отдельная система питания (ИБП, система DC, разделительный трансформатор ...)?
6	Имеет ли здание, в котором будет помещаться электронное оборудование, стальную арматуру?
7	Возможно ли подсоединить к стальной арматуре здания заземляющую шину?
8	Будут ли установлены металлические кабелепроводы для сигнальных и питающих линий?
9	Будут ли установлены вторичные разрядники от грозовых перенапряжений в питающих и сигнальных линиях?

Дерево вопросов					Ответы	
⇒	1	нет →	4	нет →	Заземлить согласно указаниям производителей электронного оборудования	
	↓ да			да→	Использовать радиальную систему заземления с общей точкой заземления электронного оборудования (рис. 6.13, схема А1)	
	2	нет →	4	нет →	Установить координатную систему из плетеной медной полосы на пол помещения (рис. 6.13, схема Б2)	
	↓ да			да→	Использовать радиальную систему заземления с общей точкой с заземлением на неё установленной на полу координатной сетки (рис. 6.13, схема А2)	5 ⇒
	3	нет →	4	нет →	Установить координатную сетку на бетонный пол под фальшполом (рис. 6.13, схема Б2)	
	↓ да			да→	Использовать радиальную систему заземления с общей точкой с заземлением на неё координатной сетки, установленной под фальшполом (рис. 6.13, схема А2)	
	4	нет →			Использовать стальную решетку фальшпола в качестве координатной сетки (рис. 6.13, схема Б2)	
		да →			Использовать радиальную систему заземления с общей точкой с заземлением на всё стальной решетки фальшпола, используемой в качестве координатной сетки (рис. 6.13, схема А2)	
⇒	5	нет →			Использовать заземлитель системы электроснабжения здания	
	↓ да		нет →			
	6	нет →	1	да→	Использовать отдельный искусственный заземлитель	8 ⇒
	↓ да					
	7	нет →				
		да →			Использовать стальную арматуру здания в качестве естественного заземлителя	
⇒	8	да→	1	нет →	Заземлить кабелепровод с двух концов	9 ⇒
				да→	Использовать двойное экранирование. Электростатический экран заземлить в одной общей точке, внешний кабелепровод-экран заземлить с двух концов	
⇒	9	да→	1	нет →	Заземлить грозоразрядник на общую точку заземления электронного оборудования	
				да→	Установить грозоразрядник на специальную пластину заземления, соединенную с координатной сеткой.	

Пользоваться таблицей достаточно просто. Необходимо последовательно ответить на вопросы с 1-го по 7-й и отдельно на вопросы 8 и 9. В зависимости от результатов ответа осуществляется переход к тому или иному следующему вопросу или процедура завершается ответом, содержащим рекомендации по выполнению заземления.

6.5. Контроль электромагнитной обстановки в здании и измерения в заземляющем устройстве

Для обеспечения устойчивости работы информационного и телекоммуникационного оборудования, предполагаемого к установке, проектирования или реконструкции заземляющего устройства и общей электрической соединительной сети в здании во многих случаях необходимо проведение замеров электромагнитной обстановки. Как правило, необходимость в таких замерах возникает в процессе эксплуатации, когда есть основания полагать, что затруднения и сбои в работе оборудования вызваны нарушением электромагнитной совместимости. Для установления причины нарушения ЭМС необходимо провести следующие измерения:

- напряженности электромагнитного поля, создаваемого в помещениях в результате работы радиовещательных, телевизионных и связных стационарных радиопередатчиков, ВЧ установок различного назначения, переносных радиостанций (если их применение допускается) в полосе частот от 30 до 1000 Мгц, а в некоторых случаях (близкое расположение излучающих устройств) и более;
- напряжений, вызванных работой радиопередатчиков и ВЧ-установок, в заземляющих проводниках, линиях связи и сетях электропитания в полосе частот от 10 Кгц до 80 Мгц;
- импульсных напряжений в сетях электропитания, линиях связи и заземляющих проводниках, возникающих в результате процессов коммутации в здании (лифты, электродвигатели систем вентиляции и др.);
- параметров питающей сети (отклонений и динамических изменений напряжения, отклонений частоты, несинусоидальности и других показателей качества электроэнергии по ГОСТ 13109-97).

Кроме того, необходимо проверить состояние заземлителя (заземлителей) и заземляющих проводников в здании, а также провести измерение сопротивления заземляющего устройства и убедиться в том, что оно соответствует требованиям ПУЭ. Последние работы относятся к текущей эксплуатации и должны проводиться в обязательном порядке, вне зависимости от наличия или отсутствия проблем с ЭМС. Периодичность и виды работ по проверке системы заземления определены в Правилах эксплуатации электроустановок потребителей.

Замеры электромагнитной обстановки следует производить силами организаций, имеющих аккредитацию Госстандарта России. При обнаружении индустриальных помех, создаваемых другими предприятиями и организациями, наличие протоколов измерений, выданных специализированной организацией, может служить основанием для предъявления требований к снижению уровня помех.

В порядке текущей эксплуатации обслуживающий персонал должен производить периодические замеры электрических величин в системе электроснабжения здания. Необходимо контролировать следующие параметры:

– токи в нулевом защитном проводнике PE;

– потенциал на корпусах заземленного оборудования;

– небаланс токов в трехфазных кабелях с нулевым рабочим проводником.

Токи в нулевом защитном проводнике свидетельствуют о нарушениях в монтаже распределительной и групповой сетей и нарушениях требований стандартов комплекса ГОСТ Р 50571 (рис. 6.16, см. также разд. 6.2.1 и рис. 6.12)

Потенциал на корпусах заземленного оборудования свидетельствует о нарушении (отсутствии) контакта в цепи заземляющих проводников.

Небаланс токов в трехфазных кабелях с нулевым рабочим проводником (сумма должна быть равна нолю) свидетельствует о возникновении цепи для обратного тока по конструкциям здания (сторонним проводящим частям) или защитному проводнику PE (рис. 6.16).

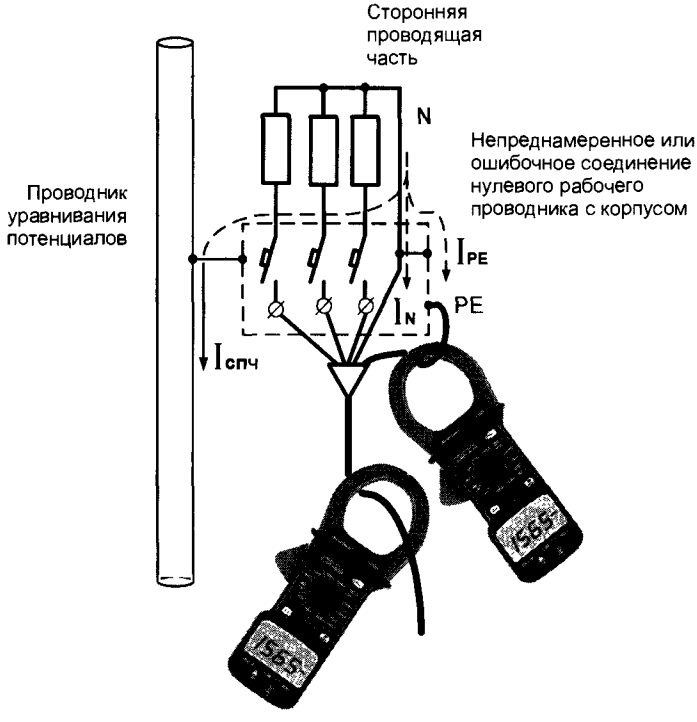
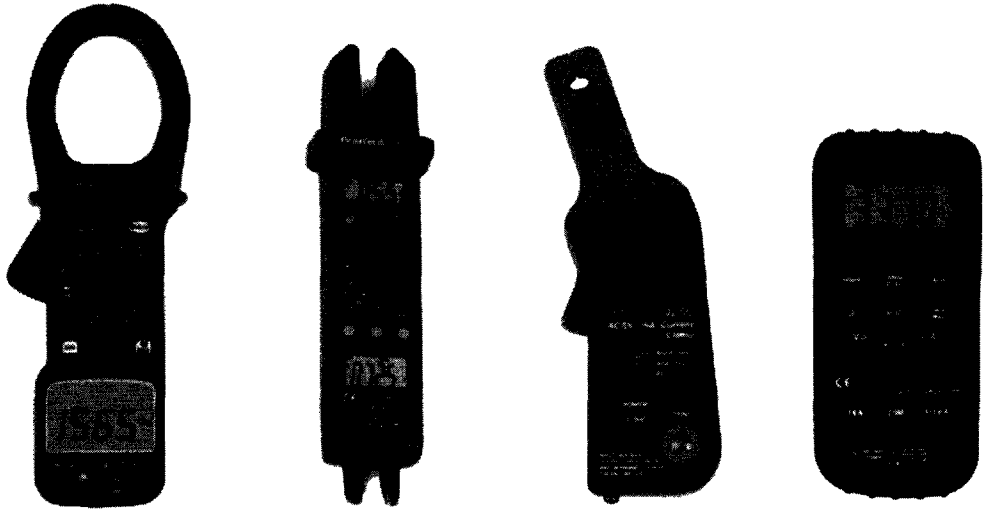


Рис. 6.16. Измерения токов

Перечисленные факторы могут приводить к нарушениям работы оборудования из-за возникновения нескомпенсированных магнитных полей и создают опасность пожара из-за искрения проводников N и PE в местах нарушения изоляции их контакта друг с другом и конструкциями здания.

Для измерений токов удобно применять бесконтактные измерители тока («токовые клещи»). Прибор имеет разъёмный магнитопровод, позволяющий обхватить электрический проводник и подключить прибор, не нарушая электрической цепи (рис. 6.17, *а*, *б*, *в*).



а) б) в) г)

Рис. 6.17. Электроизмерительные приборы: *а, б*) комбинированные измерители тока и напряжения; *в*) токоизмерительная приставка к мультиметру; *г*) мультиметр *(источник: PeakTech)*

Приборы выпускаются в модификациях, позволяющих производить измерения не только тока, но и напряжения, целостности электрической цепи и сопротивления (рис. 6.17, *а*, *б*). Возможно использование мультиметров (рис. 6.17, *г*) в комплекте с токоизмерительной приставкой (рис. 6.17, *в*). При плотном монтаже проводников в электрическом щите применение измерителей тока с раскрывающимся магнитопроводом неудобно, и в таких случаях следует пользоваться прибором с постоянно открытым зазором магнитопровода (рис. 6.17, *б*).

Качество монтажа электрических проводок и щитов должно подвергаться приборному контролю. Протекание токов в защитных нулевых проводниках и сторонних проводящих частях может вызываться тем, что в электрических розетках перепутано местами присоединение нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Для проверки монтажа без разборки розеток применяют специальные приборы, позволяющие также проводить проверку УЗО (рис. 6.18, *а*). Целостность цепи нулевого защитного проводника PE и возникновение утечек на землю и конструкции, повреждение изоляции определяются с применением специализированных приборов, позволяющих максимально упростить процедуру и трудоемкость измерений (рис. 6.18, *б*). Чередование фаз в трехфазных сетях при подключении электроприемников и электрооборудования, например ИБП, контролируется специальными указателями (рис. 6.18, *в*).



а) б) в)

Рис. 6.18. Приборы проверки монтажа
(источник: PeakTech)

6.6. Требования к электромагнитной совместимости оборудования

Одним из наиболее универсальных средств обеспечения электромагнитной совместимости являются ИБП. ИБП типа on-line обеспечивают практически полную защиту оборудования от кондуктивных (поступающих по проводнику) помех. Однако при возникновении индуктивных (излучаемых) помех добиться качественного функционирования оборудования только применением ИБП не удается. В некоторых случаях это связано с явлениями «блуждающих токов», вызываемых протеканием обратных токов нагрузки по элементам конструкции здания при построении электрических сетей общего назначения по четырехпроводной схеме TN-C. Индуктивные помехи могут иметь источники как индустриального происхождения — электрооборудование и электронные системы, так и природного — грозы и электромагнитные возмущения в атмосфере. Сам источник бесперебойного питания является генератором высших гармоник, и приходится прибегать к специальным мероприятиям по ограничению искажений от ИБП для обеспечения совместной работы с ДГУ и другим электрооборудованием (см. разд. 4.5).

Проектирование и создание инфокоммуникационных и других слаботочных систем, устойчиво функционирующих в условиях сложной электромагнитной обстановки, а также обеспечивающих электромагнитную безопасность обслуживающего персонала (выполнение санитарных норм, связанных с электромагнитными полями и т.п.), представляет собой весьма сложную задачу, требующую для своего решения специальных методик и измерительного оборудования [29].

Обеспечение ЭМС, и прежде всего устойчивости функционирования технических средств в условиях воздействия кондуктивных и излучаемых электромагнит-

ных помех, является важнейшей задачей эксплуатации современного компьютерного и телекоммуникационного оборудования.

В настоящее время источники бесперебойного питания и дизель-генераторные установки не включены в Номенклатурный перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации на территории Российской Федерации. Другое электрооборудование, такое как защитно-коммутационная аппаратура, кабельная продукция и пр., подлежат сертификации. При этом источником индустриальных помех могут быть именно ИБП и ДГУ. Для обеспечения ЭМС следует быть уверенным, что применяемые ИБП имеют сертификат установленной формы (сертификат Ростеста), подтверждающий соответствие требованиям помехоустойчивости, установленным в ГОСТ Р 50745-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Системы бесперебойного питания приемников переменного тока и устройства для подавления сетевых импульсных помех. Технические требования и методы испытаний», ГОСТ 27899-88 «Системы бесперебойного питания приемников переменного тока. Общие технические условия», ГОСТ 26416-85 «Агрегаты бесперебойного питания на напряжение до 1 кВ. Общие технические условия» и ГОСТ Р 51317.6.3-99 (СИСПР/МЭК 61000-6-6-96) «Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением. Нормы и методы испытаний».

К анализу основных технических характеристик источников бесперебойного питания, используемых в системах электроснабжения, целесообразно привлекать организации, аккредитованные органами Госстандарта на проведение сертификационных испытаний источников бесперебойного питания и имеющие опыт испытаний ИБП различных типов. При необходимости в таких специализированных центрах могут быть выполнены дополнительные исследования, сверх указанных в нормативных документах ГОСТов, в целях получения дополнительной технической информации.

В некоторых случаях испытания ИБП производятся самими заказчиками или их деловыми партнерами по поставке ИБП. Попытки производить испытания собственными силами или по методикам и программам, разработанным самостоятельно, выглядят неуклюже, а зачастую имеют пристрастный характер. Вместе с тем в стандартах уже имеются программы и методики испытаний, на что указывают даже наименования стандартов (см. выше). Эти программы и методики разрабатываются авторитетными и компетентными организациями и утверждаются в установленном порядке органами Госстандарта. Службам заказчика следует обратить внимание на само определение стандартизации как процесса установления и применения стандартов компетентными органами и не принимать на себя несвойственных функций.

Электрооборудование (трансформаторы, автоматические выключатели, пускатели и т.д.) и кабельная продукция подлежат обязательной сертификации и должны иметь сертификаты соответствия Ростеста (система сертификации ГОСТ Р). Наличие сертификатов на электрооборудование является одним из обязательных условий при экспертизе проектов (см. разд. 10.1) и предъявлении электроустанов-

ки инспектору Госэнергонадзора при допуске системы электроснабжения к эксплуатации.

Рекомендуется, чтобы применяемое компьютерное оборудование имело сертификат, подтверждающий соответствие требованиям помехоустойчивости, установленным ГОСТ Р 50628-93 «Совместимость электромагнитная машин электронных вычислительных персональных. Устойчивость к электромагнитным помехам. Технические требования и методы испытаний», ГОСТ Р 50747-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Машины контрольно-кассовые электронные. Технические требования и методы испытаний» и ГОСТ Р 50839-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний».

Глава 7

Системы управления электроснабжением

7.1. Стандартные средства мониторинга оборудования

Правилами эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП) предусматривается организация оперативно-диспетчерского управления на предприятии. Для решения задач диспетчерского, производственно-технологического и организационно-экономического управления электрохозяйством предприятий ПЭЭП требуют оснащения автоматизированными системами управления. Системы бесперебойного и гарантированного электроснабжения имеют стандартные средства, входящие в номенклатуру производителей и позволяющие обеспечить выполнение этих требований. Такими средствами являются системы мониторинга, которые обеспечивают контроль и сигнализацию параметров ИБП и ДГУ и позволяют осуществлять удаленное управление.

Системы мониторинга решают следующие задачи:

- контроль параметров ИБП;
- контроль параметров ДГУ;
- контроль параметров среды в электромашинных помещениях (измерение температуры и влажности воздуха);
- управление ранжировщиками нагрузки (опциональное оборудование ИБП) с целью отключения менее приоритетных электроприемников при переходе в автономный режим или в соответствии с заданиями администратора;
- закрытие серверов и их запуск по событиям отключения и восстановления питания, а также по заранее установленному графику;
- управление ИБП и ДГУ.

Эти функции осуществляются по выделенным и коммутируемым каналам, они выполняются с применением локальных и глобальных телекоммуникационных сетей, используют мобильный доступ в Интернет.

7.1.1. Средства мониторинга источников бесперебойного питания

Интерфейсы

Индикаторами состояния ИБП являются логические параметры типа ДА/НЕТ, определяющие режим его работы (нормальная работа, работа на байпасе, работа на батареях, батарея разряжена). Простейшими средствами контроля параметров явля-

ются встроенные в ИПБ панели светодиодных индикаторов и внешние сигнализаторы, размещаемые отдельно от ИБП. Обычно расстояние от ИБП до внешних сигнализаторов не превышает нескольких десятков метров. В технических спецификациях не приводятся ограничения по длине кабелей связи сигнализатора с ИБП. Панели индикаторов совмещены с кнопками управления. Кнопки управления ИБП на внешних сигнализаторах не являются обязательными, могут быть только кнопки теста самого сигнализатора и сброса аварийных сигналов. На рис. 7.1 приводится состав и внешний вид панелей индикаторов.

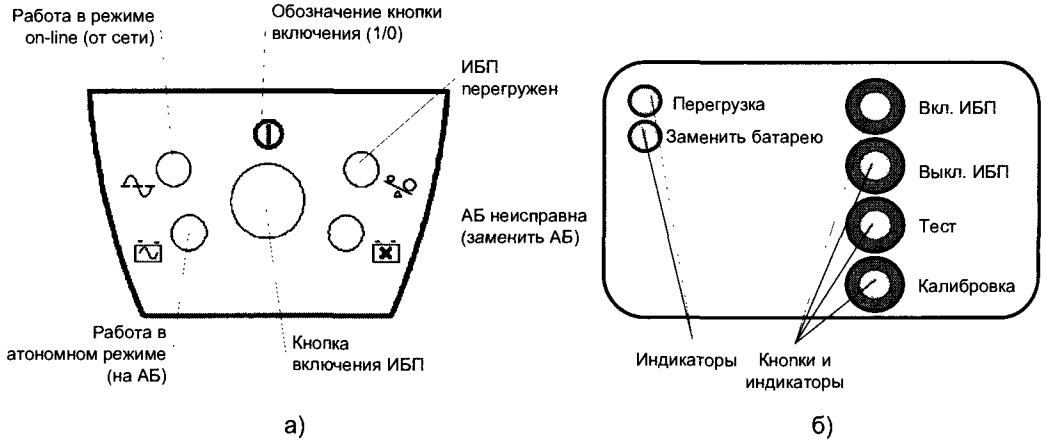


Рис. 7.1. Панели индикаторов: а) встроенная панель индикаторов ИБП малой мощности; б) внешний сигнализатор
(источник: APC)

Все типы ИБП имеют релейный интерфейс, контакты которого могут быть использованы для управления дистанционными сигнализаторами. В релейном интерфейсе реализованы «сухие» контакты — контакты без потенциального или токового сигнала, имеющие два состояния: «замкнуто» и «разомкнуто». Как правило, в ИБП малой мощности релейный интерфейс является обязательным и входит в базовую комплектацию (рис. 7.2, *а*). Возможно отсутствие релейного интерфейса в ИБП малой мощности, предназначенных для питания рабочих станций (до 500 ВА). В ИБП малой мощности релейный интерфейс, как правило, используется для связи с компьютером (сервером) и работы специального программного обеспечения (ПО) мониторинга ИБП. В ИБП средней и большой мощности релейный интерфейс может входить как в базовую комплектацию, так и являться опциональным устройством. Этот интерфейс является простым устройством и в случае опционального исполнения (рис. 7.2, *б*) представляет собой небольшую плату, встраиваемую в ИБП через специальный разъём (слот) расширения.

Мониторинг через дистанционные сигнализаторы, подключенные к релейному интерфейсу, позволяет судить о статусе ИБП по состоянию светодиодов и обеспечивает звуковую сигнализацию по тревоге от ИБП. Такой мониторинг обладает ма-

лой информативностью, но высокой надёжностью. Этот уровень мониторинга является базовым и предназначен для оперативного дежурного персонала СБЭ.

Релейные интерфейсы позволяют осуществлять простейшие функции управления:

- включение ИБП;
- выключение ИБП;
- тест ИБП;
- перевод на байпас.

Информационные сигналы могут выводиться на интерфейсный разъём в различных комбинациях и составе в зависимости от модели ИБП. Они указывают на следующие состояния:

- нормальная работа ИБП;
- работа ИБП от батареи;
- батарея разряжена (сигнал подается за 1...5 мин до исчерпания ёмкости АБ); необходимо заменить батарею (батарея потеряла ёмкость или напряжение АБ ниже установленного предела);
- связь с ИБП потеряна;
- ИБП перегружен;
- ИБП на байпасе;
- тест не пройден.

Контроль состояния «сухих» контактов возможен при помощи компьютера, оснащенного платой дискретного ввода и соответствующим программным обеспечением. При необходимости компьютер (станция) мониторинга может передавать информацию о состоянии ИБП клиентским приложениям на станциях локальной сети, для которых является сервером. Функции ПО состоят в опросе состояния «сухих» контактов ИБП, подключенных к плате дискретного ввода, отображении состояния ИБП на мониторе и передаче полученной информации в сеть для клиентских приложений. На практике такое решение по мониторированию ИБП используется редко. Существуют специальные сетевые адаптеры, поддерживающие SNMP (Simple Network Management Protocol – простой сетевой протокол управления), которые выпускаются как опция ИБП, делающая информацию о состоянии контактов реле доступной для станций мониторинга, подключенных к локальной сети. Этот уровень мониторинга предназначен для администраторов локальной вычислительной сети. Дежурный персонал СБЭ может использовать его как

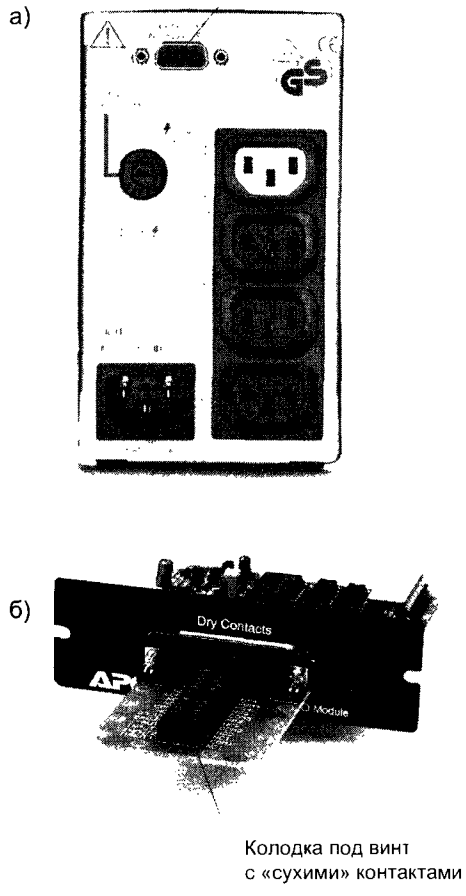


Рис. 7.2. Внешний вид релейного интерфейса ИБП: *а*) ИБП малой мощности с релейным интерфейсом, вид сзади; *б*) опциональное исполнение релейного интерфейса ИБП *(источник: APC)*

вспомогательный. Для обеспечения сохранности информации ПО системы мониторинга оповещает пользователей о переходе ИБП на батареи и исчерпании их ресурса.

Для оповещения пользователей СБЭ о переходе ИБП на батареи могут применяться дополнительные сигнализаторы, также подключаемые к релейному интерфейсу. Для этой цели используются транспаранты со световой и звуковой сигнализацией и сигнальные лампы.

Для оперативного персонала СБЭ и ответственных лиц из числа системных администраторов ЛВС предусмотрена возможность оповещения о состоянии ИБП средствами пейджинговой связи.

Обычно такой вид мониторинга ИБП применяется в следующих случаях:

- как резервная линия контроля ответственных систем;
- для мониторирования удаленного необслуживаемого офиса (без оперативного персонала СБЭ и системных администраторов);
- при наличии неинтеллектуальной нагрузки, не имеющей информационной связи с ИБП;
- для экстренного оповещения отдельных пользователей.

На рис. 7.3 показан мониторинг удаленного необслуживаемого офиса. Согласование релейного интерфейса ИБП и модема осуществляется при помощи устройства дистанционного управления ИБП (remote UPS management device). Устройство может встраиваться в ИБП или устанавливаться в специальный блок слотов расширения (Expansion Chassis). Устройство дистанционного управления ИБП позволяет осуществлять следующие функции:

- управление ИБП через модем;
- рассылку сообщений на пейджер;
- возможность использования одной телефонной линии;
- ведение журнала событий.

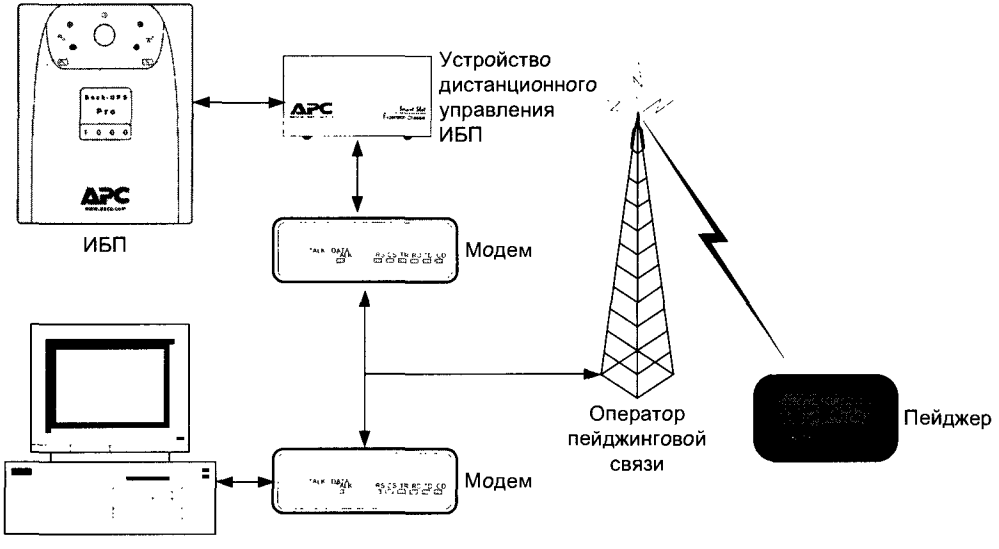


Рис. 7.3. Контроль состояния ИБП с использованием пейджинговой связи

Используя эти функции, можно организовать мониторинг ИБП через модем с удаленной станции. При этом занимать линию все время необязательно, поскольку журнал событий ведется автономно, а в экстренном случае будет сделан вызов на пейджер.

При использовании одновременно нескольких устройств контроля состояния ИБП может потребоваться расширитель релейного интерфейса (splitter box).

Для более детальной информации о режиме работы ИБП необходимы цифровые значения параметров режима — токов, напряжений, мощностей, емкости батареи, а также сообщения о рассогласованиях и неисправностях в работе, состоянии коммутационных аппаратов и байпасных переключателей и т.д. Для СБЭ масштабов здания, этажа или офиса, как правило, применяется мониторинг с предоставлением детальной информации.

Информация о параметрах режима выводится на последовательный порт ИБП и по протоколу RS-232 может передаваться на следующие устройства:

- выделенную станцию мониторинга ИБП;
- сервер;
- SNMP-адаптер и далее в локальную сеть на серверы и станцию мониторинга;
- модем и далее по выделенной или коммутируемой линии на станцию мониторинга;
- выносной (дублирующий) пульт управления ИБП;
- контроллер или сервер системы диспетчерского управления электроснабжением.

Большое количество устройств, подключаемых к ИБП, требует нескольких последовательных портов в одном ИБП. Для этого применяют специальные расширители интерфейса (interface expander). Эти опциональные устройства ИБП могут быть внешними или встраиваемыми (рис. 7.4).

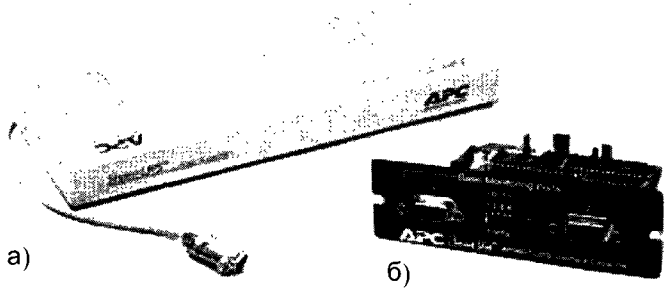
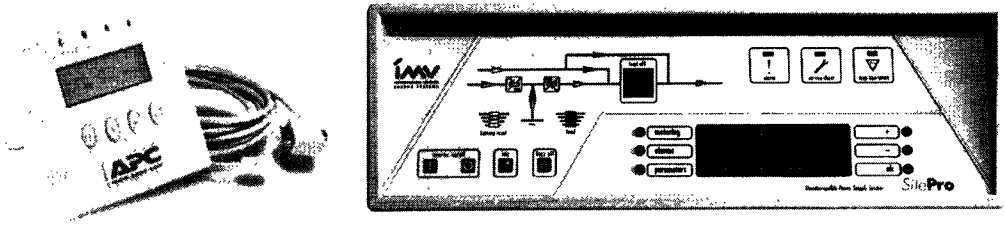


Рис. 7.4. Расширители последовательного интерфейса: *а*) внешний — на 8 портов и *б*) встраиваемый — на 2 порта *(источник: APC)*

Как было сказано, в числе устройств, подключаемых к последовательному порту ИБП, имеется выносной пульт управления или пульт дистанционного управления (ПДУ). Как и основной, встроенный в ИБП пульт, ПДУ имеет такие же органы индикации и управления. Возможно исполнение пультов только с алфавитно-цифровым дисплеем и пультов, где дисплей совмещён с мнемосхемой (рис. 7.5)



а) б)

Рис. 7.5. Пульты дистанционного управления: *а*) с алфавитно-цифровым дисплеем *(источник: APC)*; *б*) с мнемосхемой и алфавитно-цифровым дисплеем *(источник: IMV)*

На ПДУ может быть выведена кнопка экстренного отключения (load off), закрываемая предохранительной шторкой. Если конструкция ПДУ не имеет кнопки экстренного отключения, то необходимо её предусмотреть как отдельное устройство. Конструкция ИБП позволяет подключать такую кнопку к специальным клеммам в месте размещения коммуникационных портов. Кнопка экстренного отключения необходима по требованиям пожаро- и электробезопасности.

Выносные пульты при необходимости увеличения расстояния от ИБП могут подключаться через конверторы протоколов RS-232/422, RS-232/485. Данный вид мониторинга и управления ИБП применяется в пределах объекта.

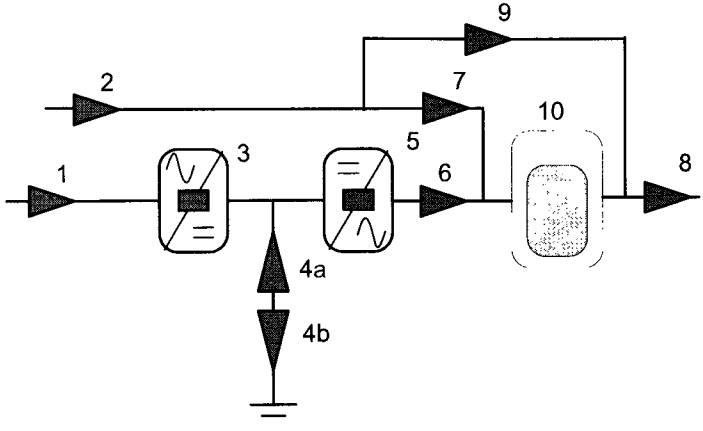


Рис. 7.6. Мнемосхема пульта управления ИБП
(источник: IMV)

На рис. 7.6 показана мнемосхема пульта управления ИБП большой мощности.
На мнемосхеме обозначены индикаторы:
1 — вход выпрямителя ИБП (mains);
2 — вход обходной цепи (bypass);

3 — выпрямитель;
4 — цепь заряда АБ (a — разряд, b — заряд);
5 — инвертор;
6 — коммутационный аппарат на выходе инвертора;
7 — статический выключатель цепи байпаса;
8 — коммутационный аппарат на выходе ИБП;
9 — механический (ручной) выключатель цепи bypass
10 — кнопка экстренного отключения (под предохранительной шторкой).

При работе ИБП высвечиваются соответствующие индикаторы компонентов ИБП, в цепях которых есть нагрузка или которые находятся под напряжением. Состояние ИБП выводится одновременно на мнемосхему и релейный интерфейс. По факту события в цепях питания и изменения состояния компонентов ИБП происходит включение или отключение соответствующих светодиодов. Аварийные события (например, отключение питания и переход на АБ) сопровождаются подачей звукового сигала тревоги. Все изменения дублируются на панелях внешних сигнализаторов.

Более детальная информация о режиме ИБП доступна через систему экранных меню на алфавитно-цифровом дисплее пульта. Манипулируя функциональными клавишами, можно получить исчерпывающую информацию о текущем режиме и истории работы ИБП. При необходимости можно выбрать язык, на котором будет выводиться информация. Используя коды доступа, осуществляют вход в сервисное меню для настроек и регулировок ИБП. Аналогичные функции доступны через последовательный порт ИБП со станции мониторинга.

Удаленный мониторинг через Интернет

Для удаленного доступа к последовательному порту ИБП помимо выносного пульта применяют модемы для подключения по выделенной или коммутируемой линии к станции управления. Для входа в локальную сеть применяют сетевые интерфейсы — SNMP-адаптеры. Интеграция ИБП в локальную сеть дает возможность контроля параметров и состояния ИБП с удаленных станций ЛВС, имеющих доступ через Интернет, а также средствами мобильного доступа в Интернет (WAP).

Для облегчения процедуры интеграции ИБП выпускаются специальные устройства — карты Web/SNMP (рис. 7.7). Данные карты позволяют оперативному персоналу СБЭ и специалистам служб информационных систем получать данные о работе ИБП с помощью мобильного телефона, используя WAP.

Карты Web/SNMP имеют функции уведомления, позволяющие получать информацию о связанных с ИБП событиях по электронной почте или на пейджер. Пользователи самостоятельно могут определить набор событий, о которых они хотят получать информацию.

Пользователь также имеет возможность обратиться непосредственно по адресу карты Web/SNMP и получить текущую информацию о статусе ИБП, статусе и параметрах среды окружения в месте установки ИБП и информацию о самой карте (рис. 7.8).

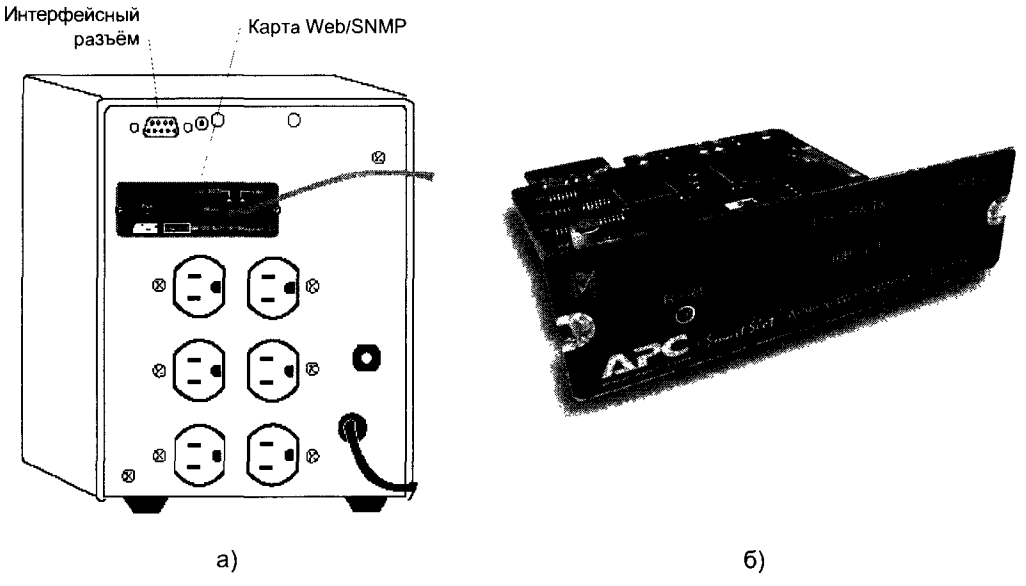


Рис. 7.7. Карта Web/SNMP: *а*) установка в ИБП; *б*) внешний вид *(источник: APC)*

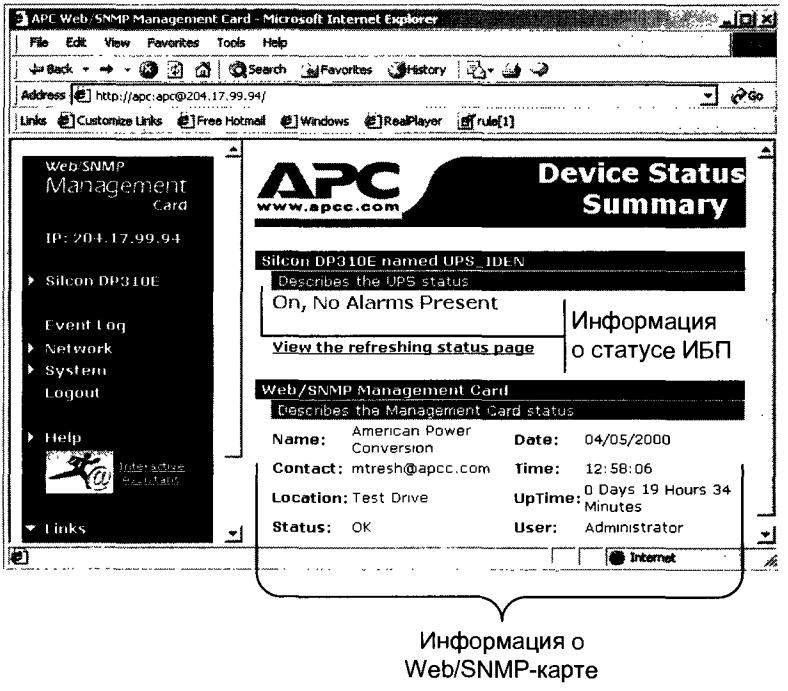


Рис. 7.8. Экранный кадр web-страницы карты Web/SNMP *(источник: APC)*

Структура средств мониторинга

Технические средства мониторинга ИБП достаточно разнообразны и способны обеспечивать ответственный персонал информацией о состоянии ИБП и опциональных устройств. В качестве практических рекомендаций по составу средств мониторинга можно рассмотреть два независимых вида мониторинга. Например, мониторинг с использованием внешних сигнализаторов и с применением средств локальной сети и SNMP-адаптеров. Основной принцип при выборе состава средств мониторинга — это их независимость. Сбой в ЛВС не должен приводить к потере контроля над ИБП. Внешние сигнализаторы при сбое в ЛВС остаются полностью работоспособными. Рекомендуется комплектовать ИБП средней и большой мощности двумя интерфейсами: релейным и RS-232.

Независимых каналов мониторинга может быть два, три и более, в зависимости от организации службы эксплуатации, степени ответственности системы и отдельных ИБП, особых местных условий. Взаимосвязь и структура комплекса технических средств мониторинга ИБП приводятся на рис. 7.9.

