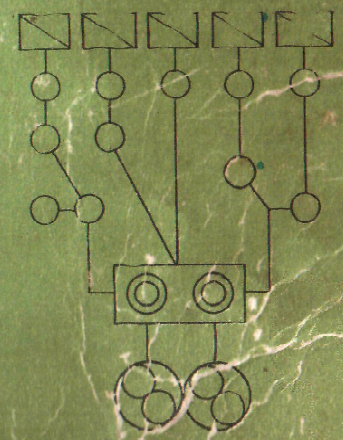
Библиотека СОК

Справочник по расчету электрических сетей

И. Ф. Шаповалов



31.279я2
Ш24

УДК 696.6 : 621.316.172.031

Справочник по расчету электрических сетей / И. Ф. Шаповалов.— 3-е изд., перераб. и доп.— К. : Будівельник,. 1986.— 224 с.
Систематизированы данные по разработке электроснабжения и расчету электрических нагрузок для жилых и общественных зданий, а также промышленных предприятий. Содержатся сведения о способах прокладки проводов, кабелей, троллеев, шинопроводов, по выбору силовых трансформаторов, комплектных электротехнических устройств, электрооборудования.
Дополнен схемами электроснабжения промышленных предприятий, материалами по выбору распределительных подстанций для внутренней и наружной установок, низковольтных вводно-распределительных шкафов, щитков и пусковых ящиков.
Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 июля 1986 г.
Для инженерно-технических работников проектных и электромонтажных организаций.
Табл. 174. Ил. 26. Библиогр.: с. 221.

Рецензенты: *д-р техн. наук В. В. Зорин, канд. техн. наук А. С. Овчаренко*

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве
Зав. редакцией *С. Н. Сотниченко*

Ш $\frac{2302040000-112}{M203(04)-86}$ 44.86

© Издательство «Будівельник», 1979
© Издательство «Будівельник», 1984
© Издательство «Будівельник», 1986,
с изменениями и дополнениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года предусматривается новый мощный подъем электроэнергетики нашей страны. Вместе с другими базовыми отраслями индустрии электроэнергетика играет определяющую роль в развитии народного хозяйства.

В стране опережающими темпами продолжает осуществляться грандиозная программа жилищного строительства. С помощью распределительных сетей обеспечиваются электричеством жилые дома, общественно-коммунальные учреждения, промышленные предприятия. Через городские и сельские распределительные сети передается основная часть вырабатываемой в стране электрической энергии.

С увеличением производства электроэнергии и роста энергопотребления во всех районах страны необходимо построить сотни тысяч километров высоковольтных распределительных сетей.

В книге содержатся методики расчета:
наружных воздушных и кабельных линий напряжением 0,4; 6 и 10 кВ;
внутренних сетей электроосвещения;
смешанных сетей силовых и осветительных электроустановок;
распределительных и магистральных шинопроводов и троллеев.

Приводятся также основные положения методик, по которым разрабатывался алгоритм и составлялась программа выбора на электронно-вычислительной машине оптимальных параметров (расчетных величин) низко- и высоковольтных электрических сетей и заземляющих устройств. В процессе расчетов проводов, кабелей и шин на допустимые токовые нагрузки и с учетом выполнения логических операций на ЭВМ сформулирована оптимальная модель электрической сети, в которой суммарные потери номинального напряжения находятся в пределах допускаемых ГОСТами отклонений. Сечения по расчетным таблицам можно выбирать по принципиальной схеме сети с использованием таблицы, составленной к структурной схеме.

Даны рекомендации по расчету заземления, анализ результатов расчета.

Применение справочных таблиц упростит расчетные работы по электросетям напряжением до 10 кВ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сила тока в А определяется по закону Ома:
для цепи: *постоянного тока* $I = U/R$;
переменного тока $I = U/Z$,
где U — напряжение, В; R — активное сопротивление, Ом; Z — полное сопротивление, Ом. Активное сопротивление зависит от материала и геометрических размеров проводника

$$R = \rho\, l/F,$$

где l — длина проводника, м; F — сечение, мм²; ρ — удельное сопротивление, Ом · м.

Полное сопротивление цепи $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)}$,
где X_L — индуктивное сопротивление; X_C — емкостное сопротивление.

Основные соотношения в системе трехфазного переменного тока при соединении:
в звезду $U_ф = U_л/\sqrt{3}$; $I_ф = I_л$;
в треугольник $U_ф = U_л$; $I_ф = I_л/\sqrt{3}$, где индексы ф и л соответствуют фазному и линейному (междуфазному) значению величин.

Принципиальная схема сети и структурная схема строения таблиц и выбора сечений линий для расчетной мощности с учетом допустимых пределов отклонения напряжения приведены на рисунках 1 и 2.

Вспомогательные данные к структурной схеме приведены в табл. 1.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

Электроприемники по обеспечению надежности электроснабжения разделяют на следующие категории:

I — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, нарушение сложного технологического процесса и особо важных элементов городского хозяйства;

II — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недовыпуском продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности городских жителей;

III — остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий (электроприемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов, небольших поселков и т. п.).

Резервирование электроприемников надо решать с минимальными затратами средств и использованием дефицитного электрооборудования с учетом характера и масштабов производства при обязательном обеспечении надежности питания групп потребителей, требующих повышенного резервирования.

Для этого следует:

правильно определять категорию, что является основной предпосылкой экономичного и надежного решения системы электроснабжения промышленных предприятий без излишних затрат на резервирование. Категории электрических нагрузок нужно определять по электроприемникам, но не по цехам в целом. Если число электроприемников I и II категории ограничено, вопросы обеспечения их надежного питания следует рассматривать особо, не допуская необоснованного отнесения других электроприемников к высшим категориям. Отделения цехов или отдельные группы электроприемников, требующие разной степени надежности питания электроэнергией, следует рассматривать как объекты с разными условиями резервирования;

полностью использовать перегрузочную способность трансформаторов, кабелей и другого электрооборудования при аварийных режимах с учетом предшествующей

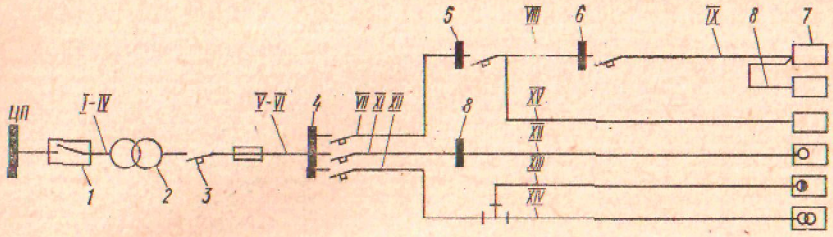


Рис. 1. Принципиальная схема сети:
1 — первичная линия; *2* — трансформатор; *3* — сетевое защитное устройство; *4* — распределительный щит; *5* — распределительный пункт осветительный; *6* — осветительный щит; *7* — электроприемник; *8* — распределительный пункт силовой и осветительный; I—XV — условные обозначения сети по таблице к структурной схеме.

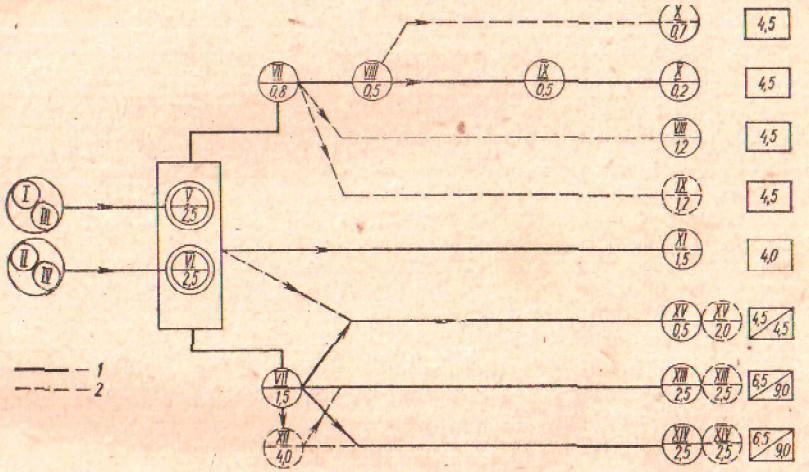


Рис. 2. Структурная схема строения таблиц и выбора сечений линий для расчетной мощности с учетом допустимых пределов отклонения напряжения (штрихом показаны возможные варианты работы схемы: в знаменателе — потеря для измененного варианта, в квадратиках — суммарная потеря напряжения в магистральной и распределительной сети в проц.).

нагрузки и других факторов по действующим нормативам. При этом коммутационные аппараты следует выбирать так, чтобы их параметры не лимитировали полное использование перегрузочной способности электрооборудования;

учитывать степень резервирования в технологической части: наличие взаимно резервируемых параллельных технологических потоков с питанием от независимых источников, наличие резервных технологических агрегатов (насосы, компрессоры и т. п. с отдельным питанием), резервных емкостей (бункера, баки, склады сырья);

предусматривать автоматическую (или ручную) разгрузки при аварии путем отключения неответственных потребителей, выделяя питание нагрузок III категории для возможности их отключения по аварийному графику.

При проектировании электроснабжения важнейших объектов, требующих особо повышенной надежности питания электроэнергией, необходимо совместно с технологами выявлять наиболее ответственных потребителей электроэнергии. Следует выделять из I категории особые группы электроприемников, внезапные перерывы электроснабжения которых могут привести к взрыву, угрожают жизни людей и разрушают основное технологическое оборудование, т. е. электроприемники, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства. Эти группы электроприемников необходимо питать так, чтобы при длительном ремонте любого элемента электроснабжения сохранялось их питание от двух независимых источников.