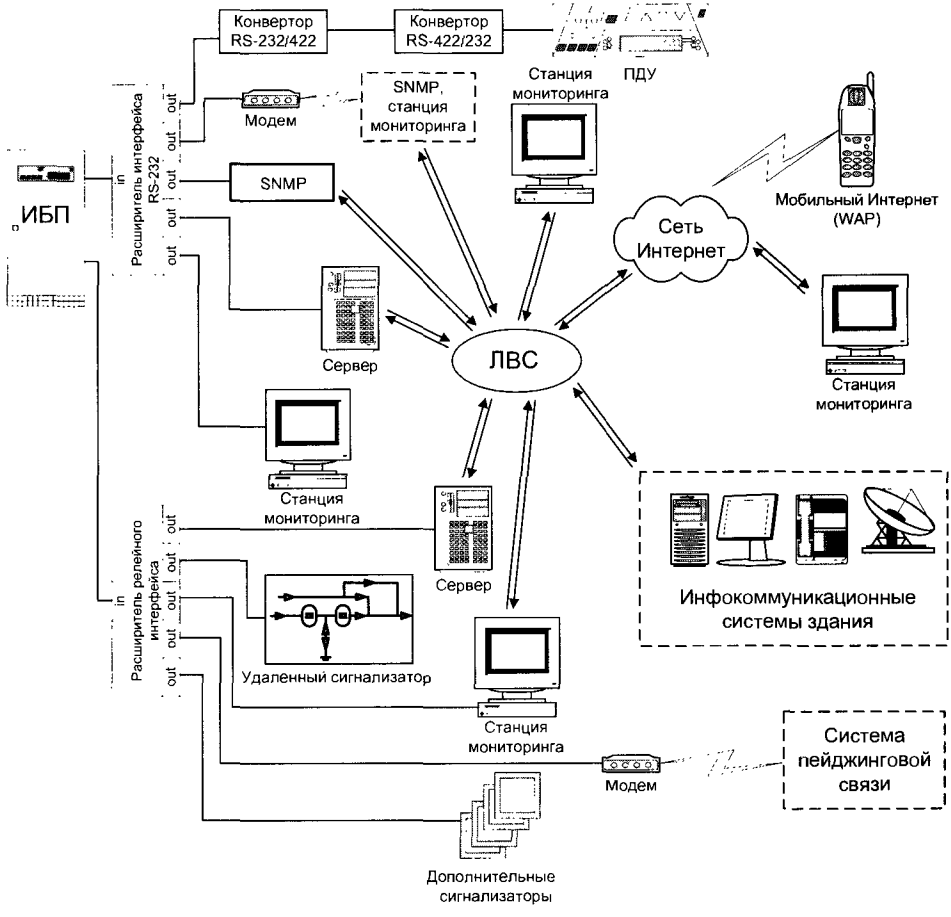


Рис. 7.9. Структура средств мониторинга ИБП

На рис. 7.9 показаны основные возможные конфигурации технических средств мониторинга. Главное, что следует отметить, на рисунке помимо собственно средств мониторинга изображены инфокоммуникационные системы, получающие информацию о статусе ИБП. Необходимо предусмотреть, чтобы состояние ИБП учитывалось при работе инфокоммуникационного оборудования с целью предотвращения искажений и потери информации в случаях нарушения питания. Основные ситуации, которые имеют в виду при создании системы мониторинга, — переход ИБП в автономный режим и исчерпание ёмкости АБ по истечении времени автономной работы (см. разд. 3.7).

Программное обеспечение

Функционирование средств мониторинга ИБП, за исключением пультов и сигнализаторов, возможно под управлением специализированного программного обеспечения.

Программное обеспечение для управления и мониторинга ИБП малой и средней мощности создано для работы с серверами и рабочими станциями. Для мощных ИБП, работающих на выделенную сеть СБЭ, существует собственное ПО.

ПО, предназначенное для работы с серверами, ориентировано на сохранение информации и корректное закрытие сервера в случае отказа электроснабжения и исчерпания ёмкости АБ. Имеются функции закрытия приложений на рабочих станциях. Программное обеспечение построено по принципу «клиент–сервер». На рис. 7.10 представлены функции ПО, выделенные для серверной и клиентской частей.

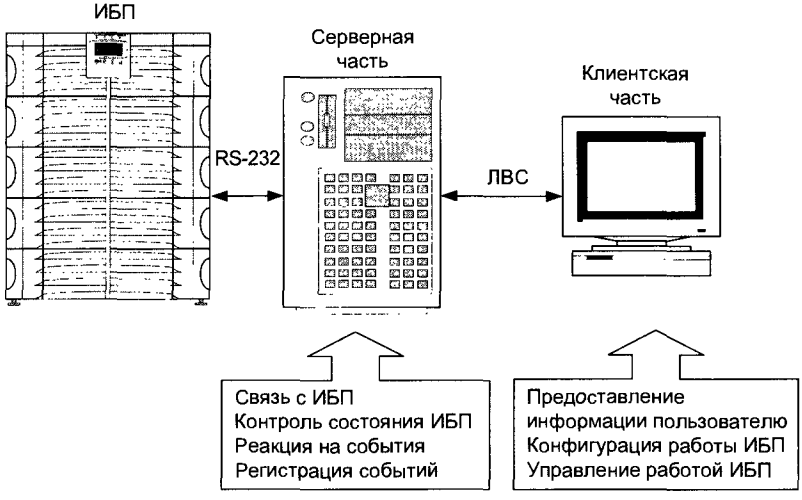


Рис. 7.10. Функции программного обеспечения

Функции клиентской части зависят от типа интерфейса. В случае релейного интерфейса в клиентской части будет представлена только функция предоставления информации о состоянии ИБП пользователю. Получение информации о параметрах ИБП и его конфигурирование возможны только при использовании интерфейса RS-232. Функции получения информации о параметрах и конфигурировании ИБП:

– контроль текущих электрических параметров ИБП;
– предоставление информации о служебных параметрах ИБП (тип, серийный номер, дата прохождение теста и т.д.);
– архивирование и отображение истории процесса — ведение файлов данных о параметрах и режимах работы ИБП;
– конфигурирование ИБП — задание значений напряжения перехода в автономный режим, момента подачи сигнала на закрытие сервера, установление графика самотестирования, ручное тестирование ИБП со станции мониторинга и т.д.

Функции контроля параметров ИБП представлены в клиентской части ПО и позволяют контролировать основные электрические характеристики ИБП (рис. 7.11). На экран выводятся текущие параметры режима работы ИБП:
– входное напряжение;
– выходное напряжение (напряжение на нагрузке);
– напряжение АБ,

а также некоторые служебные сведения:
– тип ИБП;
– информация о пройденном автотестировании;
– последние события в работе ИБП;
– информация о параметрах среды окружения ИБП.

Форма представления основных параметров в виде столбчатых диаграмм получила широкое распространение, но наряду с ней встречаются формы в виде приборной доски или панели с электроизмерительными приборами. Столбчатые диаграммы более эргономичны. Аналоговые величины контролируемых параметров (геометрические размеры столбцов) сопровождаются их числовыми значениями.

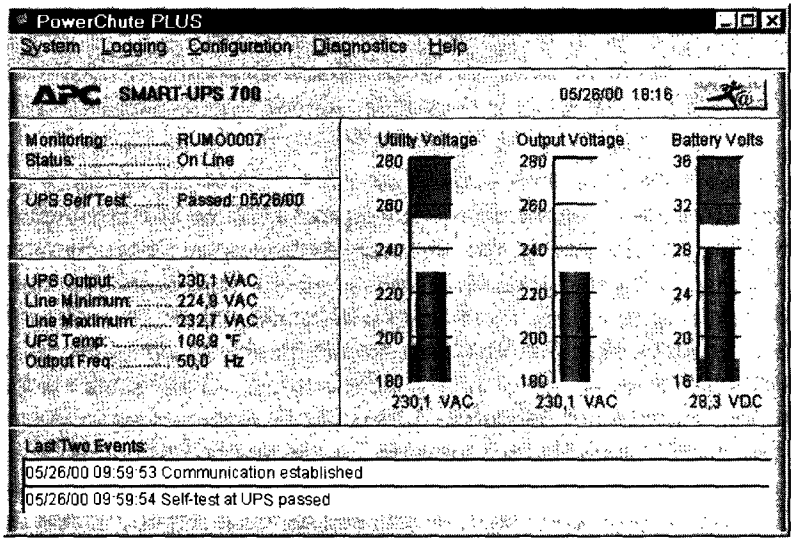


Рис. 7.11. Экранный кадр столбчатых диаграмм параметров ИБП
(источник: APC)

При работе ПО формируются файл данных и файл событий. Два последних события (last two events) выводятся на экран. При необходимости возможен полный доступ к файлу данных событий (log-file) для анализа и составления отчетов. В файл событий заносятся сведения о дате и времени включения и выключения ИБП, прохождении и результатах тестов, отключениях питания. Файл имеет текстовый формат, совместимый со стандартными редакторами Windows.

Аналогично файлу событий ведется файл параметров режима с регистрацией величины нагрузки, диапазона входного и выходного напряжений, напряжения АБ и некоторых других параметров. Назначение этих файлов чисто диагностическое — анализ причин сбоев в работе сервера или другого оборудования. Частота выборки и регистрации параметров режима ИБП не слишком велика, и файл параметров режима, формируемый ПО мониторинга ИБП (рис. 7.12), не заменяет системы контроля показателей качества электроэнергии.

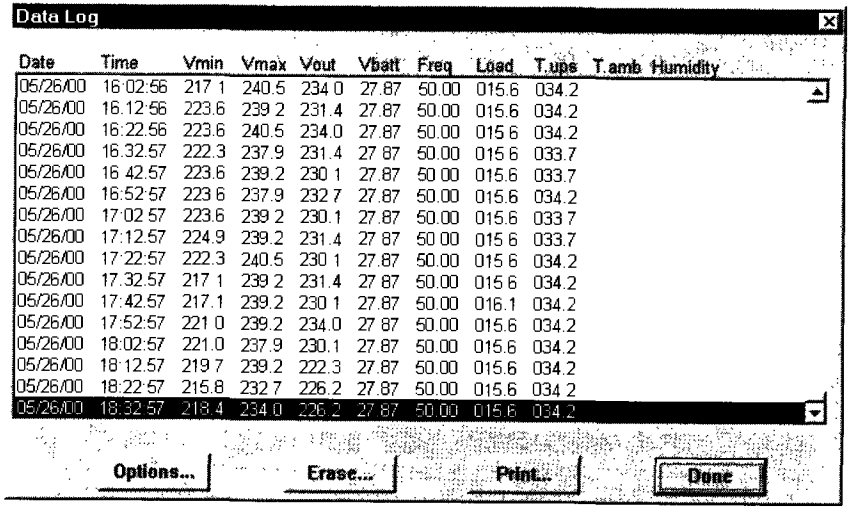


Рис. 7.12. Экранный кадр файла параметров режима работы ИБП
(источник: APC)

Описанное ПО ориентировано на мониторинг ИБП малой мощности. Системы мониторинга ИБП малой мощности вполне удовлетворяют потребности СБЭ распределенного типа с числом рабочих мест до 30–40. При большем числе рабочих мест система становится трудноконтролируемой, поскольку увеличивается количество ИБП, а идеология подобных систем мониторинга не ориентирована на крупные корпоративные сети. Программное обеспечение для ИБП малой мощности массово производится изготовителями ИБП. В сетевых операционных системах существуют стандартные программные средства управления питанием, предназначенные для согласования работы сервера, ИБП и рассылки сообщений (message) об изменении состояния ИБП пользователям. Такая массовая операционная система, как Windows последних версий, имеет в своем составе модуль «управление электропитанием», предназначенный для согласования работы персонального компьютера

или рабочей станции с индивидуальным ИБП малой мощности. Этот модуль ориентирован на интерфейс релейного типа. Для интеллектуальных ИБП с последовательным интерфейсом в меню модуля «управление электропитанием» предлагается выбор настроек для использования оборудования из модельных рядов ИБП производства корпорации APC (рис. 7.13).

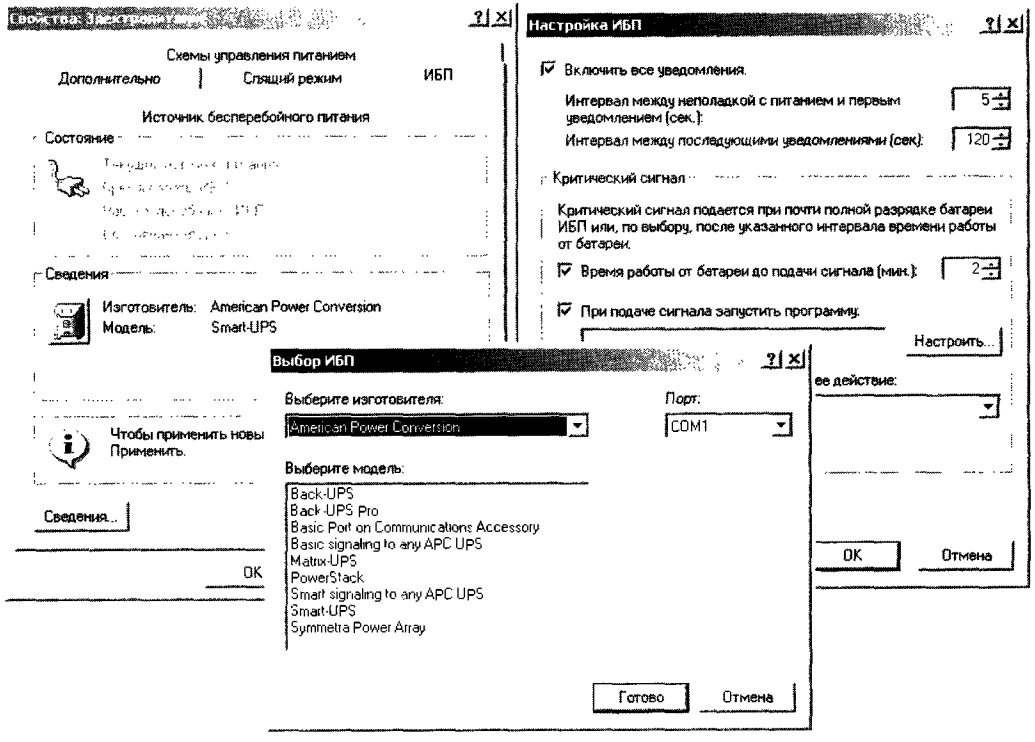


Рис. 7.13. Настройка схемы управления питанием от ИБП в Windows 2000

Программное обеспечение мониторинга ИБП большой мощности поставляется как производителями оборудования, так и системными интеграторами, которые в комплексных проектах информационных и инженерных систем здания предусматривают создание СБЭ. В последнем случае ПО создается «под заказ». Для этого необходимо знание протокола информационного обмена производителя оборудования, а программное обеспечение представляет собой модуль в системе диспетчеризации электроснабжения.

Мониторинг крупных ИБП отличается более детальным отображением параметров режима. Вид представления параметров также отличается. Для малых ИБП в основном применяются столбчатые диаграммы и формы, подобные приборной панели. Для мощных ИБП данные выводятся на мнемосхему (рис. 7.14). Применение мнемосхем позволяет оперативно оценивать состояние аппарата и его режим, поскольку наряду с параметрами выводится индикация нормального состояния (зе-

леные и красные индикаторы в основных цепях) и положение защитно-коммутационных аппаратов. На рисунке изображено состояние ИБП в нормальном режиме: выключатель на входе выпрямителя замкнут, в обходной цепи(Q2) — разомкнут, статический ключ выключен, выпрямитель и инвертор функционируют.

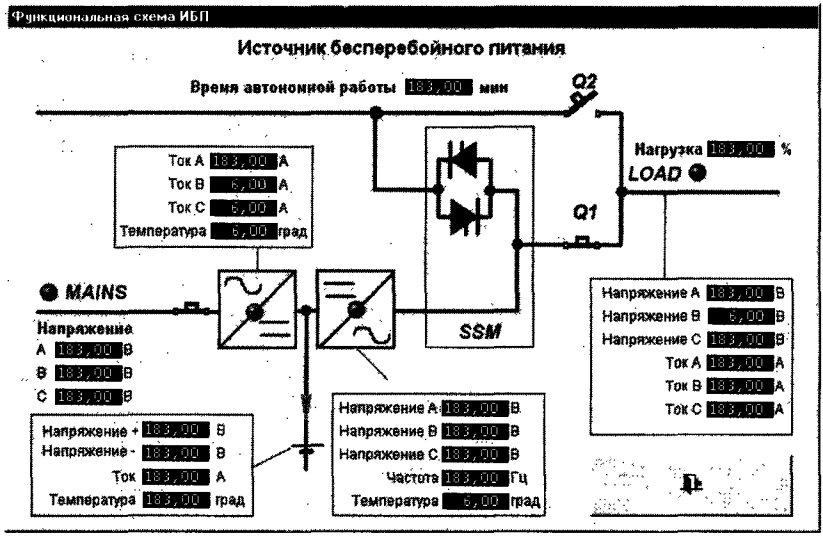
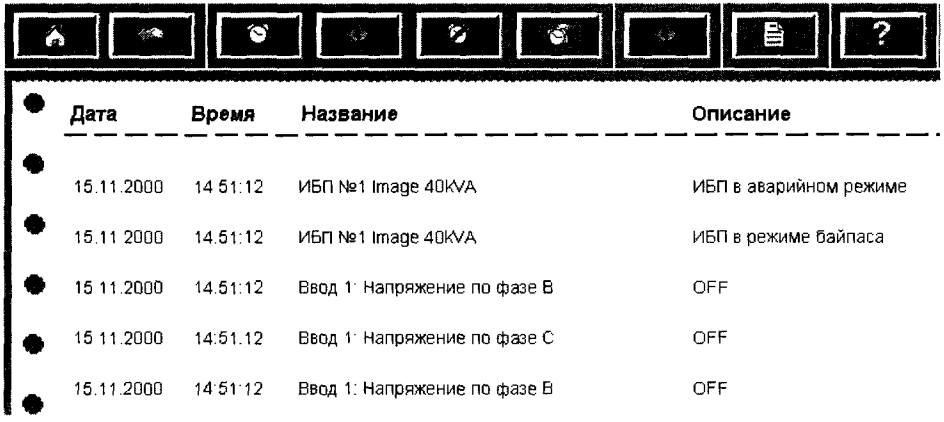


Рис. 7.14. Экранный кадр мониторинга ИБП большой мощности
(источник: ЭкоПрог)

Файлы данных и событий для ИБП большой мощности формируются и накапливаются в энергонезависимой памяти самого источника бесперебойного питания, и ПО обеспечивает их считывание и отображение. Эти файлы называются журналом и доступны для просмотра с встроенного или выносного пульта ИБП. Как правило, сообщения в электронном журнале сопровождаются кодами событий, поскольку описание события может быть пространным и не умещаться на встроенном алфавитно-цифровом дисплее. Отображение электронного журнала событий в ПО мониторинга может производиться в удобной форме, без приведения цифровых кодов событий (рис. 7.15). При необходимости производится архивирование файлов.

Важно отметить, что в ПО мониторинга ИБП любой мощности, как правило, предусмотрено удаленное управление. Сама по себе эта функция может показаться полезной, однако необходимо принять меры для исключения несанкционированного управления. Для службы эксплуатации следует предусмотреть организационные мероприятия. В инструкциях по технике безопасности и эксплуатации должно быть четко определено, кто и в каких случаях может инициировать остановку работы ИБП. Дистанционное управление источниками бесперебойного питания программными средствами должно производиться только уполномоченными лицами — системными администраторами и дежурным оперативным персоналом СБЭ. Управление разрешается в исключительных случаях (пожар и ситуации, создающие угрозу жизни людей и сохранности оборудования и имущества).



Дата	Время	Название	Описание
15.11.2000	14:51:12	ИБП №1 Image 40KVA	ИБП в аварийном режиме
15.11.2000	14:51:12	ИБП №1 Image 40KVA	ИБП в режиме байпаса
15.11.2000	14:51:12	Ввод 1: Напряжение по фазе В	OFF
15.11.2000	14:51:12	Ввод 1: Напряжение по фазе С	OFF
15.11.2000	14:51:12	Ввод 1: Напряжение по фазе В	OFF

Рис. 7.15. Фрагмент экранного кадра электронного журнала ИБП
(источник: ЭкоПрог)

Защита от несанкционированного управления может быть различной. В ПО ИБП малой мощности это достигается авторизацией при отключении ИБП. Возможно, что в соответствии с внутренними правилами организации удаленное управление ИБП запрещено. В этом случае защита осуществляется на аппаратном уровне — отключением в интерфейсном кабеле линий, осуществляющих функции управления, либо установкой соответствующих перемычек и переключателей ИБП в положение, исключающее возможность внешнего управления. При использовании SNMP или другого сетевого протокола следует сконфигурировать ПО так, чтобы функции управления были запрещены. В стандартных SNMP-агентах (управляющих программах SNMP-адаптеров) имеется раздел конфигурирования прав доступа «SNMP Access Control». Параметр режима доступа («read/write»/«read only») должен быть установлен в состояние «read only». Любая из этих мер обеспечивает гарантированную защиту от несанкционированного управления ИБП по локальной сети. Если требуется сохранить возможность управления ИБП по локальной сети, можно ограничиться меньшим уровнем безопасности, не устанавливая аппаратной защиты. В этом случае защита от несанкционированного доступа обеспечивается установкой пароля («community name» для SNMP). Для мощных ИБП дистанционное управление по сетевым протоколам не рекомендуется из соображений информационной безопасности.

Для небольшого удаленного офиса или отдельного подразделения, обособленного от корпоративного сервера, может оказаться целесообразным удаленное управление или управление по расписанию. ПО, предназначенное для мониторинга малых ИБП, защищающих серверы, имеет возможность управлять питанием по заранее разработанному графику. Это позволяет автоматически запустить и закрыть сервер без участия сетевого администратора. Обычно график привязывается к распорядку работы учреждения (рис. 7.16). Расписание предусматривает:

- включение/выключение ИБП и сервера;
- тестирование ИБП;
- калибровку (вычисление) времени автономной работы ИБП.

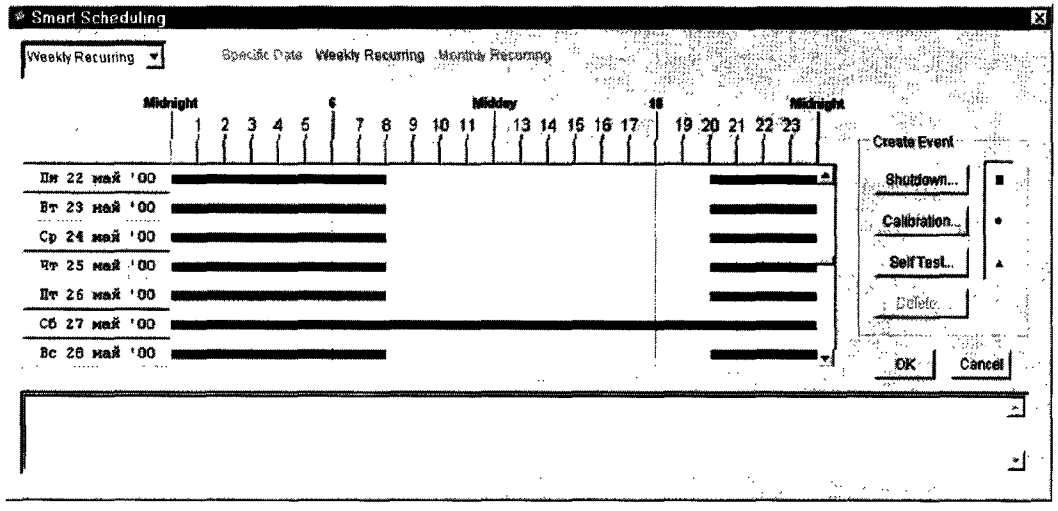
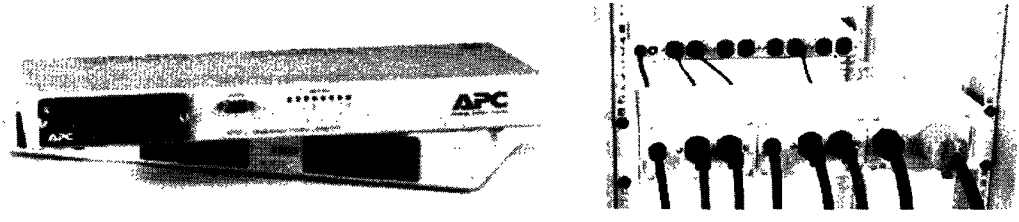


Рис. 7.16. График управления питанием ИБП
(источник: APC)

Управление нагрузками

Управление электроснабжением не ограничивается управлением источниками бесперебойного питания. В число задач управления входит управление нагрузками. Исчерпывающее решение задачи управления нагрузками дает система диспетчеризации электроснабжения. В качестве частных решений предлагаются ранжировщики нагрузки (master switch), представляющие собой опциональное оборудование ИБП, позволяющее коммутировать нагрузки, находящиеся в стандартных телекоммуникационных шкафах или сосредоточенно расположенных в пределах помещения. Устройства представляют собой интеллектуальные котроллеры и один или несколько блоков электрических розеток с исполнительным устройством, коммутирующим розетки под управлением контроллера Блоки розеток могут встраиваться в один корпус с контроллером (рис. 7.17, *а*) или располагаться отдельно (рис. 7.17, *б*).



а) б)

Рис. 7.17. Ранжировщики нагрузки: *а*) контроллер с встроенными розетками; *б*) блоки розеток в телекоммуникационных шкафах
(источник: APC)

Управление нагрузками осуществляется по локальной сети или от управляющего терминала (компьютера). Возможно также удаленное управление через Интернет (рис. 7.18).

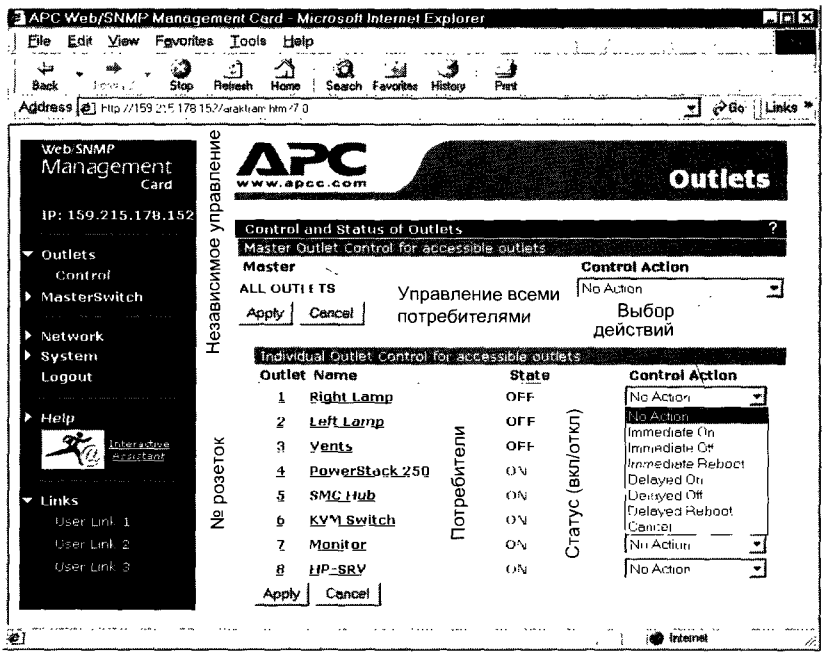


Рис. 7.18. Экранный кадр web-страницы управления ранжировщиком нагрузки *(источник:APC)*

Ранжировщики нагрузки выполняют следующие функции управления:
- включение, выключение, перезагрузку;
- независимое управление каналами питания;
- управление через Интернет;
- управление с помощью SNMP;
- управление с помощью Telnet;
- управление с помощью терминала;
- включение/выключение каналов с задержкой по времени;
- включение/выключение нескольких потребителей (пользователей) с разделением прав;
- контроль потребляемого тока с возможностью оповещения.

Мониторинг среды окружения

Для нормального функционирования оборудования СБЭ — источников бесперебойного питания, а также защищаемого инфокоммуникационного оборудования необходимо контролировать параметры среды окружения — температуру, влажность, работу кондиционеров и вентиляции. Параметры среды окружения контролируются дополнительными устройствами ИБП, оснащенными измерителями температуры

и влажности (воздушный порт) и обладающими входами релейных сигналов («сухие» контакты). Наличие «сухих» контактов дает возможность подключения любых пороговых измерительных устройств — пожарных и охранных датчиков, реле напряжения, декадных счетчиков импульсов системы учета электроэнергии и релейных интерфейсов других ИБП (рис. 7.19).

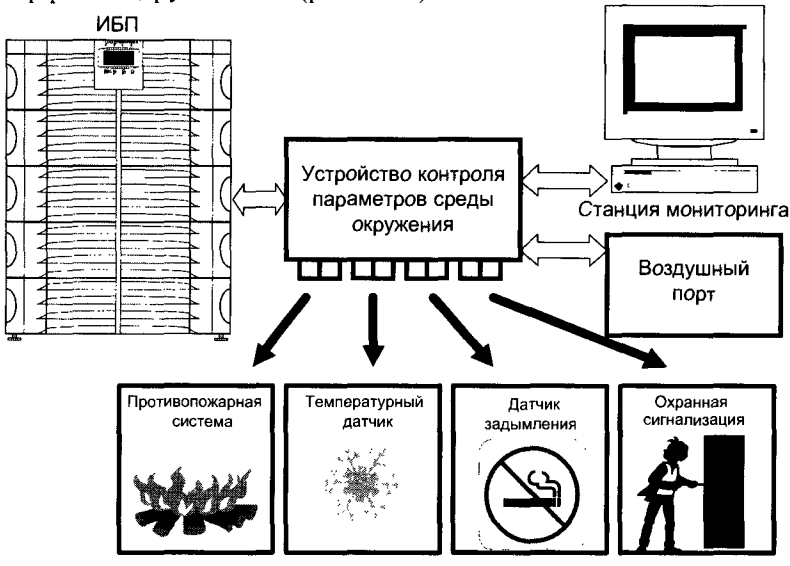


Рис. 7.19. Контроль среды окружения ИБП *(источник: APC)*

Устройства контроля параметров среды окружения могут располагаться отдельно или встраиваться в ИБП. В последнем случае воздушный порт выполняется выносным и подключается кабелем (рис. 7.20, *а*). Внешние датчики и устройства размещаются в необходимых местах и могут быть закреплены на телекоммуникационных шкафах, в серверных стойках и кроссах (рис. 7.20, *б*).

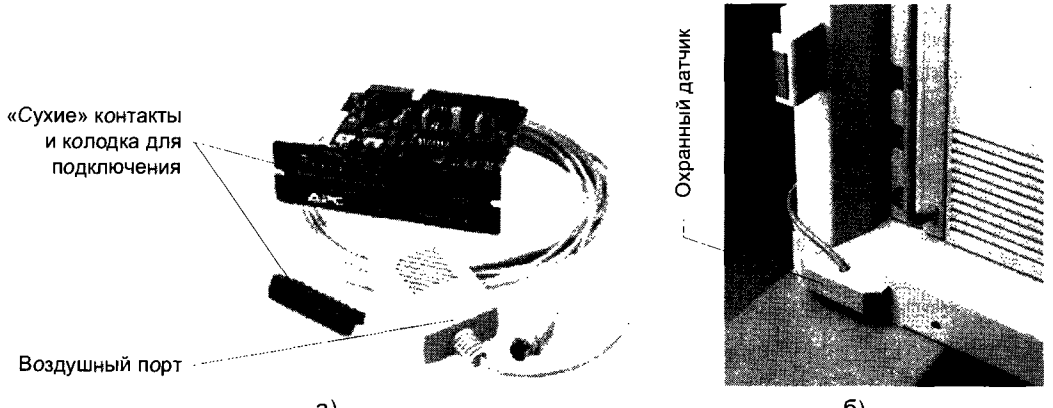


Рис. 7.20. Устройство контроля параметров среды окружения:
а) внешний вид; *б*) установка датчика на телекоммуникационной стойке
(источник: APC)

Параметры среды окружения обрабатываются тем же ПО, которое используется для измерения параметров ИБП (рис. 7.11, 7.12). Настройка ПО может быть выполнена таким образом, что при возникновении критических изменений среды (повышение температуры, срабатывание охранного датчика и т.д.) произойдет выдача тревожного сигнала (alarm) на станции мониторинга ИБП и рассылка по ЛВС ранее запрограммированного сообщения. По любому событию можно запрограммировать закрытие сервера и отключение ИБП. Все изменения фиксируются и заносятся в файлы событий и данных.

Переход ИБП на работу от батарей означает для пользователя (при отсутствии ДГУ) угрозу потери электроснабжения после окончания автономной работы ИБП. Стандартное ПО для работы с серверами производит рассылку сообщений как в случаях перехода в автономный режим, так и при возникновении событий, зафиксированных датчиками устройств контроля среды окружения (пожар, несанкционированное проникновение в технологические помещения и т.д.). При оповещении пользователей системы бесперебойного электроснабжения большой мощности и протяженности (в масштабах крупного здания) возможностей стандартного ПО недостаточно, и необходимо использовать средства объединенной автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ), рассмотренной ниже.

Мониторинг систем постоянного тока

Средства мониторинга систем постоянного тока мало отличаются от средств мониторинга ИБП. Программное обеспечение имеет интерфейс с пользователем, близкий к мнемосхемам ИБП большой мощности (рис. 7.21). На экран последовательно выводятся окна мониторинга системы в целом и детального представления параметров функциональных блоков — выпрямителей, инверторов, аккумуляторных батарей (АБ).

7.1.2. Средства мониторинга дизель-генераторных установок

Для организации совместной работы ИБП и ДГУ в едином технологическом комплексе применяются специализированные системы мониторинга и управления ДГУ. Панели управления ДГУ позволяют контролировать параметры работы дизеля — температуру, частоту вращения, запас топлива и т.д. и параметры работы генератора — токи, напряжения, температуру, параметры системы возбуждения. Контроль состояния и управление ДГУ осуществляются как с встроенной панели управления (см. рис. 4.5), так и с выносной панели управления. Аналогично ПДУ выносные панели управления имеют такие же приборы и органы управления, как и на встроенной панели. Удаление выносной панели от основной не превышает 50 м.

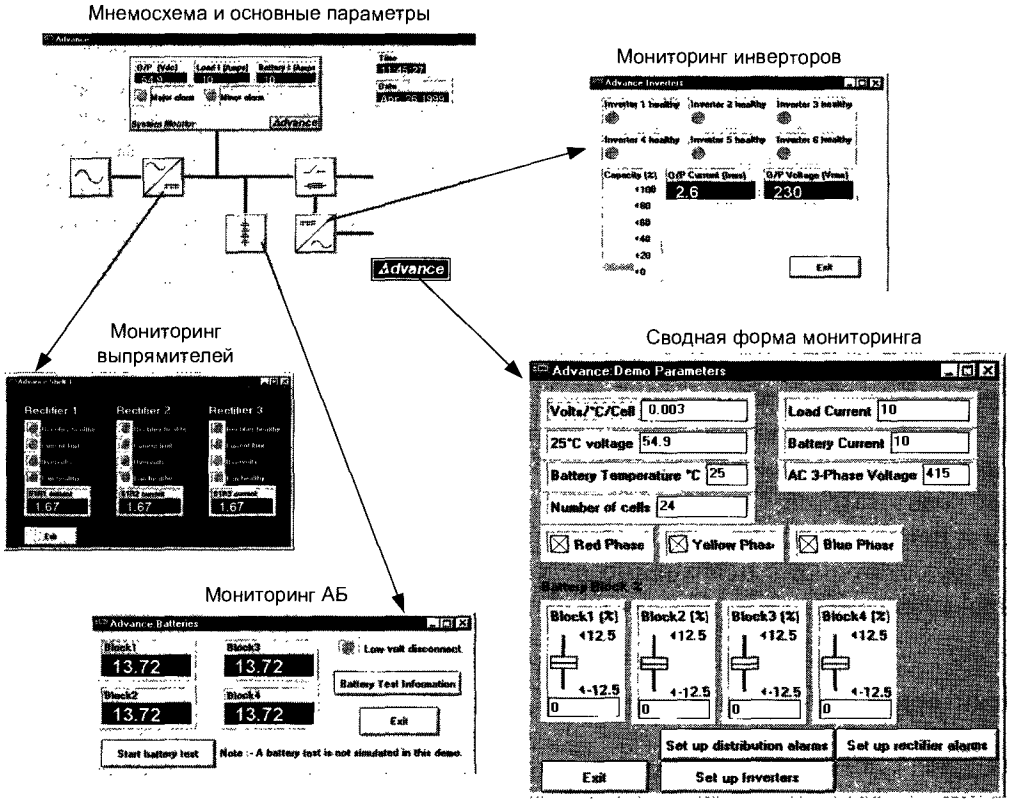


Рис. 7.21. Мониторинг системы постоянного тока *(источник: APC)*

Панели управления ДГУ, так же как и ИБП, оборудуются релейными интерфейсами, на которые выводятся основные сигналы:

- ДГУ в работе (gen on);
- неисправность при пуске;
- перегрев охлаждающей жидкости;
- низкое давление масла;
- превышение допустимой скорости вращения;
- повышенное выходное напряжение;
- пониженное выходное напряжение;
- повышенная выходная частота;
- пониженная выходная частота;
- приближение к низкому давлению масла;
- приближение к перегреву двигателя;
- высокая температура выхлопа;
- разряд аккумуляторной батареи;
- неисправность зарядного устройства;
- отключение автоматического режима;
- исчерпание запаса топлива;
- аварийная остановка.

В основу конструкции панелей управления заложен модульный принцип. Благодаря этому их легко модернизировать для расширения функциональных возможностей путем замены на панель управления более старшей (современной) серии (рис. 7.22, *а*) или установки дополнительных измерительных приборов, индикаторов и органов управления в уже используемую панель (табл. 7.1)

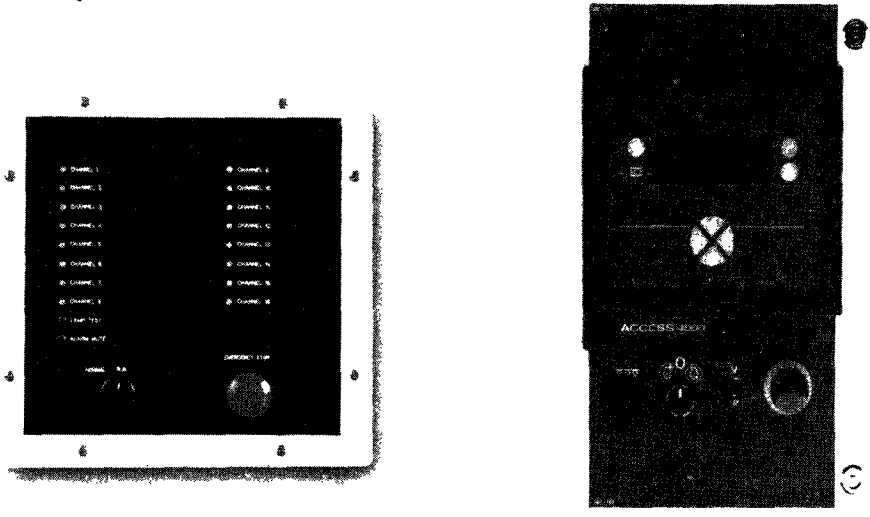
Таблица 7.1. Стандартное и дополнительное оборудование панелей управления ДГУ *(источник: F.G.Wilson)*

Стандартная комплектация панелей управления	Дополнительная комплектация панелей управления
Измерительные приборы	
Вольтметр Амперметр Тахометр Частотомер Измерения: кВт, кВА, pf (cos φ), кВАр, кВт·ч Цифровой дисплей Счетчик времени работы Термометр охлаждающей жидкости Манометр давления масла Вольтметр аккумулятора	Три амперметра вместо одного амперметра и переключателя Киловатт-метр Амперметр статического зарядного устройства аккумулятора Термометр смазочного масла
Органы управления	
Ключ-переключатель Выкл/Вкл/Подогрев/Старт Переключатель Пуск/Выкл/Авто Кнопка аварийного останова Кнопка подогрева двигателя Кнопка «Тест индикаторов/Сброс» Переключатель фаз вольтметра 7-позиционный Переключатель фаз амперметра 4-позиционный Таймер пуска на 3 попытки Таймер останова Изменяемая задержка на запуск двигателя Звуковая сирена Трехконтурная схема для устройств подогрева 220/240 В Зарядное устройство аккумулятора 220/240В	Кнопка аварийного останова с защитным ключом Потенциометр регулировки скорости вращения Потенциометр регулировки напряжения Звуковая сирена Группа «сухих» контактов для общего сигнала неисправности Схема управления автоподогревом двигателя перед пуском Зарядное устройство аккумулятора 220/240 В, 5А Индикатор состояния панели переключения нагрузки
Остановы с индивидуальными индикаторами	
Неисправность при пуске Перегрев охлаждающей жидкости Низкое давление масла Превышение допустимой скорости вращения Повышенное выходное напряжение Пониженное выходное напряжение Повышенная выходная частота Пониженная выходная частота Максимальное суммарное количество каналов для останова/сигнализации (помимо стандартных) – зависит от модели панели	Высокая температура масла Низкий уровень охлаждающей жидкости Низкий уровень топлива Недостаточная скорость вращения Высокое выходное напряжение Низкое выходное напряжение Неисправность заземления Утечка тока на «землю» Комбинация: низкое/высокое выходное напряжение Останов по перегрузке посредством защитного автомата Останов по перегрузке посредством реле максимального тока Дополнительные каналы для останова/сигнализации, назначаемые (определяемые) пользователем

Таблица 7.1 (окончание)

Стандартная комплектация панелей управления	Дополнительная комплектация панелей управления
Сигнализация с индивидуальными индикаторами	
Приближение к низкому давлению масла Приближение к перегреву двигателя Высокая температура выхлопа Разряд аккумуляторной батареи Неисправность зарядного устройства Отключение автоматического режима	Низкая температура охлаждающей жидкости Низкий уровень топлива
Дистанционное управление	
Интерфейс с дистанционной панелью оповещения Разъём для дистанционного аварийного останова Общий сигнал неисправности «Сухие» контакты для: пуска генератора общего сигнала неисправности Коммуникационный порт (RS-422/485)	Дистанционная панель управления

Наиболее широкими возможностями обладают микропроцессорные панели управления (рис. 7.22, *б*).



а) б)

Рис. 7.22. Панели управления ДГУ: а) панель с дополнительным оборудованием; *б*) микропроцессорная панель
(источник: F.G.Wilson)

Микропроцессорные панели управления позволяют осуществлять ручной и автоматический запуск/останов ДГУ и синхронизацию его с питающей сетью или параллельно работающими ДГУ. Последовательность запуска ДГУ может программироваться и защищается паролем.

На жидкокристаллический дисплей панели управления выводится следующая информация:

– фазные и линейные напряжения и токи, частота, cos φ, мощность;
– выработанная электроэнергия;
– состояние ДГУ и аккумуляторной батареи;
– неисправности системы.

Соединение между собой панелей параллельных ДГУ производится по интерфейсу RS-422. Этот же интерфейс используется для подключения управляющего компьютера. Подключение персонального компьютера для удаленного мониторинга и управления ДГУ производится двумя способами:

– соединением компьютера и панели управления с использованием конвертора интерфейса RS-422/RS-232 (рис. 7.23, *а*);
– с помощью удаленной связи компьютера с панелью управления по выделенному или коммутируемому каналу с использованием модема и конвертора интерфейса (рис. 7.23, *б*).

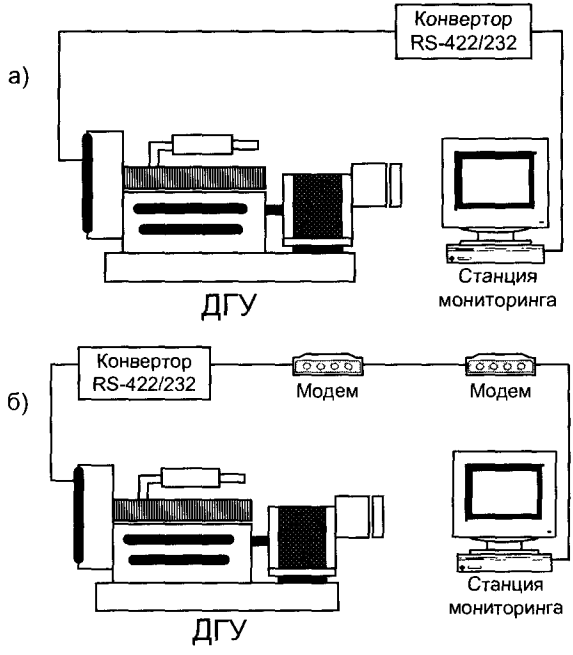


Рис. 7.23. Мониторинг ДГУ:
а) мониторинг на объекте;
б) удаленный мониторинг

Станция мониторинга может выступать как сервер данных и передавать параметры режима работы ДГУ в локальную сеть для совместного использования в системе диспетчеризации. Эту же функцию может осуществлять SNMP-адаптер. Наиболее простое сопряжение панели управления ДГУ и SNMP-адаптера производится при релейном интерфейсе. Применение SNMP-адаптера и использование станции мониторинга в качестве сервера данных не являются стандартным приложением, на которое рассчитано ПО изготовителя, но существенных затруднений у системного интегратора эта задача не вызовет.

ПО мониторинга ДГУ осуществляет следующие основные функции:

– информационную связь и обмен данными;
– обработку и отображение данных.

Отображение данных выполнено таким образом, что на экране монитора появляется копия реальной панели управления (см. рис. 4.5) или выводятся виртуальные панели управления, имеющие органы управления, приборы и индикаторы, анало-

гичные реальным (рис. 7.24). Это делает работу с программой удобной и наглядной. Для записи истории процесса ведутся файлы данных и электронный журнал.

Аналогично релейным интерфейсам ИБП панели управления ДГУ оснащаются «сухими» контактами, на которые можно заводить сигналы от других устройств и дополнительных датчиков.

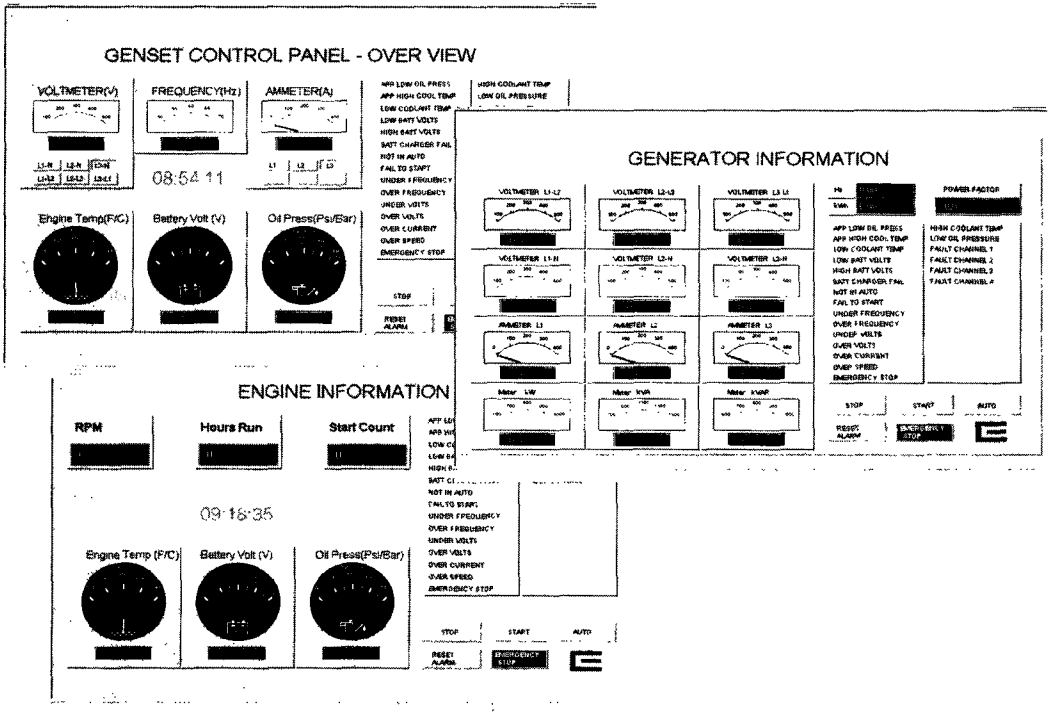


Рис. 7.24. Экранные кадры мониторинга ДГУ
(источник: F.G.Wilson)

Описанные выше средства мониторинга ИБП и ДГУ, поставляемые производителями оборудования, решают необходимые задачи в типовых случаях применения. Это замкнутые системы мониторинга, имеющие незначительную степень интеграции со смежными инженерными системами. Для крупных корпоративных проектов их применение возможно, но потребует создания автоматизированных рабочих мест диспетчеров для каждой из систем — СБЭ, СГЭ, СОЭ. В случаях присутствия в системах оборудования разных производителей или большого парка оборудования одного производителя число станций мониторинга также возрастет. Упоминание о мониторинге СОЭ здесь приведено не случайно, так как ранее в гл. 5 было отмечено, что основным источником электроснабжения является СОЭ и, следовательно, необходимость ее мониторинга очевидна. Отсюда вытекает задача мониторинга или, по терминологии ПЭЭП, диспетчеризации системы электроснабжения в целом.

7.2. Диспетчеризация электроснабжения

Система электроснабжения здания, приведенная на рис. 5.5, функционирует на основе применения средств автоматизации электроснабжения и диспетчерского управления. В соответствии с определениями и требованиями Правил эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП) управление и контроль параметров системы электроснабжения следует называть диспетчерским управлением, а комплекс технических средств, решающих задачу диспетчерского управления, — системой диспетчеризации. Для решения задач диспетчерского управления создаются автоматизированные системы управления.

Объектами автоматизации являются следующие системы:

1. Система общего электроснабжения, включая систему учета электроэнергии.
2. Система гарантированного электроснабжения.
3. Система бесперебойного электроснабжения.

Далее эти три неразрывно связанные системы будут рассматриваться совместно и в случаях, когда какая-либо система не выделяется в явном виде, будут объединяться под общим названием — «система электроснабжения».

Система диспетчеризации электроснабжения (СДЭ) построена на основе концепции объединенной автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) и характеризуется следующим:

- обеспечивает автоматизированный контроль параметров режима и управление системой электроснабжения;
- имеет модульную структуру: допускает последующее расширение (масштабирование) как по числу объектов автоматизации, так и по числу функций;
- имеет открытую архитектуру: обеспечивает возможность диспетчеризации и управления вновь устанавливаемого электрооборудования;
- допускает возможность объединения с другими системами мониторинга и управления.

7.2.1. Система учета электроэнергии

Как было отмечено выше, в состав СОЭ входит система учета электроэнергии. Эта система должна отвечать нормативным требованиям на системы учета и интегрироваться в систему диспетчеризации электроснабжения. Система учета электроэнергии нуждается в отдельном описании в силу её особенностей.

Различают расчетный (коммерческий) учет электроэнергии и технический учет. *Расчетным учетом электроэнергии* называют учет отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за неё. *Техническим (контрольным) учетом электроэнергии* называется учет для контроля расхода электроэнергии в зданиях, внутри предприятий и т.п. Счетчики электроэнергии, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета. В общем случае учет электроэнергии не ограничивается расчетным и техническим учетом для здания или пред-

приятия. Существуют общая задача учета электроэнергии на федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ), задачи учета электроэнергии на электростанциях, предприятиях электрических сетей, межсистемных перетоков, учет в мелкомоторном, коммунальном и бытовом секторах. Таким образом, задачи учета весьма разнообразны и являются самостоятельной сложной проблемой. Применительно к СДЭ рассмотрим только те вопросы учета, которые связаны с диспетчеризацией электроснабжения зданий.

Учет электроэнергии представляет собой процесс измерения потребленной энергии специальными приборами — счетчиками электроэнергии. Счетчики являются интегрирующими приборами, т.е. их показания зависят от времени, за которое производится измерение. В общем случае счетчик производит измерения, а точнее, вычисляет энергию по выражению

$$W=\int_0^T Pdt,$$

где P — мощность [кВт]; T — время [ч]; W — энергия [кВт·ч].

Поскольку мощность является произведением тока на напряжение, то к счетчику необходимо подвести ток и напряжение. Различают счетчики прямого и трансформаторного включения. Счетчиком прямого включения называется прибор, через который протекает ток нагрузки и напряжение подводится непосредственно (рис. 7.25, *а*). Такие счетчики применяются на напряжение 220/380 В и токи до 100 А для мелкомоторного производства и бытового сектора.

Для крупных зданий и предприятий с током потребления более 100 А необходимо включение счетчиков с применением трансформаторов тока (ТТ) (рис. 7.25, *б*). Первичная обмотка (как правило, один виток) трансформатора позволяет проводить большие токи, номинальное значение тока вторичной обмотки ТТ — 5А. Во вторичной обмотке протекает ток, пропорциональный току в первичной обмотке с учетом коэффициента трансформации. К вторичной обмотке подключаются измерительные приборы, устройства релейной защиты и счетчики электроэнергии. Для зданий в большинстве случаев применяются ТТ с номиналами 400/5; 630/5; 1000/5; 1500/5; 2000/5; 2500/5 А.

В ряде случае учет осуществляется по стороне высшего напряжения трансформатора 10(6) кВ. В этом случае счетчики включают через трансформаторы тока и через трансформаторы напряжения (ТН) (рис. 7.25, *в*). Трансформаторы напряжения предназначены для подключения измерительных приборов, систем релейной защиты и счетчиков электроэнергии к высоковольтным электроустановкам. Номинальные значения вторичного напряжения ТН — 100 В.

Класс точности измерительных трансформаторов расчетной системы учета не должен быть ниже 0,5, за исключением специально оговоренных случаев. Требования к измерительным трансформаторам системы технического учета менее строгие и допускают применение трансформаторов с классом точности ниже 1,0.

Кроме схемы включения, счетчики различаются по устройству. Существуют индукционные счетчики, принцип действия которых основан на явлении электромагнитной индукции, под действием которой вращается индукционный диск и

энергия подсчитывается механической системой по количеству оборотов. Современные счетчики выполняются без механических элементов, а вычисление энергии производит электронная схема, в которую заводятся сигналы (параметры) тока и напряжения. В настоящее время наметился переход от индукционных к электронным счетчикам.

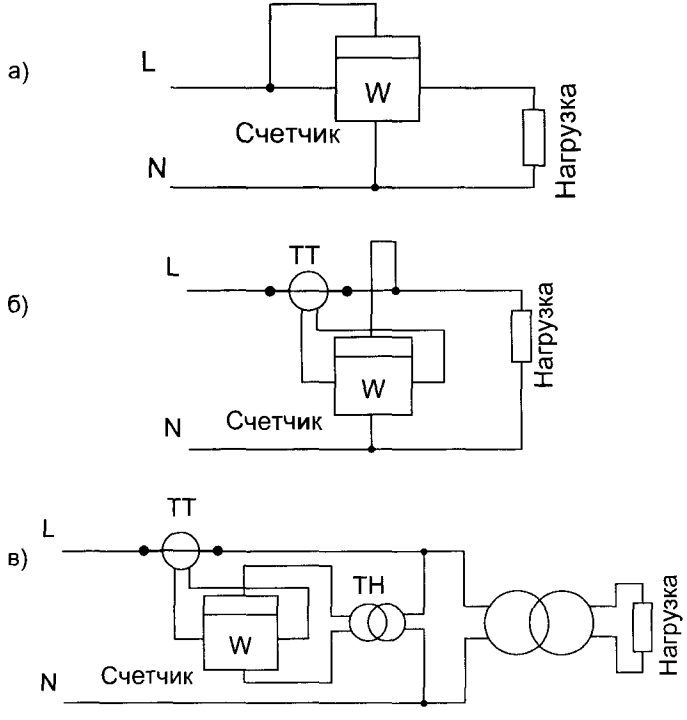


Рис. 7.25. Схемы включения счетчиков:
а) прямое включение; *б*) включение через ТТ; *в*) включение через ТТ и ТН

Согласно циркуляру РАО «ЕЭС России» № 01-99(э) «О повышении точности коммерческого и технического учета электроэнергии» существующий приборный парк индукционных счетчиков электроэнергии имеет низкую метрологическую надежность — выходит за пределы класса точности в течение межповерочного интервала. В числе мер по повышению точности учета предлагается переходить на электронные счетчики, прошедшие соответствующие сертификационные испытания.

Как измерительный прибор, счетчик позволяет снимать так называемые профили нагрузок — графики мощности в зависимости от времени. Профиль (график) нагрузки (рис. 7.26) — важная информация для сотрудников энергослужбы предприятия и электроснабжающей организации. Он позволяет оценить степень загрузки электрооборудования, выявить периоды с максимальным потреблением и выработать меры по выравниванию графика. В идеале следует стремиться к прямоугольному графику нагрузки. На практике вопрос ставится о снижении максимальных значений графика.

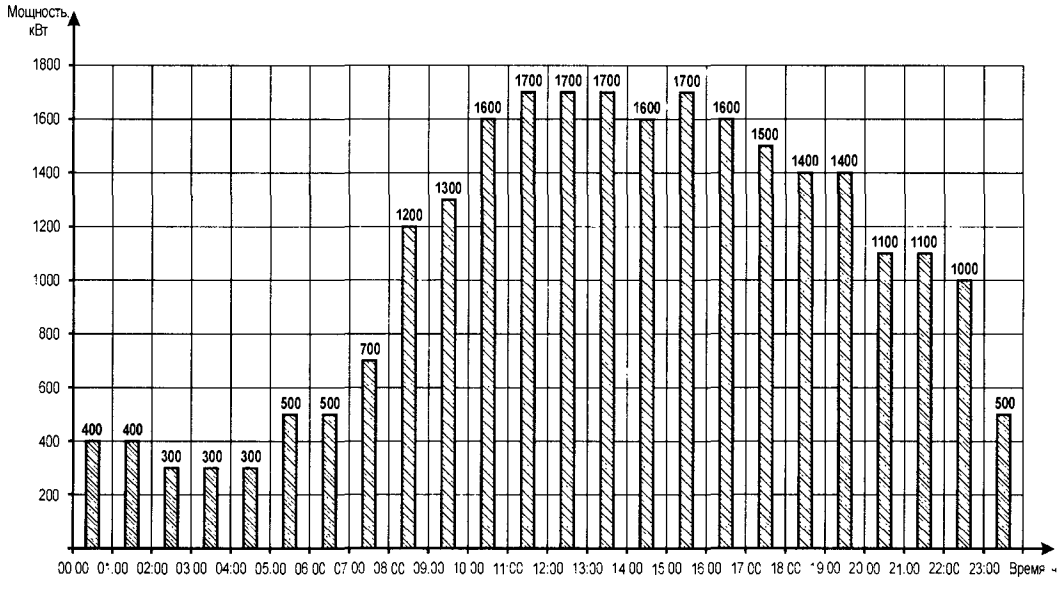


Рис.7.26. Пример суточного графика нагрузки

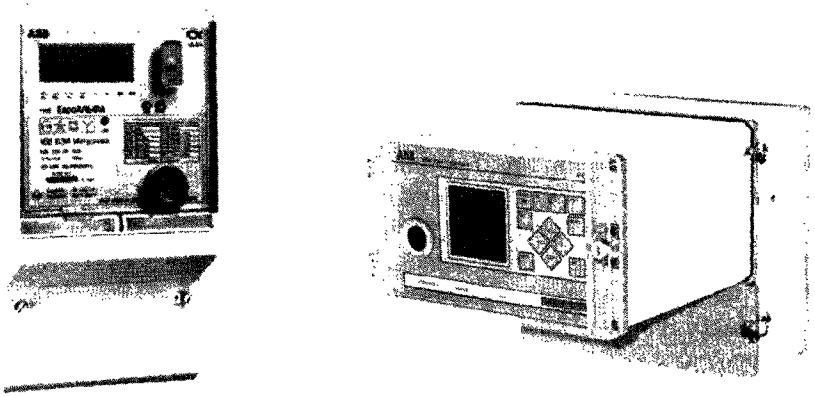
Процедура замера профиля нагрузки с помощью счетчиков сводится к съёму показаний с получасовым интервалом осреднения. Интеграция счетчиков в СДЭ позволит автоматизировать процесс замеров, исключит возможность ошибок.

Использование в составе СДЭ индукционных счетчиков возможно только в исполнении с импульсным выходом. Для этого счетчики оборудуются специальными импульсными приставками, а в большинстве случаев выпускаются уже с данной функцией. При этом полнота информации о характере электропотребления недостаточна, а в случае разрыва связи с устройствами сбора и передачи данных и вовсе теряется. Применение электронных (микропроцессорных) счетчиков (рис. 7.27, *а*) позволяет получать информацию не только о профиле (графике) нагрузки и потребленной электроэнергии, но и о параметрах режима и показателях качества электрической энергии (ПКЭ). Имеются модификации микропроцессорных счетчиков, хранящие в своей памяти измеренные данные и позволяющие их считать и передавать для дальнейшей обработки даже после полного отключения объекта. Микропроцессорные счетчики оснащены интерфейсами, позволяющими объединять их в автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) и интегрировать в СДЭ и АСДУ.

Микропроцессорные счетчики обладают следующими метрологическими и функциональными характеристиками:

- класс точности — из ряда 0,2 0,5 и 0,5 1,0 в зависимости от вида исполнения (промышленного или бытового);
- энергонезависимый встроенный таймер реального времени;
- возможность учета по разным тарифным зонам времени суток (минимум три зоны — дневная, ночная, пиковая);

- запись получасового максимума мощности;
- контроль показателей качества электроэнергии (для промышленного и мелкомоторного исполнения);
- регистрация параметров режима электрической сети (для промышленного и мелкомоторного исполнения);
- цифровой промышленный интерфейс RS-485 для программирования и чтения данных;
- многофункциональный встроенный индикатор (дисплей);
- энергонезависимая память для показаний энергопотребления и профилей нагрузки.



а) б)

Рис. 7.27. Компоненты АСКУЭ, внешний вид: *а*) микропроцессорный счетчик электроэнергии с функциями контроля ПКЭ; *б*) устройство сбора и передачи данных *(источник: АББ ВЭИ Метроника)*

Для создания расчетной и технической систем учета достаточно счетчиков и измерительных трансформаторов тока и напряжения, но для автоматизации процесса учета и выполнения диспетчерских функций этого оборудования недостаточно. Необходимо дополнить систему устройством сбора и передачи данных (УСПД). Для индукционных счетчиков с импульсными выходами УСПД фактически является не только устройством сбора, но и хранилищем показаний энергии и мощности каждого счетчика. При этом информация в УСПД может быть искажена и потеряна из-за внешних электромагнитных полей, вызывающих наводки и помехи, приводящие к нарушению работоспособности канала передачи импульсов.

Современные технологии сбора и передачи данных привели к созданию полностью цифровых УСПД (рис. 7.27, *б*), использующих промышленные протоколы обмена данных. В конце 80-х годов в промышленных системах реального времени стали широко применяться решения на базе цифрового интерфейса RS-485(422), специально ориентированного на подобные задачи. При использовании цифровой

технологии сбора данных устраняется уязвимое звено, которым является УСПД для счетчиков с импульсными выходами. Оно представляет собой промежуточный элемент и заметно влияет на надежность системы вследствие возможной потери информации. На базе УСПД строятся АСКУЭ с распределенной обработкой.

УСПД обеспечивает:

– сбор данных со счетчиков и датчиков первичных измерений;
– обработку первичных измерений;
– ведение архивов;
– контроль работоспособности локальной (объектовой) системы;
– коммуникацию с вышестоящими и локальными уровнями;
– защиту от несанкционированного доступа;
– настройку и конфигурирование под конкретный объект.

Цифровые технологии позволяют организовать автоматизацию учета и без применения УСПД. Микропроцессорный счетчик является полноценным хранилищем информации об энергопотреблении, системе остается только передать готовые обработанные цифровые данные в центр энергоучета на верхний уровень обработки (билинговая система). Однако, рассматривая систему коммерческого учета с позиций интеграции в СДЭ, необходимо предусмотреть надежное разграничение системы учета электроэнергии и СДЭ, исключающее вмешательство во внутреннее программное обеспечение микропроцессорного счетчика. Необходимость разграничения вызвана требованиями обеспечения невмешательства в коэффициенты и тарифные установки счетчиков, защиты канала передачи данных в центр энергоучета. УСПД способно выполнить роль шлюза, разграничивающего расчетную часть АСКУЭ и СДЭ.

На рис. 7.28 показана конфигурация АСКУЭ, соответствующая системе электроснабжения здания, представленной на рис. 5.5. В схеме присутствуют два расчетных счетчика по числу вводов. В данном случае счетчики должны быть трансформаторного включения, но на конфигурацию АСКУЭ схема включения счетчиков не влияет. Важно их количество и территориальное размещение. Функции УСПД состоят в сборе информации со счетчиков, дальнейшей обработке и передаче в АСКУЭ верхнего уровня и в СДЭ. АСКУЭ верхнего уровня решает задачу сбора платежей (билинговая система) в энергоснабжающей организации. В схеме присутствует автоматизированное рабочее место АСКУЭ. Оно не является обязательным, но входит в комплект поставки оборудования и программного обеспечения АСКУЭ.

Программное обеспечение АСКУЭ подразделяется на:

– служебное ПО для конфигурирования АСКУЭ;
– встроенное ПО УСПД;
– пользовательское ПО.

Служебное ПО необходимо на этапе инсталляции системы и заносит в память УСПД данные о системе и параметрах учета (сведения о тарифах, коэффициенты трансформации ТТ и ТН и т.д.). Встроенное ПО предназначено для осуществления обмена данными. Пользовательское ПО представляет наибольший интерес с

точки зрения службы эксплуатации и позволяет отображать параметры энергопотребления, вести архивы. Пользовательское ПО может разрабатываться под конкретный объект.

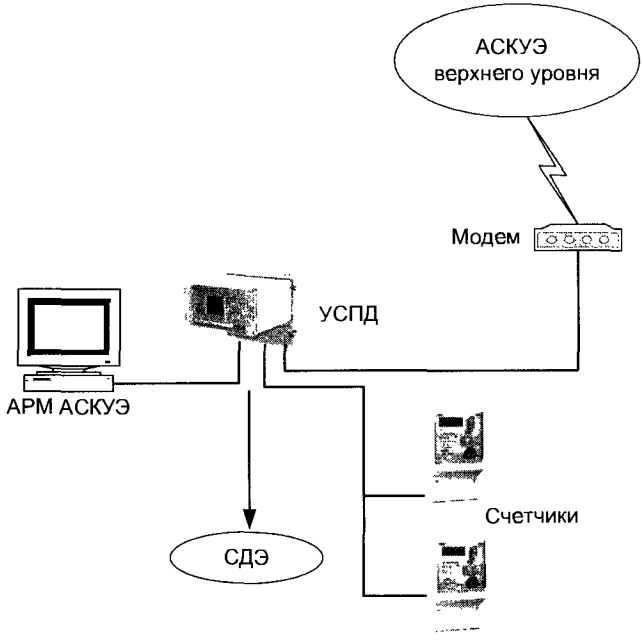


Рис. 7.28. Пример простейшей конфигурации АСКУЭ

Для структуры, изображенной на рис. 7.28, АРМ АСКУЭ является сервером сбора информации о режиме электропотребления. Подключение АРМ АСКУЭ к локальной сети объекта легко решает задачу сбора и передачи информации о режиме электропотребления в систему диспетчеризации электроснабжения. Модификации поставляемого пользовательского ПО АСКУЭ не требуется, поскольку базы данных параметров режима электропотребления доступны ПО СДЭ. Такая возможность предусмотрена в ПО. При комплексном проектировании системы электроснабжения заказ пользовательского ПО для АРМ не обязателен. Достаточно обеспечить стык УСПД с системой сбора данных СДЭ, разместить всю необходимую информацию на сервере СДЭ и обеспечить ее дальнейшую обработку, визуализацию и архивацию средствами ПО АСДУ. Визуализация обработанных данных, ведение архивов и составление отчетов в СДЭ производятся аналогично пользовательскому программному обеспечению, размещаемому на АРМ АСКУЭ (рис. 7.29).

Системы расчетного учета электроэнергии, обеспечивающие взаимные расчеты между покупателем и продавцом электроэнергии, должны отвечать требованиям Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Технические средства системы коммерческого учета, в том числе АСКУЭ, и системы учета в составе объединенной АСДУ (СДЭ) должны быть сертифицированы на утверждение типа средств измерений. По определению, Сертификат об утверждении типа

средств измерений — это документ, выдаваемый уполномоченным на то государственным органом, удостоверяющий, что данный тип средств измерений утвержден в порядке, предусмотренном действующим законодательством, и соответствует установленным требованиям. Технические средства системы технического учета такой сертификации не требуют, но должны иметь сертификат соответствия, так же как любое электрооборудование и кабельная продукция.

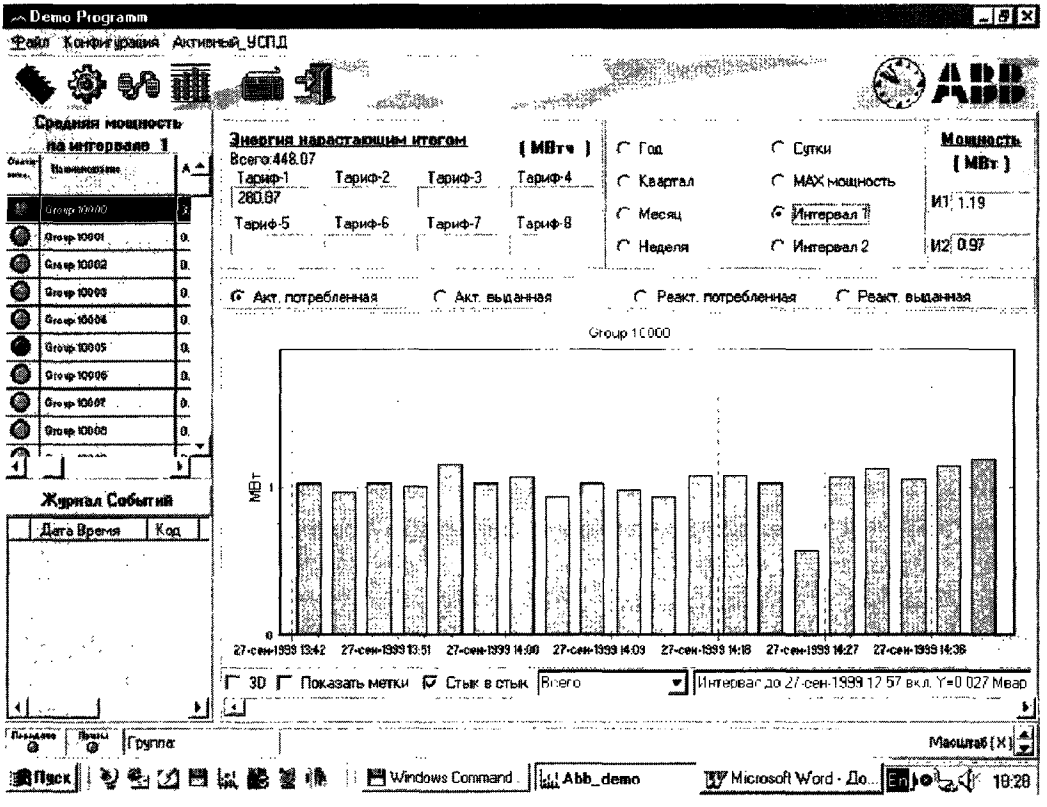


Рис. 7.29. Экранный кадр отчетной формы ПО АСКУЭ
(источник: АББ ВЭИ Метроника)

При выборе оборудования системы учета необходимо удостовериться, что компоненты системы – измерительные трансформаторы, счетчики, УСПД, АСКУЭ в целом, включая ПО и модемы, – имеют сертификаты утверждения типа средств измерений и соответствующие сертификаты соответствия. Также следует учитывать, что каждая конкретная энергосистема имеет свой утвержденный перечень-классификатор средств учета, который целиком не повторяет весь перечень средств учета, внесенных в Государственный реестр средств измерений. Это вызвано сложившимися связями с заводами-изготовителями, наличием у метрологической службы региона конкретного поверочного оборудования и рядом других причин.

При создании объектовой АСКУЭ необходимо получить технические условия в предприятии Энергосбыта.

При организации учета необходимо обеспечить меры по исключению несанкционированного доступа к цепям тока и напряжения измерительных трансформаторов и счетчиков. Выполнение этих мер контролируется инспекторами предприятия Энергосбыта. Конкретные требования к организации учета электроэнергии, в том числе предупреждению несанкционированного вмешательства в цепи учета, излагаются в ПУЭ (гл. 1.5) и региональных руководящих документах (например, РМ-2559. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях).

7.2.2. Структура и функции системы диспетчеризации электроснабжения

Система диспетчеризации электроснабжения (СДЭ) предназначена для оперативного управления электрооборудованием системы электроснабжения, осуществления экономичного и безаварийного режима работы, ведения учета электропотребления, контроля ПКЭ и параметров оборудования.

На рис. 7.30 изображена схема системы диспетчеризации электроснабжения. Для более доступного изложения материала по диспетчеризации и его связи с ранее изложенными сведениями по СОЭ схема СДЭ наложена на схему электроснабжения здания (см. рис. 5.5).

Электрооборудование системы электроснабжения обслуживается специальным контроллером (1), выполняющим функции сервера ввода/вывода. Для обеспечения доступа диспетчера к графическим экранам с мнемосхемами системы электроснабжения устанавливается специальный компьютер с web-сервером. Информационный обмен осуществляется через стандартные интерфейсы (RS-232, RS-485, 10/100 Base T, FTT 10), установленные в контролируемом оборудовании по открытым информационным протоколам (SNMP, LonTalk, MODBUS, Profibus) [30]. Для оборудования, поставляемого комплектно с блоками локальной автоматики, — источники бесперебойного питания (9), дизель-генераторные установки (10) — информационный обмен осуществляется через стандартные (штатные) интерфейсы, установленные на оборудовании. Объем информации, предоставляемой этим оборудованием, определяется техническими характеристиками и функциональными возможностями оборудования мониторинга ИБП и ДГУ (см. разд. 7.1.1 и 7.1.2). Компьютеры СДЭ объединены локальной вычислительной сетью и предоставляют информацию компьютерам, подключенным к ЛВС и имеющим стандартное ПО для доступа в Интернет (MS Explorer, Netscape Navigator). Предусмотрено по крайней мере одно автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера (7), при помощи которого имеется возможность получать данные о параметрах режима и схемы, сигналы аварийной сигнализации, а также вносить оперативные изменения в систему диспетчеризации. На АРМ диспетчера отображается информация по всем системам — СБЭ, СГЭ, СОЭ и системе учета электроэнергии.

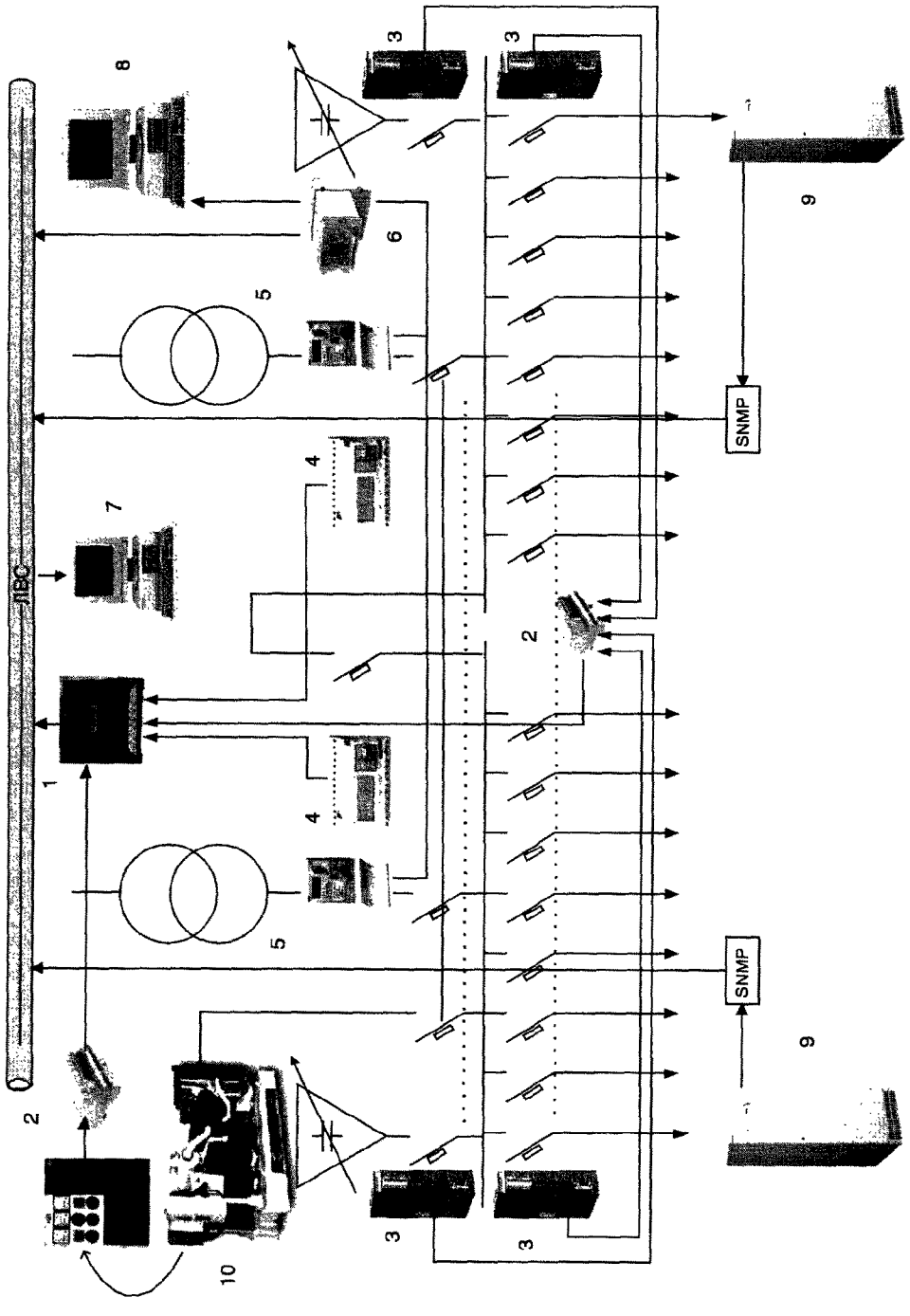


Рис.7.30. Система диспетчеризации электроснабжения

Система диспетчеризации электроснабжения, изображенная на рис. 7.30, состоит из различных устройств и оборудования, объединенного в систему. Некоторые составляющие (системы учета, мониторинга ИБП и ДГУ) способны действовать автономно, прочие функционируют только в составе СДЭ.

СДЭ имеет иерархическую многоуровневую структуру;

Уровень 1: первичные датчики и исполнительные устройства (3), измерители ПКЭ (4), счетчики электроэнергии (5), а также устройства согласования сигналов первичных датчиков с входами контроллеров сбора информации (на рисунке не показаны).

Уровень 2: контроллеры сбора информации (удалённые модули ввода/вывода) (2), интеллектуальные пульты и панели управления оборудованием (ИБП (9), ДГУ (10) и т.д.), станции мониторинга ИБП, ДГУ (на рисунке не показаны), устройства сбора и передачи данных (6), АРМ АСКУЭ (8). Обмен данными между этим уровнем и уровнем 3 осуществляется по интерфейсам RS-232 (422, 485) и открытым стандартным протоколам.

Уровень 3: сервер (серверы) ввода/вывода СДЭ. Сервер СДЭ (1) содержит средства организации обмена информацией с АРМ диспетчеров (7) (на базе локальной вычислительной сети) и контроллерами сбора информации (по объектовым шинам), а также специализированное программное обеспечение для сбора и архивирования информации, поступающей от инженерных систем. Сервер СДЭ передает оперативные данные персоналу объекта через другие информационные сети (УАТС, система голосового оповещения).

Уровень 4: АРМ диспетчеров (7). На этом уровне иерархии на рабочих станциях функционирует специализированное программное обеспечение для мониторинга и управления электрооборудованием. Связь на этом уровне осуществляется по ЛВС объекта.

СДЭ выполняет следующие общесистемные функции:

- обеспечивает получение оперативной информации о состоянии системы электроснабжения;
- обрабатывает текущую информацию и управляет системой электроснабжения здания и электрооборудованием в соответствии с заданными режимами работы;
- проводит документирование и регистрацию параметров процессов, происходящих в системе, а также действий диспетчеров энергослужбы;
- проводит автоматизированный учёт эксплуатационных ресурсов оборудования;
- обеспечивает возможность подключения к системе дополнительного оборудования, увеличения точек контроля и расширения функций управления без нарушения работы СДЭ.

Более подробно состав и содержание функций, выполняемых СДЭ, приводятся ниже.

В СДЭ предусматривается контроль параметров потребляемой электроэнергии. Диспетчеризация системы учета электроэнергии отдельно не выделяется и входит в диспетчеризацию СОЭ. Микропроцессорные счетчики электроэнергии позволяют получить в комплексе параметры, представленные на рис. 7.31:

– значения фазных токов и напряжений;
– значения активной и реактивной мощностей по фазам;
– cos φ по фазам;
– частоты сети;
– расход электроэнергии.

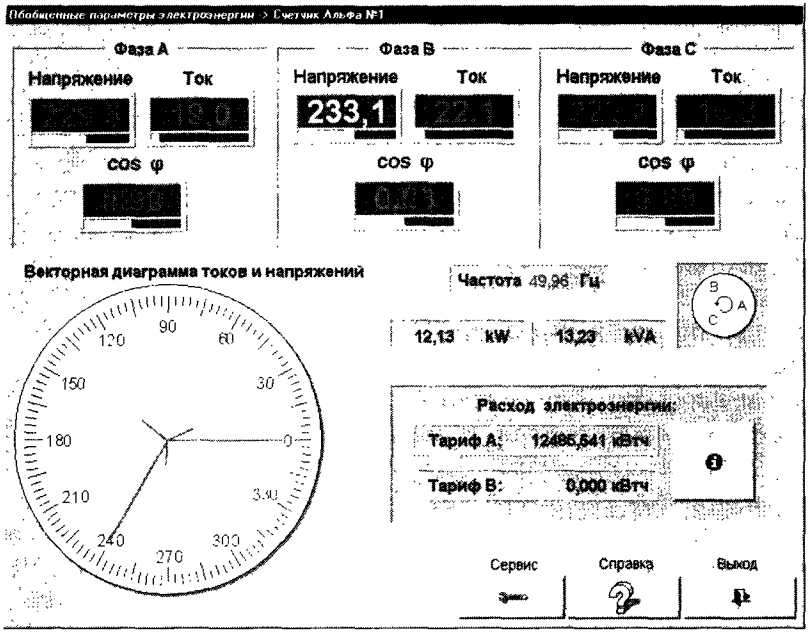


Рис. 7.31. Экранный кадр отображения параметров электроэнергии
(источник: ЭкоПрог)

Показатели качества электроэнергии контролируются микропроцессорными счетчиками с функциями контроля ПКЭ или специализированными приборами. Контролю подлежат ПКЭ, предусматриваемые ГОСТ 13109-97 (см. разд. 2.1.2).