Таблица 1. Вспомогательные данные к структурной схеме строения расчетных таблиц

Номер таблиц по справочнику	Характеристика линий или сети	Номинальное напряжение сети, В	Расчетная потеря напряжения, проц.	В числителе — условное обозначение структурной схемы (рис. 2), в знаменателе — принятая потеря, проц.
53	Воздушные линии. Первичная магистраль. Питающая сеть	10 000	До 1,5	I / 1,5
53	Кабельные линии. Первичная магистраль. Питающая сеть	10 000	» 1,5	II / 1,5
53	Воздушные линии. Первичная магистраль. Питающая сеть	6000	» 1,5	III / 1,5
53	Кабельные линии. Первичная магистраль. Питающая сеть	6000	» 2,5	IV / 1,5
54, 55	Воздушные линии. Вторичная магистраль. Распределительная сеть	380/220	» 2,5	V / 2,5
56	Кабельные линии. Вторичная магистраль. Распределительная сеть	380/220	» 2,5	VI / 2,5
63, 64	Магистральные линии распределительной сети освещения	380/220	0,2—1,8	VII / 0,8
66, 67, 68	Ответвление двухфазное от сети освещения (от трехфазной сети)	380/220	0,2—1,8	VIII / 0,5
69	Ответвление однофазное от сети освещения (от трехфазной сети)	380/220	0,2—1,8	IX, / 0,5
70	Ответвление однофазное от сети освещения (от двухфазной сети)	380/220	0,2—1,8	X / 0,2
75, 76, 77, 78	Магистральные линии распределительной смешанной сети (силовой и осветительной)	380/220	1,5—2,5	XI / 1,5
87, 88, 89	Шинопровод магистральный	380/220	До 4,8	XII / 1,5
80, 81, 82	Шинопровод распределительный	380/220	» 2,5	XIII / 2,5
83, 84	Троллейный шинопровод	380/220	» 2,5	XIV / 2,5
85, 86	Осветительный шинопровод	380/220	» 2,5	XV / 0,5

Для этого, кроме двух основных источников питания, надо предусматривать третий (аварийный), независимый источник, достаточный для безаварийной остановки производства. Аварийный источник должен быть в постоянной готовности к немедленному включению и автоматически включаться при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания. Независимые источники питания должны всегда оставаться в работе при обесточивании предприятия. Мощность аварийного источника должна быть минимальной и зависеть от характера технологии производства.

Электроприемники I категории должны получать электроэнергию от двух независимых источников питания. Перерыв их электроснабжения может быть допущен

лишь на время автоматического ввода резервного питания. При небольшой мощности электроприемников I категории в качестве второго источника питания могут быть использованы передвижные электростанции, аккумуляторные батареи, двигатели внутреннего сгорания или паровые и т. п., а также перемычки на низшем напряжении от ближайшего пункта, имеющего независимое питание с автоматическим включением резерва (АВР).

Для электроприемников II категории допустимы перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой. Питание электроприемников II категории возможно по одной воздушной линии напряжением 6 кВ и более. При питании электроприемников по кабелям допускается питание одной линией, но расщепленной не менее чем на два кабеля, присоединенных через самостоятельные разъединители. При наличии централизованного резерва электроприемники II категории питаются от одного трансформатора. Рекомендуется применять автоматические или телемеханические устройства для ввода резерва, если это увеличивает капитальные затраты на сооружение городских электрических сетей не более чем на 15 % и более чем на 10—20 % снижает численность обслуживающего персонала и потери электроэнергии в сетях. В остальных случаях следует применять ручной ввод резерва. Для остальных электроприемников II категории согласно требований правил устройства электроустановок допускается резервирование электроснабжения в аварийных случаях путем устройства временных перемычек на стороне низшего напряжения шланговым проводом длиной 50 м.

Для электроприемников III категории возможны перерывы электроснабжения на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, но не более одних суток.

Воздушные линии до 1000 В для питания электроприемников жилых и общественных зданий рекомендуется выполнять нерезервируемыми.

Проекты сетей должны предусматривать возможность строительства городских электрических сетей по частям с учетом очередности застройки и роста нагрузок. Если электрическая сеть по техническому состоянию не может нормально работать из-за значительного роста нагрузок, а также при росте нагрузок к сроку проектирования более чем на 50 %, следует решать вопрос о полной реконструкции городских электрических сетей.

Сечение кабельных линий первой очереди застройки надо выбирать с учетом общей схемы питания данного участка в соответствии с нагрузками.

Расчетные электрические нагрузки электроприемников-потребителей, присоединяемых к сети напряжением до 380 В, нужно определять по действующим нормативным требованиям.

Для первой очереди развития воздушных сетей напряжением 127—380 В в районах жилой застройки расчетные нагрузки определяют измерением имеющихся нагрузок с учетом 5—15 % ежегодного их увеличения. Если при измерениях напряжение и освещенность будут ниже нормальных, расчетные нагрузки следует корректировать.

Рекомендуется учитывать следующие коэффициенты участия в максимуме к расчетным нагрузкам потребителей, определенным на основании коэффициента спроса:

Для линии сети напряжением до 380 В и сетевых трансформаторов	1
Для линии распределительной сети напряжением 3—20 кВ	0,9
Для питающей сети напряжением 3—20 кВ	0,81

Для расчета групповой сети освещения зданий, всех звеньев сети аварийного освещения, сети наружного освещения коэффициент спроса следует принимать равным 1. При отсутствии данных обследований коэффициент спроса для расчета питающей сети рабочего освещения зданий следует принимать:

Для торговых помещений, а также для мелких зданий производственного характера	1
Для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов	0,95
Для библиотек, зданий административного назначения и помещений общественного питания	0,9
Для производственных зданий, состоящих из нескольких отдельных помещений	0,85
Для лечебных, детских и учебных учреждений, конторско-бытовых и лабораторных зданий	0,8

Городские высоковольтные электрические сети необходимо выполнять трехфазными с изолированной нейтралью на напряжение не ниже 10 кВ.

При расширении или реконструкции городских электрических сетей напряжением 6 кВ рекомендуется переходить на напряжение 10 кВ, допуская использование проложенных кабелей 6 кВ на напряжение 10 кВ после проведения профилактических испытаний напряжением 40 кВ постоянного тока и устранения выявленных дефектов.

При реконструкции сетей в городах и районах новой сплошной застройки распределительные сети выполняют трехфазными четырехпроводными с глухо заземленной нейтралью напряжением 380/220 В. При наличии технико-экономических обоснований рекомендуется переход на напряжение 220/127 В. В этом случае при использовании существующих трехжильных кабелей допускается применять в качестве нулевой жилы свинцовую или алюминиевую оболочку, а также устанавливать нейтралеры.

Категории комплексов электроприемников сооружений, зданий, учреждений и предприятий или отдельных электроприемников приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Категории комплексов отдельных электроприемников**

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
I. Жилые дома и общежития					
Жилые дома и общежития высотой 17 этажей и более:					
противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации), лифты, эвакуационное и аварийное освещение, огни светового ограждения	+			Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий СН 544-82	Категория надежности электроснабжения встроенных в жилые дома помещений арендаторов определяется в соответствии с разделами III—V данной таблицы
остальные потребители		+			
Жилые дома:				То же	То же
высотой до 5 этажей с плитами на газообразном и твердом топливе		+			
одно-, восьмиквартирные с электроплитами и электроводонагревателями для горячего водоснабжения		+			Категория надежности электроснабжения встроенных в жилые дома помещений арендаторов определяется в соответствии с разделами III—V данной таблицы
на участках садоводческих товариществ;		+			
высотой от 6 до 16 этажей с плитами на газообразном и твердом топливе		+			
с электроплитами и водонагревателями для горячего водоснабжения за исключением одно-, восьмиквартирных домов		+			
Общежития:				Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий СН 544—82	То же
вместимостью до 50 чел.		+			
вместимостью 50 чел. и более		+			

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
Отдельно стоящие центральные тепловые пункты:					
обслуживающие жилые дома и общежития высотой 17 этажей и более	+				
то же высотой 16 этажей и менее		+			
II. Гостиницы и дома отдыха					
Гостиницы, дома отдыха, пансионаты, мотели, дома престарелых с количеством человек до 200		+		Правила устройства электроустановок (ПУЭ) § 1-2-17	Свыше 5 этажей, см. раздел XV, п. 1 данной таблицы
То же, свыше 200		+		ПУЭ § 1-2-50	Свыше 9 этажей, см. раздел XV, п. 2 данной таблицы
III. Предприятия общественного питания					
Столовые, кафе, рестораны, бары и т. п. с количеством посадочных мест до 75 включительно			+	ПУЭ § 1-2-17	
То же, от 75 до 800 включительно		+		То же	
Пожарные насосы, аварийное освещение, питающие устройства пожарной и охранной сигнализации в столовых и ресторанах с количеством посадочных мест свыше 800	+			»	
Остальные потребители		+		»	
Молочные кухни			+	»	
IV. Магазины					
Пожарные насосы, аварийное освещение, питающие устройства пожарной и охранной сигнализации в магазинах с торговыми залами общей площадью 1800 м² и более	+			СНиП II-77-80	
Остальные потребители		+		То же	
Магазины с торговыми залами общей площадью 220—1800 м²		+		СНиП II-77-80	
То же, до 220 м² включительно			+	То же	
Торговые центры с магазинами и другими арендаторами		+		ПУЭ § 1-2-50	

Продолжение табл. 2

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
V. Предприятия бытового обслуживания					
Пункты проката, приема и выдачи белья			+	ПУЭ § 1-2-17	
Бани		+		СНиП II-80-75	
Парикмахерские			+	ПУЭ § 1-2-17	
Общественные туалеты			+	То же	
Ателье по ремонту и пошиву обуви			+	»	
Мастерские по ремонту металлоизделий и т. п.			+	»	
Ателье по ремонту и пошиву одежды			+	»	
Трикотажные ателье при количестве работающих до 50 включительно			+	»	
То же, более 50	+			»	
Дома бытового обслуживания		+		ПУЭ § 1-2-17	
Химчистки и прачечные производительностью до 2 т белья в сутки			+	То же	
То же, более 2 т		+		»	
VI. Зрелищные предприятия с количеством мест в зрительных залах 200 и более					
Пожарные насосы, аварийное освещение, системы дымоудаления, противопожарные занавеси	+			ПУЭ § 1-2-17	
Остальные потребители		+		То же	
VII. Предприятия по обслуживанию транспорта					
Автомобильные, троллейбусные и трамвайные парки		+		ПУЭ § 1-2-50	
Гаражи с количеством автомашин до 50			+	То же	
То же, более 50		+		»	
Автозаправочные станции			+	»	
VIII. Больницы, поликлиники, диспансеры, санатории, аптеки					
Помещения операционных блоков, неотложной медицинской помощи, отделения анестезиологии-реанимации, родильные отделения, аварийное освещение, пожарные насосы и системы дымоудаления, питающие устройства пожарной сигнализации	+			СНиП II-69-78	
Остальные потребители		+		То же	
Аптеки I и II категорий		+		»	
Аптеки III—VI категорий			+	»	
Санатории (корпуса для больных)		+		»	

Продолжение табл. 2

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
IX. Детские учреждения					
Детские сады, ясли, пионерские лагеря, дома пионеров и т. п.		+		ПУЭ § 1-2-50	
X. Учебные заведения					
Институты, техникумы, профессионально-технические училища и т. п.		+		ПУЭ § 1-2-50	
XI. Административные, общественные, конторские здания, хозяйственные корпуса, склады					
Райисполкомы, райотделы милиции, дворцы бракосочетания, проектные институты, конструкторские бюро, различные управления, музеи, выставки, сберкассы		+		ПУЭ § 1-2-50	
Хозяйственные корпуса			+	То же	
Жилищно-эксплуатационные конторы			+	»	
Склады			+	»	
XII. Научно-исследовательские институты (НИИ), научно-исследовательские лаборатории (НИЛ)					
НИИ и НИЛ		+		СН 495-77	
Отдельные специальные установки, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасные последствия или нарушения процесса, на подготовку и проведение которого затрачиваются большие средства	+			То же	
Отдельные, менее ответственные электроприемники зданий НИИ			+	То же	
XIII. АТС, усилительные станции, почта-телеграф					
Районные АТС	+			ПУЭ § 1-2-50	
Опорные усилительные станции радиотрансляционной сети	+			То же	
АТС учреждений с выходом абонентов в городскую сеть	+			ПУЭ § 1-2-50	
То же, без выхода абонентов			+	То же	
Почтовые отделения		+		»	
XIV. Спортивные сооружения					
Крытые спортивные сооружения с количеством мест на трибунах более 800; электродвига-	+			СНиП II-76-78	

Продолжение табл. 2

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
тели пожарных насосов, аварийное освещение, системы дымоудаления, питающие устройства пожарно-охранной сигнализации					
Остальные потребители		+		СНиП II-76-78	
Крытые и открытые бассейны		+		То же	Независимо от количества единовременно занимающихся и наличия мест для зрителей
Крытые спортивные сооружения с количеством мест на трибунах до 800		+		»	
Аварийное освещение открытых спортивных сооружений с количеством мест 25 000 и более, мототреков, велотреков и лыжных трамплинов	+			ПУЭ § 1-2-50	
Открытые спортивные сооружения с искусственным освещением при наличии 20 и более рядов		+		СНиП II-76-78	
То же, менее 20			+	То же	
XV. *Здания различной этажности*					
1. Здания высотой более 5 этажей		+		ПУЭ § 1-2-50	
2. Пожарные насосы, лифты, аварийное освещение, системы дымоудаления	+			ПУЭ § 1-2-50	
XVI. *Котельные установки*					
Межквартальные и квартальные котельные с паровыми котлами давлением больше 0,068 МПа и водогрейными котлами с температурой теплоносителя более 115 °С	+			СНиП II-35-76	
Котельные с водогрейными котлами с температурой теплоносителя до 115 °С и паровыми котлами давлением до 0,068 МПа		+		То же	
XVII. *Насосные станции*					
Отдельно стоящие повышающие насосные станции хозяйственного или противопожарного водопровода	+			СНиП II-32-74	
Канализационные насосные станции перекачки	+			ПУЭ § 1-2-50	

Продолжение табл. 2

Электроприемники	Категории надежности электроснабжения			Обоснование категории надежности электроснабжения	Примечание
	I	II	III		
XVIII. *Наружное освещение*					
Наружное освещение магистральных улиц категорий А и Б и площадей		+		СНиП II-4-79	В целях резервирования кабельных линий для магистральных улиц городов между крайними фонарями соседних участков должны быть проложены нормально отключенные перемычки (резервные линии)
Наружное освещение улиц категорий В, Г, Д		+		То же	
Декоративная подсветка зданий, сооружений, памятников, цветов, деревьев и т. п.		+		»	
XIX. *Городские тоннели и коллекторы*					
Городские транспортные и пешеходные тоннели	+			СНиП II-60-75*	
Общие коллекторы для прокладки подземных сетей в населенных местах		+		То же	При длине коллектора менее 500 м при отсутствии в нем аварийных насосов электроснабжение коллекторов допускается осуществлять одной линией, расщепленной не менее чем на два кабеля

Примечание. При невозможности по местным условиям осуществить питание электроприемников I категории надежности электроснабжения от двух независимых источников допускается питание их от двух близлежащих однотрансформаторных или от разных трансформаторов двухтрансформаторных ТП, подключенных к разным линиям 6—10 кВ

ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ И ДОПУСТИМЫЕ СЕЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

Линии сетей для передачи и распределения электроэнергии выбирают в зависимости от их назначения и условий прокладки (табл. 3).

Для воздушных линий можно применять одно- и многожильные провода, сечения которых приведены в табл. 4. Использование расплетенных проводов не допускается.

Для ответвлений от воздушных линий к вводам допускается использование неизолированных и изолированных проводов марок и сечений, указанных в табл. 5.

Допускаемые наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках даны в табл. 6.

Таблица 3. **Выбор напряжения распределительных сетей (ПУЭ-66, § 1-2)**

Номинальное напряжение сети, В	Применение
	Напряжение свыше 1000 В
6000	На промышленных предприятиях при наличии значительного числа электроприемников на 6 кВ, при электроснабжении передвижных строительных машин (экскаваторов, земснарядов)
10 000	В городах и сельских районах на промышленных предприятиях при отсутствии большого числа электроприемников, которые могут питаться непосредственно от сети 6 кВ
	Напряжение до 1000 В
660	В угольной, горнорудной, химической и нефтяной промышленности. Допускается без ограничения для всех отраслей промышленности в случае экономической целесообразности
380/220	В городских электросетях, для питания силовых и осветительных электроприемников промышленных предприятий по четырехпроводной системе от общих трансформаторов
36	Для сети и ремонтного освещения в помещениях повышенной опасности
12	Для сети местного и ремонтного освещения в котельных и других особо опасных помещениях
12, 24, 36, 48, 60, 110, 220	Для питания цепей управления, сигнализации и автоматизации технологических процессов

Таблица 4. **Минимально допустимые сечения проводов воздушных линий по условию механической прочности (ПУЭ II-40-72)**

Характеристика воздушных линий	Сечение проводов, мм²		
	алюминиевых и из алюминиевого сплава АН	сталеалюминиевых и из алюминиевого сплава АЖ	стальных
Воздушные линии без пересечений; толщина намерзания при гололеде, мм:			
до 10	35	25	25
15 и более	50	35	25
Переходы воздушных линий через судоходные реки и каналы; толщина намерзания при гололеде, мм:			
до 10	70	25	25
15 и более	70	35	25
Пролеты пересечений воздушных линий с инженерными сооружениями (толщина намерзания при гололеде не ограничена):			
с линиями связи	70	35	25
с надземными трубопроводами с канатными дорогами	70	35	Не допускается
В пролетах пересечений воздушных линий с железными дорогами; толщина намерзания при гололеде, мм:			
до 10	—	35	То же
15 и более	—	50	»

Примечание: В пролетах пересечений воздушных линий с инженерными сооружениями, не указанными в таблице, например с автомобильными дорогами, троллейбусными и трамвайными линиями, допускается применение проводов таких же сечений, как на воздушных линиях без пересечений.

Таблица 5. **Наименьшие сечения или диаметры проводов ответвлений от ВЛ к вводам (ПУЭ-77, II-4-12, табл. II-4-2)**

Материал провода	Наименьшее сечение или диаметр провода	
	в пролете до 10 м	в пролете более 10 (до 25 м)
Медь	4 мм²	6 мм²
Сталь	3 мм	4 мм
Биметалл	3 мм	4 мм
Алюминий и его сплавы	16 мм²	16 мм²
Самонесущие провода АВТ-1, АВТ-2 и др.	4 мм²	6 мм²

Таблица 6. **Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках (ПУЭ-78, II-1, табл. II-1-1)**

Проводники	Сечение жил, мм²	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двужильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям на роликах, клицах и тросах;	1	2,5
на лотках и коробах (кроме глухих) для жил, присоединяемых к винтовым зажимам пайкой:	1	2
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах; вводы от воздушной линии	2,5	4
под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели в замкнутых каналах или замоноличенные (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Взрывоопасными называют помещения и наружные установки, в которых по условиям технологического процесса могут образоваться взрывоопасные смеси: горючих газов или паров с воздухом или кислородом и с другими газами-окислителями, например, с хлором; горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

К невзрывоопасным относят помещения и наружные установки, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо (печные отделения газогенераторных станций, газовые котельные и др.), технологический процесс которых связан с

применением открытого огня или раскаленных частей (открывающиеся электрические и другие печи), либо наружные поверхности имеют температуры нагрева, превышающие температуру самовоспламенения паров и газов в окружающей среде.

Взрывоопасность помещений по принятой в ПУЭ классификации подразделяется на классы В-I, В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа.

К классу В-I относят помещения, в которых выделяются горючие газы или пары в большом количестве, обладающие свойствами, способствующими образованию с воздухом или другими окислителями взрывоопасных смесей при нормальных недлительных режимах работы. Например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, при переливании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

К классу В-Iа относят помещения, в которых отсутствуют взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями. Наличие их возможно только в результате аварий или неисправностей.

К классу В-Iб относят те же помещения, что и к классу В-Iа, но имеющие следующие особенности:

горючие газы обладают высоким нижним пределом взрываемости (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях, например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок;

образование в аварийных случаях в помещениях общей взрывоопасной концентрации по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация, например помещения электролиза воды и поваренной соли;

горючие газы и легковоспламеняющиеся горючие жидкости имеются в помещениях в небольших количествах, не создающих общей взрывоопасной концентрации, и работа с ними производится без применения открытого пламени. Эти помещения относят к невзрывоопасным, если работы в них выполняются в вытяжных шкафах или под вытяжными зонами.

К классу В-Ir относят наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, емкости, сливно-наливные эстакады и т. д.), где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности. Для наружных установок взрывоопасными считают зоны: до 20 м по горизонтали и вертикали от эстакад с открытым сливом и наливом легковоспламеняющихся жидкостей; до 3 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасного закрытого технологического оборудования и 5 м по вертикали и горизонтали от дыхательных и предохранительных клапанов — для остальных установок. Наружные открытые эстакады с трубопроводами для горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей относят к невзрывоопасным.

К классу В-II относят помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна, способные образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси при недлительных режимах работы (загрузка и разгрузка технологических аппаратов).

К классу В-IIа относят помещения класса В-II, в которых опасные состояния не имеют места, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

МИНИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ У ПРИЕМНИКОВ

Напряжения на зажимах электродвигателей при нормальных режимах не должно отличаться от допустимого.

Снижение напряжения у наиболее удаленного светильника при нормальных режимах не должно превышать 2,5 % номинального напряжения ламп.