Перечисленные параметры относятся к параметрам режима. В системе диспетчеризации мониторингу подлежат также параметры схемы (рис. 7.32). Под термином «параметры схемы» понимается положение защитно-коммутационных аппаратов и состояние источников электроснабжения.

На мнемосхеме осуществляется индикация состояния устройства АВР, вводных выключателей, общая сигнализация состояния секций ГРЩ. Для более детального ознакомления с состоянием секций или в случае возникновения неисправностей сигнализация состояний автоматических выключателей секций ГРЩ доступна для диспетчера при переходе к соответствующим экранным окнам (рис. 7.33). Интерфейс с пользователем в СДЭ организован по типу «всплывающих» окон, позволяя переходить от ГРЩ в целом к отдельным секциям и далее к распределительным щитам.

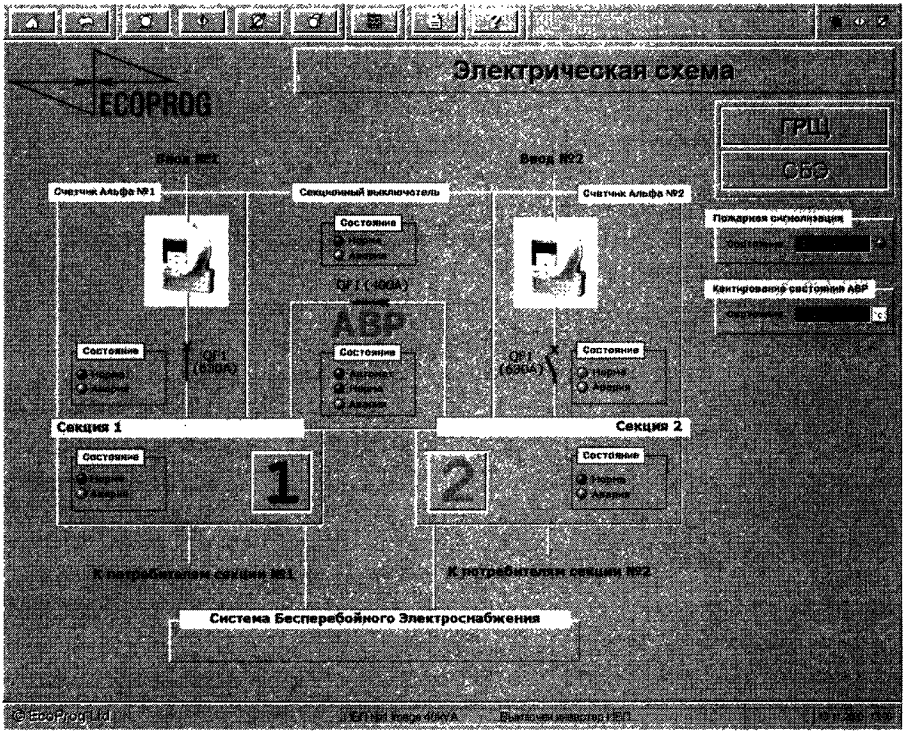


Рис. 7.32. Экранный кадр мониторинга состояния ГРЩ
(источник: ЭкоПрог)

Состояние защитно-коммутационных аппаратов индицируется положением условных обозначений и дублируется цветовой заливкой. Аварийное отключение выключателя отходящей линии или потеря секцией питания сопровождаются аварийной сигнализацией. Оперативные переключения, производимые персоналом непосредственно на ГРЩ, отображаются без подачи аварийной сигнализации. Дистанционное управление нагрузками предусматривается как в автоматическом режиме по программе контроллера СДЭ, так и по командам с АРМ диспетчера. Автоматическое управление реализует так называемый «виртуальный» щит (секцию) гарантированного электроснабжения (см. разд. 5.3). Алгоритм управления закладывается в энергонезависимую память контроллера сбора информации (1 на рис. 7.30). Программирование управления отходящими линиями, подлежащими отключению при переходе системы электроснабжения в автономный режим (питание от ДГУ), осуществляется с АРМ диспетчера СДЭ.

Диспетчеризация СБЭ предусматривает контроль параметров ИБП (см. разд. 7.1.1) и состояния распределительных устройств аналогично диспетчеризации СОЭ. Дистанционное управление ИБП осуществляется в ранее оговоренных случаях с соблюдением правил авторизации.

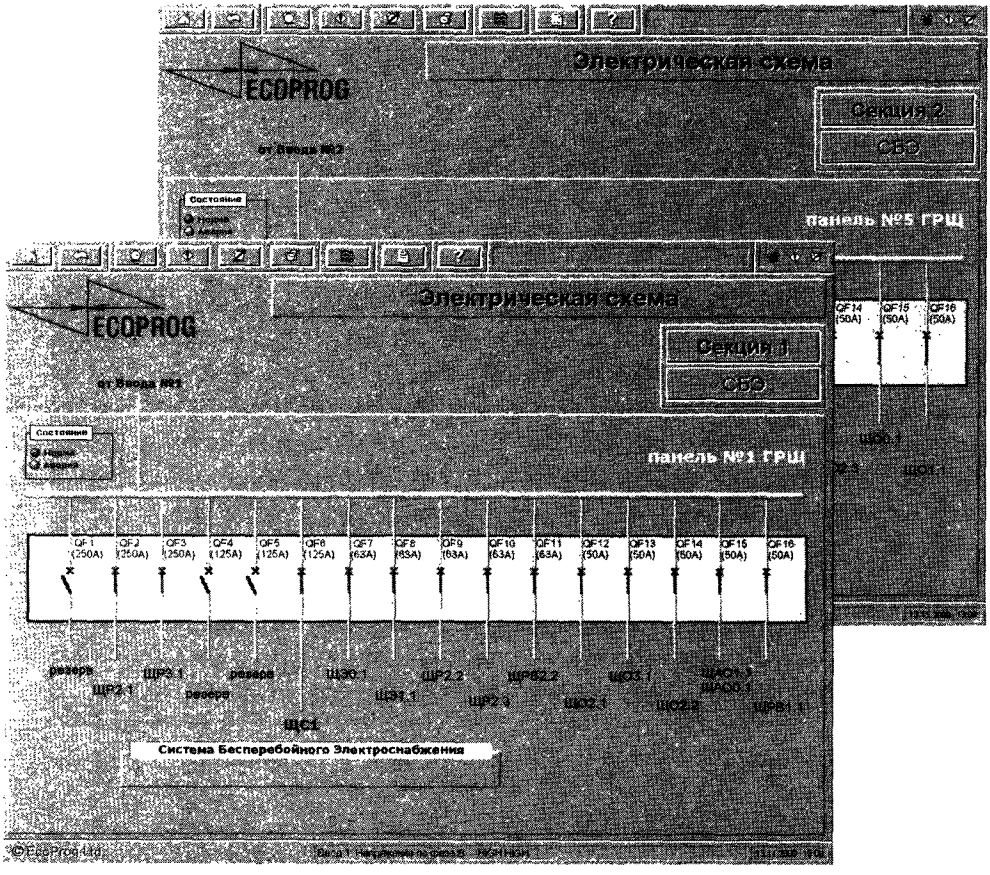


Рис. 7.33. Экранные кадры мониторинга состояния секций ГРЩ
(источник: ЭкоПрог)

На мнемосхеме (рис. 7.34) осуществляется индикация состояний автоматических выключателей в щитах СБЭ. Дистанционное управление нагрузками (аналогично ранжировщику нагрузок) производится по программе или в ручном режиме с АРМ диспетчера СДЭ. Дистанционный контроль за работой источников бесперебойного питания охватывает следующие параметры режима:

- напряжения и токи в фазах на входе;
- напряжения по фазам на инверторе;
- частоту на выходе ИБП;
- нагрузку ИБП;
- ток заряда АБ;
- напряжение АБ;
- температуру АБ;
- время автономной работы.

На экран выводится информация о состоянии ИБП: работа от батарей, работа на байпасе. Осуществляется запись файлов событий и параметров режима (рис. 7.14, 7.15).

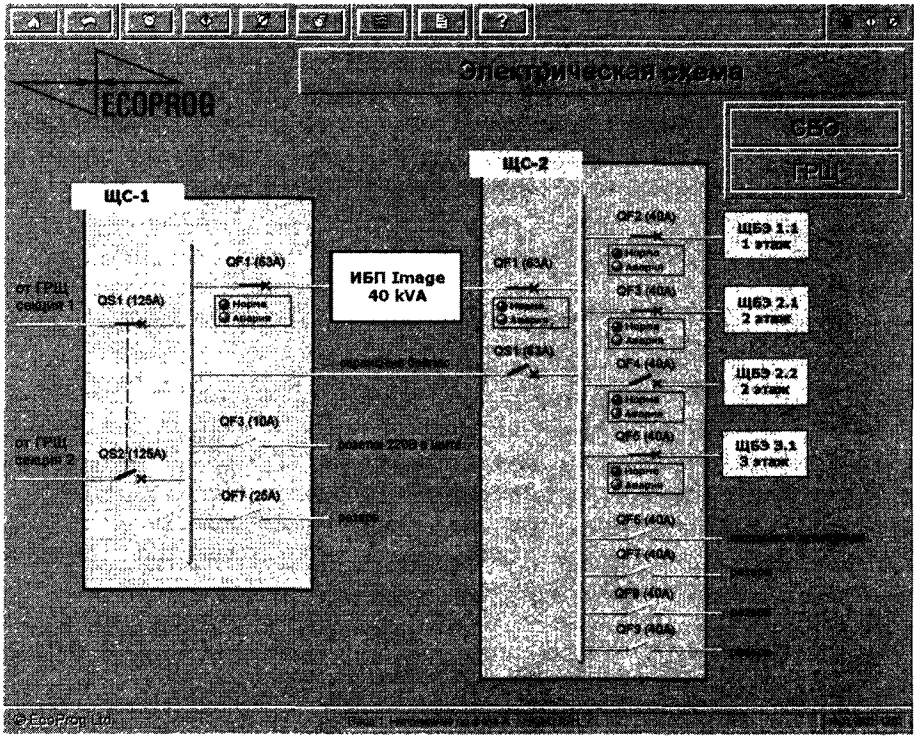


Рис. 7.34. Экранный кадр мониторинга состояния распределительных щитов СБЭ *(источник: ЭкоПрог)*

Диспетчеризация СГЭ предусматривает (рис. 7.35):
- контроль напряжения, токов и частоты на вводе АВР ДГ;
- контроль частоты вращения ДГУ;
- контроль нагрузки на генераторе;
- сигнализацию низкого давления масла;
- сигнализацию перегрева охлаждающей жидкости;
- сигнализацию нормальной работы;
- выявление неисправностей при пуске ДГУ;
- сигнализацию аварийного останова;
- контроль напряжения на стартерной аккумуляторной батарее;
- регистрацию уровня топлива в дополнительном баке;
- запуск ДГ в ручном режиме.

С АРМ диспетчера СДЭ осуществляется доступ к электронному журналу панели управления ДГУ. Запись файлов событий и параметров режима ДГУ производится аналогично этим действиям для ИБП.

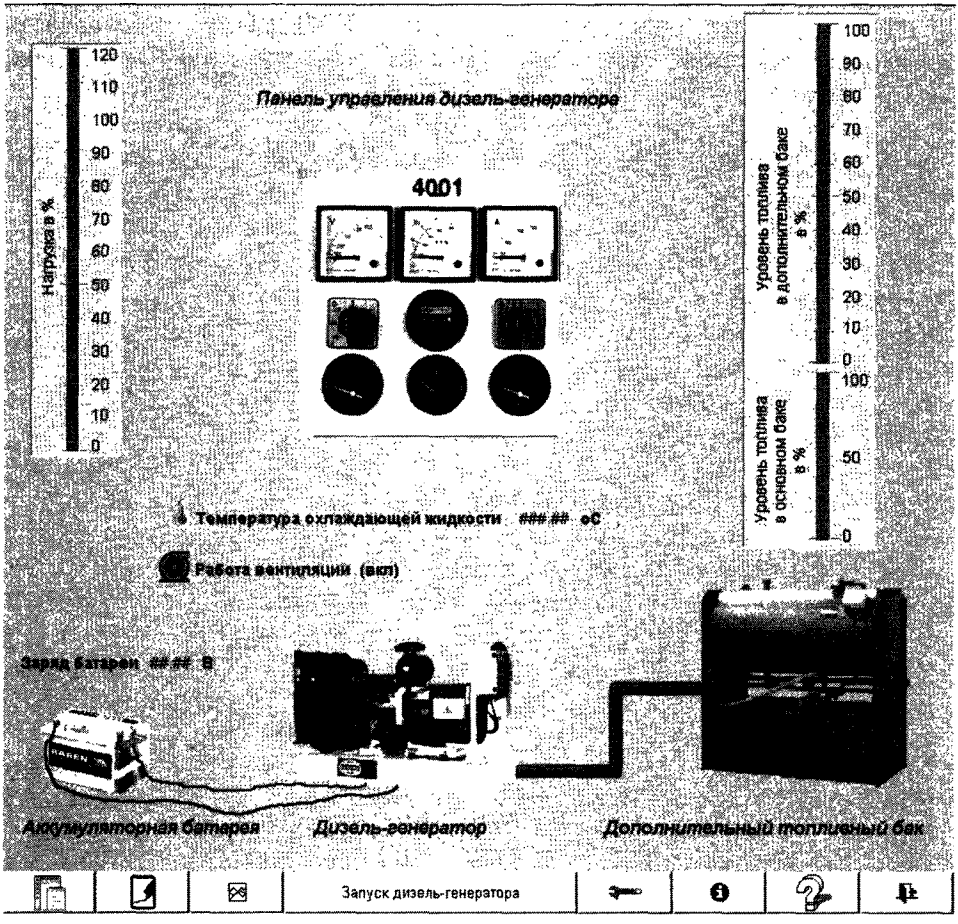


Рис. 7.35. Экранный кадр мониторинга СГЭ
(источник: ЭкоПрог)

7.2.3. Технические средства и программное обеспечение

Важной функциональной особенностью СДЭ является её построение по принципу «открытой» архитектуры, когда в её состав могут интегрироваться компоненты различных производителей, работающие по различным протоколам и стандартам. При этом функционирование интегрируемых систем осуществляется в их штатном режиме, не оказывая взаимного влияния на совместную работу СДЭ в целом и входящих в неё систем. Такая особенность становится исключительно важной при включении в состав СДЭ систем коммерческого учета электроэнергии или переходе отдельных систем мониторинга (ИБП, ДГУ) в автономный режим функционирования при нарушениях в работе сервера СДЭ, АРМ диспетчеров или сбоях в ЛВС.

Информационный обмен в СДЭ осуществляется:
- по локальной вычислительной сети между АРМ диспетчера и сервером ввода/вывода СДЭ;
- по сети сбора данных и управления между сервером ввода/вывода СДЭ и контроллерами сбора информации и управления оборудованием инженерных систем.

Информационный обмен между контроллерами сбора информации и управления оборудованием инженерных систем здания и техническими средствами объектов автоматизации осуществляется по:
- релейному интерфейсу («сухие» контакты);
- последовательному интерфейсу RS-232 (422, 485);
- информационной шине в соответствии со стандартами LonWorks MODBUS, Profibus.

Текущие переменные и накопленные данные хранятся на сервере ввода/вывода СДЭ. Информация представляется на экранах АРМ диспетчеров в виде мнемосхем, графиков изменения процессов во времени, диаграмм, текстовых сообщений и числовых значений. Время обновления информации на экранах определяется в соответствии с параметрами контролируемого технологического оборудования. Информация об аварийных сигналах в системе дублируется звуковым сигналом.

В математическом обеспечении СДЭ применяются алгоритмы, осуществляющие управление системами электроснабжения здания в соответствии с заранее разработанными сценариями. Типовой сценарий разгрузки ГРЩ при переходе системы электроснабжения в автономный режим был рассмотрен в разд. 5.3. Для анализа качества электроэнергии в СДЭ используются штатные алгоритмы и программное обеспечение производителя технических средств контроля. Обработка полученных данных производится по методике ГОСТ 13109-97.

СДЭ строится на базе различных технических средств (рис. 7.30). В качестве серверов ввода/вывода (1) применяются промышленные компьютеры, в качестве АРМ диспетчеров (7, 8) — персональные компьютеры. Для управления электрооборудованием применяются контроллеры сбора информации и управления (2), включая модули ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов (3), поддерживающие протокол LonWorks [30]. Для контроля параметров качества электроэнергии используются специализированные интеллектуальные устройства (4) и микропроцессорные счетчики электроэнергии (5). Для интеграции системы учета электроэнергии в СДЭ применяется УСПД (6). Для контроля режимов работы оборудования используются дополнительные «сухие» контакты (контактные группы), последовательные интерфейсы ИБП (9) и микропроцессорных панелей управления ДГУ (10).

Программное обеспечение СДЭ строится на базе программного обеспечения общего назначения — операционной системы MS Windows 2000 и работающих под её управлением MS Explorer, Netscape Navigator, а также на базе пользовательского ПО АРМ диспетчеров.

Дополнительно в составе системы используется программное обеспечение, поставляемое производителями для конфигурирования технических средств, применяемых в СДЭ, в том числе ПО АСКУЭ.

7.3. Автоматизированная система диспетчерского управления здания

7.3.1. Назначение и состав системы

Система диспетчеризации электроснабжения объединяет СБЭ, СГЭ и СОЭ на уровне их систем мониторинга, способных функционировать как самостоятельные системы. Обеспечение управления электроснабжением в целом достигается интеграцией отдельных систем. Следующим шагом интеграции для оптимального управления инженерной инфраструктурой объекта является создание объединенной системы диспетчерского управления (АСДУ).

Инженерные системы здания функционируют совместно, в едином технологическом цикле, обеспечивая в итоге комфортную и безопасную среду для персонала и штатные условия функционирования для инфокоммуникационного оборудования. Согласованное управление инженерными системами здания позволяет оптимально и эффективно обеспечить жизнедеятельность персонала и работу оборудования.

Комплексная автоматизация учета и обработки информации позволяет если не исключить совсем ошибки персонала, то, по крайней мере, в значительной степени минимизировать последствия этих ошибок, повысить общую надежность функционирования инженерных систем.

Объединенная АСДУ административного здания предназначена для решения следующих задач:

- дистанционного мониторинга инженерных систем здания с целью всестороннего наблюдения за технологическими процессами, происходящими в здании;
- эффективного управления инженерными системами здания;
- сбережения энергоресурсов, потребляемых в здании за счет оптимизации управления системами здания.

АСДУ должна обеспечивать:

- мониторинг и управление удаленными объектами;
- оперативное взаимодействие служб здания при проведении профилактических работ;
- оптимизацию численного состава и организационной структуры персонала, обслуживающего инженерные системы;
- оперативную адаптацию к изменениям структуры служб;
- поэтапный ввод системы;
- автоматизированный учет потребления энергоресурсов;
- регистрацию процессов, происходящих в системе.

В состав объединенной АСДУ, представленной на рис. 7.36, входят следующие системы:

- мониторинга и управления электроснабжением и освещением;

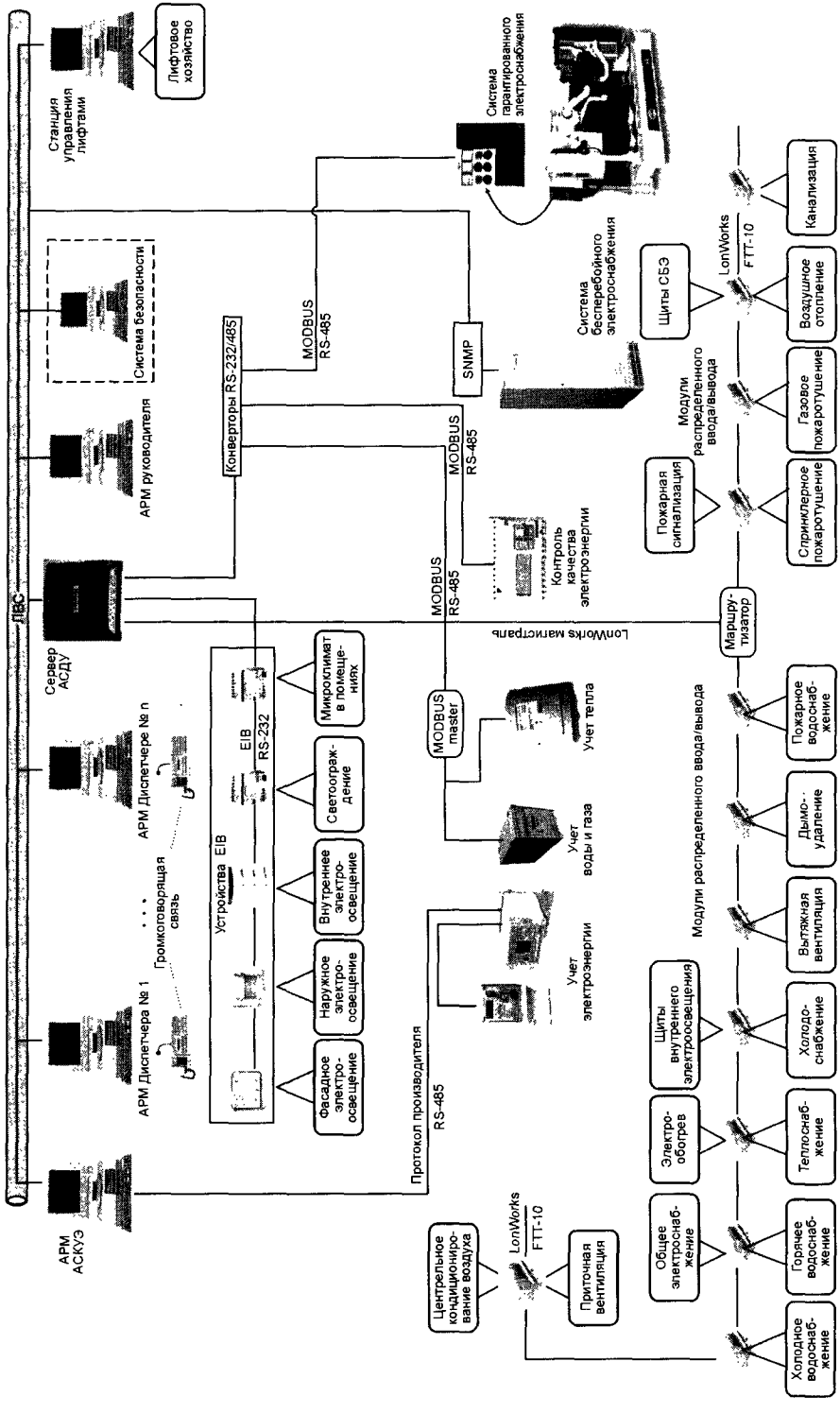


Рис. 7.36. Объединенная АСДУ *(источник: ЭкоПрог)*

– мониторинга и управления водоснабжением;
– мониторинга и управления вентиляцией и кондиционированием;
– учета энергоресурсов;
– безопасности;
– мониторинга лифтов.

Вследствие того что функционирование инженерных систем здания взаимосвязано – состояние одной инженерной системы влияет на состояние другой, администратор здания и службы эксплуатации должны иметь необходимую информацию о смежных инженерных системах, которые могут оказывать взаимное влияние. Информация о состоянии инженерных систем нужна также администраторам ЛВС и других инфокоммуникационных систем здания, обеспечивающих технологические и бизнес-процессы организаций, находящихся в здании.

Диспетчер АСДУ имеет возможность получать полную информацию по всем инженерным системам и решает следующие задачи:

– просмотр мнемосхем с активной динамической информацией;
– запрос мнемосхемы объекта;
– просмотр графиков и таблиц значений измеренных параметров;
– запрос всевозможных справочных документов (ведомости отклонений от нормального режима, архивы);
– отслеживание изменений состояния элементов оборудования инженерных систем (коммутационных аппаратов, насосов, задвижек, аварийно-предупредительной сигнализации и т.д.) посредством мнемосхем;
– печать справочных материалов;
– установка и запрос файлов параметров режима и событий для соответствующей инженерной системы;
– выдача заданий исполнителям и контроль за их выполнением.

Объединение автоматизированных рабочих мест руководителей и диспетчерских служб здания в единую сеть предназначено для решения следующих задач:

– получение оперативной информации руководителями служб и всего комплекса о состоянии технологических систем здания;
– оперативное взаимодействие служб здания при планировании и проведении профилактических и ремонтных работ технологического оборудования;
– документирование и регистрация технологических процессов, а также действий диспетчеров служб;
– организация автоматизированного коммерческого учета ресурсов (электроэнергии, воды и тепла);
– организация автоматизированного учета эксплуатационных ресурсов технологического оборудования и его своевременного технического обслуживания;
– разграничение полномочий и ответственности служб за принятые решения;
– быстрая адаптация к изменениям структуры служб здания;
– поэтапное наращивание мощности.

7.3.2. Принципы построения системы

Основные принципы построения объединенной АСДУ:

- использование единой структурированной кабельной сети (СКС) здания;
- создание структурированной иерархической системы управления и сбора информации;
- концентрация и распределение информации в соответствии с потребностями и полномочиями;
- комплексная автоматизация учета и обработки информации контрольно-измерительных приборов;
- интеграция с автоматизированными системами управления и информационными системами;
  применение оборудования инженерных систем со встроенными функциями мониторинга и управления;
- унификация оборудования и информационного обеспечения, типизация проектных решений.

Объединенная АСДУ (рис. 7.36) — распределенная система, содержащая центральный сервер АСДУ и модули распределенного ввода/вывода. С модулями распределенного ввода/вывода по информационной сети связаны датчики контроля и измерения, устройства управления узлами и агрегатами систем инженерного оборудования здания. При этом сервер АСДУ оснащен программным обеспечением с функциями централизованного сбора данных мониторинга, их обработки и выдачи управляющих сигналов на устройства управления узлами и агрегатами систем инженерного оборудования здания.

В объединенной АСДУ присутствует как минимум одно автоматизированное рабочее место диспетчера, которое связано по локальной вычислительной сети с сервером АСДУ или по выделенному каналу — с соответствующим контроллером. Это обеспечивает локальный мониторинг и управление узлами и агрегатами по крайней мере одной функционально самостоятельной частью инженерного оборудования здания, например АСКУЭ. Дополнительные АРМ диспетчеров, АРМ руководителей и станции мониторинга систем безопасности связаны между собой и с сервером АСДУ по локальной вычислительной сети.

При разработке объединенной АСДУ и ее дальнейшей эксплуатации применяется программное обеспечение систем сбора данных и диспетчерского управления SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Производителей SCADA-систем достаточно много, в том числе:

- CitectScada, разработчик — корпорация Citect (Австралия);
- TraceMode, разработчик — AdAstra Research Group, Ltd (Россия);
- WinCC, разработчик — фирма Siemens (Германия);
- EBI, разработчик — фирма Honeywell (США, австралийское отделение);
- InTouch, разработчик — фирма Wonderware (США).

ПО на базе SCADA-систем позволяет просматривать в динамическом режиме состояния систем, оборудования и отдельных узлов, вносить управляющие воздействия, формировать отчетную документацию. Используя графический редактор

специализированного ПО SCADA, можно создавать на экране дисплея мнемосхемы, которые необходимы для отображения контролируемых процессов. При создании мнемосхем программист может воспользоваться готовыми элементами из библиотеки графических символов. Если библиотека пакета не содержит необходимого элемента, то программист может сам создать элемент и занести его в библиотеку.

Каждый объект мнемосхемы на экране дисплея может быть представлен как динамический, т.е. менять цвет, мигать, изменять размеры, свое расположение и т.д. Для этого необходимо, чтобы этот объект был связан через базу данных с конкретным адресом в управляющем контроллере. С помощью ПО на базе SCADA-систем можно задавать команды управления конкретным элементом объекта автоматизации (например, краном, двигателем, задвижкой, вентилем и т.д.).

Если мнемосхема объекта автоматизации не размещается на одном экране дисплея, то программист может создать несколько мнемосхем, которые могут вызываться оператором для просмотра и управления объектом и возвращаться к первоначальной мнемосхеме или к любой другой, доступ к которой разрешен. Количество мнемосхем ограничено только объемом жесткого диска компьютера. Пример мнемосхем приводится на рис. 7.14, 7.32–7.35.

При отображении мнемосхемы на экране дисплея в динамическом режиме система автоматически связывается с управляющим контроллером инженерного оборудования (контроллером нижнего уровня) через базу данных. Для связи с контроллерами основных фирм-изготовителей имеется набор драйверов для наиболее распространенных контроллеров с нестандартными протоколами обмена. В случае отсутствия в списке необходимого драйвера можно создать его самостоятельно, применив построитель драйверов (опция программного пакета SCADA-систем).

Оператор может наблюдать за текущими значениями контролируемых параметров, состояниями аварийных и других объектов, осуществлять при необходимости ручное управление, изменять коэффициенты регулирования и т.д. Управление объектом автоматизации оператор может осуществлять с помощью манипулятора типа «мышь», с функциональной клавиатуры, со стандартной клавиатуры или со специального пульта управления.

Для работы с контроллерами нижнего уровня создается база данных, которая представляет собой перечень аналоговых и дискретных сигналов. Каждый сигнал может быть определен как «только для чтения», «только для записи» или «для чтения/записи». Это означает, что контроллеры, для которых определен сигнал «только для чтения», могут только мониторировать оборудование, а контроллеры, для которых определены сигналы «только для записи» или «для чтения/записи», могут управлять или мониторировать и управлять оборудованием. Каждый сигнал имеет свой адрес, по которому происходит обращение сервера АСДУ к контроллеру нижнего уровня. Количество элементов в базе данных определяется необходимым количеством контролируемых и управляющих сигналов. Перечень этих сигналов задается техническим заданием, доступ к элементам базы осуществляется со стороны управляющих контроллеров.

Внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления позволяет получить вполне ощутимый экономический эффект. Например, использование цифро-

вых приборов учета электроэнергии приносит экономию 3% только за счет повышения точности снимаемых данных. В случае же применения многотарифных электросчетчиков экономия возрастает до 10%. Использование частотных приводов дает ежемесячную экономию электроэнергии до 20% (применительно к тем технологическим установкам, где используется подобный привод). Применение систем оптимизированного потребления тепла (с рециркуляцией теплоносителя) дает экономию до 30%. Использование систем управления освещением и отоплением с применением EIB дает экономию по сравнению с традиционными системами до 60%.

Кроме непосредственной экономии средств, применение автоматизированных систем мониторинга и учета приносит и большой косвенный экономический эффект потребителю, так как значительно снижаются или исключаются совсем штрафные платежи поставщику ресурсов за нарушения договорных обязательств (превышение лимита расхода ресурса, превышение температуры обратной сетевой воды, занижение значения cosφ при потреблении электроэнергии и др.). Эти нарушения являются следствием несвоевременного получения потребителем информации о текущем состоянии инженерных систем, уровне потребления конкретных ресурсов и неполноты получаемых данных.

7.4. Автоматизированная система управления электроснабжением

Существующие средства управления инженерными системами можно разделить на следующие группы:

- системы управления сложными инженерными сооружениями и технологическими процессами (например, SCADA-системы);
- системы управления инженерными системами в офисных и жилых помещениях;
- простейшие системы для управления бытовыми приборами в жилых помещениях.

Наибольшее распространение получили системы для управления инженерными системами в офисных и жилых помещениях. К этой группе систем может быть отнесена представленная на рис. 7.36 совокупность устройств, составляющая автоматизированную систему электроснабжения EIB.

В Европе лидирующее положение среди этого класса систем занимает автоматизированная система EIB (Europian Installation Bus — европейская установочная шина). EIB — это общеевропейский стандарт международной ассоциации EIBA (Europian Istallation Bus Association), объединяющей ведущих европейских производителей электрооборудования.

Система EIB предназначена для управления различными электрическими приборами, освещением, жалюзи, микроклиматом и может служить средством сбора информации и средой передачи данных для других систем автоматизации.

Система EIB использует для передачи команд управления и сбора данных всего один кабель («витая пара»), соединяющий все устройства. Это значительно снижает затраты на кабельные соединения. Кабель «витая пара» является одновременно и питающим кабелем для устройств, и средой передачи данных между

устройствами. Питание устройств осуществляется на постоянном токе напряжением 24 В, что обеспечивает электробезопасность и снижает вероятность возникновения пожара.

Система EIB имеет иерархическую структуру. Нижним звеном EIB является линия (рис. 7.37). Каждая линия может содержать до 64 устройств с отдельным для каждой линии источником питания 24 В. Ограничение на количество устройств в линии обусловлено нагрузочной способностью источников питания. Максимальная длина линии не может превышать 1000 м, причем максимальная длина между двумя устройствами должна быть до 700 м, а расстояние между источником питания и устройством EIB — до 350 м. До 12 линий могут объединяться в сегмент посредством специальных устройств — линейных соединителей. Внутри сегмента линии объединяются главной линией. 15 сегментов могут объединяться в систему EIB линией соединения сегментов, которая имеет такие же ограничения, как для сегментов и линий, т.е. 1000, 700 и 350 м. Физическое соединение осуществляется по любой топологии: звезда, шина, дерево. Недопустимым является соединение в кольцо. Максимально система EIB может состоять из 46080 устройств.

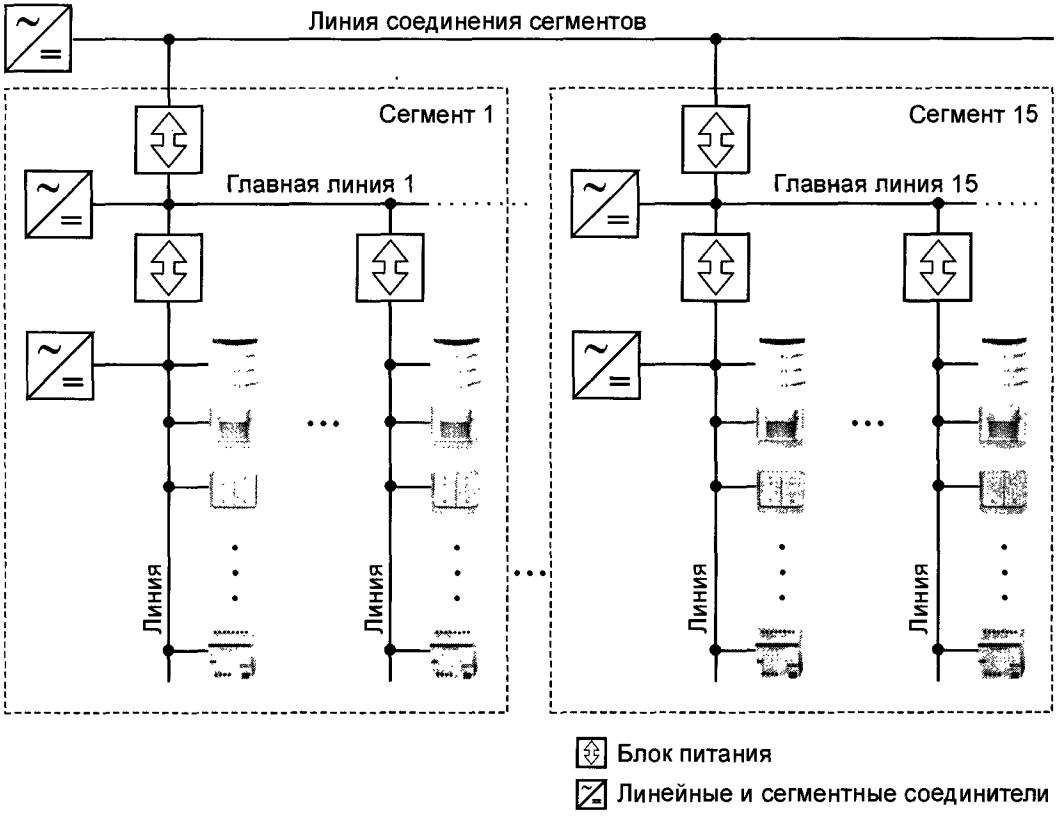


Рис. 7.37. Структура системы EIB *(источник: ABB)*

В состав системы входят: управляющие устройства, исполнительные устройства и устройства, обеспечивающие работу системы и расширяющие ее возможности. Все входящие в систему устройства подключаются к блоку питания постоянного тока напряжением 24 В и имеют физические и логические адреса. Для объединения линий и сегментов, как уже упоминалось, используются линейные и сегментные соединители. Вместе с функциями хранения адресов и осуществления информационного обмена между устройствами соединители производят гальваническое разделение линий и сегментов, обеспечивая таким образом локализацию поврежденных участков в случаях коротких замыканий в линии.

Наиболее многочисленна по составу группа исполнительных устройств и входных устройств – датчиков (сенсоров). Эти устройства могут устанавливаться в межпотолочных пространствах, нишах, электрических щитах. Устройства предназначены для подключения к обычным электрическим выключателям, кнопкам, различным датчикам, в том числе к специальным датчикам EIB. Это могут быть датчики температуры, освещенности, силы тока, реле наличия напряжения и т.д. Входное устройство при получении сигнала от датчика или управляющего воздействия от выключателя или кнопки формирует так называемую телеграмму. Телеграмма содержит информацию об устройстве, которое ее послало, об устройстве (группе), которому эта телеграмма предназначена, задания и приоритеты выполнения. Исполнительные устройства управляют нагрузками в соответствии с полученными телеграммами. Исполнительные устройства также могут устанавливаться в различных местах, включая электрические щиты. Простейшие устройства, называемые активаторами, могут включать и выключать электроприемники. Более сложные устройства могут регулировать ток нагрузки, обеспечивая плавное регулирование работы электроприемников. Все устройства могут быть многоканальными, т.е. получать сигналы и управляющие воздействия от нескольких датчиков и органов управления и управлять несколькими электроприемниками.

Наконец, EIB включает устройства, позволяющие осуществить связь (стык) с другими информационными системами, например с ЛВС или телефонными линиями. В нормально режиме EIB-система может работать автономно, но для инсталляции и переконфигурирования системы в процессе работы необходимо подключение к компьютеру. Подключение осуществляется специальным устройством через интерфейс RS-232. Информация о состоянии устройств и электрические параметры, измеренные датчиками, передаются на АРМ диспетчера.

Следует отметить, что специальная прокладка кабеля для EIB в здании не требуется, поскольку для этих целей может использоваться существующая структурированная кабельная система (СКС) вычислительной сети и телефонии. Необходима прокладка кабеля только для подвода витой пары к конкретному устройству EIB в пределах одного помещения.

Применение системы EIB может быть весьма широким и наращиваться по мере ее распространения на большинство инженерных систем здания.

Система EIB управляется локально — по сигналу, от датчиков, кнопками, выключателями и централизованно по командам диспетчера с его автоматизированного рабочего места.

Глава 8

Электромашинные помещения

8.1. Общие требования

По определению Правил устройства электроустановок (ПУЭ), электромашинными помещениями (ЭМП) называются помещения, в которых совместно могут быть установлены электрические генераторы, вращающиеся или статические преобразователи, электродвигатели, трансформаторы, распределительные устройства, щиты и пульты управления, а также относящееся к ним вспомогательное оборудование, обслуживание которых производится персоналом, отвечающим требованиям гл. 1.1 ПУЭ (см. гл. 9).

В нашем случае, в полном соответствии с ПУЭ, в электромашинных помещениях помимо перечисленного электрооборудования могут быть установлены ИБП и системы постоянного тока, являющиеся статическими преобразователями, а также относящееся к ним вспомогательное оборудование (например, кондиционеры-охладители воздуха). Помещения для размещения оборудования резервной дизельной электростанции (РДЭС), которая в общем случае состоит из одной или нескольких ДГУ и включает электрические щиты и вспомогательное оборудование, также относятся к ЭМП. Эти помещения относятся к машинным залам (машинным залам электростанций) и предназначены для размещения первичных двигателей и электрооборудования.

Электромашинные помещения в соответствии с классификацией норм пожарной безопасности (НПБ) (табл. 8.1) следует относить к помещениям категорий, определяемых РД 34.03.350-98 (табл. 8.2).

Для типичной системы электроснабжения здания, в состав которой входят РДЭС без дополнительных топливных баков, ГРЩ и ИБП с герметичными аккумуляторами, категории помещений будут следующими: В4 — для ГРЩ, В4 — для помещений ИБП, Г — для РДЭС.