Потери напряжения в обмотках двухобмоточного трансформатора определяется по формулам:

$$\Delta U_т = \frac{PR + QX}{U} = \frac{S}{U}(R\cos\varphi + X\sin\varphi),\ \text{кВ};$$

$$\Delta U_т = \frac{PX + QX}{UU_в}100 = \frac{S}{U}\frac{R\cos\varphi + X\sin\varphi}{U_в}100,\ \text{проц.},$$

где P — активная нагрузка трансформатора, МВт; Q — реактивная нагрузка трансформатора, Мвар; S — полная нагрузка трансформатора, МВ · А, U — напряжени

на зажимах трансформатора, кВ; $U_в$ — номинальное напряжение сети, кВ; cos φ — коэффициент мощности нагрузки трансформатора; R — активное сопротивление обмоток трансформатора, Ом

$$R = \left(\frac{U_{н.т}}{S_н}\right)^2 \Delta P_{к.з},$$

X — реактивное сопротивление обмоток трансформатора, Ом,

$$X = \frac{U^2_{н.т}}{S_н}\frac{U_х}{100},$$

где $S_н$ — номинальная мощность трансформатора, МВ · А; $U_{н.т}$ — номинальное напряжение обмоток трансформатора, кВ; $\Delta P_{к.з}$ — потери напряжения короткого замыкания в трансформаторе, МВт; $U_х$ — падение напряжения в реактивном сопротивлении трансформатора, проц.

Потери напряжения $\Delta U_{л.т.р}$ в трансформаторах 6—10/0,4/0,23 кВ подсчитаны при номинальной нагрузке.

Расчетные значения потерь напряжения для силовых сетей ΔU_0 при коэффициенте загрузки трансформатора $R = 0{,}9$ и соответствующих коэффициентах мощности на зажимах вторичной обмотки трансформатора cos φ приведены в табл. 7.

Таблица 7. Потери напряжения в трансформаторах при номинальной нагрузке проц.

Номинальная мощность трансформатора, кВ·А	ΔU_1 при коэффициенте мощности					
	0,7	0,8	0,85	0,9	0,96	1
100	4,27	4,01	3,81	3,54	3,02	1,97
160	4,16	3,85	3,62	3,32	2,77	1,66
250	4,07	3,73	3,50	3,18	2,61	1,48
400	4,02	3,67	3,42	3,10	2,52	1,38
630	4,67	4,18	3,85	3,42	2,66	1,20
1000	4,68	4,19	3,86	3,44	2,67	1,22
1600	4,62	4,12	3,78	3,55	2,58	1,12

Расчетные значения располагаемых потерь напряжения для осветительных сетей ΔU_0 при коэффициенте загрузки трансформатора $\beta = 0{,}9U_{ном.ламп}$ и допустимом снижении напряжения у лампы 2,5 % от $U_{ном.ламп}$ приведены в таблицах 8, 9.

Потеря напряжения в сетях, прокладываемых внутри помещения, не должна превышать 2,5 % в наиболее удаленной точке.

Таблица 8. Располагаемые потери напряжения при коэффициенте мощности от номинального напряжения приемников, проц.

Мощность трансформаторов, кВ·А	Осветительная нагрузка					Силовая нагрузка				
	cos φ									
	1	0,95	0,85	0,7	0,5	1	0,95	0,85	0,7	0,5
100	7,3	6,6	5,2	4,6	4,4	8,0	6,6	5,8	5,3	5,1
160	7,5	6,1	5,3	4,6	4,4	8,1	6,7	5,9	5,4	5,1
250	7,7	6,3	5,5	4,7	4,4	8,3	6,9	6,1	5,4	5,2
400	7,8	6,4	5,5	4,8	4,5	8,4	7,0	6,2	5,5	5,2
630	7,9	6,5	5,6	4,9	4,5	8,7	7,2	6,3	5,6	5,2

Таблица 9. **Располагаемые потери напряжения при коэффициенте мощности от номинального напряжения приемников для смешанной нагрузки, проц.**

Мощность трансформаторов, кВ·А	cos φ								
	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,85	0,7	0,5
100	5,4	4,7	4,5	4,3	4,1	4,0	3,2	2,7	2,4
160	5,3	4,8	4,6	4,4	4,2	4,1	3,3	2,8	2,4
250	5,7	5,0	4,7	4,5	4,4	4,3	3,5	2,9	2,5
400	5,8	5,2	4,9	4,7	4,6	4,4	3,6	2,9	2,5
630	6,2	5,4	5,1	4,9	4,7	4,6	3,7	3,0	2,6

Допустимые отклонения напряжения от номинального на зажимах электроприемников *, проц.:

Электродвигатели . . . . . +10 и −5
Лампы рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, лампы прожекторных установок наружного освещения +5 и −2,5
Остальные электроприемники . . . . . +5 и −5

ВЫБОР СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И СООРУЖЕНИЙ

ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6—10 кВ

Технико-экономические показатели распределительной сети определяются схемой ее построения. Развитие городских электрических сетей, увеличение требований и надежности электроснабжения потребителей, появление нового электрооборудования требует совершенствования существующих эксплуатируемых схем и разработки новых.

По мере роста требований к надежности электроснабжения потребителей при проектировании электрических сетей стали предусматривать резервные элементы. В результате широкое распространение получили петлевые схемы построения распределительных сетей. Петлевой линией называется линия с возможностью двойного питания. Схема предусматривает возможность двухстороннего питания трансформаторной подстанции (ТП) и присоединяемых линий напряжением до 1000 В.

Распределительные линии 6—10 кВ ($Л_1$ и $Л_2$) опираются на РП2 и РП3, за счет этого создается возможность двухстороннего питания каждой ТП (рис. 3). В нормальном режиме линии 6—10 кВ работают с расключением вблизи точки естественного токораздела ($Р_2$ и $Р_3$) и питают определенное количество ТП. Например, $Л_1$ питает ТП5 и ТП6, линия $Л_2$ питает $ТП_1$ и $ТП_2$ и т. д.

В результате петлевая линия состоит из двух частей $Л_1$ и $Л_1^1$, а также $Л_2$ и $Л_2^1$. Распределительные линии до 1000 В, питающие приемники II категории (а и б), выполняются петлевыми, а для приемников III категории (в) предусматриваются вводы. Петлевые линии до 1000 В содержат специальное распределительное устройство, так называемый соединительный пункт ($С_1$, $С_2$ и т. д.), конструкция которого предусматривает возможность установки предохранителей на подходящих к нему линиях. В нормальном режиме распределительная сеть до 1000 В работает с расключением в соединительных пунктах, в результате чего каждый трансформатор питает определенный район сети. При таком решении двухстороннее питание потребителей напряжением до 1000 В может достигаться разными способами. Например, потребитель $а_1$ питается двумя вводами от ТП1, а при выходе линий ($Л_2$) 6—10 кВ на головном участке ($К_1$) через соединительный пункт ($С_3$) получит питание от ТП5 или через соединительный пункт ($С_1$ и $С_4$) от ТП6 и т. д.

Отмеченные условия нормального режима работы должны быть использованы при выборе исходных параметров рассматриваемых участков петлевой сети. Например, сечение линии $Л_1$ определяется нагрузкой ТП5 и ТП6, мощность трансформатора ТП2 принимается в соответствии с нагрузкой линии $Л_3$, $Л_4$ и $Л_5$; сечение линии $Л_3$ должно соответствовать $Л_3^1$ нагрузке потребителей $а_1$, $б_1$ и $б_4$ и т. д. Выбранные параметры необходимо проверить по условиям, возникающим при нарушениях нормального режима, выхода из работы отдельных элементов сети вследствие их повреждения или вывода из работы для ремонта, испытания и т. д. В качестве таких расчетных режимов принимаются реальные условия, возникающие в процессе эксплуатации сети.

В результате, в отличие от нормального режима, когда сечение линии $Л_2$ определяется нагрузкой ТП1 и ТП2, а линии $Л_2^1$ — нагрузкой ТП3 и ТП4, пропускная способность петлевой линии $Л_2$—$Л_2^1$ должна быть принята такой, чтобы обеспечить питание в аварийном режиме ТП1, ТП2, ТП3, ТП4. Если считать, что нагрузки линий $Л_2$ и $Л_2^1$ равны между собой, то в аварийном режиме нагрузка этих линий будет увеличиваться в два раза. Эта нагрузка и определит окончательное сечение петлевой линии $Л_2$—$Л_2^1$. Но это не значит, что при двухстороннем питании сечение линии будет увеличиваться вдвое. Нагрузки линий $Л_2$ и $Л_2^1$ различны, сечение линий по условиям аварийного режима определяется с учетом перегрузочной способности кабелей. Из схемы видно, что петлевая линия $Л_2$—$Л_2^1$ состоит из отдельных участков (РП2—

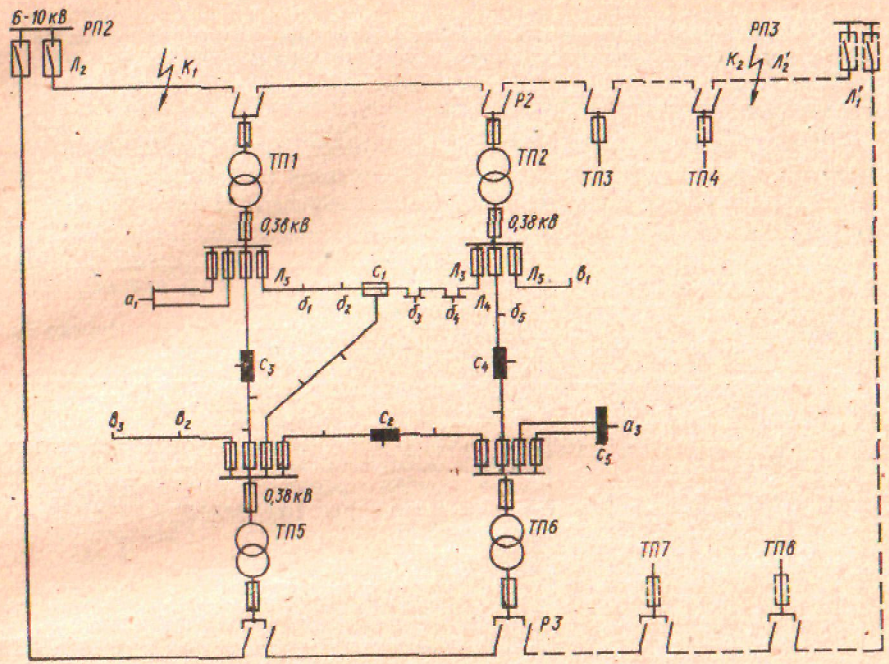


Рис. 3. Схема петлевой распределительной сети.