Определение категорий ЭМП важно на этапе проектирования для выдачи строительных заданий проектировщикам строительной части проекта.

В соответствии с требованиями ПУЭ в ЭМП должны быть предусмотрены сети питания переносных светильников и электроинструмента, а также машин для уборки помещений. Для питания переносных светильников должно применяться напряжение не выше 42 В. Электромашинные помещения должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим и чистым сжатым воздухом от передвижного компрессора, а также промышленным передвижным пылесосом для сбора пыли.

Таблица 8.1. Классификация категории взрывной и пожарной опасности помещений по НПБ 105-95

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в количестве, образующем взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 Пожароопасные (разделение на категории регламентируется удельной пожарной нагрузкой)	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть только при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Таблица 8.2. Классификация категории взрывной и пожарной опасности помещений энергетических объектов по РД 34.03.350-98

№ п/п	Наименование помещений	Условия производства	Кат.	Примечание
1	Дизельная электростанция			
1.1	Помещение баковой дизельного топлива	Хранение дизтоплива с температурой вспышки выше 28 °С	Б	Без аварийной вентиляции
1.2	Помещение баковой дизельного топлива	Хранение дизтоплива с температурой вспышки выше 28 °С	В1	С аварийной вентиляцией
1.3	Машинный зал	Сжигание жидкого топлива	Г	
2	Помещения электрощитовых	Трудногорючие материалы	В4	
3	Помещения стационарных негерметичных АБ	Выделение водорода	А	Может быть принята категория Д при расчетном обосновании
4	То же с аварийной вентиляцией	Выделение водорода	Д	Автоматический пуск вентиляции
5	Помещение стационарных герметичных аккумуляторных батарей (АБ)	Без выделения водорода	Д	С общеобменной вентиляцией
6	Трансформаторные камеры с маслонаполненными трансформаторами	Горючие масла	В1	
7	То же с сухими трансформаторами	Негорючие вещества	Д	
8	Помещения с преобразовательным электрооборудованием постоянного и переменного тока	Горючие вещества в малом количестве	В4	Системные блоки ИБП и выпрямители систем постоянного тока

Ширина проходов и расстояние оборудования от стен и несущих конструкций должны соответствовать ПУЭ. Важное требование при этом — соблюдение минимальной ширины проходов между электрооборудованием и строительными конструкциями — 80 см.

Сквозной проход через ЭМП трубопроводов, содержащих взрывоопасные газы, горючие или легковоспламеняющиеся жидкости, по требованиям ПУЭ не допускается. Это не относится к топливопроводам ДГУ. Трубопроводы с водой не должны иметь внутри помещения фланцев, задвижек, ревизий. Холодные трубопроводы должны иметь защиту от отпотевания, горячие трубопроводы — тепловую несгораемую изоляцию в тех местах, где это необходимо для защиты персонала или оборудования, трубопроводы – отличительную окраску.

Размещение ЭМП непосредственно под санузлами, ваннами, саунами и т.п. не допускается. При размещении ЭМП в подвальных помещениях необходимо предусмотреть устройство дренажа, а при необходимости – гидроизоляции. Рекомендуется, чтобы уровень пола в ЭМП был выше на 10...15 см, чем в коридоре или прилегающих помещениях. Если это условие невозможно выполнить, то для предотвращения проникновения воды из коридора в ЭМП рекомендуется устройство «плотин» — порогов под фальшполом высотой 150...200 мм, отделяющих коридор от ЭМП [12]. Автору известны случаи затопления подпольного пространства технологических помещений, устроенных без соблюдения данных рекомендаций. Актуальность этого требования следует из того, что в большинстве случаев ЭМП размещаются в подвальных помещениях.

Электромашинные помещения должны быть оборудованы телефонной связью и пожарной сигнализацией, а также другими видами сигнализации, которые требуются по условиям работы.

8.2. Электромашинные помещения для размещения ИБП и систем постоянного тока

Размещение ИБП средней и большой мощности и систем постоянного тока требует выполнения ряда подготовительных работ и мероприятий, направленных на обеспечение нормальных условий функционирования этого оборудования. ЭМП для источников бесперебойного питания и систем постоянного тока выполняются по единым требованиям, поскольку это оборудование выполнено на общей элементной базе и требует одинаковых условий эксплуатации. Требования к ЭМП для систем постоянного тока и ИБП основываются на нормативной документации, в первую очередь ПУЭ, фирменных документах и на опыте эксплуатации этих устройств и систем.

Строительная подготовка помещения

При выборе помещения под ИБП и системы постоянного тока необходимо учитывать массогабаритные параметры ИБП и условия их транспортировки к месту установки (наклон лестниц, ширину лестничных пролётов, коридоров и т.п.). Наиболее

важным условием является следующее требование: наклон ИБП от вертикальной оси во время транспортировки к месту установки не должен превышать 15°. Это вызвано тем, что трансформаторы, дроссели, конденсаторы фильтров и другие тяжелые компоненты ИБП могут сорваться с креплений при наклоне. При новом строительстве или реконструкции здания рекомендуется предусмотреть трассу доставки оборудования от погрузочной платформы, эстакады, монтажного проема до электромашинного помещения. Ширина трассы (например, коридора) должна быть не менее 2 м. Лифты трассы должны иметь грузоподъемность не менее 1200 кг и размер не менее 1,5×2 м.

Упоминавшиеся в гл. 3 ИБП типа энергетических массивов обладают ещё одним преимуществом, говорящим в пользу их применения. Массогабаритные характеристики энергетических массивов таковы, что специальной подготовки трассы и монтажных проемов для транспортировки не требуется. В стесненных условиях транспортировки к месту монтажа эти ИБП позволяют переноску силовых модулей и стоек («фреймов»), как говорят, «на руках». При этом отклонение от вертикальной оси ничем не лимитируется, габариты дверных проемов должны быть стандартными, а лифт можно использовать пассажирский.

Автору известны случаи, когда для транспортировки внутри здания ИБП большой мощности приходилось производить разборку системных блоков, вмешиваясь таким образом в монтаж комплектного устройства, что с точки зрения нормальной технической практики недопустимо.

Высота помещения для размещения оборудования должна быть не менее 2500 мм, рекомендуемая высота — 3000 мм. Дверь в ЭМП должна иметь минимальные размеры 910×2100 мм, не иметь дверного порога, открываться наружу и быть оборудована замком, открывающимся изнутри без ключа.

Поверхности стен и потолка не должны быть источником мелкодисперсной пыли. Стены выкладываются метлахской плиткой или окрашиваются клеевой/масляной краской светлых тонов в соответствии с СН 181-70 «Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий». Окончательная отделка помещения должна быть светлого тона для увеличения освещенности.

Полы помещения должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (цементное покрытие с мраморной крошкой, покрытие метлахской плиткой, самовыравнивающееся синтетическое покрытие с жидким способом нанесения).

Рекомендуется установка ИБП и систем постоянного тока на фальшпол (рис. 8.1). Это позволяет организовать раскладку и подвод кабелей наилучшим образом. Наличие свободного пространства под фальшполом также облегчает условия охлаждения. Для покрытия фальшполов должны выбираться материалы с антистатическими свойствами. Если масса ИБП или системы постоянного тока позволяет, то удобно использовать сборный фальшпол из стандартных элементов — стоек и плит 40×40 см. Допустимая распределённая нагрузка на фальшпол должна быть не более 1200 кГ/м^2, а концентрированная нагрузка на стойку — не более 300 кГ. Если нагрузка больше, то необходимо изготовление рамы из стальных профилей.

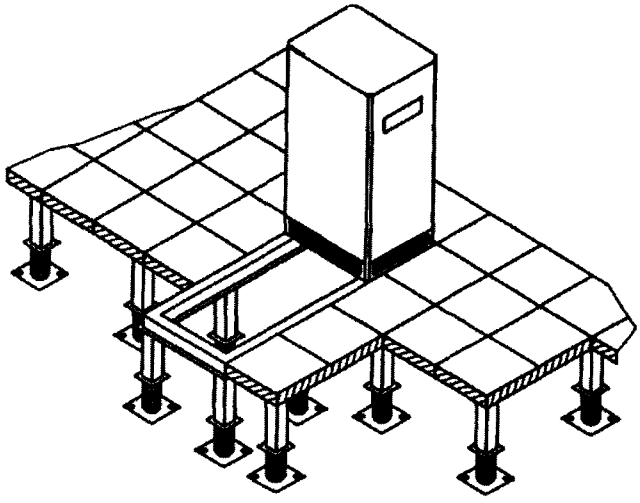


Рис. 8.1. Размещение ИБП на фальшпол *(источник: IMV)*

На рис. 8.2 изображено размещение системы постоянного тока в специально оборудованном электромашинном помещении. На переднем плане находятся аккумуляторные батареи (АБ) и батарейные размыкатели. АБ имеют значительную массу и размещены на рамах из двутаврового стального профиля. Кабели электрических соединений с выпрямителями и устройствами распределения постоянного тока разложены под фальшполом. На заднем плане находятся шкафы выпрямителей и устройств распределения постоянного тока. Все межблочные соединения также выведены под фальшпол.



Рис. 8.2. Размещение системы постоянного тока *(источник: APC)*

Размещение ИБП и систем постоянного тока непосредственно на полу возможно, но требует прокладки кабелей, укладываемых на конструкциях по стенам и потолку. Нобходимо отметить, что в помещении разрешается прокладывать только коммуникации, непосредственно относящиеся к установленному в помещении оборудованию.

Требования к вентиляции и кондиционированию

Длительная работа ИБП и системы постоянного тока при повышенной температуре окружающего воздуха вызывает выход из строя аккумуляторов. Превышение порога тепловой защиты ИБП приводит к переключению системы на байпас и потере функции бесперебойного электроснабжения. При отказе охлаждения температура в помещении за 30...40 мин возрастает до 35...40 °С. Поэтому кондиционеры должны обеспечивать круглосуточную работу 365 дней в году. Кондиционеры, обслуживающие системы ИБП, являются наиболее слабым звеном в технологической цепочке. Эти устройства менее надежны, чем ИБП, но находятся в единой технологической цепочке и должны иметь либо резервирование, либо специальное исполнение. Возможно применение двухкомпрессорных (отказоустойчивых) систем кондиционирования или двух систем кондиционирования, одна из которых должна быть рабочей, другая — резервной. По своим функциональным возможностям система с резервированием и двухкомпрессорная система равноценны.

При российском климате существует коллизия, когда необходимо охлаждать помещения зимой. Если невозможно обеспечить требуемые климатические параметры средствами общеобменной вентиляции, то проектом следует предусмотреть работу кондиционеров в зимних условиях, для чего их внешние блоки (компрессоры) размещают в чердачных помещениях, машинных залах вентилляционных систем, специально приспособленных помещениях и комплектуют системами подогрева картера.

В помещении ИБП и систем постоянного тока необходимо предусмотреть систему кондиционирования, обеспечивающую в общем случае температуру от +18 до +25 °С и относительную влажность не более 95% без конденсата. Окружающая температура и влажность должны измеряться на расстоянии 1,5 м от уровня пола при включенном оборудовании.

Применение промышленных систем кондиционирования или промышленных климатических систем (ПКС) более предпочтительно по сравнению с бытовыми системами. Бытовое и промышленное кондиционирование отличаются как по задачам, так и по техническим средствам. В пользу применения промышленных систем говорит следующее [31]:

1. Промышленные системы поддерживают заданные значения как температуры, так и влажности. Бытовые системы, как правило, функциями поддержания заданной влажности не обладают, либо они применены в дорогих системах комфортного климат-контроля. В замкнутом пространстве работа бытового кондиционера приводит к осушению воздуха, что неблагоприятно сказывается на работе электроники,

поскольку повышается риск электростатических разрядов, а также возможно ухудшение условий для изоляции.

2. Постоянная работа системы кондиционирования предусмотрена только для промышленного оборудования. Среднее время безотказной работы промышленных систем 4–4,5 года, бытовых систем 0,5–1 год [31].

3. При низкой температуре наружного воздуха ПКС могут работать в режиме свободного охлаждения — напрямую без использования компрессора. Такой режим не требует специальных мер по обеспечению работоспособности системы по сравнению с бытовым оборудованием.

4. По ряду параметров ПКС превосходят бытовые системы (КПД, эффективность охлаждения).

Применение мощных кондиционеров-охладителей может потребовать прокладки воздуховодов для равномерного охлаждения внутри помещения. Целесообразно раскладку воздуховодов организовать под фальшполами с подводом охлажденного воздуха непосредственно под системные блоки ИБП. При использовании кондиционеров с размещением внутренних блоков на стенах и потолке следует избегать их монтажа над системными блоками ИБП. Трубки для отвода конденсата не должны иметь стыков.

Возможно применение комбинированных систем — кондиционеров-охладителей и систем общеобменной вентиляции. Использование общеобменной вентиляции должно обеспечиваться осушением воздуха и его очисткой от пыли. Обмен воздуха в зависимости от мощности ИБП составляет 500...2000 $м^3$/ч на одно устройство. В тепловом расчете необходимо учитывать, что тепловыделение ИБП при нагрузке 100% составляет около 10% от его мощности. Точные исходные данные по тепловыделению для проектирования вентиляции и кондиционирования приводятся в технических характеристиках оборудования (см. приложение 2).

Требования к освещению

В помещениях ИБП и систем постоянного тока должно быть обеспечено освещение, достаточное для ремонтных и наладочных работ. При наличии нескольких осветительных контуров необходимо предусмотреть возможность их переключения и регулирования освещенности позонно. Цепи освещения не должны подключаться к распределительному щиту, используемому для электроснабжения других потребителей. Освещённость помещения, измеренная на расстоянии одного метра над полом, должна составлять не менее 400 люкс. Обязательно должно быть предусмотрено аварийное освещение от автономных источников. Целесообразно выполнить аварийное освещение ЭМП мощных ИБП от сети бесперебойного электроснабжения. Аварийное освещение в этом случае выполняется на лампах накаливания, не вносящих никаких искажений, а мощность ламп на несколько порядков ниже мощности СБЭ.

Требования к пожарной безопасности и охране

Помещение ИБП должно быть оборудовано противопожарной сигнализацией и оснащено углекислотными или порошковыми огнетушителями. Рекомендуется осна-

щение помещения ИБП и систем постоянного тока газовой системой автоматического пожаротушения. Применение АБ с обслуживаемыми негерметичными аккумуляторами не является типичным для ИБП и систем постоянного тока в составе систем электроснабжения административных зданий. В случае их использования следует обеспечить проведение специальных мероприятий по взрыво- и пожаробезопасности в соответствии с требованиями НПБ 105-96, РД 34.03.350-98 и гл. 4.4 ПУЭ. Категории взрывной и пожарной опасности помещений при этом устанавливаются в зависимости от наличия аварийной и общеобменной вентиляции, напряжения единичного аккумулятора и некоторых других условий и могут относиться к категориям А, В1, Д (табл. 8.1, 8.2).

Помещение ИБП должно быть оборудовано охранной сигнализацией. Рекомендуется применение средств ограничения доступа.

Требования к проведению работ

Порядок проведения работ по подготовке помещения и монтажу оборудования должен быть согласован в последовательности, исключающей строительные работы при установленном оборудовании. В общем случае последовательность работ должна быть такова:

- общестроительные работы;
- устройство рабочего освещения, установка аварийных светильников;
- прокладка воздуховодов;
- устройство фальшпола;
- установка внутренних блоков кондиционеров-охладителей;
- установка электрических щитов;
- раскладка кабелей;
- установка вспомогательного оборудования;
- установка основного оборудования — ИБП и систем постоянного тока.

8.3. Помещения для размещения дизель-генераторных установок

После выбора параметров резервной дизель-электростанции следует подготовить план размещения. При этом нужно учитывать следующие факторы [32]:

- необходимость для обеспечения доступа и обслуживания;
- нагрузку на пол;
- вибрацию, передаваемую зданию и на пол;
- вентиляцию помещения;
- расположение трубопровода для выхлопных газов двигателя и его изоляцию;
- уровень шума;
- способ охлаждения двигателя;
- размер и место расположения топливного бака;
- параметры дымности и излучений.

Резервную дизельную электростанцию можно располагать в подвале, на любом этаже здания, в пристройке, на крыше. Обычно для экономии и удобства обслуживания электроустановку располагают в подвальном помещении. Часто размещение РДЭС в подвале совмещается с подземным гаражом, но в отдельной выгородке.

При необходимости расположения электроустановки снаружи здания следует поместить ее в контейнер или защитный кожух. Контейнер и кожух служат не только для защиты электроустановки от атмосферного воздействия, но и выполняют функцию защиты от несанкционированного доступа. Исполнение ДГУ в контейнере или кожухе (см. разд. 4.2), как правило, является комплектным, иными словами, в комплекте поставки решены все необходимые задачи по организации нормальной работы установки и составляющие комплект компоненты не требуют монтажа на объекте [33].

Применение установок открытого исполнения требует проектирования ЭМП для размещения РДЭС. Это является одним из основных этапов создания системы гарантийного электроснабжения. При этом должны быть обеспечены следующие условия:

- вентиляция машинного зала в рабочем и ждущем режиме ДГУ;
- защита установки от воздействия внешней среды, в том числе от атмосферных осадков, чрезмерно высоких или низких температур, прямых солнечных лучей и возможного проникновения воды при сезонных паводках или ливнях;
- защита установки от проникновения воздушных примесей и взвесей, в том числе пыли, дыма, копоти, выхлопных газов, химических веществ и др.;
- ограничение доступа посторонних лиц в помещение или на территорию, где установлен дизель-генератор;
- при размещении ДГУ на открытых площадках следует предусматривать при заказе оборудования защитный кожух или контейнер; кожухи также могут быть полезны для ограничения уровня шума при установке агрегата в помещении или за его пределами.

Подготовка фундамента

Все агрегаты ДГУ (двигатель, генератор) расположены и смонтированы на жесткой металлической раме (станине), являющейся основанием ДГУ. При монтаже установки она должна быть жестко закреплена на специально подготовленном фундаменте. Крепление производится с помощью анкерных болтов через установочные отверстия основания ДГУ. Наилучшим фундаментом для внутренней установки ДГУ является железобетонная плита. Она обеспечивает жесткую опору, предотвращает проседание агрегата и распространение вибраций. Длина и ширина фундамента должны соответствовать габаритам ДГУ, а глубина должна быть не менее 150...200 мм. Поверхность земли или пола под ним должна быть специально подготовлена и обладать нагрузочной способностью, выдерживающей массу фундамента с агрегатом. Конструкции зданий должны выдерживать нагрузку, соответствующую массе фундамента, оборудования, дополнительных принадлежностей и максимального запаса топлива.

При существовании опасности проникновения воды в помещение эксплуатации ДГУ (например, при установке агрегата в котельной) фундамент должен быть приподнят над уровнем пола [34].

Для эффективного охлаждения ДГУ, а также свободного доступа к его основным узлам для обслуживания агрегата свободное пространство вокруг агрегата должно быть не менее 1 м по периметру и 1,5 м сверху. При монтаже ДГУ в закрытом помещении необходимо предусмотреть свободную трассу для доставки агрегата к месту будущей эксплуатации. В случае ограниченного пространства возможно использование съемных (разборных) дверных блоков или оконных проемов.

Ограничение вибраций

Для ограничения механических вибраций при работе двигателя дизель-генератор снабжен амортизаторами 1 (рис. 8.3). Амортизаторы агрегатов малой и средней мощности расположены между установочными опорами двигателя и генератора и рамой. При монтаже производится жесткое соединение рамы ДГУ и бетонного фундамента. В дизель-генераторах большой мощности двигатель и генератор жестко закреплены на основании, а амортизаторы поставляются отдельно. Их установка производится между станиной и бетонным фундаментом при монтаже ДГУ на место [34].

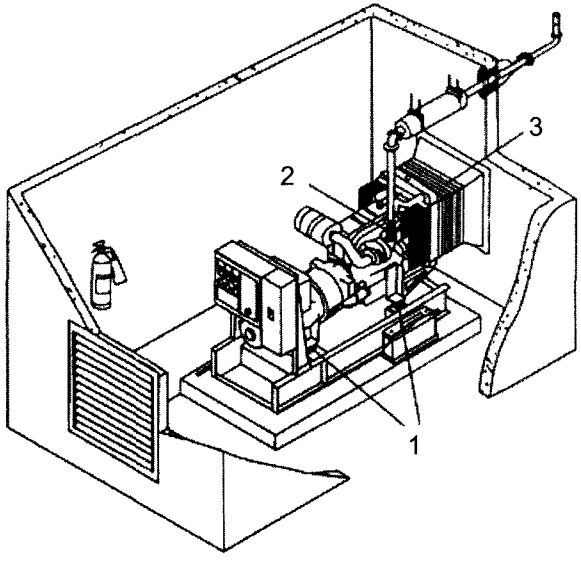


Рис. 8.3. Элементы ограничения вибраций ДГУ *(источник: F.G.Wilson)*

В любом случае агрегат должен быть надежно закреплен на фундаменте для предотвращения его перемещений во время работы, в случаях коротких замыканий и выхода из синхронизма. Для уменьшения вибраций также предусмотрены гибкие сосединения топливных трубопроводов, системы отвода выхлопных газов (сильфон 2), выпускного воздуховода радиатора охлаждения 3, электрических силовых и контрольных кабелей, а также других внешних вспомогательных устройств.

Охлаждение и вентиляция

Воздух, поступающий в камеру сгорания двигателя, должен быть очищенным и как можно более холодным. Обычно это воздух, непосредственно забираемый из помещения и поступающий в двигатель через установленный на нём воздушный фильтр. Иногда при высокой запыленности, загрязненности или высокой температуре воздух вокруг агрегата является непригодным для непосредственной подачи в двигатель. В этих случаях устанавливается дополнительный впускной воздуховод. Он идет, например, от внешней стены здания к установленному на двигателе воздушному фильтру. Наличие воздушного фильтра необходимо как при непосредственной подаче воздуха, так и подаче через впускной воздуховод.

В процессе работы ДГУ выделяет большое количество тепла. Это может привести к повышению температуры в помещении эксплуатации агрегата и негативно сказаться на его работоспособности и производительности. Наиболее тепловыделяющими элементами являются двигатель, электрогенератор и выпускной коллектор. Для отвода теплоизбытков помещение ДГУ должно быть оборудовано системой приточно-вытяжной вентиляции. Проектом должна быть предусмотрена ориентация воздушного потока относительно ДГУ (рис. 8.4). Воздух должен поступать в помещение через впускное воздушное отверстие 1 со стороны электрогенератора, далее проходить вдоль двигателя и затем сквозь радиатор системы охлаждения выбрасываться вентилятором ДГУ за пределы помещения через выпускной воздуховод 2.

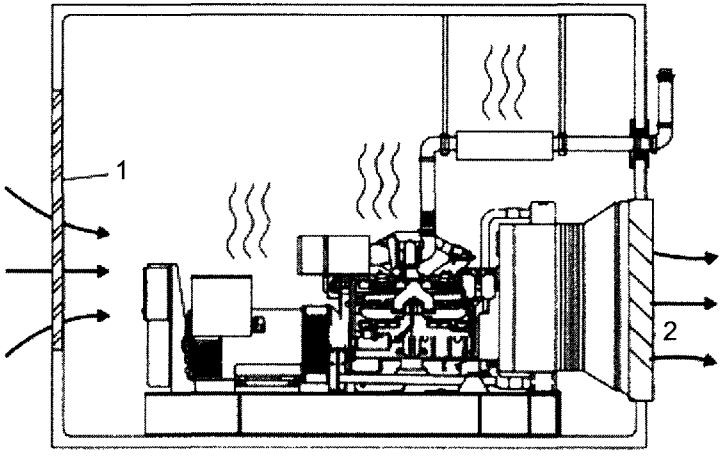


Рис. 8.4. Организация воздухообмена в помещении ДГУ *(источник: F.G.Wilson)*

При отсутствии отвода горячего воздуха наружу будет происходить его рециркуляция, и эффективность системы охлаждения резко снизится. Рециркуляцию применяют только в случаях достаточно низкой температуры наружного воздуха, чтобы не допустить переохлаждения помещения. Впускное и выпускное воздушные отверстия должны быть достаточного размера для обеспечения свободного воздушного потока как внутрь помещения, так и за его пределы. Их площадь должна быть

как минимум в полтора раза больше площади радиатора ДГУ. При этом воздух, выходящий из радиатора системы охлаждения, выбрасывается наружу через воздуховод, соединяющий радиатор с выпускным отверстием в наружной стене. Для уменьшения длины воздуховода двигатель должен располагаться как можно ближе к наружной стене. Если воздуховод слишком длинный, то более эффективным решением будет применение выносного радиатора. Такая схема требует монтажа оборудования и его наладку на объекте. Более предпочтительным является применение комплектной ДГУ высокой степени заводской готовности. Для соединения радиатора ДГУ с выпускным воздуховодом необходимо использовать гибкий переходной воздуховод (манжету), изготавливаемый из резины или подобного материала. Его длина должна обеспечивать достаточную виброизоляцию и относительную свободу перемещения агрегата [34].

На впускном 1 и выпускном 2 отверстиях (рис. 8.4) должны быть установлены защитные неподвижные или подвижные жалюзи. Установка последних необходима в районах с холодным климатом, так как позволяет закрывать жалюзи после остановки двигателя для сохранения тепла в помещении. Это даст возможность ускорить запуск двигателя и уменьшает время выхода на рабочий режим. При работе ДГУ в автоматическом режиме подвижные жалюзи должны быть оборудованы автоматическим сервоприводом, рассчитанным на немедленное открывание в момент запуска двигателя. Для слаженной работы системы вентиляции, обогрева помещения, управления жалюзи следует применять единую систему автоматики помещения ДГУ.

Система автоматики помещения ДГУ

На рис. 8.5 представлена схема автоматики систем вентиляции и обогрева помещения ДГУ. Данная схема применима как для специально приспособленных помещений в зданиях, так и для контейнеров ДГУ.

Система выполняет следующие функции:

- в холодное время года поддерживает температуру в помещении на уровне, обеспечивающем уверенный пуск ДГУ, и не допускает излишнего расхода энергии на обогрев;
- в теплое время обеспечивает вентиляцию помещения;
- не допускает выпадения росы на оборудовании при вентиляции в холодный период года;
- при работе ДГУ обеспечивает частичную рециркуляцию воздуха, поддерживая температурный режим ДГУ в допустимом диапазоне;
- управляет подвижными жалюзи при пуске и остановке ДГУ;
- при пожаре наряду с остановкой ДГУ закрывает жалюзи и останавливает вентиляцию с целью недопущения выброса огнегасящего состава (порошка) из помещения.

Действие автоматики обеспечивается работой программируемого контроллера, размещаемого в щите автоматики, находящемся в помещении ДГУ. Контроллер измеряет температуру воздуха и в помещении ДГУ. Он управляет исполнительными

сервоприводами входного и рециркуляционного клапанов, вентилятором и подогревателем воздуха. При пуске ДГУ контролируется только температура внутри помещения, и за счет рециркуляции осуществляется её регулирование.

Контроллер имеет возможность связаться по локальной сети или выделенной линии с сервером АСДУ.

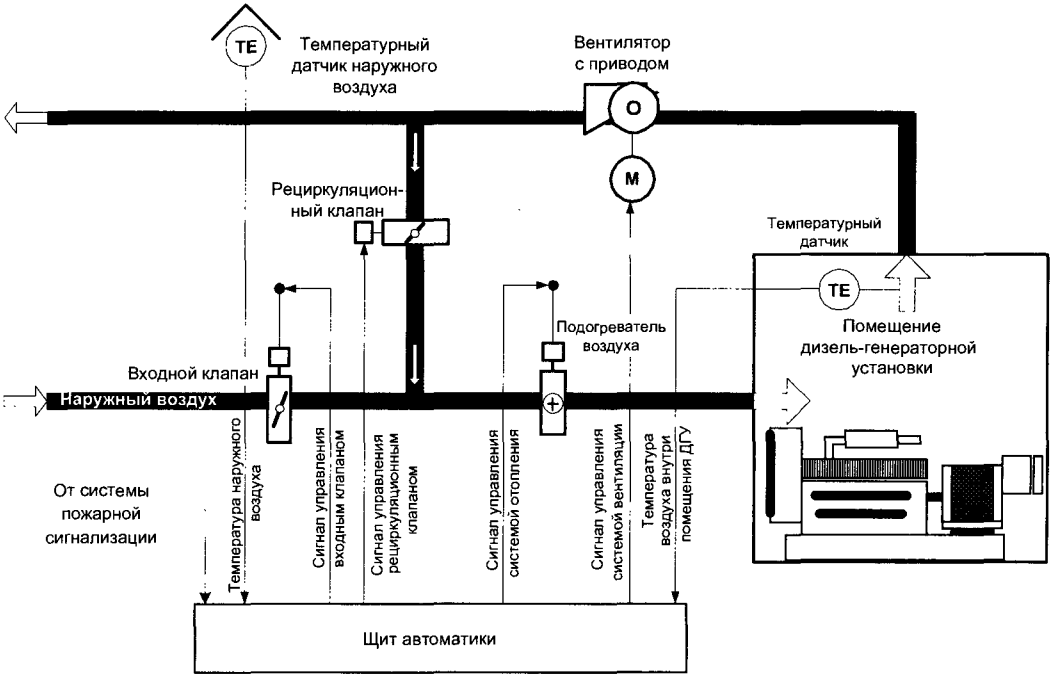


Рис. 8.5. Схема автоматики вентиляции помещения ДГУ
(источник: ЭкоПрог)

Информация о положениях жалюзи, температуре воздуха, работе вентиляторов передается в АСДУ для контроля со стороны оперативного персонала. Возможно дистанционное управление и опробывание систем вентиляции и обогрева. Контроллер поступает на место установки полностью запрограммированным и готовым к работе. При необходимости его алгоритм работы может быть изменен с АРМ диспетчера.

Выхлопная система

Выхлопная система предназначена для отвода отработавших газов и их рассеивания без превышения уровня предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ на прилегающей территории. Выхлопная система также уменьшает уровень акустического шума работающего двигателя. Для этого установка комплектуется различными глушителями в зависимости от требований санитарных норм, ти-

па и мощности ДГУ. Глушитель размещается как внутри помещения ДГУ, так и за его пределами. ДГУ с защитным кожухом оснащены встроенной выхлопной системой и глушителем. ДГУ контейнерного исполнения комплектуются глушителями так же, как и ДГУ, устанавливаемые в помещениях (опционально, по результатам проектных решений). Глушитель контейнерных ДГУ, как правило, располагают на их крыше. ДГУ открытого исполнения обычно поставляют с промышленным глушителем, выпускным патрубком и сильфоном. ДГУ открытого исполнения, естественно, не располагают на открытом воздухе, а размещают в помещении. Крепление выхлопной системы производится к потолку помещения с применением дополнительного монтажного комплекта, включаемого в поставку ДГУ (рис. 8.6). Дополнительный монтажный комплект состоит из добавочного колена трубопровода, крепящегося с двух сторон к глушителю 1, опорных кронштейнов 4 и гибких сильфонов (компенсаторов вибрации), если последние не вошли в стандартный комплект поставки. Для отвода выхлопных газов за пределы помещения применяют установочный комплект глушителя, включающий в себя стенной термокомпенсатор 2, колено трубопровода и защитный внешний козырек 3.

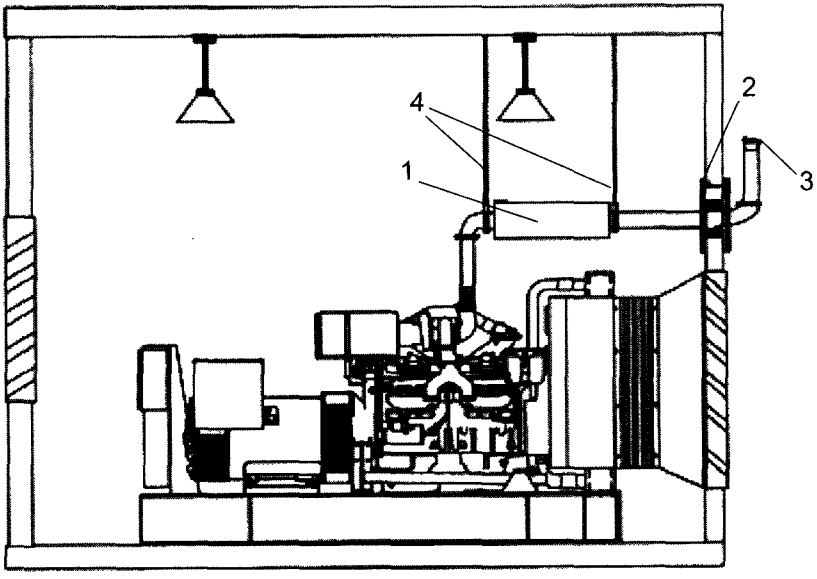


Рис. 8.6. Выхлопная система
(источник: F.G.Wilson)

При необходимости еще большее снижение уровня шума достигается при использовании сочетания дополнительных глушителей и специальной шумопоглощающей отделки помещения [34].

Глава 9

Организация эксплуатации системы электроснабжения

9.1. Нормативные основы эксплуатации

Настоящая глава описывает порядок управления оперативным и техническим обслуживанием электроустановок систем электроснабжения зданий.

Эксплуатация всей системы электроснабжения, включая бесперебойное и гарантированное электроснабжение, регламентируется Правилами эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП), предназначенными обеспечить надежную, безопасную и рациональную эксплуатацию электроустановок и содержание их в исправном состоянии. ПЭЭП являются документом прямого действия, т.е. обязательны для всех потребителей независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Эксплуатация может производиться по ведомственным правилам или местным инструкциям при условии, что они не ослабляют и не противоречат требованиям ПЭЭП.

На предприятиях, как правило, должна быть создана энергетическая служба. Для организации эксплуатации руководитель предприятия должен назначить ответственного за электрохозяйство, а также лицо, его заменяющее. При наличии на предприятии должности главного энергетика обязанности ответственного за электрохозяйство, как правило, возлагаются на него.

Для крупных организаций наличие собственной энергослужбы естественно и существует на практике. Для небольших организаций есть другой способ эксплуатации — силами специализированных сторонних организаций на договорной основе. То же относится и к случаю, когда организация арендует свой офис. При этом услуги по обеспечению инженерной инфраструктуры предоставляются в рамках договора аренды.

Если здание оборудовано централизованой системой бесперебойного электроснабжения, вопросы эксплуатации отходят на второй план и перекладываются на плечи энергослужбы владельца здания или управляющей компании. В случае, когда централизованная система отсутствует или не обеспечивает потребностей всех потребителей, необходимо создать и организовать эксплуатацию своей системы бесперебойного электроснабжения. Это может быть как распределенная система, так и вариант централизованной системы в масштабах офиса, когда ИБП, обычно средней мощности — до 40 кВА, включается, как говорят, «в рассечку», т.е. под-

ключается на распределительный щит, от которого питаются рабочие места и инфокоммуникационное оборудование [35].

Эксплуатацию электроустановок потребителей должен осуществлять подготовленный электротехнический персонал. В соответствии с принятой на предприятии организацией энергослужбы электротехнический персонал может непосредственно входить в состав энергослужбы или состоять в штате производственных подразделений предприятия.

В соответствии с требованиями ПЭЭП на каждом объекте должна быть организована четкая система оперативного и технического управления электроустановками, которая должна определять:

- оперативное обслуживание электроустановок;
- координацию действий электротехнического персонала при всех видах проводимых работ, в том числе с персоналом энергосистем;
- организацию согласованной, надёжной и безопасной работы всех составных частей системы электроснабжения.

Для выполнения функций управления системой электроснабжения на объекте должна быть создана организационная структура, на которую возлагается реализация вышеуказанных задач. Эта структура может быть как самостоятельной, так и участком (отделом) в другом подразделении, в зависимости от размеров, мощности и разветвлённости системы электроснабжения. Важным является и состав источников питания — трансформаторы, ИБП, ДГУ.

Эксплуатация ДГУ по требованиям гл. 3.3 ПЭЭП предусматривает наличие специально аттестованного персонала. Для обслуживания ДГУ должен быть выделен персонал, подготовленный в соответствии с ПЭЭП и имеющий соответствующую квалификационную группу по электробезопасности. Обслуживающий персонал в своих действиях должен руководствоваться требованиями инструкции по обслуживанию и эксплуатации ДГУ и нормативными документами.

В соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34. 0-03.150-00) электротехнический персонал аттестуется на 5 квалификационных групп по технике безопасности (табл. 9.1). Аттестация на какую-либо группу зависит от образования, квалификации и стажа работы в электроустановках.

Нельзя получить группу по электробезопасности «через ступеньку» или после длительного перерыва работы в электроустановках. Присвоение групп осуществляется по результатам проверки знаний, специально назначаемой квалификационной комиссией.

По классификации ПЭЭП электротехнический персонал подразделяется на группы:

- административно-технический, организующий оперативные переключения, ремонтные, монтажные и наладочные работы в электроустановках и принимающий в этих работах непосредственное участие; этот персонал имеет права оперативного, ремонтного или оперативно-ремонтного персонала;
- оперативный, осуществляющий оперативное управление электрохозяйством предприятия, а также оперативное обслуживание электроустановок (осмотр, техническое обслуживание, проведение оперативных переключений, подготовку рабочего места, допуск к работам и надзор за работающими);

Таблица 9.1. Группы по электробезопасности персонала, обслуживающего электроустановки

Группа	Характеристика персонала
I	Лица, не имеющие специальной электротехнической подготовки, но имеющие элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом участке, электрооборудовании, установке. Лица с группой I должны быть знакомы с правилами оказания перовой помощи пострадавшим от электрического тока
II	Для лиц с группой II обязательны: 1. Элементарное техническое знакомство с электроустановками 2. Отчетливое представление об опасности электрического тока и приближения к токоведущим частям 3. Знание основных мер предосторожности при работе в электроустановках 4. Практические навыки оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока
III	Для лиц с группой III обязательны: 1. Элементарные познания в общей электротехнике 2. Знание электроустановки и порядка ее технического обслуживания 3. Знание общих правил техники безопасности, в том числе правил допуска к работе, и специальных требований, касающихся выполняемой работы 4. Умение обеспечить безопасное ведение работы и вести надзор за работающими в электроустановках 5. Знание правил освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему
IV	Для лиц с группой IV обязательны: 1. Знание электротехники в объеме специализированного профессионально-технического училища 2. Полное представление об опасности при работах в электроустановках 3. Знание правил техники безопасности, правил технической эксплуатации электрооборудования, устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности 4. Знание схем электроустановок и оборудования обслуживаемого участка, знание технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ 5. Умение проводить инструктаж, организовывать безопасное проведение работ, осуществлять надзор за членами бригады 6. Знание правил освобождения пострадавшего от действия электрическою тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему 7. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи
V	Для лиц с группой V обязательны: 1. Знание схем электроустановок, компоновки оборудования технологических процессов производства 2. Знание правил техники безопасности, правил пользования и испытаний средств защиты, четкое представление о том, чем вызвано то или иное требование 3. Знание правил технической эксплуатации, правил устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности 4. Умение организовать безопасное проведение работ и осуществлять непосредственное руководство работами в электроустановках любого напряжения 5. Умение четко обозначать и излагать требования о мерах безопасности при проведении инструктажа работников 6. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи

- ремонтный, выполняющий все виды работ по ремонту, реконструкции и монтажу электрооборудования; к этой категории относится также персонал специализированных служб (например, испытательных лабораторий, служб автоматики и контрольно-измерительных приборов), в обязанности которого входит проведение испытаний, измерений, наладка и регулировка электроаппаратуры и т.п.;
- оперативно-ремонтный — ремонтный персонал предприятий, специально обученный и подготовленный для выполнения оперативных работ на закрепленных за ним электроустановках.

Специальных рекомендаций по квалификационным требованиям к электротехническому персоналу СБЭ и СГЭ в нормативной документации в явном виде не приводится. Из опыта работы следует, что обслуживание систем бесперебойного и гарантированного электроснабжения должно возлагаться на специально подготовленный персонал, имеющий высшее или среднее специальное техническое образование по электротехнической или электроэнергетической специальности и навыки работы (прошедший обучение) с источниками бесперебойного питания, системами постоянного тока и дизель-генераторными установками.

9.2. Организационная структура и функции эксплуатирующих подразделений

Оптимальным с точки зрения управления персоналом и осуществления функционирования электрооборудования является создание единой энергослужбы, осуществляющей эксплуатацию систем общего, бесперебойного и гарантированного электроснабжения. Разделение ответственности между энергослужбой и подразделениями информатизации и связи следует установить в соответствии с балансовой принадлежностью «розеточных» ИБП малой мощности. Поскольку данные ИБП созданы для непосредственного резервирования электроснабжения информационного и телекоммуникационного оборудования и не требуют выделенной электрической сети, то их эксплуатация и обслуживание должны быть отнесены к ведению подразделений информатизации и связи. Централизованные системы бесперебойного электроснабжения и системы гарантированного электроснабжения являются полноценными электроустановками и должны эксплуатироваться в соответствии с ПЭЭП. Тем не менее на практике часто встречаются эксплуатационные структуры, осуществляющие раздельную эксплуатацию СБЭ подразделениями информатизации и связи, а СГЭ и СОЭ — энергослужбой. Такое разделение не имеет нормативного обоснования и является следствием стихийного развития инфраструктуры предприятия и личных амбиций руководителей подразделений. Как следствие, создаются предпосылки для случаев электротравматизма, аварий и снижения надежной и эффективной работы системы электроснабжения.

В качестве варианта работы энергослужбы крупной организации можно предложить следующую форму оперативного и технического обслуживания системы элек-

троснабжения: оперативным персоналом с круглосуточным дежурством на закрепленном объекте и оперативно-ремонтным персоналом, допущенным к оперативным переключениям. На рис. 9.1 изображена примерная структура энергослужбы здания, система электроснабжения которого включает в себя СБЭ, СГЭ и СОЭ.

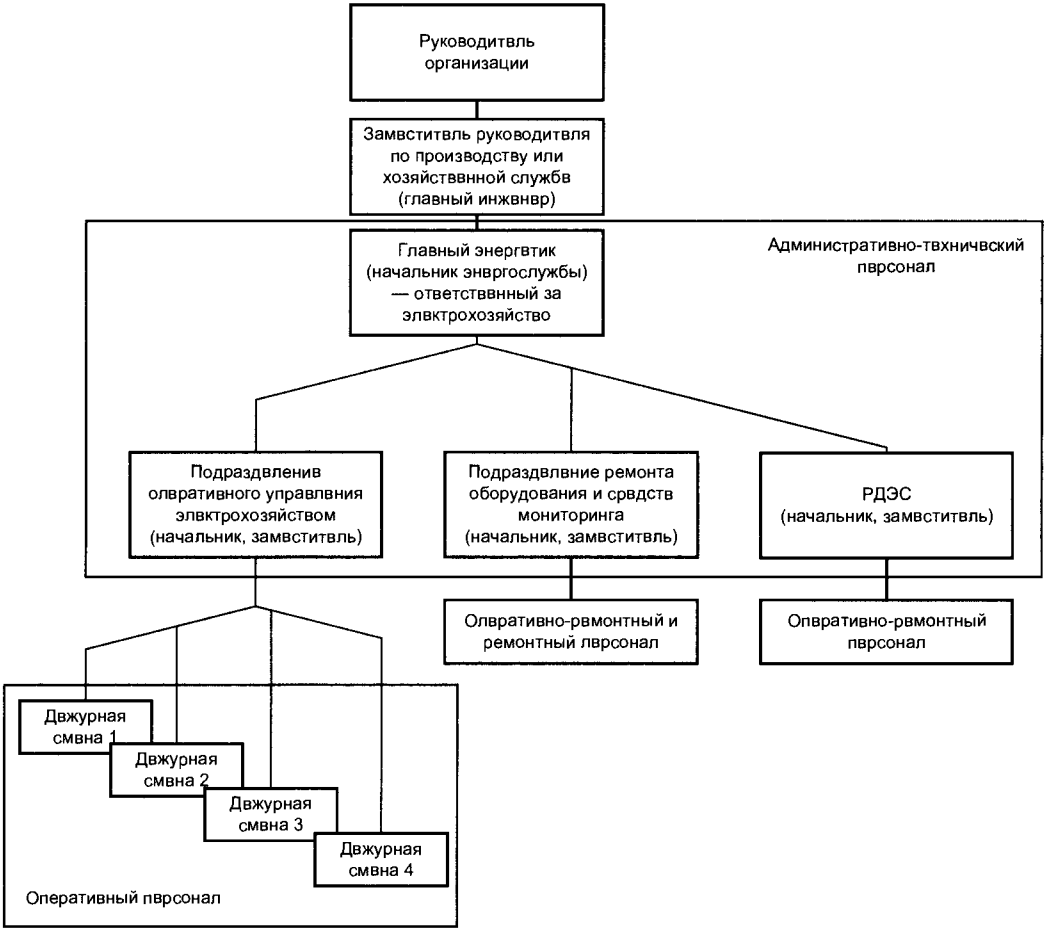


Рис. 9.1. Структура энергослужбы

Непосредственное управление электроустановкой осуществляет подразделение оперативного управления электрохозяйством, состоящее из дежурных смен. Дежурная смена оперативного персонала состоит, как правило, из двух человек, один из которых является старшим смены. Как исключение, в случае производственной необходимости возможно в соответствии с ПОТ единоличное обслуживание в смене. Причем сменные инженеры и электромонтеры должны иметь не ниже 3-й квалификационной группы по электробезопасности и быть допущенными к самостоятельному оперативному обслуживанию электроустановок.

Сменный оперативный персонал, находясь на дежурстве, руководствуется в своей работе действующим законодательством, ПЭЭП, ПОТ, НПБ, инструкциями, директивными материалами, правилами внутреннего распорядка и распоряжениями руководства применительно к занимаемой должности. В общем случае сменный оперативный персонал обязан:

1. Вести надежный и экономичный режим работы электрооборудования системы электроснабжения.

2. Проводить все виды оперативных переключений, выводить оборудование в ремонт, подготавливать рабочие места и производить допуск ремонтного персонала к работам. Осуществлять периодический контроль за ремонтным персоналом в части соблюдения им правил техники безопасности. После окончания ремонтных работ производить осмотр и приемку рабочих мест и своевременно вводить в работу отключенное оборудование.

3. В установленном порядке вести оперативный журнал, оперативные схемы электрических соединений, заполнять щитовые ведомости и другую документацию.

4. Своевременно и качественно производить обходы-осмотры оборудования, о выявленных неисправностях производить запись в журнал дефектов и сообщать руководству.

5. Принимать все необходимые меры для предотвращения назревающей аварии, а при ее возникновении — для предотвращения развития аварии и восстановления нормального режима работы оборудования. При ликвидации последствий аварии сдача смены без разрешения руководства объекта запрещается. В своих действиях при ликвидации аварий обеспечивать:

– в первую очередь — безопасность людей,
– во вторую — сохранность оборудования,
– в третью — электроснабжение потребителей.

6. Строго соблюдать утвержденный график дежурств и установленный порядок приема-сдачи смены. Изменения в графике дежурств могут быть разрешены только ответственным за электрохозяйство.

Подразделения ремонта и резервной дизельной электростанции (РДЭС) осуществляют функции эксплуатации. По определению ПЭЭП, эксплуатация — это стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается или восстанавливается его качество. В соответствии с этим определением в структуре энергослужбы, изображенной на рис. 9.1, эксплуатацией занимаются подразделения резервной дизель-электростанции и ремонта оборудования и средств мониторинга.

Оборудование считается находящимся в одном из следующих состояний:

– в работе, если коммутационные аппараты в его цепи включены и образована замкнутая цепь между источником и приемником электроэнергии;
– в ремонте, если оно отключено коммутационными аппаратами и подготовлено в соответствии с ПТБ ЭЭП к производству ремонтных работ;
– в резерве, если оно отключено, находится не под напряжением, и возможно немедленное включение его в работу (например, ДГУ);

– в автоматическом резерве, если оно отключено аппаратами, способными включить его в работу от устройств АВР или от действия другой автоматики; резервирование по принципу N+1 или другой вид резервирования СБЭ относится к виду «горячего резерва» (термин большой энергетики), когда оборудование находится под напряжением или частично берет на себя мощность нагрузки.

Параллельные системы ИБП или энергетические массивы имеют резерв мощности, но по классификации ПЭЭП в целом относятся к оборудованию, находящемуся в работе. Есть еще одно важное замечание, относящееся ко всем ИБП, — АБ всегда находится под напряжением. Это означает, что выключение ИБП не снимает полностью напряжения на нем, что необходимо принимать во внимание, производя сервисные и ремонтные работы.

Оперативное состояние электрооборудования (ТП, ГРЩ, ИБП, ДГУ, распределительных и групповых щитов, кабельных линий, измерительных приборов, средств телеконтроля, технологических кондиционеров и пр.) определяется положением коммутационных аппаратов, предназначенных для отключения и включения этого оборудования.

Изменение оперативного состояния оборудования, режимов его работы в нормальном режиме может быть произведено только по распоряжению руководства участка или отдела, за исключением случаев явной опасности для людей или оборудования. Распоряжение отдается непосредственно дежурному лично либо по телефону или радиосвязи с обратной проверкой. В распоряжении указывается последовательность операций и конечная цель переключений, оно должно быть кратким и ясным по форме, отдающий и принимающий его должны четко представлять порядок операций и их допустимость. Распоряжение может отдаваться в общей форме и пооперационно, в зависимости от квалификации персонала.

Своевременное и качественное проведение обходов и осмотров электроустановок являются гарантией предотвращения появления и развития аварийных ситуаций в работе оборудования. Обходы и осмотры электроустановок, систем бесперебойного питания и ДГУ выполняются сменными инженерами и являются одной из основных их обязанностей в организации надежной, безаварийной эксплуатации оборудования и сетей.

С этой целью устанавливается следующая периодичность проведения обходов-осмотров, проводимых оперативным персоналом:

– при каждой сдаче-приемке смены производится совместный осмотр персоналом двух смен оборудования, состояние которого вызывает сомнения в его надежной работе, затем это оборудование осматривает принявшая дежурство смена с определяемой самостоятельно или установленной руководством периодичностью;
– обход-осмотр всего электрооборудования и сетей, включая системы технологического кондиционирования и вентиляции и системы обогрева контейнеров и ЭМП РДЭС, проводится не реже одного раза в смену в течение дежурства;
– внеочередные осмотры-обходы (целевые) выполняются по специальным распоряжениям руководства, в определенном им объеме и периодичности;

– частичные осмотры ДГУ, ИБП, распределительных щитов и кабельных трасс производятся после каждого короткого замыкания, срабатывания автоматических выключателей, срабатывания аварийной сигнализации и при обнаружении отклонений в работе ДГУ и ИБП по системе диспетчеризации (мониторинга);
– проверка работоспособности ДГУ и ИБП по системам диспетчеризации проводится с периодичностью, устанавливаемой исходя из местных условий, но не реже, чем каждые 3 ч; в объем проверки обязательно должен входить просмотр электронного журнала сообщений ИБП и ДГУ;
– осмотр оборудования, вышедшего из ремонта (ревизии), проводится перед вводом и сразу после его включения в работу с периодичностью, определяемой самостоятельно или руководством отдела, в течение смены;
– осмотр оборудования, загруженного более чем на 75%, проводится с периодичностью, зависящей от температуры воздуха в помещении, но не реже, чем каждые 3 ч.

О проведении всех видов осмотра и контроля работы оборудования оперативный персонал должен сделать запись в оперативном журнале. О всех замеченных дефектах должны быть произведены записи в журнале дефектов и сообщено руководству группы или отдела для принятия мер по их скорейшему устранению. При обнаружении дефектов, явно угрожающих жизни людей или целостности оборудования, персонал, производящий осмотр, обязан действовать самостоятельно, без согласования с руководством принимать решения по отключению поврежденного участка СБЭ.

У оперативного персонала в помещениях, которые оборудованы для его пребывания и в которых установлена аппаратура аварийной сигнализации и телеконтроля, должна находиться следующая оперативно-техническая документация:
– оперативная схема электрических соединений электроустановок;
– оперативный журнал;
– журнал дефектов и неполадок с оборудованием;
– журнал распоряжений;
– журнал инструктажа на рабочем месте;
– бланки наряда-допуска;
– комплект местных и фирменных инструкций по эксплуатации оборудования;
– инструкции по охране труда;
– должностные инструкции;
– списки лиц, имеющих право единоличного осмотра электроустановок, право выдавать наряды-допуски и отдавать распоряжения на проведение работ и переключений, а также быть производителем работ, наблюдающим, допускающим, членами бригады.

При раздельной эксплуатации СБЭ, СГЭ и СОЭ подразделениями информатизации и связи и энергослужбой для определения правил взаимодействия составляется акт разграничения ответственности за эксплуатацию электроустановок, взаимно предоставляются списки лиц, имеющих право вести оперативные переговоры и отдавать распоряжения на проведение оперативных переключений. С энергослужбой

устанавливается такой порядок взаимодействия, что переключения на ГРЩ, питающие ИБП, возможны только с разрешения административно-технического персонала, в чьём ведении находится оборудование СБЭ. В случае необходимости таких переключений в плановом порядке энергослужба извещает административно-технический персонал СБЭ о времени и длительности перехода ИБП на батареи (в общем случае во время переключений ИБП теряет питание) и получает разрешение на переключения после оценки нагрузок и времени автономной работы ИБП на батареях. На период таких переключений создаётся «горячая линия связи» между оперативным персоналом служб и осуществляется постоянный контроль оставшегося времени автономной работы ИБП средствами диспетчеризации (мониторинга). Если возможный ресурс автономной работы ИБП до начала переключений составляет менее 20 мин, то подобные переключения должны проводиться с обязательным оповещением пользователей и администраторов ЛВС (такое оповещение возможно проводить и в случае снижения времени автономной работы до 20 мин в ходе проводимых работ). Оповещение проводится с использованием внутренней трансляционной сети, по телефону и средствами ЛВС, для чего заранее разрабатываются схемы оповещения пользователей с определением очередности в зависимости от приоритета работы электроприемников.

В случаях аварийного исчезновения напряжения в сети, питающей ИБП, оперативный персонал энергослужбы объекта обязан произвести оценку его длительности и предоставить эту информацию оперативному персоналу СБЭ, который принимает решение о плановом отключении части потребителей либо о полной разгрузке СБЭ. Как правило, в случае необходимости полной разгрузки СБЭ принимают меры для скорейшего корректного отключения потребителей, не дожидаясь окончания полного разряда аккумуляторных батарей ИБП, и после снятия нагрузки производится отключение ИБП.

При наличии СГЭ производится контроль пуска ДГУ и перехода на режим нормальной работы. Во время работы СГЭ в автономном режиме производится контроль расхода топлива, электрической нагрузки и параметров ДГУ. При исчерпании запаса топлива необходимо осуществить корректную остановку работы потребителей групп А и В.

В случае необходимости перевода ИБП на электронный или ручной байпас оперативный персонал энергослужбы ставится об этом в известность, и все плановые переключения в цепях сети общего назначения, от которых питается ИБП, должны быть прекращены.

Выполнение всех вышеизложенных требований позволит организовать эксплуатацию системы электроснабжения с необходимой степенью надежности и безопасности.

9.3. Сервисное обслуживание

Обслуживание электроустановок потребителей может осуществлять специализированная организация или электротехнический персонал другого предприятия по договору. Обслуживание мощных источников бесперебойного питания и дизель-гене-

раторных установок по сложившейся практике осуществляется сторонними организациями, как правило, поставщиками данного оборудования. Это связано с необходимостью обучения на заводах-изготовителях, обеспечения специальной сервисной документацией и программным обеспечением, а также получением от изготовителей кодов и паролей для входа в сервисные меню установок, изменения уставок и регулировки параметров.

Обслуживание ДГУ выполняется в зависимости от наработанных моточасов и времени, прошедшего с предыдущего обслуживания. В случае, когда ДГУ находится в резерве, её запуски производятся только с целью проверки и диагностики. Периодичность проверок — ежеквартальная, полугодовая и годовая. В зависимости от периода проверки осуществляется замена топливных, масляных и воздушных фильтров, масла и охлаждающей жидкости. Также производятся различные проверки и регулировки. В зависимости от наработанных моточасов выполняются замена фильтров, проверки и регулировки ДГУ. Обслуживание по времени наработки производится через 50, 250, 500 и 1000 моточасов.

Проверки ДГУ проводятся под нагрузкой. Для этого предусматривается подключение нагрузочных реостатов. Иметь на объекте магазин нагрузочных реостатов необязательно. Таким оборудованием располагают организации, осуществляющие сервисное обслуживание. Нагрузочные реостаты размещаются на специализированном автомобиле, оборудованном комплексом всего диагностического оборудования. Проектом следует предусмотреть присоединение нагрузочных реостатов и в случае, оговоренном в техническом задании, передвижной ДГУ на время проведения регламентных работ. Нагрузочные реостататы применяются также при достаточно длительной (более 30 мин) работе ДГУ на нагрузку 30...40% от номинальной и менее. Возникающее при этом «коксование» цилиндров двигателя устраняется «прожиганием» двигателя при работе на номинальную нагрузку. Таким образом, обслуживание ДГУ можно разделить на плановое, проводимое в соответствии с заводскими предписаниями по графику, на сервисное обслуживание по наработанным моточасам и внеплановое, вызываемое «коксованием» и поломками.

Работы, выполняемые при техническом обслуживании ИБП, также подразделяются на плановые и внеплановые. Применительно к малым «розеточным» ИБП производится только ежеквартальное тестирование работоспособности в автономном режиме и плановая замена батарей через 3–5 лет в зависимости от типа аккумуляторов. Внеплановая замена батарей может потребоваться по результатам тестирования в случаях многократных циклов «заряд–разряд» или нарушения температурного режима в помещении. Другие работы по обслуживанию ИБП малой мощности не предусматриваются.

Работы по сервисному обслуживанию ИБП большой и средней мощности проводятся с периодичностью один раз в квартал. Производится очистка от пыли плат управления, силовых элементов, в первую очередь радиаторов мощных транзисторов, тиристоров и диодов. Осуществляется проверка болтовых и разъемных соединений. Аккумуляторная батарея проверяется на предмет протечки электролита, очищается от пыли и остатков электролита. Специальными диагностическими при-

борами производится проверка емкости отдельных аккумуляторов. Это достаточно трудоемкая проверка, и в соответствии с требованиями ПЭЭП её проводят 1 раз в год. Она может потребовать частичной разборки АБ и, следовательно, вывода ИБП из работы. Существует альтернатива — тестирование АБ в процессе работы ИБП. ИБП перепрограммируется в режим «battery test» («тест батарей») и переходит в автономный режим на заданное время. Система управления ИБП измеряет постоянный ток и напряжение на АБ. В соответствии с заряд-разрядными характеристиками применяемых аккумуляторов, заложенными в память ИБП при инсталляции, автоматически вычисляется емкость АБ и данные расчета выводятся на пульт или станцию мониторинга ИБП. При неудовлетворительном результате теста делается заключение о потере емкости АБ и принимается решение о её полной замене или последующей детальной диагностике с целью определения дефектных (потерявших емкость) отдельных аккумуляторов. Успешное завершение теста не означает безусловно удовлетворительного состояния АБ. Этот результат следует расценивать скорее как прогноз. Следует комбинировать автоматические и ручные тесты: автоматические — ежеквартально и чаще, ручные — 1 раз в год.

Помимо тестирования АБ производится измерение электрических параметров ИБП и при необходимости — их корректировка. При корректировке параметров ИБП применяется специализированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять проверку и установку следующих основных параметров:

- допустимого значения диапазона напряжения на входе, не вызывающего перехода в автономный режим;
- напряжения батареи;
- напряжения на выходе инвертора;
- тока заряда батареи.

Программное обеспечение позволяет произвести считывание внутреннего журнала событий ИБП, позволяющего восстановить историю операций, проводимых на ИБП как в автоматическом режиме, так и в ручном. По журналу событий проводится анализ текущих событий с целью выявления возможности возникновения аварийных ситуаций и устанавливаются причины их возникновения.

Проверка ИБП проводится на холостом ходу. В случае необходимости возможно проведение тестирования ИБП на нагрузочные сопротивления, подобно тестированию ДГУ. Все регулировки проводятся в случае отклонений параметров от нормы, выявленных в ходе тестирования. Проверки с применением программного обеспечения проводят 2 раза в год.

Помимо проверок самого ИБП осуществляется контроль за соблюдением эксплуатационных норм на: чистоту помещения, температуру в помещении, посторонние предметы на крышках ИБП, ограничение доступа в помещение ИБП.

Сведения о готовности к пуску ДГУ, продолжительности ее работы на холостом ходу или под нагрузкой, а также результаты осмотров и проверок работы дизель-электростанции должны оформляться в эксплуатационном журнале (формуляре). Сведения о проводимых на ИБП проверках и регулировках также заносятся в формуляр.

9.4. Безопасность электроснабжения

Система электроснабжения представляет собой технологическую систему, обеспечивающую безопасное и надежное функционирование инфокоммуникационных систем и инженерных систем здания. В свою очередь, система электроснабжения должна обеспечиваться средствами безопасности, и, кроме того, сама система электроснабжения является источником повышенной опасности. Важной задачей эксплуатации системы электроснабжения, наряду с электроснабжением потребителей, является её безопасное функционирование.

Безопасность электроснабжения следует понимать достаточно широко, не ограничиваясь только пожарной и электробезопасностью. Применительно к системе электроснабжения существуют следующие аспекты безопасности:

1. Общие требования безопасности.
2. Функции систем безопасности, зависящие от электроснабжения.
3. Электробезопасность.
4. Пожарная безопасность.
5. Информационная безопасность, включающая сохранность информации, предотвращение несакционированного доступа по цепям питания, защиту от преднамеренного воздействия по цепям питания.

Общие требования безопасности заключаются в соблюдении правил внутреннего распорядка, требований внутриобъектового режима и применения технических и инженерных средств защиты электроустановок.

Электромашинные помещения, предназначенные для размещения щитового оборудования, источников бесперебойного питания, ДГУ, должны иметь прочные входные двери, оборудованные системой контроля доступа и защищенные охранной сигнализацией, а в обоснованных случаях — системой видеонаблюдения. Электромашинные помещения, в которых размещается электрооборудование, не требующее постоянного управления и обслуживания, должны ставиться под сигнализацию. Доступ в данные помещения должен производиться с уведомлением и с разрешения поста централизованной охраны. Рекомендуется, чтобы информация о доступе в электромашинные помещения поступала не только на пульт охраны, но и на АРМ диспетчера СДЭ. В объединенной АСДУ такие требования легко реализуются, поскольку пульты и АРМ размещаются в объединенной диспетчерской.

При размещении электромашинных помещений на первых этажах административных или служебных зданий, а также при наличии рядом с окнами балконов, пожарных лестниц и т.п. на окна помещений дополнительно устанавливаются внутренние раздвижные металлические решетки, запираемые на замок. На двери помещения, предназначенного для размещения дежурного оперативного персонала, должны быть установлены средства ограничения доступа (шифрозамок, домофон и т.п.).

Функции систем безопасности, зависящие от электроснабжения, заключаются в сохранении работоспособности систем безопасности в случаях исчезновения питания от системы внешнего электроснабжения и аварий в системе внутреннего электроснабжения. Существует ряд нормативно закрепленных технических мero-

приятий, позволяющих свести к минимуму вероятность выхода из строя систем безопасности. В приложении 1 к РД 34.20.185-94 содержится перечень электроприемников I категории. В частности, к ним относятся электроприемники противопожарных устройств, лифты, охранная сигнализация. ВСН 59-88 устанавливают I категорию электроснабжения для электроприемников противопожарных устройств (пожарных насосов, устройств подпора воздуха и дымоудаления, установок пожаротушения, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), охранной сигнализации и лифтов. МГСН 4.04-94 требуют осуществления электроснабжения противопожарных устройств многофункциональных зданий высотой более 16 этажей от двух независимых трансформаторов с автоматическим переключением с основного на резервный. В качестве третьего резервного источника электроснабжения следует предусматривать дизельную электростанцию.

Технические мероприятия по организации электроснабжения для выполнения этих требований сводятся к следующему:

- выделению на разные секции ГРЩ систем рабочего и аварийного освещения и пожарных систем;
- применению аккумуляторных батарей в цепях блоков питания систем пожарной и охранной сигнализации, использованию локальных ИБП для дополнительного резервирования питания систем безопасности;
- устройству резервной дизельной электростанции для питания электроприемников систем безопасности.

Электробезопасность системы электроснабжения заключается в организации эксплуатации в соответствии с требованиями документа «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00). Все применяемое электрооборудование должно иметь сертификаты соответствия, а электроустановка здания в целом также должна быть сертифицирована на соответствие ГОСТ Р МЭК 536-94.

Пожарная безопасность системы электроснабжения обеспечивается соблюдением норм пожарной безопасности (НПБ) при проектировании и монтаже системы и оснащением её в установленных случаях системами пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. При проектировании следует руководствоваться следующими нормативными документами:

- НПБ 110-96 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками тушения и обнаружения пожара»;
- НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности».

Информационная безопасность в основном определяется разработанным порядком выполнения предписанных организационных мероприятий и использованием существующих технических средств защиты. Применительно к электроснабжению информационная безопасность имеет три аспекта:

1. Сохранность информации в системах связи, в инфокоммуникационных сетях, на серверах, рабочих станциях и персональных компьютерах, обеспечиваемая за счет надежности и качества электроснабжения.

2. Предотвращение несакционированного доступа по цепям питания.

3. Защита от преднамеренного воздействия по цепям питания.

Две последние позиции относятся к вопросам, выходящим за рамки данной книги. Единственно, что можно отметить относительно выполнения этих требований, — это территориальное расположение электрооборудования. Трансформаторные подстанции и заземлители должны находиться на охраняемой территории учреждения. К трансформаторным подстанциям и заземлителям не должны подключаться внешние потребители.

Что касается сохранности информации, то следует отметить, что существует система нормативного и правового регулирования информационной безопасности. Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации» регулирует отношения, возникающие при формировании и использовании информационных ресурсов, создании и использовании информационных технологий и средств их обеспечения, защите информации и прав участников информационных процессов и информатизации. Понятие информационной безопасности включает в себя три составляющие: конфиденциальность, целостность и доступность.

Статья 19 закона «Об информации, информатизации и защите информации» устанавливает требования к обязательной сертификации информационных систем, обрабатывающих информацию с ограниченным доступом, а также средств защиты этих систем. Организации, выполняющие работы по проектированию и созданию таких систем, получают лицензии на этот вид деятельности в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Существуют специальные технические средства защиты информации, выполняющие возложенные на них функции, но не обеспечивающие электроснабжения инфокоммуникационных систем. Поэтому, говоря о средствах обеспечения информационной безопасности, следует иметь в виду комплекс технических средств и организационных мероприятий, одной из составляющей которого является надежное и качественное электроснабжение. Построение СБЭ и СГЭ, обеспечивающих эти требования, было уже рассмотрено и в дополнительных пояснениях не нуждается.

Глава 10

Создание систем электроснабжения интеллектуальных зданий

10.1. Комплексное проектирование и требования к проектам

Большое количество телекоммуникационных и информационных систем, сложная инженерная инфраструктура интеллектуального здания, системы жизнеобеспечения, комфорта и безопасности требуют от проектировщика комплексного, взаимоувязанного проекта, обеспечивающего совместное функционирование систем, исключение различного рода коллизий и оптимизации работы. При проектировании системы электроснабжения необходимо учитывать и обеспечивать надежность электроснабжения, качество электрической энергии, электромагнитную совместимость, управление электрохозяйством, энергосбережение. Выполнение всех требований, включаемых в задания на проектирование и возникающих в ходе самих проектных работ, возможно при условии комплексного проекта на системы интеллектуального здания. Следует заметить, что архитектурно-планировочные решения также должны учитывать совместное функционирование систем в целом и обеспечивать требования к размещению оборудования и прокладке коммуникаций. Требования к электромашинным помещениям были изложены в гл. 8.

Создание комплексного проекта, учитывающего взаимосвязи систем и обеспечение их оптимальной работы, будет рассмотрено в гл. 11.

Помимо требований общесистемного характера, предъявляемых к проекту интеллектуального здания, существуют нормативно-технические требования, определяемые в нормативно-технической документации (ГОСТ, СНиП, различные правила и руководящие документы). Основные требования к системе проектной документации в строительстве (СПДС) в первую очередь изложены в СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» и СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

Следует заметить, что проектирование и создание инженерных систем и сетей, к которым принадлежит и система электроснабжения, относятся к строительной

деятельности. Поэтому в излагаемом далее материале внимание будет уделено именно вопросам строительства.

Система нормативных документов Российской Федерации в строительстве создана в соответствии с новыми экономическими условиями, законодательством и структурой управления на базе действующих в России строительных норм, правил и государственных стандартов в этой области. Создание систем электроснабжения относится к строительной деятельности и регламентируется нормативными документами прямого действия (федеральные нормы), территориальными и ведомственными нормативами.

Федеральные нормативные документы:

– строительные нормы и правила Российской Федерации (СНиП);
– государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р);
– своды правил по проектированию и строительству (СП), в том числе Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
– руководящие документы (РД).

Нормативные документы субъектов Российской Федерации:

– территориальные строительные нормы (ТСН), в том числе Московские городские строительные нормы (МГСН).

Производственно-отраслевые нормативные документы:

– стандарты предприятий (объединений) строительного комплекса и стандарты общественных объединений (СТП и СТО);
– ведомственные строительные нормы (ВСН);
– ведомственные нормы проектирования (ВНП);
– ведомственные руководящие материалы рекомендательного характера (РМ).

В качестве федеральных нормативных документов применяют также межгосударственные строительные нормы и правила и межгосударственные стандарты (ГОСТ), введенные в действие на территории Российской Федерации.

Как уже отмечалось ранее, основополагающими нормативными документами в области электроснабжения зданий являются ПУЭ и комплекс ГОСТ Р 50571. Требования, изложенные в этих нормативных документах, следует обеспечивать при проектировании электротехнической части проекта. Общестроительные требования к электромашинным помещениям, кабельным сооружениям и т.п. излагаются в гл. 5.1 и разд. 6 и 7 ПУЭ, СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства» и ряде других строительных норм и правил. Требования к электромашинным помещениям ИБП, изложенные в гл. 8, следует рассматривать как рекомендательные, поскольку в явном виде они не излагаются в нормативной документации. Тем не менее по совокупности требований к размещению электрощитовых устройств, преобразовательных установок и АБ нормы к размещению ИБП можно подобрать в соответствующих разделах ПУЭ и СНиП.

Нормативно-техническая документация в области электроснабжения обновляется сравнительно редко. Это связано с достаточно длительной процедурой разработки норматива и его утверждения. Стандартам, представляющим аутентичный текст стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК), предшествует

подготовка и публикация материалов МЭК. Национальные российские стандарты разрабатываются профильными техническими комитетами и научно-исследовательскими институтами и утверждаются Госстандартом России. В промежутках между выходами новых нормативов выпускаются инструктивные материалы и руководящие документы Госэнергонадзора, а также ведомственные документы, устанавливающие требования и дающие разъяснения по актуальным вопросам в связи с новыми задачами в области электроснабжения и требованиями нормативов в смежных областях. Такие материалы и руководящие документы публикуются в различных ведомственных изданиях в общероссийском официальном издании Госэнергонадзора России «Вестник Госэнергонадзора» и региональных изданиях, например, в Московском регионе выпускается журнал «Энергонадзор и энергосбережение сегодня».

В приложении 6 приводится список нормативно-технической документации, необходимой для осуществления проектирования и строительства систем бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения.

Проектирование систем электроснабжения производится в порядке, устанавливаемом СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

Согласно СНиП 11-01-95 основным проектным документом на строительство объектов является, как правило, технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства. На основании утвержденного в установленном порядке ТЭО строительства разрабатывается рабочая документация. Для технически несложных объектов на основе утвержденных (одобренных) обоснований инвестиций в строительство может разрабатываться рабочий проект (утверждаемая часть и рабочая документация) или рабочая документация.

Основным документом, регулирующим правовые и финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон, является договор (контракт), заключаемый заказчиком с привлекаемыми им для разработки проектной документации проектными, проектно-строительными организациями, другими юридическими и физическими лицами. Неотъемлемой частью договора (контракта) должно быть задание на проектирование. Рекомендуемый состав и содержание задания на проектирование объектов жилищно-гражданского назначения (к ним относятся в том числе и административные здания) применительно к системам электроснабжения приводятся в табл. 10.1.

ТЭО и рабочие проекты на строительство объектов независимо от источников финансирования, форм собственности и принадлежности подлежат государственной экспертизе в соответствии с порядком, установленным в Российской Федерации.

Экспертной организацией, проводящей экспертизу проектов систем электроснабжения, является Государственный энергетический надзор (Госэнергонадзор) в лице его территориальных подразделений. При проектировании СГЭ в ряде случаев необходимо также проведение экспертизы в органах санитарно-эпидемиологического надзора.

Таблица 10.1. Состав задания на проектирование СЭ объектов гражданского назначения

№ п/п	Перечень основных данных и требований	Примечание
1	Основание для проектирования	+
2	Вид строительства	+
3	Стадийность проектирования	+
4	Требования к вариантной и конкурсной разработке	+
5	Особые условия строительства	-
6	Основные технико-экономические показатели	+
7	Основные требования к архитектурно-планировочному решению здания	-
8	Основные требования к инженерному и технологическому оборудованию	+
9	Требования к разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций	–
10	Требования о необходимости: выполнения демонстрационных материалов, их составе и форме; выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в процессе проектирования и строительства; выполнения экологических и санитарно-эпидемиологических норм	–
Примечание. «+» — обязательная позиция, «–» – необязательная позиция.		

Изложим требования к проектам на электроснабжение, предъявляемые Госэнергонадзором [36]. Поскольку основное внимание в книге уделено системам бесперебойного и гарантированного электроснабжения, то требования к проектам систем освещения будут опущены. В то же время перечень требований будет дополнен, что связано со спецификой СБЭ и СГЭ.

Для рассмотрения и согласования проектной документации в территориальное учреждение Госэнергонадзора должны быть представлены:

- проект, согласованный с предприятием «Энергосбыт» в части учета электроэнергии, предприятием (районом) электрических сетей или другой энергоснабжающей организацией — в части внешнего электроснабжения;
- лицензия организации, выполнившей проект, выданная в установленном порядке органами Госэнергонадзора;
- технические условия или разрешение на присоединенную мощность;
- акт балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности;
- технико-экономическое обоснование на использование электроэнергии на термические цели при наличии электротермического оборудования; обогрев контейнеров ДГУ под термические нагрузки не подпадает и является технологической нагрузкой;
- согласование с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора и природоохранными организациями при применении в составе проекта ДГУ;
- согласование с управлением подземных сооружений и службой районного архитектора при применении в составе проекта ДГУ контейнерного исполнения, расположенной вне здания.

Учитывая требования нормативно-технической документации, проект должен содержать:

- пояснительную записку по основным техническим решениям;
- поэтажные планы с расположением электрооборудования и прокладкой электрических сетей;
- принципиальные схемы питающей сети внутреннего и внешнего электроснабжения;
- трассы прокладки питающих кабелей;
- спецификацию оборудования, изделий и материалов;
- раздел «Защита окружающей среды» при применении в составе проекта ДГУ;
- план размещения контейнеров ДГУ с нанесением на геоподоснову.

В пояснительной записке должны быть отражены следующие вопросы:

- назначение и характеристика объекта;
- число работающих людей, сменность работы;
- категория надежности электроснабжения;
- откуда и как подключен объект;
- решения по обеспечению бесперебойного и гарантированного электроснабжения;
- категории помещений по степени опасности поражения электрическим током;
- способ выполнения электропроводок;
- обоснование выбранного электрооборудования;
- системы уравнивания потенциалов, защитного заземления, молниезащиты;
- решения по обеспечению электромагнитной совместимости.

На планах наносят и указывают:

- строительные конструкции и оборудование в виде контуров;
- наименование помещений;
- вводно-распределительные устройства, ГРЩ, распределительные щиты и пункты, щитки освещения, шкафы управления и автоматики и их обозначения;
- источники бесперебойного питания, включая шкафы аккумуляторных батарей, дополнительное оборудование ИБП и их обозначения (малые «розеточные» ИБП на планах не показываются);
- системы постоянного тока;
- дизель-генераторные установки;
- групповые щитки и их обозначения;
- разделительные трансформаторы;
- фильтры, фильтрокомпенсирующие устройства и кондиционеры гармоник вне состава ИБП;
- выключатели, штепсельные розетки;
- линии распределительных и групповых сетей, их обозначения, марку проводов, сечения, способ прокладки;
- другое электрическое оборудование.

Принципиальные электрические схемы выполняются следующим образом:
- распределительных и групповых сетей — в однолинейном изображении, с выделением нулевого рабочего и нулевого защитного проводников;
- источников бесперебойного питания — в однолинейном изображении с выделением терминалов подключения кабелей переменного тока; необязательно изображение кабелей постоянного тока, связывающих системный блок ИБП и шкаф АБ или выпрямители и АБ системы постоянного тока;
- линии питания нагрузок постоянного тока и системы питания на постоянном токе изображаются на отдельных листах.

Условные обозначения в проектах выполняются в соответствии с нормами российских стандартов. Применяются обозначения, предусмотренные Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) и Системой проектной документации для строительства (СПДС).

В результате положительных результатов экспертизы проекта в органах Госэнергонадзора производится его согласование и делается отметка (штамп) с датой и подписью ответственного лица на листах согласований, общих данных или на принципиальной электрической схеме.

Без положительного результата экспертизы и устранения замечаний по проекту прием в эксплуатацию электроустановки запрещается.

10.2. Выбор проектировщиков, поставщиков оборудования и подрядчиков на производство работ

Выбор организации для создания системы электроснабжения (СЭ) интеллектуального здания требует знания возможностей исполнителя сразу по нескольким направлениям деятельности — проектированию, монтажу и пусконаладке, поставке и обслуживанию оборудования. Это вызвано тем, что системы электроснабжения (СЭ) интеллектуальных зданий являются сложными аппаратно-программными комплексами. Вопросы создания устройств и систем электроснабжения оказались на стыке многих направлений техники: систем автоматического управления, промышленной электроники и мощной импульсной техники, электромагнитной совместимости и многого другого. Разнообразен и перечень электрооборудования и устройств, которые могут входить в объединенную систему электроснабжения объекта:

1. Трансформаторы и закрытые высоковольтные распределительные устройства на напряжение 6/10/20 кВ.
2. Вводно-распределительные устройства, ГРЩ и групповые щиты.
3. Устройства автоматического включения резерва.
4. Дизель-генераторные установки, газопоршневые машины, малые гидроэлектростанции.
5. Источники бесперебойного питания.
6. Системы постоянного тока.
7. Инверторы и конверторы постоянного тока.

8. Конверторы частоты 50/60 Гц, 50/400 Гц.

9. Силовые коммутаторы — ранжировщики нагрузки.

10. Устройства молнезащиты, заземления, сетевые фильтры и т.д.

Достаточно даже этого неполного перечисления электрооборудования и устройств, чтобы понять, насколько сложна задача, стоящая перед разработчиком по созданию СЭ. Процедура и особенности выбора подрядчика детально разобраны в [37]. Здесь крайне важно для заказчика не ошибиться в выборе исполнителя (проектировщика и подрядчика), который возьмет на себя ответственность за качество технических решений и монтажа создаваемой СЭ, наполнение ее современным оборудованием, за сроки выполнения различных этапов работ и т.д. Очевидно, что основное внимание заказчика должно быть обращено на подготовительный этап, предваряющий непосредственно разработку проекта и его реализацию.

Подготовительный этап создания СЭ может быть разделен на три подэтапа [37]:

1. Определение состава СЭ и соответствующего перечня электрооборудования, входящего в подлежащую проектированию систему.

Для составления такого предварительного перечня необходимы:

– наличие полной и достоверной технической информации;

– обеспечение качественной поддержки со стороны производителей техники;

– наличие опыта работы с техникой данных производителей;

– наличие сертификатов на продукцию;

– возможность построения СЭ по принципам, изложенным в гл. 5.

Составленный перечень должен быть избыточен по номенклатуре и диапазону мощностей.

2. Инжиниринговая проработка, включающая определение принципов работы СЭ и резервирования электроснабжения, необходимых логических связей, конкретных требований к отдельным видам оборудования, составление проекта технического задания (ТЗ).

3. Выбор высокопрофессиональной компании-интегратора, поскольку необходимым условием выполнения первых двух шагов является участие в работе квалифицированных инженеров-разработчиков, владеющих комплексными методами проектирования СЭ в целом и имеющих достаточно глубокие знания по всему ряду используемых устройств и оборудования и возможностям их адаптации к требованиям смежных инженерных систем (см. гл. 11).

Три шага подготовительного этапа создания системы электроснабжения являются ключевыми для всего процесса. Разумеется, большое значение имеет качество проектирования, монтажа, пусконаладочных и сервисных работ. Принципы работы, оборудование и исполнитель проекта являются той основой, на которой базируется система электроснабжения.

Очевидно, что самыми «дорогостоящими» оказываются ошибки в идеологии построения СЭ, упущения в принципах работы, неправильная ориентация в выборе оборудования, т.е. ошибки, возникающие на стадии составления технического задания, формулирования требований технического задания и на этапе разработки структурной и принципиальной электрических схем.

Очень важна правильная стыковка различных устройств СЭ. Например, в некоторых случаях можно встретить рекомендации относительно применения дизель-генераторов с мощностью, в 3...4 раза превышающей установленную мощность ИБП, которые планируется питать в аварийном режиме от дизель-генератора. В то же время, технически точно обоснованный выбор мощности ДГУ (см. гл. 4) и грамотное построение схемы позволяют довести это соотношение до значений 1,1...1,5.