* В послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5 %.

ТП1, ТП1—ТП2 и т. д.), которые имеют разные нагрузки и, следовательно, выбираются по экономической плотности тока в нормальном режиме с проверкой по нагреву с учетом перегрузочной способности в послеаварийном режиме. Практически линии $Л_2$—$Л_2^1$ на всем протяжении от РП2 до РП3 выполняются одним сечением как и на головных участках РП2—ТП1 и РП3—ТП4.

Сечение петлевой линии 6—10 кВ $Л_1$—$Л_1^1$ и петлевых линий до 1000 В выбирают аналогично. Сечение линии $Л_3$—$Л_3^1$ принимают из расчета нагрузки потребителей $б_1$, $б_2$, $б_3$ и $б_4$ в наиболее тяжелом режиме, который возникает при повреждении линий $Л_3$ и $Л_3^1$ на участке ТП1—$б_1$ или ТП2—$б_4$. Сечение вводов к потребителю $а_1$ проверяют по экономической плотности тока и можно принимать из условия питания этого потребителя по одному вводу при аварийном отключении второго и т. д.

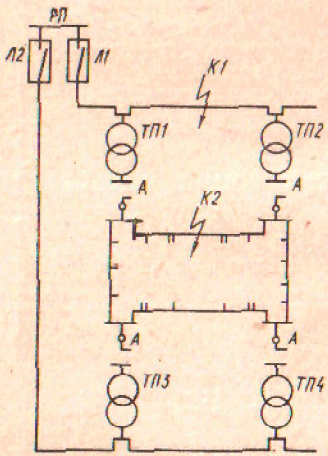


Рис. 4. Упрощенный вариант замкнутой сети до 1000 В.

Мощность трансформаторов и ТП выбирают по условному режиму поочередного выхода трансформаторов из работы и резервирования электроснабжения потребителей, питающихся по петлевым линиям до 1000 В. Следовательно, мощность трансформаторов, устанавливаемых в ТП1 и ТП6, должна учитывать возможность питания указанных потребителей в аварийном режиме, т. е. при повреждении трансформатора в ТП2. При выборе мощности трансформаторов следует учитывать их допустимую перегрузочную способность в аварийных условиях, а также необходимую степень резервирования потребителей в зависимости от их категорийности по надежности электроснабжения.

Возможности осуществления замкнутой схемы по самому простейшему варианту заложены в примере сети (см. рис. 3). Для осуществления этой сети по замкнутой схеме необходимо соединить линии до 1000 В в пунктах $С_1$, $С_2$, $С_3$ и $С_4$. В отличие от петлевой сети выбор параметров отдельных элементов сети необходимо произвести по условию питания всех ее потребителей в нормальном и аварийном режимах. Если в петлевой сети учитывается условный режим выхода из работы только одного трансформатора и резервирование питания только потребителей петлевых линий до 1000 В, то для расчета замкнутых сетей принимают во внимание реальные режимы, возникающие в сети при наличии повреждений тех или иных элементов распределительной сети.

Выявление всех особенностей построения и расчета замкнутой сети до 1000 В произведем на упрощенном варианте такой сети (рис. 4). В примере сеть напряжением до 1000 В выполним замкнутой без применения защиты. Сеть 6—10 кВ предусмотрим в виде радиальных линий. На вторичной стороне трансформаторов имеется автомат обратной мощности А, способный реагировать на изменение направления энергии.

Параметры отдельных элементов замкнутой сети определяют условиями нормального режима, а сечение линии $Л_1$ — нагрузкой ТП1 и ТП2, линии $Л_2$ — нагрузкой ТП3 и ТП4. Расчет нагрузки трансформаторов и линий до 1000 В имеет специфические особенности, которые характеризуются замкнутым режимом работы сети до 1000 В. Для такого режима характерно естественное токораспределение по элементам сети, которое определит нагрузку линий до 1000 В и трансформаторов, а следовательно, их сечение и мощность. Это предъявляет особые требования к выбору конфигурации сети до 1000 В, чтобы в нормальном режиме нагрузка указанных элементов была по возможности равномерной.

Чтобы создать необходимую надежность питания потребителей, выбранные параметры следует проверить по условиям, возникающим в наиболее тяжелом аварийном режиме работы сети.

Рассматриваемая замкнутая схема весьма эффективна при внедрении в действующие сети и может быть принята как принцип построения новых распределительных сетей или при переводе существующих полузамкнутых сетей к замкнутым схемам, при которых обеспечивается бесперебойное питание потребителей (рис. 5). Расчеты

показали, что сети, выполненные по замкнутой схеме до 1000 В с устройствами АВР, имеют высокие технико-экономические показатели. Распределительные сети, построенные по этой же схеме, создают по сравнению с замкнутой схемой равноценные условия электроснабжения потребителей.

Если принять сочетание замкнутой схемы с АВР на напряжение 6—10 кВ в качестве принципа построения сетей, то основные особенности такой схемы следующие:

резервирование сетевых трансформаторов и частично элементов через замкнутую сеть до 1000 В принимается с учетом реальных условий, возникающих в сети при повреждении ее отдельных элементов;

распределительная сеть выполняется по радиальному принципу с дополнительными резервными связями между отдельными линиями и устройством на этих связях АВР;

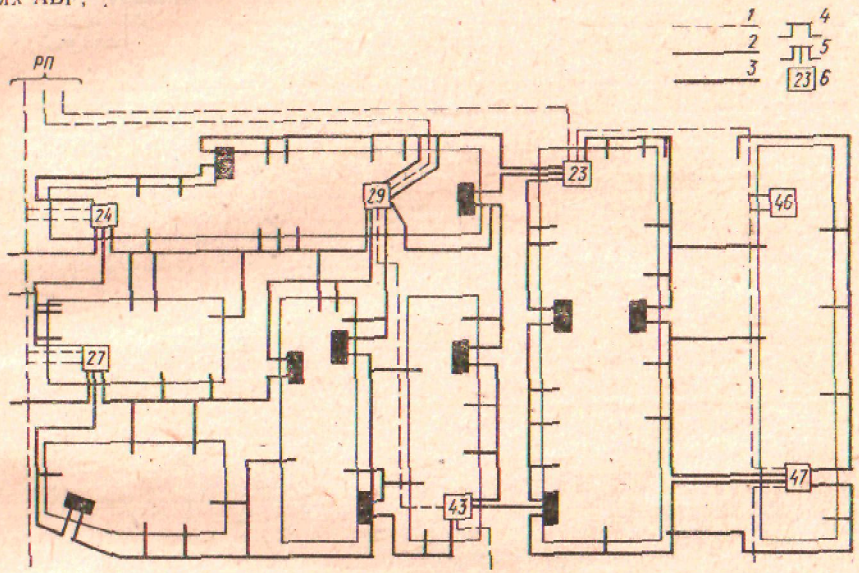


Рис. 5. Пример выполнения полузамкнутой сети:
1 — линия 10 кВ; *2* — то же 0,38 кВ; *3* — вводы в дома; *4* — соединительные пункты; *5* — узловые пункты; *6* — ТП.

защита сети до 1000 В осуществляется предохранителями в сочетании с автоматами обратной мощности, которые являются одновременно пусковым органом устройства АВР.

Указанные положения поясняются участком сети, выполненным по рассматриваемой схеме (рис. 6). Если этот участок сети выполнить по замкнутой схеме, для его питания следует предусматривать три линии 6—10 кВ. Расчетный режим выхода из работы одной линии 6—10 кВ одного трансформатора определит параметры всех элементов замкнутой сети. Аналогичный режим соблюдается при построении сети по другой схеме (рис. 7). В данном случае питание осуществляется только по двум линиям 6—10 кВ $Л_1$ и $Л_2$. Однако появляется дополнительная связь того же напряжения между ТП1 и ТП3 и в ТП3 предусматривается устройство АВР при напряжении 6—10 кВ. При отключении любой из линий 6—10 кВ всегда остаются в работе две ТП, т. е. создаются условия, характерные для замкнутой схемы при питании сети тремя линиями 6—10 кВ. Количество ТП с устройством АВР определяется местными условиями и, в частности, количеством и мощностью крупных потребителей.

Необходимость бесперебойного электроснабжения городских потребителей, содержащих электроприемники I категории, определяется требованиями ПУЭ. При построении распределительной сети следует учитывать то обстоятельство, что потребители произвольно размещаются на территории города. Возможны два решения при выборе схемы электрической сети: выборочная автоматизация, когда автоматические устройства предусматриваются только для отдельных узлов сети, от которых питаются

приемники I категории, и полностью автоматизированная сеть, в которой бесперебойные условия питания создаются для всех городских потребителей. Применение этих сетей обусловливается беспрерывным увеличением числа ответственных потребителей, а также повышением требований к общей надежности электроснабжения.

Схемы выборочной автоматизации путем установки АВР со стороны напряжения до 1000 В могут быть предусмотрены в каждой трансформаторной подстанции, в результате чего распределительная сеть будет полностью автоматизирована. Схема, положенная в основу такой сети, называется многолучевой. Принцип построения базируется на многолучевой сети в сочетании с распределительными линиями одно- и двухстороннего питания. Схема предусматривает взаимно резервирующие распределительные линии 6—10 кВ одностороннего питания. При установке АВР со стороны напряжения 6—10 кВ резервирование трансформаторов можно не предусматривать.

Рассмотрим схему двухлучевой сети с устройствами АВР при напряжении 6—10 кВ (см. рис. 7). В каждую ТП заходят две линии 6—10 кВ ($Л_1$ и $Л_2$): одна работающая, другая — резервная. Для снижения потерь электроэнергии присоединения ТП к линиям чередуются. Автоматическое

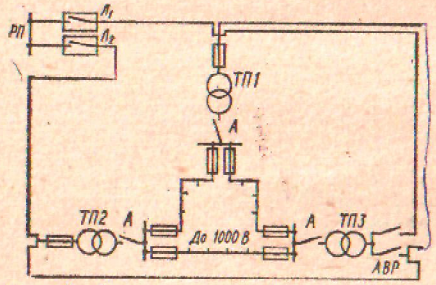


Рис. 6. Схема замкнутой сети с АВР при напряжении до 10 кВ.

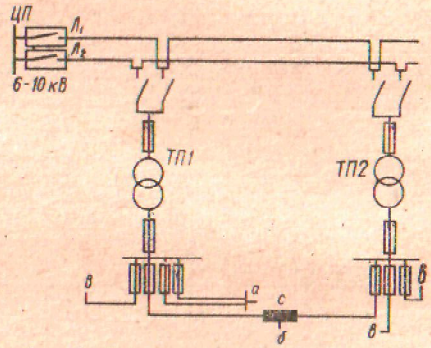


Рис. 7. Схема двухлучевой сети с АВР на напряжении — 10 кВ.

включение резерва нагрузки в ТП осуществляется с помощью выключателей нагрузки типа ВН-16.

В современных промышленных сетях токи короткого замыкания обычно превышают значение коммутационной способности выключателей нагрузки ВНП-16, ВНП-17. Поэтому установка выключателя нагрузки после предохранения позволяет не проверять выключатель на токи короткого замыкания, так как предохранители ПК являются токоограничивающими — плавкая вставка их при коротком замыкании перегорает раньше, чем ударный ток короткого замыкания достигнет максимального амплитудного значения.

Построение сети до 1000 В (см. рис. 7) выполняется в зависимости от ответственности электроприемников потребителя: по концевой линии для приемников III категории (в) и по петлевой линии для приемников II категории (а или б). Для улучшения технико-экономических показателей сети в ТП предусматривается установка только одного трансформатора. Наряду с этим предусматриваются петлевые линии в сети до 1000 В между различными ТП, используемыми в нормальном режиме для питания приемников II категории. В соединительном пункте осуществляется раздел сети до 1000 В. С помощью петлевой линии в аварийных режимах, связанных с повреждениями трансформаторов, можно, используя их перегрузочную способность, частично резервировать питание потребителей. При проектировании сетей сечение линий 6—10 кВ выбирают только по условию взаимного резервирования без учета двухстороннего питания, так как при построении городской сети линии $Л_1$ или $Л_2$ связываются с другими аналогичными линиями распределительной сети 6—10 кВ резервными перемычками, которые увеличивают оперативную гибкость сети.

При выполнении сети 6—10 кВ в виде двух взаимно резервируемых линий (см. рис. 7) схему построения называют двухлучевой. Практически сеть выполняют по многолучевому варианту с большим количеством взаимно резервирующихся линий (рис. 8). Питание ТП осуществляется с помощью трех линий 6—10 кВ. Присоединения ТП соответствующим образом чередуются вдоль распределительных линий 6—10 кВ, что способствует лучшему использованию пропускной способности линий. Питание

ТП1 осуществляется по линии $Л_3$, резервирование — по линии $Л_2$; питание $ТП_2$ — по линии $Л_2$; резервирование — по линии $Л_1$; питание ТП3 — по линии $Л_1$, резервирование — по линии $Л_3$.

При построении сети с тремя или четырьмя линиями увеличивается пропускная способность до 80 % (предельная нагрузка кабелей в аварийном режиме не может превышать 130 % номинальной нагрузочной способности).

Вариант построения двух- и многолучевых полностью автоматизированных сетей с устройством АВР на стороне напряжения до 1000 В с установкой в каждом

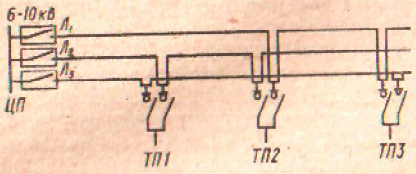


Рис. 8. Многолучевая сеть напряжением до 10 кВ.

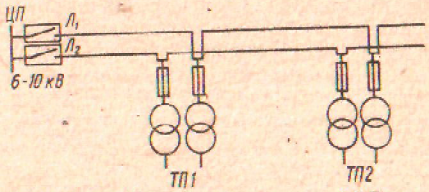


Рис. 9. Двухлучевая сеть с АВР напряжением до 1000 В.

ТП двух трансформаторов, которые запитываются по самостоятельным высоковольтным линиям (рис. 9). Устройство АВР осуществляется со стороны напряжения до 1000 В установкой контакторных станций аварийного переключения (рис. 10). Контакторная станция имеет два контактора: основного и резервного питания. В нормальном режиме каждый трансформатор через контактор основного питания КО связан с отдельной группой потребителей. При повреждении любой линии 6—10 кВ или связанного с ней трансформатора напряжение на шинах 0,38 кВ трансформатора исчезает, контактор основного питания отключается,

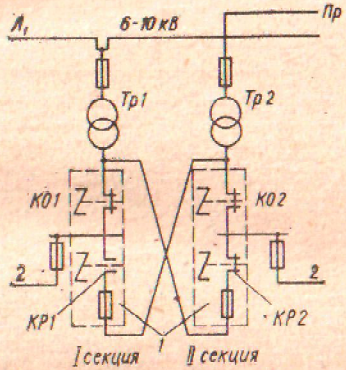


Рис. 10. Схема ТП с АВР со стороны напряжения до 1000 В:
1 — контакторные станции; *2* — вводы к потребителям.

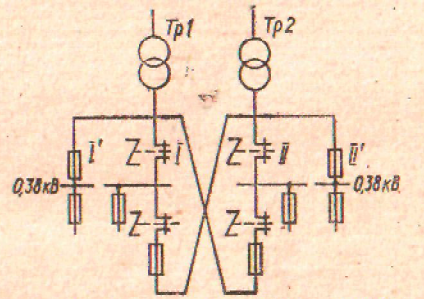


Рис. 11. Схема ТП с АВР до 1000 В при ограниченном резервировании питания потребителя.

после чего включается контактор резервного питания КР. В результате нагрузка отключившегося трансформатора автоматически переключается на находящийся в работе второй трансформатор. Например, при повреждении линии $Л_1$ или трансформатора Тр1 отключается напряжение на секции 1 до 1000 В контактор КО1 и включается контактор КР1.

Районы застройки по величине потребляемой мощности электроприемниками (от суммарной мощности) подразделяют на категории (I—11...15 %, II—40...50 %; III—30...50 %). В аварийных режимах трансформаторные подстанции могут отключать часть неответственных потребителей (рис. 11). Распределительные шины до 1000 В каждого трансформатора имеют две секции. К секции 1 присоединяют неотключаемые потребители, к секции 1′ — потребители III категории. При выходе из работы линии 6—10 кВ или трансформатора питание секции 1 переключается на оставшийся в работе трансформатор, а секция 1′ отключается. Применение станций управления обеспечивает самовосстановление схемы сети в исходное положение при восстановлении

питания ТП со стороны основного источника. Источники питания следует максимально приближать к центрам нагрузки.

При аварийных режимах электрические сети должны рассчитываться на полную нагрузку электроприемников.

Для питания электроустановок отдельных потребителей рекомендуется применять глухие ответвления от одиночных и от параллельных линий с установкой на ответвлениях разъединителей и отделителей.

Следует широко применять простейшие схемы подстанций без силовых выключателей на вводах. Установка выключателей на вводах предусматривается в следующих случаях: при необходимости аварийного переключения вводов или параллельной их работе; на вводах крупных узловых и транзитных подстанций.

Предохранители напряжением выше 1000 В в сочетании с разъединителями или выключателями нагрузки рекомендуется применять для защиты от коротких замыканий (с установкой их на всех трех фазах линий) силовых трансформаторов и батарей конденсаторов, если эти аппараты соответствуют параметрам сети (напряжение, ток, нагрузки, ток короткого замыкания) и обеспечивают селективность. Плавкие предохранители выполняют операцию автоматического отключения цепи при превышении определенной величины тока. Положительными свойствами плавких предохранителей являются простота устройства, малая стоимость, быстрое отключение цепи при коротком замыкании (меньше одного периода), способность кварцевых предохранителей ограничивать ток в цепи при коротком замыкании (табл. 10).

Таблица 10. **Характеристика предохранителей высокого напряжения**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток отключения, кА	Класс по ГОСТ 2213—79Е
ПКТ101-3-2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31-40У3	3	3,6	40,0	1
ПКТ101-6-2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20-40У3	6	7,2	40,0	1
ПКТ101-6-31,5-20У3	6	7,2	20,0	1
ПКТ101-10-2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20-31,5У3	10	12	31,5	2
ПКТ101-10-31,5-12,5У3	10	12	12,5	2
ПКТ101-20-2; 3,2; 5; 8; 10-12,5У3	20	24	12,5	2
ПКТ101-35-2; 3,2; 5; 8-8У3	35	40,5	8,0	2
ПКТ101-35-10-3,2У3	35	40,5	3,2	2
ПКТ102-3-40-50; 80; 100-40У3	3	3,6	40,0	1
ПКТ102-6-31,5-40; 50-31,5У3	6	7,2	31,5	1
ПКТ102-6-80-20У3	6	7,2	20	1
ПКТ102-10-31,5; 40-31,5У3	10	12	31,5	2
ПКТ102-10-50-12,5У3	10	12	12,5	2
ПКТ102-20-16-12,5У3	20	24	12,5	2
ПКТ102-20-20-12,5У3	20	24	12,5	2
ПКТ102-35-10; 16; 20-8У3	35	40,5	8,0	2
ПКТ103-3-160; 200-40У3	3	3,6	40,0	1
ПКТ103-6-80; 100-31,5У3	6	7,2	31,5	2
ПКТ103-6-160-20У3	6	7,2	20,0	1
ПКТ103-10-50-31,5У3	10	12	20,0	2
ПКТ103-10-80-20У3	10	12	20,0	2
ПКТ103-10-100-12,5У3	10	12	20,0	2
ПКТ103-20-31,5; 40; 50-12,5У3	20	24	12,5	2
ПКТ103-35-31; 31,5; 40; 40,5-8У3	35	40,5	8,0	2
ПКТ104-3-315; 400-40У3	3	3,6	40,0	1
ПКТ104-6-160; 200-31,5У3	6	72	31,5	2
ПКТ104-6-315-20У3	6	72	20,0	1
ПКТ104-10-100-31,5У3	10	12	31,5	2
ПКТ104-10-160-20У3	10	12	20	2
ПКТ104-10-200-12,5У3	10	12	12,5	2