Нетрудно представить последствия, возникающие в этом случае:

- превышение установленной мощности дизель-генератора в 2...3 раза по сравнению с оптимальной;
  резкое увеличение массы и габаритов дизель-генератора;
- необходимость большой площади помещения, фундамента и высокое потребление топлива;
- значительный рост цены;
- дополнительные проблемы, вызываемые работой ДГУ в режиме малых нагрузок и требующие соответствующих проектных решений.

Менее серьезные, но также отражающиеся на технико-экономических показателях проекта проблемы присутствуют при выборе и остального оборудования (схемы выпрямителей ИБП, количество выпрямителей в системах питания постоянного тока, емкости аккумуляторных батарей ИБП и систем постоянного тока, количество инверторов и т.д.).

Наиболее часто встречается завышенная или заниженная мощность ИБП как при проектировании СБЭ, так и при выдаче задания. Для недобросовестного проектировщика, заинтересованного в продаже оборудования, завышение мощности означает увеличение денежного оборота и соответственно прибыли. Для ориентировочной проверки можно прибегнуть к оценке мощности СБЭ по удельным мощностям (см. разд. 3.5).

Бывают и ошибки самого заказчика. При оценке потребности в мощностях СБЭ необходимо знать мощности вновь устанавливаемых рабочих станций, серверов и активного сетевого оборудования. На практике встречается грубая ошибка при попытке определения потребляемой мощности по каталожным данным блоков питания оборудования. Эти данные приводятся на заводской табличке («шильдике») со стороны задних панелей инфокоммуникационного оборудования, и они характеризуют максимальную нагрузочную способность блока питания, но не как не реальную мощность потребления. Для реальной оценки мощности необходимо уточнить нагрузку по технической документации или провести реальный замер. Для этого удобно использовать компактные измерители тока, мощности и энергии, включаемые непосредственно в розетку (рис. 10.1).

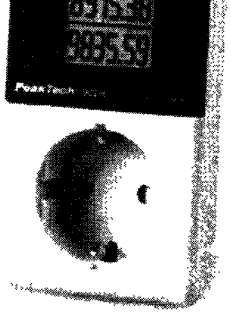


Рис. 10.1. Внешний вид компактного измерителя мощности и энергии *(источник: PeakTech)*

Автору известен случай, когда мощность СБЭ пытались вычислить, используя в качестве расчетных величин номиналы и количество электрических розеток в помещении. Случай настолько примечательный, что заслуживает описания. В серверном помещении проектом предусматривалось 70 электрических розеток с номиналом 16 А, 250 В. Расчет мощности СБЭ заключался в простом умножении: 70×16 А×250 В = 280 кВА. Исходный посыл такого расчета состоит в том, что оборудование включено в каждую розетку (игнорируется состав и коэффициент использования оборудования), потребляется максимальный для данного типа розетки ток (игнорируется реальное электропотребление), а напряжение в электрической сети вместо 220 В равно номинальному напряжению, на которое рассчитана розетка, — 250 В. Соответственно если установить другие розетки или изменить их количество, то изменится и мощность нагрузки!

Рекомендации по выбору подрядчика на создание СЭ представлены в виде последовательности шагов [37], первым из которых является сбор информации о компаниях, специализирующихся в области систем электроснабжения.

Далее выбор компании осуществляется исходя из следующих критериев:

1. Предложение к использованию в СЭ наиболее широкого спектра оборудования.
2. Наличие лицензии на право выполнения проектных строительных, монтажных и пусконаладочных работ.
3. Наличие у компании фирменного сертификата на право проведения работ с требуемым видом оборудования (ИБП, ДГУ, системами постоянного тока и т.д.).
4. Обеспечение участия в работе технических специалистов, которые имеют личные сертификаты на право работы с конкретной техникой.
5. Представление компанией референс-листа, рекомендаций и отзывов предыдущих клиентов, а также представление информации о наличии запасных частей на складе, объеме документации, приборном парке и т. д.
6. Возможность обеспечения компанией самостоятельно или через постоянных партнеров поставки сертифицированного оборудования.

В процессе анализа деятельности и выбора компании должен сформироваться список не более чем из двух компаний. Если этот список больше, значит, либо задача простая, либо где-то пропущен шаг (например, простой задачей может быть создание распределенной СБЭ без переделки групповых сетей). Далее наступает момент окончательного выбора подрядчика и составления договора и выполняется следующее:

– формирование списка из двух компаний;
– разработка компаниями предложений по техническому заданию на создание СЭ;
– выбор наиболее удачного предложения;
– разработка плана-графика работ с учетом участия субподрядных организаций;
– согласование плана-графика и подготовка договора на проектирование;
– заключение договора и начало проектирования.

Последовательность и содержание шагов могут зависеть от внутриведомственных правил выбора подрядчика и заключения договоров на поставку и монтаж оборудования. Возможна следующая последовательность:

– выбор генерального проектировщика;
– разработка проекта;

– проведение тендера на реализацию проекта;
– заключение договора на поставку оборудования и строительно-монтажные работы.

Одно важное замечание, которое следует учитывать при выборе поставщика оборудования [38]. Некоторые компании-поставщики оборудования заявляют о себе как об эксклюзивном (исключительном) поставщике какого-либо типа оборудования. Заказчик должен представлять себе, что, устанавливая отношения с таким поставщиком, возможны следующие последствия:

– ценовые характеристики поставляемого оборудования, скорее всего, будут завышенными;
– дальнейшее развитие системы предполагает использование того же оборудования от того же поставщика;
– в случае разногласий по ценам, техническим характеристикам, срокам поставок и.т.д. заказчик вынужден все равно прибегать к услугам одного и того же партнера;
– если компания прекращает отношения с производителем или вообще ликвидируется, то возникают сложности с запасными частями и расходными материалами.

Применительно к системам электроснабжения трудно предположить, что может потребоваться применение уникального электрооборудования, выпускаемого «под заказ». Это характерно для объектов большой энергетики, например гидрогенераторов, проектируемых под конкретную гидроэлектростанцию. В рассматриваемом случае оборудование выпускается в массовом количестве.

Выбор оборудования должен допускать смену поставщика (но не оборудования), стабильное обеспечение запасными частям и обеспечение сервисным обслуживанием.

10.3. Строительство, пусконаладочные работы и сдача системы электроснабжения в эксплуатацию

Осуществление строительства регламентируется Правилами устройства электроустановок, строительными нормами и правилами, стандартами и при правильном выборе подрядчика, обладающего соответствующими лицензиями и опытом работы, нуждается только в инженерно-техническом надзоре со стороны заказчика и авторском надзоре со стороны проектировщика. Согласно Федеральному закону «О лицензировании отдельных видов деятельности» лицензированию подлежит также осуществление функций заказчика. Это означает, что заказчик должен иметь права на инженерно-технический надзор за реализацией проекта. Разрешение на такой вид деятельности оформляется лицензией Госстроя России и соответственно предусматривает наличие квалифицированного персонала, способного осуществлять заявленную деятельность. Если инвестор не имеет лицензии на осуществление функции заказчика, то существует практика осуществления функций заказчика силами управляющей (инжиниринговой) компании, имеющей лицензию.

После завершения строительно-монтажных работ наступает очередь пусконаладочных работ. В ряде случае пусконаладку осуществляет другая организация. Существуют группы компаний, работающие в единой технологической цепочке или технологическом холдинге. Деятельность таких компаний осуществляется по цепочке передачи заказа «проект — поставка — монтаж — пусконаладка — гарантийное обслуживание — послегарантийное обслуживание». При выборе подрядчика и привлечении различных организаций желательно, чтобы это были постоянные партнеры.

Заключительным этапом работ по созданию СЭ является сдача в эксплуатацию. Процедура сдачи электроустановки в эксплуатацию предусмотрена гл. 1.8 ПУЭ, СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства», гл. 1.3 Правил эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП), ГОСТ Р 50571.16-99, заводскими инструкциями на оборудование и утвержденными методиками испытаний. Относительно СБЭ и СГЭ установленный порядок проектирования и сдачи в эксплуатацию зачастую нарушается. Основными нарушениями являются отсутствие в ряде случаев самого проекта и его экспертизы, а также ввод электроустановки без предъявления инспектору Госэнергонадзора. Руководители предприятий должны представлять всю меру ответственности (вплоть до уголовной) при эксплуатации электроустановки в нарушение ПЭЭП.

Для сдачи электроустановки в эксплуатацию следует подготовить комплект документации, предъявляемый на приемке. В него входит сам проект, акты и протоколы испытаний, эксплуатационная документация. Состав и форма документов приведены в ВСН 123-90/ММСС СССР «Инструкция по оформлению приемосдаточной документации по электромонтажным работам».

В настоящее время требования к приемосдаточной документации устанавливаются территориальными органами Энергонадзора в соответствии с документом «Методические указания по порядку допуска в эксплуатацию новых и реконструированных электрических и тепловых энергоустановок», введенных письмом Госэнергонадзора РФ № 32-01-05/105 от 05.04.2002. Например, по Московскому региону было выпущено информационное письмо-предписание Мосгорэнергонадзора № ИП-05/202 от 04.06.2002, вводящее в действие Положение о порядке допуска в эксплуатацию новых и реконструированных электрических и тепловых энергоустановок по г. Москве.

Новая форма приемосдаточной документации предусматривает составление технического отчета, куда помимо всего входят и документы, предусмотренные ВСН 123-90.

Помимо удовлетворительных результатов испытаний и предъявления электроустановки инспектору Госэнергонадзора самому заказчику следует подготовиться к эксплуатации. Необходимо иметь подготовленный электротехнический персонал, прошедший обучение для работы с конкретным видом оборудования (ИБП, ДГУ) и аттестованный по требованиям документа «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». Кроме того, к моменту сдачи СЭ должны быть разработаны и утверждены инструкции по охране труда и эксплуатации, оформлена подрядчиком исполнительная документация, переданы заводские инструкции и схемы.

Глава 11

Реализация концепции интеллектуального здания

11.1. Система мониторинга и управления инженерным оборудованием здания

В интеллектуальных зданиях (ИЗ) с большим числом инженерных и инфокоммуникационных систем целью автоматизированного управления является совершенствование человеческого труда, повышение его эффективности, расширение возможностей процессов обработки информации, снижение эксплуатационных расходов на период всего жизненного цикла объекта.

Существует ряд решений, обеспечивающих объединение управления электроснабжением, отоплением, кондиционированием, вентиляцией, системами безопасности. Построением централизованных комплексов управления зданиями (Building Management System, BMS), охватывающих все инженерные системы, занимается ограниченное число организаций, среди которых крупные международные компании: Honeywell, Andover Controls, Johnson Controls, Siemens, Invensys Building Systems, TAC, Tridium. Некоторые производители интегрированных систем безопасности также претендуют на право быть представленными в этом списке, например Ademco Group и Simplex. Ведущие производители увеличивают поставки оборудования, поддерживающего протоколы международных ассоциаций.

Традиционные решения BMS предполагают автоматизацию локальных инженерных систем здания, не рассматривая комплексный подход к автоматизации здания в целом. В настоящее время крупные здания включают в себя значительное количество различных инженерных систем, обеспечивающих жизнедеятельность персонала и технологические процессы организаций, находящихся в здании. Развитие этих систем и мониторинг их состояния в большинстве случаев осуществляются экстенсивно — мониторинг инженерных систем производят для каждой из систем оборудования специфичным способом, используя при этом кабельную сеть в качестве сети связи инженерного оборудования с управляющей станцией мониторинга. Каждая из систем мониторинга выполняет ограниченные локальные задачи автоматизации и диспетчеризации соответствующей инженерной системы. Многие инженерные системы вообще не имеют средств мониторинга.

Анализ существующих систем мониторинга показывает, что, как правило, в той или иной мере им присущи следующие недостатки:

- недостаток информации у служб эксплуатации;
- отсутствие координации между системами мониторинга различных инженерных систем;
- снижение общей надежности технологического процесса;
- применение морально устаревших технических средств;
- отсутствие унификации оборудования и кабельных сетей;
- отсутствие запасного серийно выпускаемого оборудования;
- значительные эксплуатационные затраты;
- значительное время реакции на отказ оборудования;
- отсутствие технических решений по обеспечению живучести системы;
- отсутствие функций автоматического управления;
- ограниченные возможности диспетчерской связи и передачи информации в эксплуатационные службы здания.

Устранение перечисленных выше недостатков возможно с помощью технологии построения структурированных систем мониторинга и управления инженерным оборудованием зданий. Основные принципы этой технологии следующие:

- использование единой структурированной кабельной сети здания;
- создание структурированной иерархической системы управления и сбора информации;
- концентрация и распределение информации в соответствии с потребностями и полномочиями;
- комплексная автоматизация учета и обработки информации;
- применение оборудования инженерных систем с встроенными функциями мониторинга и управления;
- унификация оборудования и информационного обеспечения;
- типизация проектных решений.

Структурирование информационных потоков в системе позволяет сократить потребности в пропускной способности каналов передачи информации и наиболее эффективно войти в инфраструктуру управления зданием.

Функционирование инженерных систем здания взаимосвязано — состояние одной системы влияет на состояние другой. Вследствие этого администратор здания и диспетчер службы эксплуатации должны иметь необходимую информацию о смежных инженерных системах. Информация о состоянии инженерных систем нужна также администраторам ЛВС здания и других инфокоммуникационных систем, составляющих технологический процесс организаций, находящихся в здании.

Иерархическое построение позволяет интегрировать структурированную систему мониторинга и управления с другими автоматизированными информационными системами в составе ситуационных центров и диспетчерских пунктов различного уровня.

Компанией «ЭкоПрог» создана технология PROFIVE™, предназначенная для построения интегрированных комплексов оборудования ИЗ. Эта технология базируется на защищенных российскими патентами структурированной системе мониторинга и управления инженерным оборудованием здания [39] и многофункцио-

нальной кабельной системе здания [40]. Пятиуровневая модель PROFIVE™ (рис. 11.1), реализующая методы создания систем управления зданий, определяет взаимодействие датчиков и исполнительных устройств инженерных систем, многофункциональной кабельной системы, интеллектуальных контроллеров инженерных систем, программного обеспечения сбора и обработки информации и служб административного управления.



Рис. 11.1. Управление по технологии PROFIVE™
(источник: компания ЭкоПрог)

Компоненты технологии управления зданием находятся в иерархической связи согласно модели, показанной на рис. 11.1. Важным свойством использования компонентов на любом уровне иерархии является возможность применения оборудования различных производителей, поддерживающих стандартные интерфейсы.

Датчики и исполнительные устройства осуществляют связь инженерного оборудования с системой диспетчерского управления. Возможны следующие варианты использования и интеграции датчиков:

- датчики, измерительные преобразователи, исполнительные устройства, подключенные непосредственно на шину промышленных контроллеров;
- датчики, измерительные преобразователи, панели управления, имеющие интерфейсные выходы, требующие конвертации протоколов, либо подключаемые к серверу сбора и обработки информации, минуя шины промышленных контроллеров;
- датчики и исполнительные устройства, не входящие в состав контролируемого оборудования и передающие информацию на сервер ввода/вывода по одному из двух вышеуказанных способов.

Технология PROFIVE™ допускает применение датчиков и исполнительных устройств любых производителей и вне зависимости от оснащения контролируемого оборудования интерфейсами. Такой подход делает систему открытой и масштабируемой без непроизводительных затрат на замену оборудования.

Многофункциональная кабельная система — единая среда, обеспечивающая функции электроснабжения инфокоммуникационного и офисного оборудования, передачу и распределение информационных сигналов инфокоммуникационных

систем, а также передачу параметров режима и управляющих воздействий систем и отдельных единиц инженерного оборудования при автоматизации подразделений здания и здания в целом [40].

Разумеется, единую среду многофункциональной кабельной системы не следует понимать как единую кабельную сеть, предназначенную для передачи как информации, так и энергии. Силовые и слаботочные электропроводки выполняются в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями нормативных документов, а способ построения кабельной системы согласно [40] позволяет обеспечить перечисленные функции.

Создание многофункциональной кабельной системы в строящемся здании или в здании, подлежащем капитальной реставрации (реконструкции), позволяет перевести данное здание в категорию интеллектуальных зданий. Особенностью этих зданий является то, что монтируемые в них слаботочные системы инвариантны к целевому назначению помещений и не требуют реконструкции при изменении их назначения и режима использования.

Эксплуатационная долговечность и надежность этой кабельной системы здания являются следствием реализации способа её формирования. Он характеризуется тем, что прокладка кабелей сети электроснабжения и сетей слаботочных систем здания осуществляется одновременно и структурированно в соответствии с единой инфраструктурой здания, в соответствии с планом здания и планами помещений на различных этажах.

Для прокладки кабельной сети осуществляют кабельную проводку до каждого рабочего места (см. разд. 3.8.5), которая включает по крайней мере один силовой кабель, слаботочный кабель на основе витой пары и волоконно-оптический кабель.

Построение электросиловой составляющей многофункциональной кабельной системы было подробно рассмотрено в разд. 3.8.2.

Интеллектуальные контроллеры инженерных систем осуществляют локальное управление в масштабах единиц или групп оборудования, составляющих каждую из инженерных систем здания. Их место в структурированной системе мониторинга и выполняемые функции были подробно рассмотрены в разд. 7.2.2, 7.2.3 и 7.3.1.

Программное обеспечение сбора и обработки информации построено на базе SCADA-систем (см. разд. 7.3.2). Оно устанавливается на серверах сбора информации, предназначено для анализа данных, поступающих по многофункциональной кабельной системе от датчиков, и выдает команды управления для интеллектуальных контроллеров инженерных систем. К программному обеспечению также относятся драйверы контроллеров основных фирм-изготовителей инженерного оборудования и нестандартные драйверы, созданные с применением построителя драйверов (опция программного пакета SCADA-систем).

Административная служба — структурированная система мониторинга и управления инженерным оборудованием здания, реализованная в соответствии с [39]. Данный патент направлен на решение технической задачи по устранению указанных выше недостатков существующих систем BMS. Структурированная система мониторинга и управления инженерным оборудованием здания позволяет, ис-

пользуя установленные соответствующим стандартом кабели сетевой проводки ограниченной длины, обеспечить полный мониторинг и надежное централизованное управление всеми инженерными системами здания, характеризующегося большими площадями и этажностью. Достигаемый при этом технический результат заключается в улучшении эксплуатационных качеств и эффективности системы мониторинга и управления, выражающихся в повышении общей надежности функционирования инженерных систем здания.

Техническое решение, соответствующее патенту [39], позволяет за счет изменения схемы системы мониторинга и управления обеспечить полный охват контролем и управлением всего оборудования инженерных систем и комплексов, независимо от места их расположения по отношению к серверу АСДУ (см. рис. 7.36) при сохранении пропускной способности сети и качества сигнала. Система позволяет не только осуществлять централизованный сбор информации и контроль из общего центра, но и передавать часть своих функций на локальные диспетчерские станции (АРМ диспетчеров), обслуживающие функционально самостоятельные инженерные комплексы и системы при сохранении контроля за их работой. При этом сервер АСДУ может быть подключен к внешней глобальной сети для связи с другими внешними системами мониторинга и управления.

Автоматизированная система диспетчерского управления, выполненная по принципу структурированной системы мониторинга и управления инженерным оборудованием здания, была подробно рассмотрена в разд. 7.3.

PROFIVE™ — совершенствующаяся технология, использующая новые разработки, появляющиеся на рынке систем управления интеллектуальными зданиями. В последнее время она пополнилась Интернет-приложениями и новой разработкой компании «ЭкоПрог» — EIBuilder™, которая сразу стала популярной среди пользователей EIB-технологий. EIBuilder™ предназначена для удаленного мониторинга и управления EIB-систем через Интернет, в том числе мобильный. Пользователь со своего мобильного телефона может проверить функционирование систем автоматики EIB, параметры системы и среды в здании, задать новые уставки и дать команду системам управления оборудованием на выполнение определенных действий.

PROFIVE™ базируется на оригинальных решениях [39, 40], на основе которых реализованы многофункциональная кабельная система и структурированная система мониторинга и управления инженерным оборудованием здания. Подана заявка с приоритетом от 16.10.2001 на патент «Управляемая система гарантированного электроснабжения здания». Описанный в гл. 5 главный распределительный щит, выполненный на управляемых автоматических выключателях, составляет основную отличительную черту данной заявки. Ядром системы является «виртуальный» щит гарантированного электроснабжения, физически являющийся частью ГРЩ. Все его необходимые функции реализуются программным путем под управлением системы автоматики, интегрированной в структурированную систему мониторинга.

Таким образом, уровни интеграции систем по технологии PROFIVE™ обеспечиваются как представленными на рынке технологиями, так и оригинальными разработками, защищенными патентами и торговыми марками.

11.2. Системный подход к проектированию ИЗ

Реализация проектов интеллектуального здания в целом и его отдельных систем требует набора специальных методов проектирования. Эти методы призваны реализовать концепцию, разобранную в гл. 1. Системный подход к проектированию является залогом успешного результата создания интеллектуального здания.

При создании сложной системы перед началом проектирования необходимо определить взаимные требования и условия работы систем, разработать описания требований к системам, составляющим инженерную инфраструктуру здания. Системный подход позволяет на стадии проектирования оптимизировать состав оборудования, избавиться от избыточности оборудования и кабельных коммуникаций, избежать встречной работы систем, которая часто является проблемой.

Типичная ситуация — встречная работа систем отопления и кондиционирования, когда система отопления пытается поддержать температуру выше, чем уставка, заданная для кондиционера. Более драматично обстоит дело при работе систем вентиляции при возгорании, когда срабатывание температурного датчика системы вентиляции вызывает повышение притока свежего воздуха, усугубляющего пожар.

Системный подход заключается в согласованном взаимодействии инженерных систем. Например, источники бесперебойного питания обеспечивают электроснабжение систем управления инженерного оборудования здания. Инженерные системы (система кондиционирования, система электроснабжения общего назначения) обеспечивают нормальное функционирование среды окружения ИБП и питание от основных источников электроэнергии. В свою очередь, интеллектуальная система диспетчеризации электроснабжения (СДЭ) в составе объединенной АСДУ управляет разгрузкой электроприемников группы С в случае аварии внешнего электроснабжения, максимально увеличивая время работы электроприемников групп А и В при отключениях внешнего питания.

Для согласованного проектирования инженерных систем разрабатываются и используются различные исходно-разрешительные документы, в которых оговариваются требования к системам. Такими документами могут быть:

- исходные данные;
- задание на проектирование;
- техническое задание;
- строительное задание на подготовку технологических и электромашинных помещений;
- технические условия на оборудование.

Данные документы служат для создания логической модели систем ИЗ, удовлетворяющей требованиям заказчика, действующим нормам и законодательству.

Системный подход к проектированию снимает коллизии в работе инженерных систем, повышает безопасность их функционирования и позволяет:

- провести проектные работы по всем инженерным системам в рамках единого проекта;

– существенно снизить стоимость проекта при применении оборудования, отвечающего условиям взаимных требований;
– заложить на объекте единую среду обмена данными контроля и управления вместо отдельных разрозненных систем;
– обеспечить единое управление всем комплексом инженерных систем, что при существенных функциональных преимуществах дает снижение затрат по отношению к суммарной стоимости управляющих модулей локальных систем управления;
– снизить общий объем оборудования за счет использования функциональных возможностей оборудования одновременно в разных системах;
– снизить затраты на обслуживание;
– упростить гарантийное обслуживание;
– упростить процесс обучения обслуживающего персонала.

Проектирование ИЗ может вестись как в расчете на неопределенных пользователей для сдачи площадей ИЗ в аренду, так и в расчете на конкретного владельца ИЗ для размещения подразделений заказчика проекта.

Проект ИЗ для аренды создается в объеме:
– строительной части — несущие и ограждающие конструкции;
– зоны арендодателя — лифтовые холлы, вестибюли, другие места общего пользования;
– центральных инженерных систем — электроснабжение, отопление, вентиляция, кондиционирование и т.д;
– лифтового хозяйства;
– автоматизированной системы диспетчерского управления зданием (АСДУ);
– систем безопасности.

Проект ИЗ в таком объеме называется «стадией оболочки и ядра здания» [12]. Арендатор (арендаторы) затем создают свои проекты зон аренды на стадии «оснащения». На этой стадии проектированию подлежат технологические инфокоммуникационные системы арендаторов, системы бесперебойного электроснабжения (если этот сервис не предоставляется арендодателем) и зоны офисов.

Процесс проектирования ИЗ для аренды более сложен, так как включает две стадии и требует согласования требований систем арендатора и арендодателя.

На рис. 11.2 показана организация проектирования и оснащения арендуемых площадей ИЗ. Поскольку имеется разрыв между проектированием «оболочки и ядра здания» и «оснащением», роль координации проектных работ со стороны главного инженера проекта «оснащения» является существенной и необходимой. Может показаться, что арендатор столкнется с различного рода трудностями по согласованиям работы инженерных и инфокоммуникационных систем, однако большинство организаций-арендаторов имеют «типовые» требования к системам здания и используют фактически схожие инфокоммуникационные системы, поэтому коллизии могут возникнуть только в крупных или нестандартных проектах. В таких случаях заказчику следует рассмотреть вопрос о приобретении или строительстве недвижимости.

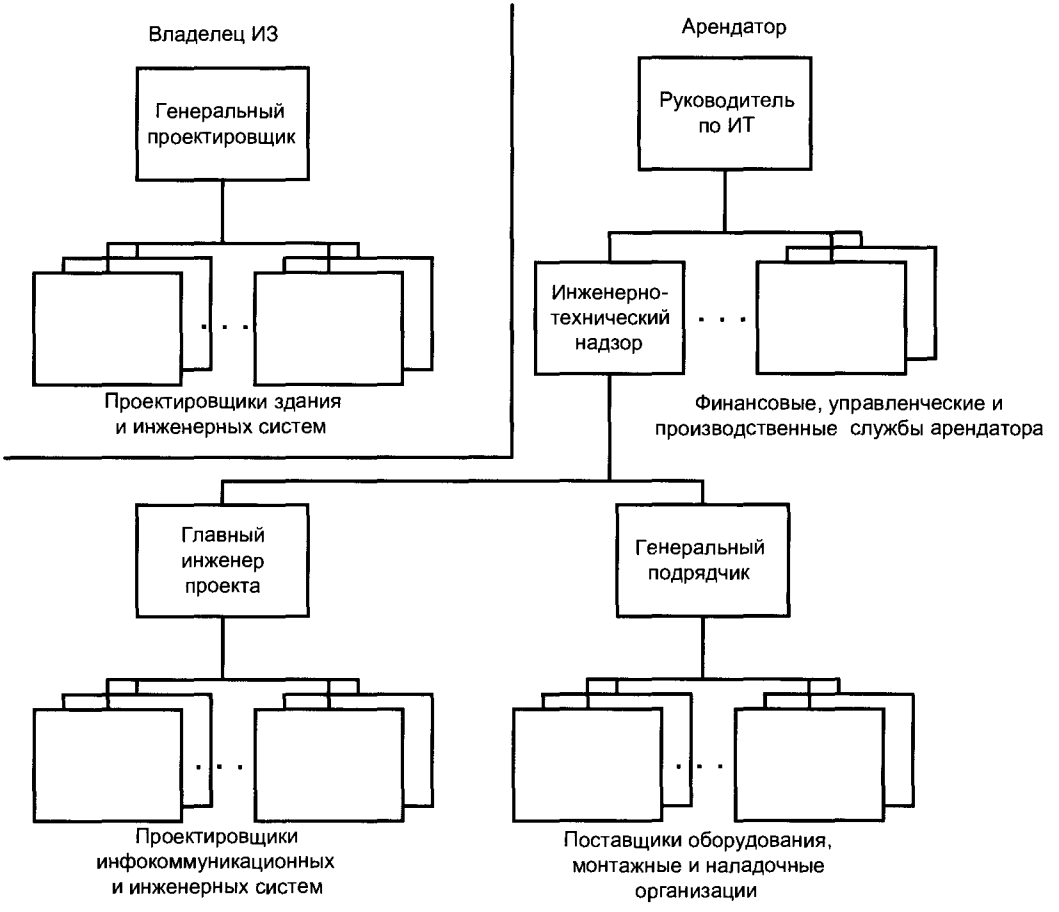


Рис. 11.2. Организация проектирования ИЗ для аренды

На рис. 11.3 показана организация проектирования и создания ИЗ для собственного пользования. Данная структура является более управляемой и позволяет в полной мере осуществить системный подход к проекту.

По окончании строительства следует озаботиться обеспечением передачи и целостности проекта. Проект выполнен в соответствии с заданием на проектирование и обладает определенными технико-экономическими показателями. Пользователи, пытающиеся «выжать» из здания возможности, значительно превышающие проектные, рискуют нажить себе неприятности, начиная от элементарных неудобств и кончая повреждениями конструкции здания.

Проектировщики ИЗ, и в первую очередь АСДУ, предполагают, что управление зданием будет осуществляться в соответствии с принципами и правилами, предусмотренными в проекте. Если эти ожидания не будут реализованы, то эффективность здания и инвестиций, по всей вероятности, пострадают. Это особенно важно в отношении реконструируемых объектов.

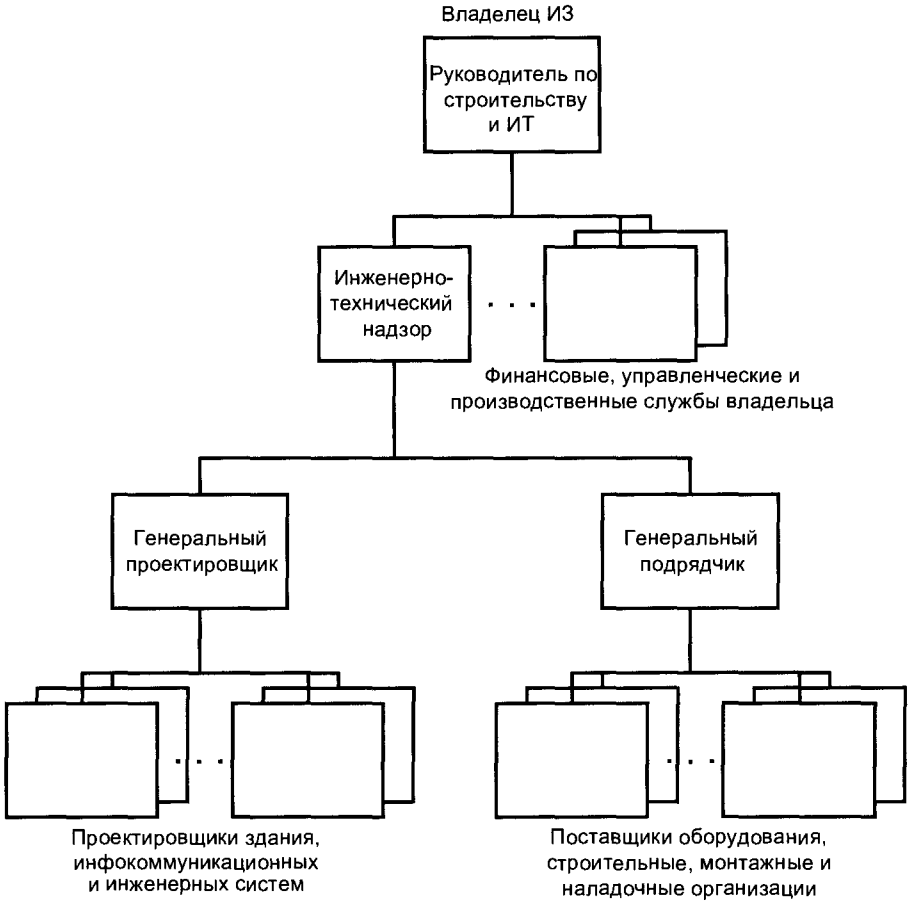


Рис. 11.3. Организация проектирования ИЗ для собственного пользования

Проектировщик должен снабжать ИЗ «руководством владельца», пригодным для использования сотрудниками отдела эксплуатации здания. При отсутствии такого руководства задание на проектирование, частные технические задания по инженерным системам, проекты, технические отчеты и другая документация должны быть переданы владельцу здания, который должен обеспечить их сохранность. Эти документы должны быть доступны сотрудникам отделов эксплуатационной службы здания. Они будут служить для них руководством в работе и справочными материалами [12].

Заключение

В заключение — краткое резюме в виде тезисов.

- Система электроснабжения — основа надежного функционирования инженерных и инфотелекоммуникационных систем.
- Отказоустойчивые системы электроснабжения объединяют в себе понятия систем бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения.
- Приступая к созданию или реконструкции внутренней системы электроснабжения, следует обеспечить необходимую мощность и категорию надежности внешней системы электроснабжения.
- СГЭ и СБЭ — резервные аварийные системы электроснабжения. Экономия средств при их создании вряд ли оправдана. Лучше сразу ответить на вопрос — будем их создавать или нет?
- Источник бесперебойного питания — это не большой блок питания компьютера, а часть электроустановки, которая проектируется и эксплуатируется по соответствующим правилам и стандартам.
- Системы бесперебойного и гарантированного электроснабжения предназначены для питания нагрузок групп А и В. Не следует неоправданно завышать мощность и подключать к ним нагрузки группы С.
- Электромагнитная совместимость должна обеспечиваться проектными решениями и применением сертифицированного оборудования.
- Выделение и подготовка электромашинных помещений должны осуществляться с тем же приоритетом, что и для инфокоммуникационного оборудования.
- Технически грамотный и специально обученный персонал — основная составляющая надежности электроснабжения.
- Проектирование системы электроснабжения в составе комплексного проекта — необходимое условие обеспечения эффективной работы всего комплекса инженерных систем.
- Проектирование и создание систем бесперебойного, гарантированного и общего электроснабжения должны поручаться специализированным организациям, имеющим необходимые лицензии и опыт работы.
- Управление системой электроснабжения должно осуществляться в составе объединенной автоматизированной системы диспетчерского управления.

Приложение 1

Условные обозначения на электрических схемах и чертежах

Таблица П1.1. Условные обозначения

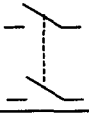
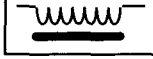
Изображение	Описание
	Проводник
	Шина
	Точка присоединения проводника
	Фазный проводник (L)
	Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)
	Защитный проводник (PE)
	Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N) и защитный проводник (PE), объединенные в один (PEN)
	1. Общее обозначение коммутационного аппарата 2. Рубильник, разъединитель
	Автоматический выключатель с термомагнитной защитой
	Сблокированные коммутационные аппараты (взаимное положение аппаратов определяется устройством блокировки по логическим схемам «И», «ИЛИ» и т.д.)
	Коммутационные аппараты с механической блокировкой (рычажной или тросовой)
	Дроссель

Таблица П1.1 (продолжение)

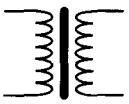
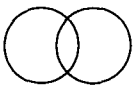
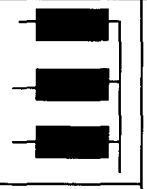
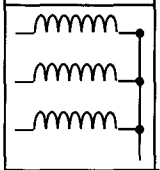
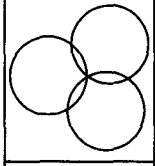
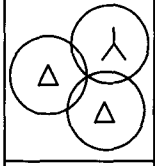
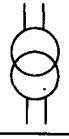
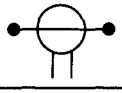
Изображение	Описание
	Двухобмоточный однофазный трансформатор
	Двухобмоточный трансформатор, общее обозначение
	Двухобмоточный трансформатор с обмотками, соединенными в треугольник и звезду
 	Обмотки трансформатора, соединенные в звезду
	Трехобмоточный трансформатор, общее обозначение
	Трехобмоточный трансформатор с обмотками, соединенными в треугольник, звезду и треугольник
	Трансформатор напряжения (ТН)
	Трансформатор тока (ТТ)
	Электрический двигатель, моторный привод

Таблица П1.1 (продолжение)

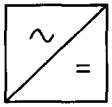
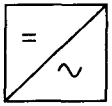
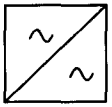
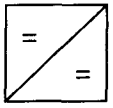
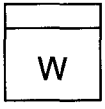
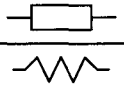
Изображение	Описание
	Источник электрической энергии переменного тока, генератор, общее изображение электроэнергетической системы
	Выпрямитель, зарядное устройство
	Инвертор
	Конвертор (преобразователь) переменного тока в переменный (преобразователь частоты, числа фаз)
	Конвертор (преобразователь) постоянного тока в постоянный, бустер
	Мостовой выпрямитель или инвертор, преобразователь
	Счетчик электрической энергии
	Резистор, электрическая нагрузка
	Полевой транзистор
	Аккумулятор, аккумуляторная батарея (АБ)
	Заземлитель
	Соединение с корпусом или обратным проводником
	Конденсатор

Таблица П1.1 (окончание)

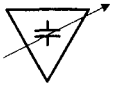
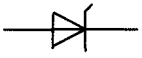
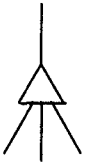
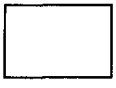
Изображение	Описание
	Батарея конденсаторов (конденсаторная батарея)
	Тиристор
	Болтовое соединение проводников
	Кабельная воронка — разделка кабеля на жилы
 	Электропроводящий корпус оборудования

Таблица П2.1 (продолжение)

Общие данные	Модельный ряд			
	Galaxy PW	**Galaxy 3000**	**Conceptpower Midi-Maxi**	**Conceptpower Modular**
Тепловыделение ИБП при нагрузке 100% и заряженных батареях, кВт	1,5…14,3	1,0…3,0	1,35…7,0	0,65…4,95
Тепловыделение одного модуля при нелинейной нагрузке 100% и заряженных батареях, кВт	Модель без модулей	Модель без модулей	Модель без модулей	0,65 / 0,9 / 1,15 / 1,65
Уровень акустического шума, дБ	58…68	51…53	Midi 55…65 Maxi 61…65	49…56
Тип батарей	Герметичные свинцово-кислотные, необслуживаемые, со сроком службы 5–10 лет	Герметичные свинцово-кислотные, необслуживаемые, со сроком службы 5–10 лет	Герметичные свинцово-кислотные, необслуживаемые, со сроком службы 5–10 лет	Герметичные свинцово-кислотные, Ni-Cd, необслуживаемые, со сроком службы 5–10 лет
Плавающее напряжение постоянного тока батарей, В	410…464	Н/д	Н/д	Н/д
Максимальный ток заряда батарей, А	Регулируемый (без ограничения)	Регулируемый, с дополнительным зарядным устройством (без ограничения)	Регулируемый до 40 А	До 15 А на 1 модуль
Количество батарей 12 В	30…34	Н/д	2×(20…25)	2×(15...25) для модулей 10...20 кВА, 2×(20...25) для модулей 30 кВА
Наличие статического байпаса ИБП	+	+	+	+
Наличие механического байпаса ИБП	+	+	+	+
Наличие статического байпаса модуля ИБП	Модель без модулей	Модель без модулей	Модель без модулей	+
Устойчивость к перегрузкам в режиме байпаса, %	Н/д	Н/д	150, длительно	150, длительно

Таблица П2.1 (продолжение)

Общие данные	Модельный ряд			
	Galaxy PW	**Galaxy 3000**	**Conceptpower Midi-Maxi**	**Conceptpower Modular**
Время перехода с байпаса на инвертор, мс	>5	>5	Н/д	Н/д
Рабочий диапазон температур, °С	0...+35	0...+40	0...+40	0...+40
Температура хранения / транспортировки, °С	–25...+40	–10...+45	–15...+50	–5...+50
Входные параметры				
Номинальное напряжение, В	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415
Диапазон изменения напряжения, %	±10	±15	–25...+15	–25...+15
Диапазон изменения частоты, Гц	(50 / 60) ±10%	45...65	35...65	35...65
Коэффициент мощности	0,96 (с фильтром)	0,99	0,98	0,98
Форма потребляемого тока, величина искажений, %	Синусоидальная, < 4 с фильтром гармоник	Синусоидальная, < 3	Синусоидальная, < 7	Синусоидальная, < 7
Выходные параметры				
Номинальное напряжение, В	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415	380 / 400 / 415
Разброс напряжения, %	±1 (линейная нагрузка)	±1 (линейная нагрузка)	±1 (линейная нагрузка) ±3 (нелинейная нагрузка)	±1 (линейная нагрузка) ±3 (нелинейная нагрузка)
Разброс напряжения при изменении нагрузки 0...100 и 100...0% [%]	Н/д	±3	±4	±4
Выходная частота, Гц	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Разброс частоты, %	±0,05	±1	±0,1	±0,1
Крест-фактор	3:1	3:1	3:1	3:1
Перегрузка, %	125 — 10 мин 150 — 1 мин	120 — 1,5 мин 150 — 1 с	125 — 10 мин 150 — 1 мин 2000 — 20 мс	125 — 10 мин 150 — 1 мин 2000 — 20 мс

Таблица П2.1 (продолжение)