Продолжение табл. 10

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток отключения, кА	Класс по ГОСТ 2213—79Е
ПКТ101-3-2; 3; 2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5-31,5У3	3	3,6	31,5	1
ПКТ101-6-31,5-20У1			20,0	1
ПКТ101-10-2; 3,2; 5; 8; 10; 16,20-20У1	10	12	20,0	2
ПКТ101-10-31,5-12,5У1			12,5	2
ПКТ101-20-2; 3,2; 5; 8; 10-12,5У1	20	24	12,5	2
ПКН001-10У3	10	12	—	—
ПКН001-20У3	20	24	—	—
ПКН001-35У3	35	40,5	—	—
ПКН001-10У1	10	12	—	—
ПКН001-20У1	20	24	—	—
ПКН001-35У1	35	40,5	—	—
ПКЭ106-6-5; 8-40У2	6	7,2	—	1
ПКЭ106-6-10; 16; 20-40У2	6	7,2	40,0	2
ПКЭ106-6-31,5-20У2	6	7,2	20,0	2
ПКЭ106-10-5; 8; 10; 16; 20-12,5У2	10	12	—	2
ПКЭ107-6-31,5; 40; 50-31,5У2	6	7,2	31,5	2
ПКЭ107-10-31,5; 40-12,5У2	10	12	12,5	2
ПКЭ108-6-80 (100)-31,5У2	6	7,2	31,5	2
ПКЭ108-10-50; 80-12,5У2	10	12	12,5	2
ПКЭ106-6-3,2; 5; 8-20ХЛ2	6	7,2	—	2
ПКЭ106-6-10; 16; 20; 31; 5-20ХЛ2	6	7,2	20,0	2
ПКЭ106-10-(5; 8; 10; 16; 20)-12,5ХЛ2	10	12	12,5	2
ПКЭ106-35-3,2-8ХЛ2	35	40,5	8,0	2
ПКЭ107-6-40; 50-20ХЛ2	6	7,2	20,0	2
ПКЭ107-10-31,5; 40-12,5ХЛ2	10	12	12,5	2
ПКЭ108-6-80; 100-20ХЛ2	6	7,2	20,0	2
ПКЭ108-6-100-31,5ХЛ2	6	7,2	31,5	2
ПКЭ108-10-50; 80-12,5ХЛ2	10	12	12,5	2
ПКЭ106-7,2-5; 8-40Т2	6	7,2	—	1
ПКЭ106-7,2-10; 16; 20-40Т2	6	7,2	40,0	2
ПКЭ106-7,2-31,5-20Т2	6	7,2	20,0	2
ПКЭ106-12-5(8,10,16,20)-12,5Т2	10	12	12,5	2
ПКЭ107-2,2-31,5; 40; 50-31,5Т2	6	7,2	31,5	2
ПКЭ107-12-31,5; 40-12,5Т2	10	12	12,5	2
ПКЭ108-7,2-80; 100-31,5Т2	6	7,2	31,5	2
ПКЭ108-12-50; 80-12,5Т2	10	12	12,5	2
ПКЭНОО6-10У2	10	12	—	—
ПКЭНОО6-10ХЛ2	10	12	—	—
ПКЭНОО6-12Т2	10	12	—	—
ПКЭНОО6-35ХЛ2	35	40,5	—	—

Предохранители токоограничивающие ПКТ, ПКН, ПКЭ и ПКЭН на номинальное напряжение до 35 кВ предназначены для защиты: силовых трансформаторов, воздушных и кабельных линий (ПКТ), трансформаторов напряжения (ПКН) в электроустановках трехфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц; силовых электрических цепей (ПКЭ) и трансформаторов напряжения (ПКЭН) в комплектных распределительных устройствах экскаваторов и передвижных электростанций.

Предохранители для защиты одного вида оборудования могут быть использованы для защиты другого вида, если это предусмотрено в соответствующих стандартах, технических условиях или согласовано в установленном порядке между разработчи-

ком и заказчиком. Так, для защиты высоковольтного оборудования железнодорожного транспорта могут быть использованы предохранители типа ПКЭ и ПКЭН.

Структура условного обозначения предохранителей такая: ПК — предохранитель кварцевый, следующая буква (цифра) — назначение. Первая цифра обозначает однополюсное исполнение без цоколя (0 — отсутствие, 1 — наличие ударного устройства легкого типа по ГОСТ 2213—79Е); вторая — конструкцию контактов, в которых установлен патрон предохранителя; третья — номинальное напряжение (для предохранителей климатических исполнений V и XV) или наибольшее рабочее напряжение (для предохранителей климатического исполнения Т) в киловольтах; четвертая — номинальный ток предохранителя в амперах для предохранителей ПКТ и ПКЭ; пятая — номинальный ток отключения предохранителей в килоамперах для предохранителей ПТК и ПКЭ; шестая — климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150—69* и ГОСТ 15543—70*.

Межсекционные силовые выключатели на сборных шинах следует предусматривать лишь при необходимости автоматического включения резерва на крупных узловых подстанциях. В остальных случаях секционирование шин нужно производить разъединителями. Не рекомендуется применять для секционирования шин выключатели нагрузки.

Среди выключателей высокого напряжения широко распространены трехполюсные масломасляные серии МГУ-20. С их помощью осуществляется коммутация электрических цепей трехфазного тока при нормальных и аварийных режимах. Этот тип выключателей рассчитан для работы в электрических установках переменного тока частотой 50 и 60 Гц напряжением 10 кВ.

Выключатель серии ВПМ предназначен для установки внутри металлической оболочки комплектных распределительных устройств. Выключатель серии ВК-10 колонкового типа с пружинными приводами используется для работы в шкафах комплектных распределительных устройств (КРУ) внутренней и наружной установки.

Таблица 11. **Выключатели напряжения выше 1000 В и выключатели нагрузки**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А при 50 Гц	Номинальный ток отключения, кА	Предельный сквозной ток, кА		Время отключения выключателя	Тип привода, используемого в управлении
					начально-действующий	амплитудный		
МГГ-10-3200 (4000, 5000)-45УЗ	10	12	3200, 4000, 5600	45	45	45	0,14	ПЭ-2УЗ
МГГ-10-2000 (3200, 4000)-45ТЗ	10	12	2000, 3200, 4000	45	120	120	0,14	ПЭ-21ТЗ
ВПМ-10-20 (630У2/УЗ)	10	12	630	20	20	52	0,11 * (0,14)	ПЭ-11 или ПП-67, ППВ-10
ВПМ-10-20 (1000УЗ/У2)	10	12	1000	20	20	52	0,0	Пружинный привод
ВК-10-630 (1000, 1600)-20 (31,5)У2	10	12	630, 1000, 1600	20 (31,5)	20 (80)	0,05	0,05	То же
ВК-10-630 (1000, 1600)-20 (31)5/Т.5	10	12	630, 1000, 1600	20 (31,5)	20 (31,5)	52(80)	0,105	» »
ВММ-10-400 (630, 320)	10	12	400, 630, 320	10	10	25,5	0,07	Электромагнитный привод
ВЭМ-10Э-20/1000 (1250)УЗ	10	12	1000, 1250	20	20	52	—	
ВЭ-10-40/1600 (250, 3150) УЗ (ТЗ)	10	12	1600, 2500, 3150	40	40	100	0,08	Пружинный привод
В2-10-20 (31,5), 1250 (1600, 2500, 3600)	10	12	1250, 1600, 2500, 3600	20 (31,5)	20 (31,5)	51 (80)	0,075	То же
ВЭ-6-40-1600 (2000, 3200) УЗ (ТЗ)	6	7,2	1600, 2000, 3200	40	40	128	0,075	»
РЛНДУ-1-10 (10Т)	10	12	200, 400, 630			20, 25; 30,5	—	РПНЗ-1Р ручной привод
ВНР-10/400-103 (ЗП)УЗ (ЗУЗ)	10	12	400	10	10	25	—	ПРА-17 ручной привод

* Время отключения в зависимости от типа применяемого привода.

Выключатель серии ВММ-10 предназначен для коммутации цепей высокого напряжения в номинальном режиме установки и для автоматического отключения при коротких замыканиях. Выключатели серии ВЭМ электромагнитные, серии ВНР — применяются для работы в шкафах комплектных распределительных устройств КРУ, КСО комплектных трансформаторных подстанциях.

Высоковольтные разъединители РЛНДУ1-10 предназначены для использования в высоковольтных сетях для секционирования и отсоединения потребителей без нагрузки, для образования видимого промежутка в линии.

Характеристики выключателей и выключателей нагрузки приведены в табл. 11.

СОСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

При проектировании сетей гражданских зданий, сооружений и промышленных предприятий решается часть общей задачи электроснабжения.

Проектирование электрических сетей связано с определением мест расположения потребителей энергии, величин и категорийности нагрузок, мест расположения подстанций, величин отклонений и колебаний напряжения у потребителей, выбором напряжений сетей и схем их соединения, сечения и марок проводников, средств регулирования напряжения и их размещения в сети, конструкции электросети, требований к строительной части сооружений и их пожарной безопасности.

При выполнении проекта должна быть обеспечена бесперебойность электроснабжения, зависящая от выбранной схемы и расчетной надежности элементов сети. Техническими решениями, принятыми в проекте, определяются удобство и безопасность обслуживания, экономичность сооружения сети и ее эксплуатации, а также возможность дальнейшего развития без коренного переустройства.

Электроснабжение зданий и сооружений принято разделять на внешнее и внутреннее. Под внешним электроснабжением понимают комплекс сооружений, обеспечивающих передачу электроэнергии от выбранной точки присоединения к энергосистеме до приемных подстанций. Внутреннее электроснабжение — комплекс сетей и подстанций, расположенных на территории строящихся зданий, сооружений или промышленных предприятий и в его цехах.

Присоединение строящихся объектов решается по согласованию с организацией, осуществляющей отпуск электроэнергии и в соответствии с общественными правилами пользования электрической энергией. Технические условия на присоединение выдаются на основании представленных данных о предлагаемых нагрузках объекта на ближайшие 5 лет, его расположения на плане района и требований к степени надежности электроснабжения. Технические условия являются основным исходным и главным документом проектирования электроснабжения.

Основными чертежами в проектах сетей являются:

ситуационный план района с расположением объекта и указанием трасс электрических сетей района и подстанций;

генплан проектируемого объекта с размещением подстанций и наружных сетей напряжением до 10 000 В;

планы зданий и сооружений с размещением всех внутренних подстанций (внутрицеховых для промышленных предприятий) и питающих сетей напряжением ниже 1000 В;

схемы электроснабжения на различные напряжения и различного назначения;

схемы размещения защиты в сетях напряжением 6—10 кВ;

принципиальные однолинейные схемы подстанций;

принципиальные схемы управления и защиты питающих линий трансформаторов и т. п.

Ситуационный план района расположения объекта с указанием основных зданий и сооружений системы электроснабжения (рис. 12) является поясняющим чертежом, составленным на основании топографического плана района. После закрепления координат строящихся зданий и сооружений выпускается окончательный чертеж наружных сетей. Ситуационный план позволяет наглядно представить взаимное расположение точек присоединения к энергосистеме и приемных пунктов электроэнергии на территории предприятия, ориентировочное размещение основных подстанций и цехов, направление трасс питающих линий электропередачи и связей между основными подстанциями. На ситуационном плане указываются величины номинальных напряжений линий электропередач, сокращенные или условные наименования подстанций и основных цехов предприятия.