Общие данные	Модельный ряд			
	Galaxy PW	Galaxy 3000	Conceptpower Midi-Maxi	Conceptpower Modular
Коммуникационные возможности				
ПО для мониторинга и закрытия серверов	+	+	+	+
Наличие SNMP-адаптеров	+	+	+	+
Коммуникационный порт (интеллектуальный и «сухие» контакты)	+	+	+	+
Функция экстренного отключения (EPO)	+	+	+	+
Функция координации работы с ДГ (Gen on)	+	+	+	+
Массогабаритные показатели				
Стандартный размер ИБП (Ш×В×Г), мм	(715…1215) × (1400…1900) × 825	(655…670) × (1420…1600) × (565…685)	(580…700) × (1400…1800) × 750	550 × (1400…1800)
Размер батарейных шкафов (Ш×В×Г), мм	(715…2030) × (1400…1900) × 825	(650…850) × (1420…1600) × (565… 685)	580 × (1400…1800) × 750	580 × (1400…1800) × 750
Масса ИБП без батарей, кг	490…1200	210…240	200 / 220 / 300 / 330 / 350	200 (30 кВА) 290 (90 кВА)
Масса модуля ИБП, кг	Модель без модулей	Модель без модулей	Модель без модулей	40…55

Таблица П2.1 (продолжение)

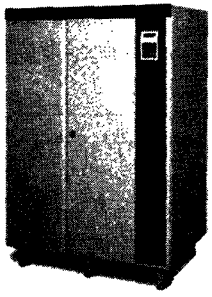
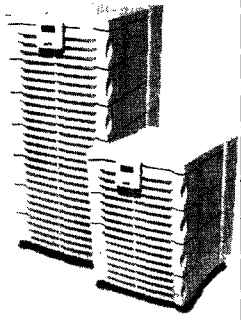
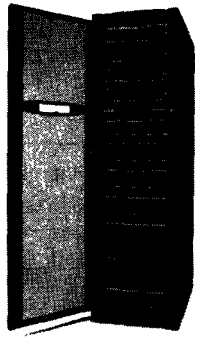
Общие данные	Модельный ряд		
	Silcon DP300	**Symmetra Power Array**	**Symmetra PX**
Производитель	APC, http://www.apc.ru, http://www.apc.com		
Тип ИБП	On-line, дельта-преобразования	On-line, двойного преобразования	
Внешний вид			
Номинальная выходная мощность ИБП, кВА	10 / 20 / 40 / 60 / 80 / 120 / 160 / 240 / 320 / 480	8 / 12 / 16	10 / 20 / 30 / 40
Номинальная выходная мощность одного модуля ИБП, кВА	Модель без модулей	4	10
Количество ИБП, включаемых на параллельную работу	До 9	Включение невозможно	Включение невозможно
Схема ИБП	3:3	3:1, 1:1	3:3
Количество модулей, включаемых на параллельную работу	Модель без модулей	5	5
КПД при нагрузке 100% в режиме on-line, %	94,8 / 95,5 / 96,5 / 96,1 / 96,5 / 95,8 / 96,3 / 96,3 / 96,8 / 96,8	92	93
Тепловыделение ИБП при нагрузке 100% и заряженных батареях, кВт	0,5 / 0,9 / 1,5 / 2,4 / 2,9 / 5,3 / 6,2 / 9,2 / 10,6 / 15,9	0,64 / 0,96 / 1,28	0,7 / 1,4 / 2,1 / 2,80
Тепловыделение одного модуля при нелинейной нагрузке 100% и заряженных батареях, кВт	Модель без модулей	0,32	0,7
Уровень акустического шума, дБ	52 / 52 / 55 / 60 / 60 / … н/д	Н/д	Н/д

Таблица П2.1 (продолжение)

Общие данные	Модельный ряд		
	Silcon DP300	**Symmetra Power Array**	**Symmetra PX**
Тип батарей	Определяется пользователем, рекомендованы свинцово-кислотные, герметичные, необслуживаемые, со сроком службы 5–7 или 10 лет	Герметичные свинцово-кислотные, необслуживаемые, со сроком службы 5 лет	Герметичные свинцово-кислотные, необслуживаемые, со сроком службы 5 лет
Плавающее напряжение постоянного тока батарей, В	–438…+438	Н/д	Н/д
Максимальный ток заряда батарей, А	Н/д	Н/д	Н/д
Количество батарей 12 В	128, две линейки по 64 батареи	10	4 блока по 8 батарей
Наличие статического байпаса ИБП	+	+	+
Наличие механического байпаса ИБП	+	+	+
Наличие статического байпаса модуля ИБП	Модель без модулей	Н/д	Н/д
Устойчивость к перегрузкам в режиме байпаса, %	125, длительно, до 1000 в течение 0,5 с	125, длительно	125, длительно
Время перехода с байпаса на инвертор, мс	0	0	0
Рабочий диапазон температур, °С	0…40	0…40	0…40
Температура хранения/транспортировки, °С	Н/д	Н/д	Н/д
Входные параметры			
Номинальное напряжение, В	380 / 400 / 415	220 / 230 /240 или 380 / 400 / 415	380 / 400 / 415
Диапазон изменения напряжения, %	±15	–30…+25	–20…+15

Таблица П2.1 (продолжение)

Общие данные	Модельный ряд		
	Silcon DP300	**Symmetra Power Array**	**Symmetra PX**
Диапазон изменения частоты, Гц	±4, 6, 8	47…63	47…63
Коэффициент мощности	> 0,99	> 0,98	> 0,99
Форма потребляемого тока	Синусоидальная	Синусоидальная	Синусоидальная
Выходные параметры			
Номинальное напряжение, В	380 / 400 / 415	220 / 230 / 240	380 / 400 / 415
Разброс напряжения, %	±1	±1	±1
Разброс напряжения (при изменении нагрузки 0…100 и 100…0% [%]	± 5	± 5	±5
Выходная частота, Гц	50	50 / 60 или синхронизировано со входом	50 / 60 или синхронизировано со входом
Разброс частоты, %	±4, 6, 8	Н/д	Н/д
Крест-фактор	Не ограничен	5:1	Н/д
Перегрузка, %	От сети: 200 — 60 с, 125 — 600 с От батарей: 150 — 30 с	150 — 30 с 125 — 10 с	Н/д
Коммуникационные возможности			
ПО для мониторинга и закрытия серверов	+	+	+
Наличие SNMP-адаптеров	+	+	+
Коммуникационный порт (интеллектуальный и «сухие» контакты)	+	+ «сухие» контакты — опция	+
Функция экстренного отключения (EPO)	+	+	+
Функция координации работы с ДГ (Gen on)	+	Н/д	+

Таблица П2.1 (окончание)

Общие данные	Модельный ряд		
	Silcon DP300	**Symmetra Power Array**	**Symmetra PX**
Массогабаритные показатели			
Стандартный размер ИБП (Ш×В×Г), мм	600×1400×800* / 600×1400×800* / 600×1400×800* / 800×1400×800 / 800×1400×800 / 1125×1800×800 / 1125×1800×800 / 1600×1800×800 / 1600×1800×800 / 900×1800×800	610×1143×686	600×2000×900
Размер батарейных шкафов (Ш×В×Г), мм	Зависит от необходимого времени работы от батарей	610×1143×686	600×2000×900
Масса ИБП без батарей, кг	365** / 385*** / 300 / 410 / 440 / 800 / 800 / 1400 / 1400 / 1800	236 (со всеми установленными модулями, вкл. батареи)	Н/д
Масса модуля ИБП, кг	Модель без модулей	Н/д	Н/д

Примечание. * — базовый вариант, зависит от батареи;
** — время автономной работы батареи 22 мин;
*** — время автономной работы батареи 8 мин;
Н/д — нет данных.

Приложение 3

Способы прокладки электропроводок

Таблица П3.1. Примеры монтажа электропроводок по ГОСТ Р 50571.15-97

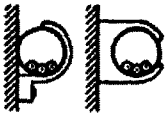
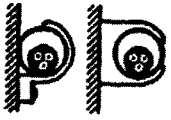
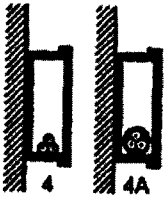
Пример	Описанне	Справочный номер*
	Изолированные провода в трубах, заделанных в стенах	1
	Многожильные кабели в трубах, заделанных в стенах	2
	Изолированные провода в открыто проложенных трубах	3
	Одно- или многожильные кабели в открыто проложенных трубах	3А
	Изолированные провода в специальных коробах на стенах	4
	Одно- или многожильные кабели в специальных коробах на стенах	4А
	Изолированные провода в трубах в кладке	5
	Одно- или многожильные кабели в трубах в кладке	5А

Таблица П3.1 (продолжение)

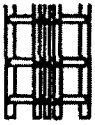
Пример	Описание	Справочный номер*
	Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке и/или бронированные кабели одно- или многожильные: – на стене	11
	– на потолке	11А
	– на неперфорированных лотках	12
	– на перфорированных лотках	13
	– на кронштейнах, закрепленные горизонтально или вертикально	14
	– на лотках лестничного типа	16
	Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке одно- или многожильные в пустотах строительных конструкций	21
	Изолированные провода в трубах в пустотах строительных конструкций	22
	Кабели одно- или многожильные в трубах в пустотах строительных конструкций	22А
	Изолированные провода в специальных коробах в пустотах строительных конструкций	23
	Кабели одно- или многожильные в специальных коробах в пустотах строительных конструкций	23А

Таблица П3.1 (продолжение)

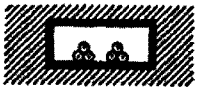
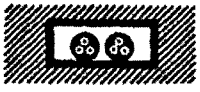
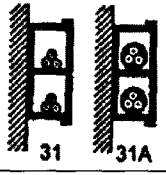
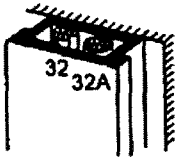
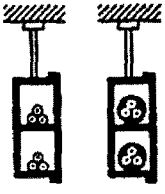
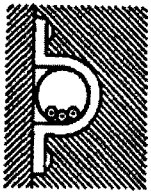
Пример	Описание	Справочный номер*
	Изолированные провода в специальных коробах в кладке	24
	Кабели одно- или многожильные в специальных коробах в кладке	24А
	Кабели одно- или многожильные в оболочке: – проложенные в пустотах потолка – в двойных полах	25
	Изолированные провода, кабели одно- или многожильные в коробах на стене: – проложенные горизонтально	31, 31А
	– проложенные вертикально	32, 32А
	Изолированные провода в коробах, утопленных заподлицо в стены или полы	33
	Кабели одно- или многожильные в коробах, утопленных заподлицо в стены или полы	33А
	Изолированные провода в подвешенных коробах	34
	Кабели одно- или многожильные в подвешенных коробах	34А
	Изолированные провода в трубах, проложенных в горизонтальных или вертикальных закрытых кабельных каналах	41

Таблица П3.1 (окончание)

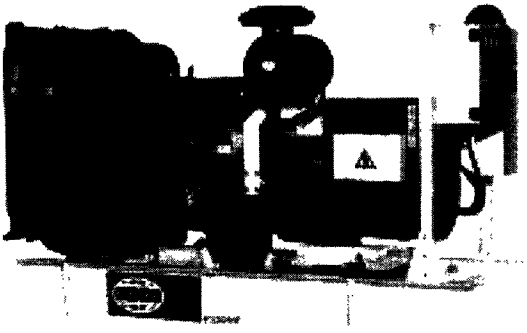
Пример	Описание	Справочный номер*
	Изолированные провода в трубах в вентилируемых кабельных каналах в полах	42
	Кабели в оболочке одно- или многожильные в горизонтальных или вертикальных открытых или вентилируемых кабельных каналах	43
	Изолированные провода в защитной оболочке, кабели в оболочке одно- или многожильные, заделанные непосредственно в кладку с дополнительной механической защитой	53
	Изолированные провода и кабели в карнизах	71
	Изолированные провода и кабели в плинтусных коробах * — место для кабелей связи и сетей ЭВМ	72

* Справочные номера приведены в соответствии с обозначениями по ГОСТ Р 50571.15-97.

Приложение 4

Технические характеристики трехфазных ДГУ открытого исполнения

Таблица П4.1. Технические характеристики ДГУ серии Perkins



Производитель: F.G.Wilson (Engineering) Ltd, http://www.FGWilson.com

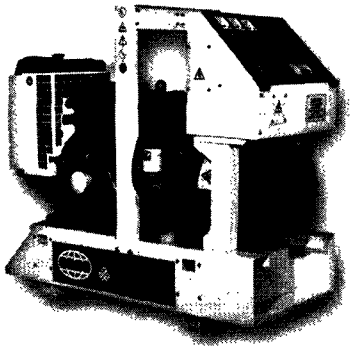
Модель	Мощность		Емкость бака, л	Расход топлива, л/ч	Габариты, Д×Ш×В, мм	Масса, кг
	кВА	кВт				
P27/P30E	27/30	21,6/24	145	7,6/8,3	1770×710×1354	668
P40P1/P44E1	40/44	32/35,2	176	11,9/13,1	2149×710×1341	800
P45P1/P50E1	45/50	36/40	176	13,4/14,7	2149×710×1341	820
P60P1/P65E1	60/65	48/52	176	14,8/16,3	2149×710×1341	885
P75P1/P83E1	75/82,5	60/66	176	18,6/20,4	2149×710×1341	925
P90/P100E	90/100	72/80	230	21,2/23,3	2515×735×1545	1191
P100/P110E	100/110	80/88	230	23,8/26,1	2515×735×1545	1191
P135/P150	135/150	108/120	290	31,2/34,1	2700×900×1460	1403
P160H/P175HE	160/175	128/140	350	37,5/41,2	2953×990×1717	1967
P200H/P220HE	200/220	160/176	350	42,7/47,0	2953×1003×1717	2009

Таблица П4.1 (окончание)

Модель	Мощность		Емкость бака, л	Расход топлива, л/ч	Габариты, Д×Ш×В, мм	Масса, кг
	кВА	кВт				
P230H/P250HE	230/250	184/200	350	48,5/53,3	2953×1003×1717	2073
P250H/P275HE	250/275	200/220	350	54,6/69,1	2953×1003×1717	2138
P300/P330E	300/330	240/264	610	56,7/62,2	3400×995×1804	2896
P350/P380E	350/380	280/304	610	68,2/76,4	3400×995×1988	3185
P380/P425E	380/425	304/340	610	81,8/91,6	3400×995×2155	3364
P450/P500E	450/425	360/400	750	90,5/101	3313×1400×2097	3800
P500/P550E	500/550	400/440	750	102/113	3361×1400×2027	3920
P600/P660E	600/660	480/528	1310	121/132	3826×1512×2206	5265
P650/P715E	650/715	520/572	1310	130/142	3826×1512×2206	5380
P725/P800E	725/800	580/640	1310	145/159	3826×1512×2206	5380
P800/P880E	800/880	640/704	1310	158/174	3975×1512×2206	5631
P910/P1000E	910/1000	728/800	–	185/206	4940×1899×2251	7342
P1000/P1100E	1000/1100	800/880	–	215/240,3	5030×1899×2251	7713
P1250/P1375E	1250/1375	1000/1100	–	264,4/291,9	4636×2040×2308	9154
P1500/P1650E	1500/1650	1200/1320	–	305/342,4	5294×2040×2308	10188
P1700/P1875E	1700/1875	1360/1500	–	358,9/396,6	5793×2068×2631	Н/д
P1750/P1925E	1750/1925	1400/1540	–	361,6/400,4	5927×2300×3010	15430
P1825/P2000E	1825/2000	1460/1600	–	384,4/422,4	6011×2300×3010	15500
P2000/P2200E	2000/2200	1600/1760	–	422,8/472,2	6011×2300×3010	15500

Примечание. Начиная с модели P910/P1000E, ДГУ комплектуются только внешними топливными баками; модели с индексом E предназначены для работы в качестве аварийных (резервных) ДГУ.

Таблица П4.2. Технические характеристики ДГУ серии Lister-Petter

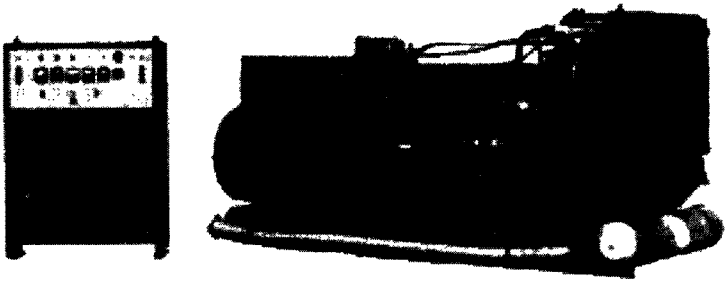


Производитель: F.G.Wilson (Engineering) Ltd, http://www.FGWilson.com

Модель	Мощность		Емкость бака, л	Расход топлива, л/ч	Габариты, Д×Ш×В, мм	Масса, кг
	кВА	кВт				
L12,5	12,5	10	44	3,4	1193×576×1198	386
L16P1S/L17.5E1S	16/17,5	16/17,5	45	5/5,6	1450×860×1210	519
LH14	14	11,2	44	3,3	1067×576×1198	325
L17.5	17,5	14	44	4,1	1357×576×1198	445
L20	20	16	44	4,8	1357×605×1198	453
L20P1/L22E1	20/22	16/17,6	45	5/5,6	1450×860×1210	519
LH22	21,8	17,4	44	5	1193×576×1198	378
LH30	30	24	44	8,5	1357×576×1198	428
LH40	40	32	44	11	1355×616×1198	458

Примечание. Модели с индексом Е предназначены для работы в качестве аварийных (резервных) ДГУ.

Таблица П4.3. Технические характеристики ДГУ серии АД



Производитель: ОАО «Электроагрегат», http://www.eagregat.ru

Модель	Мощность		Емкость бака, л	Расход топлива, л/ч	Габариты, Д×Ш×В, мм	Масса, кг
	кВА	кВт				
АД-8-Т/400-1В	10	8	28	2,3	1570×650× 660	300
АД-10-Т230/400-В	12,5	10	28	3,1	2115×936×1240	1030
АД-12-Т400-2Р	15	12	28	3,7	2115×936×1240	1030
АД-30-Т400-2Р	37,5	30	125	9,7	2290×1120×1600	1330
АД-60-Т/400-2Р	75	60	120...300	16,2	2700×1250×1700	3200
АД-100-Т/400-2Р	125	100	120...300	30,6	2700×1250×1700	3400
АД-200-Т400-2Р	250	200	300	68,8	3380×1220×1643	3800

Приложение 5

Технические характеристики «сухих» и герметичных масляных трансформаторов

Производитель: ОАО ХК «Электрозавод», http:// www.elektrozavod.ru

Таблица П5.1. Технические характеристики «сухих» трансформаторов серий ТСЛ и ТСЗЛ

Тип	Мощность, кВА	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Масса, кг	Габариты, мм
ТСЛ-400/10-У3 ТСЗЛ-400/10-У3	400	1000	4500	6,0	1300 1480	1315×795×1355 1700×1020×1900
ТСЛ-630/10-У3 ТСЗЛ-630/10-У3	630	1370	6700	6,0	1780 1960	1460×830×1480 1700×1020×1900
ТСЛ-1000/10-У3 ТСЗЛ-1000/10-У3	1000	2000	8800	6,0	2470 2690	1550×945×1710 2000×1170×2400
ТСЛ-1250/10-У3 ТСЗЛ-1250/10-У3	1250	2500	10500	6,0	2830 3050	1600×945×1860 2000×1170×2400
ТСЛ-1600/10-У3 ТСЗЛ-1600/10-У3	1600	2800	12300	6,0	3380 3600	1650×945×2080 2000×1170×2400
ТСЛ-2500/10-У3 ТСЗЛ-2500/10-У3	2500	4300	18300	6,0	4830 5290	1875×1195×2200 2250×1270×2600

Таблица П5.2. Технические характеристики трансформаторов серии ТМГ

Тип	Мощность, кВА	Потери холостого хода, Вт	Ток холостого хода, %	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Масса, кг	Габариты, мм
ТМГ-100/10-У1	100	280	2,2	1970	4,5	575	900×750×1080
ТМГ-160/10-У1	160	380	2,0	2600		780	1000×780×1170
ТМГ-250/10-У1	250	450	1,8	3700		1035	1480×890×1230
ТМГ-400/10-У1	400	650	1,6	5200		1530	1540×890×1370
ТМГ-630/10-У1	630	950	1,4	7500	5,5	2100	1720×1000×1560
ТМГ-1000/10-У1	1000	1300	1,2	11000	6,0	3030	1720×1080×1800

Таблица П5.3. Технические характеристики трансформаторов серии ТМГА

Тип	Мощность, кВА	Потери холостого хода, Вт	Ток холостого хода, %	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Масса, кг	Габариты, мм
ТМГА-25/10-У1	25	130	6,0	600	4,5	290	776×650×860
ТМГА-40/10-У1	40	150	5,0	800		350	776×752×900
ТМГА-63/10-У1	63	200	4,0	1280		400	776×752×970
ТМГА-100/10-У1	100	280	3,5	1970		595	1038×798×1055
ТМГА-160/10-У1	160	350	3,0	2600		688	1038×798×1125
ТМГА-250/10-У1	250	560	2,5	3700		1010	1362×838×1218
ТМГА-400/10-У1	400	650	2,0	5200		1330	1362×838×1478
ТМГА-630/10-У1	630	1000	1,5	7600	5,5	1855	1412×922×1528
ТМГА-1000/10-У	1000	1350	1,2	11200	6,0	2690	1712×1072×1807

Приложение 6

Нормативно-техническая документация

1. ГОСТ 2.413-72. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа.
2. ГОСТ 2.709-89. ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов в электрических схемах.
3. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
4. ГОСТ 2.721-74. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
5. ГОСТ 2.756-87. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
6. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
7. ГОСТ 12.1.038-81. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.
8. ГОСТ 12.4.155-85. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования.
9. ГОСТ 21.101-97. Система проектной документации для строительства. Основные требования к рабочей документации.
10. ГОСТ 21.404-85. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
11. ГОСТ 21.613-88. Система проектной документации для строительства. Силовое оборудование. Рабочие чертежи.
12. ГОСТ 21.614-88 (СТ СЭВ 3217-81). Система проектной документации для строительства. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.
13. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Термины и определения.
14. ГОСТ 464-79*. Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления.
15. ГОСТ 721-77*. Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В.
16. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в сетях общего назначения.
17. ГОСТ 13822-82. Электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные. Общие технические условия (с изменениями 1989 г.).

18. ГОСТ 14254-96 (МЭК529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).
19. ГОСТ 19431-84. Энергетика и электрификация. Термины и определения.
20. ГОСТ Р 50416-92. Совместимость средств вычислительной техники электромагнитная. Термины и определения.
21. ГОСТ 21128-83. Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В.
22. ГОСТ 23611-79*. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения.
23. ГОСТ 26416-85*. Агрегаты бесперебойного питания на напряжение до 1 кВ. Общие технические условия.
24. ГОСТ 27699-88* (СТ СЭВ 5874-87). Системы бесперебойного питания приемников переменного тока. Общие технические условия.
25. ГОСТ 29280-92 (МЭК 1000-4-92). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Общие положения.
26. ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
27. ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86). Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое конторское оборудование.
28. ГОСТ Р 50397-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
29. ГОСТ Р 50462-92 (МЭК 446-89). Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям.
30. ГОСТ Р 50571.1-93 (МЭК 364-1-72, МЭК 364-2-70). Электроустановки зданий. Основные положения.
31. ГОСТ Р 50571.2-94 (МЭК 364-3-93). Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики.
32. ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
33. ГОСТ Р 50571.4-94 (МЭК 364-4-42-80). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий.
34. ГОСТ Р 50571.5-94 (МЭК 364-4-43-77). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока.
35. ГОСТ Р 50571.6-94 (МЭК 364-4-45-84). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от понижения напряжения.
36. ГОСТ Р 50571.7-94 (МЭК 364-4-46-81). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Отделение, отключение, управление.
37. ГОСТ Р 50571.8-94 (МЭК 364-4-47-81). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Основные требования по применению мер защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током.
38. ГОСТ Р 50571.9-94 (МЭК 364-4-473-77). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков.
39. ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК 364-5-54-80). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.

40. ГОСТ Р 50571.13-96 (МЭК 364-7-706-83). Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 706. Стесненные помещения с проводящим полом, стенами и потолком.
41. ГОСТ Р 50571.15-97 (МЭК 364-5-52-93). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки.
42. ГОСТ Р 50571.16-99 (МЭК 60364-6-61-96). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Часть 6. Испытания. Глава 61. Приемосдаточные испытания.
43. ГОСТ Р 50571.21-2000 (МЭК 60364-5-548-96). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие утройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.
44. ГОСТ Р 50571.22-2000 (МЭК 60364-7-707-84). Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации.
45. ГОСТ Р 50627-93. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения сети электропитания. Требования и методы испытания.
46. ГОСТ Р 50628-93. Совместимость электромагнитная машин электронных вычислительных персональных. Устойчивость к электромагнитным помехам. Технические требования и методы испытаний.
47. ГОСТ Р 50745-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Системы бесперебойного питания приемников переменного тока и устройства для подавления сетевых импульсных помех. Технические требования и методы испытаний.
48. ГОСТ Р 50747-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Машины контрольно-кассовые электронные. Технические требования и методы испытаний.
49. ГОСТ Р 50807-95. Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования и методы испытания.
50. ГОСТ Р 50839-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.
51. ГОСТ Р 51072-97. Двери защитные. Общие технические требования и методы испытаний на устойчивость к взлому и пулестойкость.
52. ГОСТ Р 51317.4.2 (МЭК 61000-4-2-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Технические требования и методы испытаний.
53. ГОСТ Р 51317.4.3-93. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям в полосе 26–1000 МГц. Технические требования и методы испытаний.
54. ГОСТ Р 51317.4.4-99 (МЭК 61000-4-4-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Технические требования и методы испытаний.
55. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Технические требования и методы испытаний.

56. ГОСТ Р 51317.4.11-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения сети электропитания. Технические требования и методы испытаний.
57. ГОСТ Р 51317.6.3-99 (СИСПР/МЭК 61000-6-6-96). Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Нормы и методы испытаний.
58. ГОСТ Р 51318.14.1-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от бытовых приборов, электрических инструментов и аналогичных устройств. Нормы и методы испытаний.
59. ГОСТ Р 51318.22-99 (СИСПР22-97). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний.
60. ГОСТ Р МЭК 536-94. Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током.
61. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения.
62. СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
63. СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы.
64. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
65. СНиП 3.01.04-87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения.
66. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства.
67. Федеральный закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». 27 апреля 1993 г. № 4871-1.
68. Федеральный закон Российской Федерации «О пожарной безопасности». 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ.
69. Федеральный закон Российской Федерации «О лицензировании отдельных видов деятельности». 8 августа 2001 г. № 128-ФЗ.
70. Федеральный закон Российской Федерации «Об информации, информатизации и защите информации». 20 февраля 1995 г. № 24-ФЗ.
71. Положение о проведении государственной экспертизы и утверждении градостроительной, предпроектной и проектной документации в Российской Федерации. Введено в действие постановлением правительства Российской Федерации от 27 декабря 2000 г. № 1008 «О порядке проведения государственной экспертизы и утверждении градостроительной, предпроектной и проектной документации».
72. Правила устройства электроустановок. Шестое издание, с изменениями, исправлениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором РФ в период с 01.01.92 по 01.12.99.
73. Правила устройства электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Глава 7.1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий. Глава 7.2. Электроустановки зрелищных предприятий, клубных и спортивных сооружений. Седьмое издание.

74. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00.
75. Правила эксплуатации электроустановок потребителей.
76. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
77. НПБ 110-96. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками тушения и обнаружения пожара.
78. СН 2.2.2.542-96. Санитарные нормы. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
79. РД 34.03.350-98. Перечень помещений и зданий энергетических объектов РАО «ЕЭС России» с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.
80. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей.
81. РД 34.21.122-87. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
82. РМ-01-93. Российская государственная телерадиокомпания «Останкино». Генеральная техническая дирекция. Объединение по проектированию и строительству объектов телевидения и радиовещания. Рекомендации по проектированию новых, реконструкций, расширению действующих аппаратно-студийных комплексов (АСК) телевидения и радиовещания.
83. РМ-2559. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях
84. ВСН 59-88 Госкомархитектуры. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования.
85. ВСН-60-89. Сигнализация и диспетчеризация жилых и общественных зданий. Нормы проектирования.
86. ВСН 123-90/ММСС СССР. Инструкция по оформлению приемосдаточной документации по электромонтажным работам.
87. ВНП-001-95. Банк России. Здания учреждений Центрального банка Российской Федерации.
88. РМ-2559. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях.
89. МГСН 4.04-94. Многофункциональные здания и комплексы.
90. МГСН 4.10-97. Здания банковских учреждений
91. Рекомендации К.27. Конфигурация электрических соединений и заземление внутри телекоммуникационных сооружений. МСЭ-Т, 1996 (сектор стандартизации Международного союза электросвязи — International Telecommunication Union — ITU). Recommendation K.27. Bonding Configurations and earthing inside a telecommunication building. ITU-T, 1996.
92. Европейский телекоммуникационный стандарт 300 253. Конструирование оборудования. Заземление и электрическое соединение телекоммуникационного оборудования в телекоммуникационных центрах. 1994. ETSI 300 253. Equipment Engineering (EE); Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centers. 1994.

Список сокращений

АБ аккумуляторная батарея

АБП агрегат бесперебойного питания

АВР автоматическое включение резерва

АВР ДГ АВР дизель-генератора

АРМ автоматизированное рабочее место

АСДУ автоматизированная система диспетчерского управления

АСКУЭ автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии

АТС автоматическая телефонная станция

АТП административно-технический персонал

ВНП ведомственные нормы проектирования

ВРУ вводно-распределительное устройство

ВСН ведомственные строительные нормы

ГЗЗ главный заземляющий зажим

ГОСТ межгосударственный стандарт

ГОСТ Р государственный стандарт Российской Федерации

ГРЩ главный распределительный щит

ДГУ дизель-генераторная установка

ДЭС дизель-электростанция

ЕСКД Единая система конструкторской документации

ЗИП запасные части и приспособления

ИБП источник бесперебойного питания

ИЗ интеллектуальное здание

ИТ информационные технологии

ИЭСС изолированная ЭСС

КЗ короткое замыкание

КПД коэффициент полезного действия

КЭ качество электроэнергии

ЛВС локальная вычислительная сеть

МГСН Московские городские строительные нормы

МСЭ Международный союз электросвязи

МСЭ-Т Сектор стандартизации Международного союза электросвязи

МЭК Международная электротехническая комиссия

НД нормативная документация

НТД нормативно-техническая документация

НПБ нормы пожарной безопасности

ОС операционная система

ОЭСС общая электрическая соединительная сеть

ПДК предельно допустимые концентрации

ПЛК программируемый логический контроллер

ПКС промышленные климатические системы

ПКЭ показатели качества электроэнергии

ПО программное обеспечение

ПОТ Правила охраны труда

ППБ Правила пожарной безопасности

ПУЭ Правила устройства электроустановок

ПЭВМ персональная электронная вычислительная машина

ПЭЭП Правила эксплуатации электроустановок потребителей

РАО «ЕЭС России» Российское акционерное общество «Единая энергетическая система России»

РД руководящий документ

РИЭСС решетчатая ИЭСС

РМ ведомственные руководящие материалы рекомендательного характера

РУ ВН распределительное устройство высокого напряжения

РЩ распределительный щит

РЭСС решетчатая ЭСС

СБП система бесперебойного питания

СБЭ система бесперебойного электроснабжения

СГЭ система гарантированного электроснабжения

СДЭ система диспетчеризации электроснабжения

СКД система контроля доступа

СКС структурированная кабельная система

СН санитарные нормы

СНиП	строительные нормы и правила
СОЭ	система общего электроснабжения
СП	свод правил
СПДС	система проектной документации для строительства
СПЧ	сторонние проводящие части
СТ	стандарт
СТО	стандарт общественного объединения
СТП	стандарт предприятия
СЭ	система электроснабжения
ТЗ	техническое задание
ТН	трансформатор напряжения
ТС	технические средства
ТСН	территориальные строительные нормы
ТТ	трансформатор тока
ТЭО	технико-экономическое обоснование
УАТС	учрежденческая АТС
УЗО	устройство защитного отключения
УСПД	устройство сбора и передачи данных
ФОРЭМ	федеральный оптовый рынок электроэнергии и мощности
ЭВМ	электронная вычислительная машина
ЭМО	электромагнитная обстановка
ЭМП	электромашинное помещение
ЭМС ТС	электромагнитная совместимость технических средств
ЭМС	электромагнитная совместимость
ЭСС	электрическая соединительная сеть
ABB	Asea Brown Bovery, концерн — производитель электрооборудования
APC	American Power Conversion, корпорация — производитель решений для защиты электропитания
BMS	Building Management System — система управления зданиями
BN	bonding network — электрическая соединительная сеть (ЭСС)
EIB	europian installation bus — европейская установочная шина
EPO	Emergency Power Off — аварийное выключение
IBN	isolated bonding network — изолированная ЭСС (ИЭСС)
IEC	International Electrotechnical Comission — Международная электротехническая комиссия (МЭК)
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor — полевой биполярный транзистор с изолированным затвором
IMV	Invertomatic-Victron, холдинг — производитель ИБП
ITU	International Telecommunication Union — Международный союз электросвязи
Mesh BN	meshed bonding network — решетчатая ЭСС (РЭСС)
Mesh IBN	mesh isolated bonding network — решетчатая ИЭСС (РИЭСС)
PF (pf)	Power Factor — коэффициент мощности
RM	rack-mount — монтируемый в стойку (конструктивное исполнение)
RPA	Redundant Parallel Architecture — избыточная параллельная архитектура
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition — система контроля и сбора данных
SMPS	Switch Mode Power Supply — нагрузка с импульсным характером потребления
SNMP	Simple Network Management Protocol — простой сетевой управляющий протокол
STS	Static Transfer Switch — статический, тиристорный, электронный АВР
VLRA	Valve Regulated Lead Acid — свинцово-кислотный необслуживаемый герметичный аккумулятор
WAP	Wireless Application Protocol — протокол беспроводной связи
UPS	Uninterruptible Power Supplie — источник бесперебойного питания

Литература

1. *Авдуевский А.* И снова интеллект // LAN. — 1999. — № 10.
2. *Сергеев Р.* Моделирование интеллектуального здания — путь к сокращению издержек будущего строительства // СтройПРОФИль. — 2002. — № 7.
3. *The Power* Protection Handbook. American Power Conversion, 1997.
4. *Чепурин И.Н.* Источники бесперебойного питания. Что нового? // Сети и системы связи. — 2000. — № 10.
5. *Шиндин А.* Вольт-амперы и не только. Сравнительный анализ маломощных ИБП. Бестселлеры ИТ-рынка // Компьютеры и периферия. — 2001. — Апрель.
6. *Ермаков С.И.* Концепции построения систем гарантированного электроснабжения // Вестник связи. — 2000. — № 10.
7. *Лопухин А.А.* Источники бесперебойного питания без секретов. http://www.at-systems.ru
8. *Единичный* коэффициент мощности уменьшает риск перегрузки системы бесперебойного питания. American Power Conversion. http://www.apc.ru
9. AC+DC=комплексное решение // APC, СНГ. Вестник партнера. — 2001. — Май.
10. *Чепурин И.Н.* Постоянная составляющая телекоммуникаций // Сети и системы связи. — 2001. — № 7.
11. *Жохов Б.Д.* Особенности электроснабжения технических средств вычислительной техники // Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок / ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект». — 1995. — № 2.
12. *Джонатан Харкер, Питер Бекон, Джордж Снайдер и др.* Интеллектуальные здания. Проектирование и эксплуатация информационной инфраструктуры: Пер. с англ. // CSC Index. Сети МП. — М., 1996.
13. *Raymond Kleger.* New economy and electrical power — hypersensitive imbalance? // Electrotechnik journal. Switzerland. — 2001.
14. *Савельев О.Ю., Чирков В.Г.* Электропитание для телекоммуникаций и Интернета: конфликт культур // Вестник связи. — 2000. — № 10.
15. *Соколов С.В.* Создание системы бесперебойного питания с большим временем автономной работы. Экономическая целесообразность и технические проблемы // Электросистемы. — 2001. — № 1(3).
16. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. — М.: Высшая школа, 1973.
17. *Альмендингер Р.* Основные принципы применения устройств дифзащиты // Системы и решения. — 1998. — Апрель, № 9.
18. *Методические* указания по испытаниям устройств защитного отключения (УЗО) при сертификации электроустановок зданий. — М.: ОАО «Технопарк-центр», 1997.
19. *Зиновьев А.* Структурированная силовая проводка Дом Разумный™ // Системы и решения. — 1998. — Февраль, № 8.
20. *Феоктистов С.Г.* Некоторые особенности использования АВР при построении систем гарантированного электроснабжения // Электросистемы. — 2000. — № 2.
21. *Гольдинер А.Я., Цыркин М.И.* Увеличение времени работы дизель-электрических установок на минимальных нагрузках // Электросистемы. — 2002. — № 1.

22. *Антипов М., Пожидаев В.* ДЭС-ИБП. Согласование совместной работы // Экспресс-электроника. — 1999. — № 9.

23. *Гольдинер А.Я., Тюляков К.А., Цыркин М.И.* Режимы работы и определение оптимальной мощности ДЭС в системе «ДЭС-ИБП» // Электросистемы. — 2001. — № 1(3).

24. *Трансформаторы* трехфазные сухие с литой изоляцией 400–2500 кВА, 6–10 кВ. Буклет. — М.: ОАО ХК «Электрозавод».

25. *Трансформаторы* трехфазные масляные герметичные серий ТМГ и ТМГА. Буклет. — М.: ОАО ХК «Электрозавод».

26. *Карякин Р.Н.* Нормы устройства безопасных электроустановок. — М.: ЗАО «Энергосервис», 1999.

27. *Харечко Ю.В.* Нормативные документы, разработанные на основе стандартов МЭК // Энергонадзор и энергосбережение сегодня. — 2001. — № 3.

28. *Кузьмин В.И., Кечиев Л.Н.* Системы заземления электронного оборудования: Учебное пособие. — М.: МИЭМ, 1997.

29. *Шваб Адольф Й.* Электромагнитная совместимость. — М.: Энергоатомиздат, 1995.

30. *Дитрих Д., Лой Д., Швайнцер Г.-Ю.* ЛОН-технология. Построение распределенных приложений. — Пермь: Звезда, 1999.

31. *Быля О.И., Карано К.* Промышленные или бытовые кондиционеры — что выбрать? // Вестник связи. — 2000. — № 10.

32. *Лобов М.* Как правильно выбрать резервную электростанцию // Новости ЭлектроТехники. — 2001. — № 4(10).

33. *Лоос М.А., Одиванов Д.С.* Отечественные контейнеры и шкафы для предприятий связи // Вестник связи. — 2000. — № 10.

34. Системы бесперебойного электропитания. Neu Haus Distributor Group. Каталог. 2001.

35. *Воробьев А.Ю.* Ещё раз об ИБП. Эксплуатация систем бесперебойного электроснабжения // Мир связи. Connect. — 2002. — № 8.

36. *Бурцев А.С., Куделько Ю.Н.* Требования, предъявляемые Мосгорэнергонадзором к разрабатываемой проектной документации // Энергонадзор и энергосбережение сегодня. — 2001. — № 2.

37. *Гольдинер А.Я.* Цена ошибки, или как правильно выбрать партнера // Электросистемы. — 2000. — № 2.

38. *Воробьев А.Ю., Трипольский Н.А.* Питание должно быть бесперебойным. Электроснабжение информационной составляющей бизнес-процессов // Мир связи. Connect. — 2002. — № 6.

39. *Структурированная* система мониторинга и управления инженерным оборудованием объекта. Патент на изобретение № 2133490 от 21.09.1998.

40. *Многофункциональная* кабельная система здания, способ формирования этой системы для строящегося или реставрируемого здания и способ повышения эксплуатационной долговечности и надежности этой системы. Патент на изобретение № 2145657 от 24.05.1999.



Воробьёв Александр Юрьевич — известный специалист в области систем бесперебойного и гарантированного электроснабжения. Руководил созданием и эксплуатацией крупных систем бесперебойного электроснабжения Центрального банка РФ в Москве и других регионах России. Автор проектов электроснабжения интеллектуальных зданий компаний ЮКОС, ЛУКОЙЛ, АЭРОФЛОТ, МПС РФ и ряда других. Автор многих публикаций по проблемам качества электрической энергии, структур и принципов построения современных систем электроснабжения.

Издание для специалистов

Воробьёв Александр Юрьевич

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЛР № 065232 от 20.06.97
Подписано в печать с оригинал-макета 10.10.2002.
Формат 70×100/16. Тираж 4000 экз.
Бумага офсетная № 1. Гарнитура таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,6. Зак. № 6499
Информационно-технический центр «Эко-Трендз».
Отпечатано в ППП «Типография «Наука»,
121099, Москва, Шубинский пер., 6