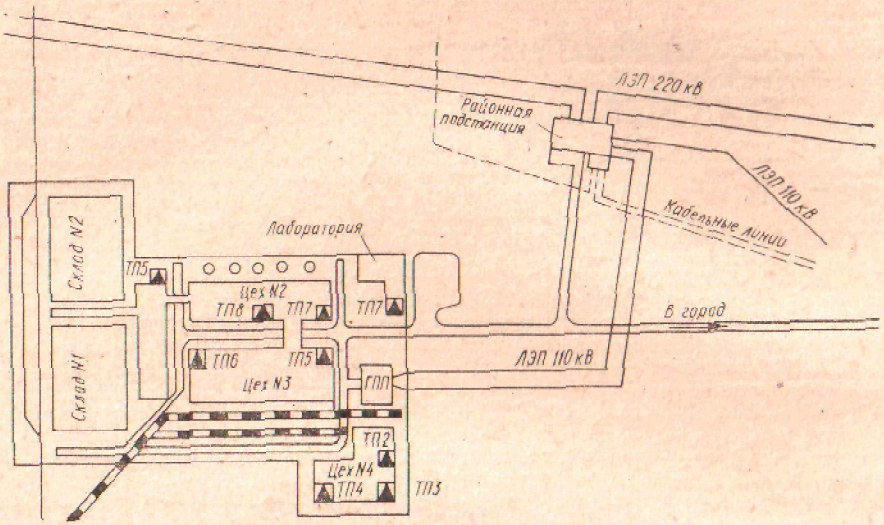


Рис. 12. Ситуационный план и расположение подстанций на территории предприятия.

Планы отдельных зданий или цехов с размещением внутрицеховых подстанций и указанием трасс питающих сетей напряжением ниже 1000 В (рис. 13) позволяют наглядно представить расположение основных электроприемников, величины нагрузок по отдельным районам крупного цеха и расположение подстанций.

На плане цеха возле соответствующих условных обозначений указаны наименования всех подстанций, распределительных пунктов, питающих цеховых сетей, магистральных линий и токопроводов. Показано расположение основных электроприемников и присвоенные им номера, согласованные с нумерацией технологического оборудования цеха.

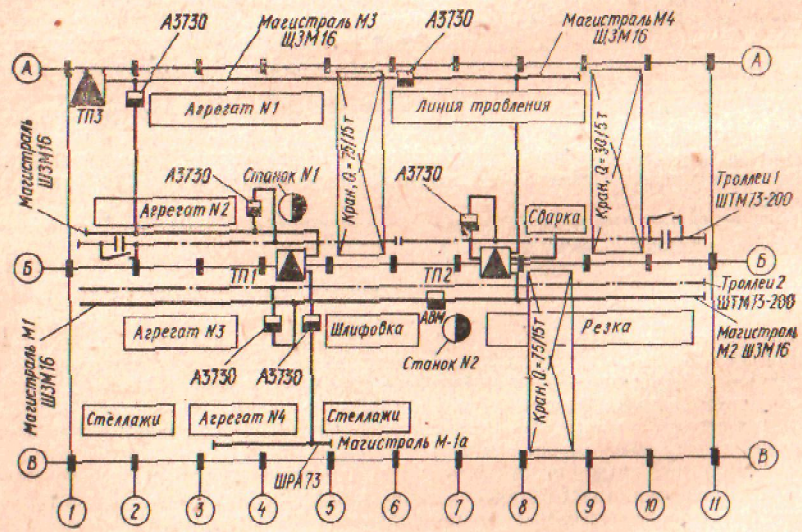


Рис. 13. План цеха и размещение внутрицеховых подстанций и питающих сетей напряжением до 1000 В.

Схемы электроснабжения объектов разделяют на схемы сетей высокого напряжения 6—10 кВ и более, схемы сетей напряжением ниже 1000 В и выполняют в однолинейном изображении. Эти схемы являются основными электротехническими чертежами проекта, на основании которых выполняют все другие чертежи, рассчитывают сети и выбирают основное электрооборудование. На разработанной схеме электроснабжения высокого напряжения должны быть показаны источники питания, распределительные пункты и трансформаторные подстанции со сборными шинами, основная коммутационная аппаратура (масляные или воздушные выключатели, размещение устройств АВР, все трансформаторы и электроприемники высокого напряжения).

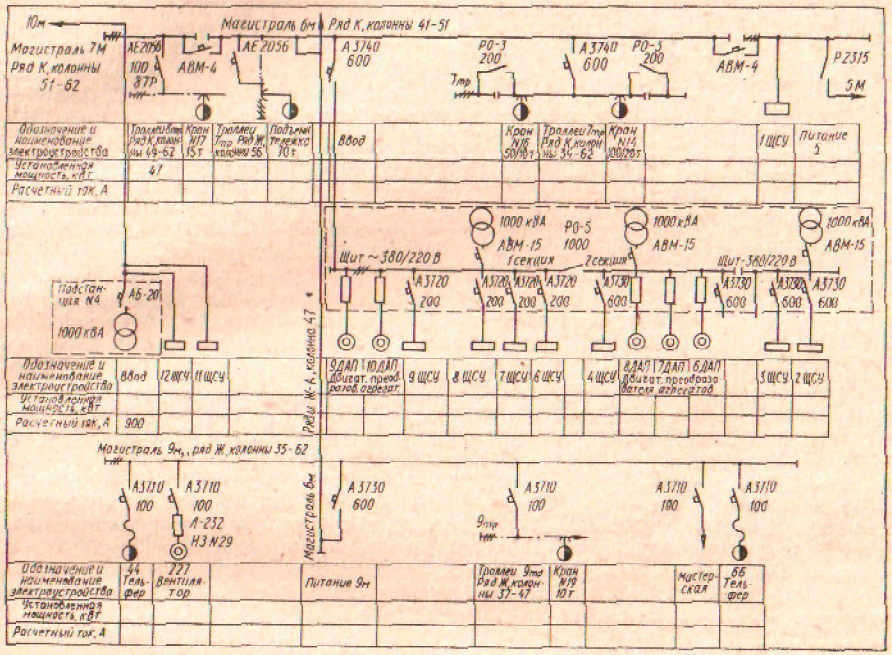


Рис. 14. Схема питающей сети переменного тока напряжением 380 В.

Возле графических обозначений указывают номинальные напряжения сборных шин, типы масляных или воздушных выключателей, номинальные токи, номинальные мощности и напряжения обмоток трансформаторов и схемы их соединения, номинальные выпрямленные токи и напряжения преобразовательных агрегатов, номинальные мощности электродвигателей. Возле изображений кабельных и воздушных линий указывают их длины, марки и сечения кабелей, материалы (медь, алюминий, сталеалюминий) и сечения проводов воздушных линий и токопроводов.

Схемы сетей низкого напряжения (ниже 1000 В) разрабатывают отдельно для каждого объекта (цеха) или крупного технологического агрегата. Их выполняют на отдельных чертежах по роду тока (постоянный или переменный), по величинам номинальных напряжений и по назначению (питающие, распределительные).

На схеме питающей сети низкого напряжения должны быть показаны источники питания (трансформаторы, генераторы, выпрямители и т. п.) со сборными шинами их распределительных устройств (силовых щитов, комплектных трансформаторных подстанций и т. п.), а также секционные выключатели и разъединители, распределительные пункты низкого напряжения, магистральные троллейные линии, сборные шины щитов станций управления электроприводами (ЩСУ) и другие устройства, от шин которых получают питание электроприемники (рис. 14). Должны быть показаны отдельные электроприемники, получающие питание непосредственно от сборных шин трансформаторных подстанций или от магистральных токопроводов и троллейных

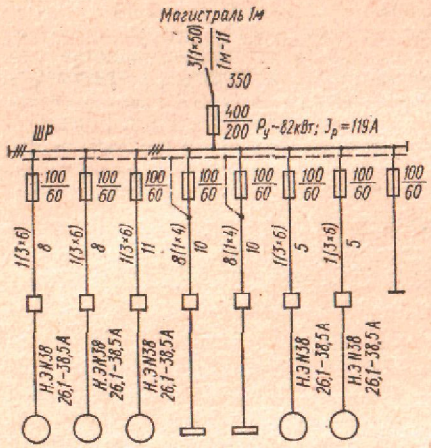


Рис. 15. Схема распределительной сети переменного тока напряжением 380 В.

линий. К электроприемникам относятся мощные (50—60 кВт и более) электродвигатели, все подъемные краны, получающие питание от троллейных линий.

Возле графических обозначений на схеме приводятся условные наименования питающих подстанций и трансформаторов, соответствующие схеме электроснабжения высокого напряжения; маркировка (условные сокращенные наименования) магистралей, троллейных линий и других элементов данной сети низкого напряжения; марки и сечения шин или проводов и кабелей. Схема должна содержать сведения об установленной мощности и расчетном токе нагрузки распределительных пунктов, к которым подключены электроприемники, не показанные на схеме.

Схемы распределительной сети низкого напряжения являются чертежами последней, завершающей ступени электроснабжения. На них показывают все электроприемники низкого напряжения, получающие питание от распределительных пунктов низкого напряжения и щитов станций управления электроприводами (рис. 15). Эти схемы по возможности выполняют так, чтобы на одном чертеже были показаны сборные шины всех распределительных пунктов, подключенных к какой-либо одной магистральной линии или секции сборных шин трансформаторной подстанции, а также все электроприемники, получающие питание от этих распределительных пунктов. На чертежах следует показывать линии вводов, питающие распределительные пункты или щиты станций управления электродвигателями в соответствии со схемой питающей сети, сборные шины распределительных пунктов или щитов станций управления с указанием суммарной установленной мощности и величины расчетного тока нагрузки всех подключенных к данным шинам электроприемников. Возле отходящих от шин линий указывают их длину в метрах, марки и сечения проводников. Изображаются все коммутационные аппараты или предохранители с указанием номинального тока и тока срабатывания расцепителей автоматов или тока плавкой вставки

Таблица 12. **Выбор электроустройств для схем электроснабжения**

Тип электроустройств	Жилые дома и общежития	Гостиницы и дома отдыха	Предприятия общественного питания	Магазины	Предприятия бытового обслуживания	Зрелищные предприятия	Больницы, поликлиники
Вводно-распределительные устройства ВРУ	+	+		+	+		+
Щиты ЩО70			+			+	
Распределительные пункты силовые ПР, СУ9500			+	+	+	+	+
Распределительные силовые шкафы СПМ, СПА, ШПМ			+	+	+	+	+
Распределительные щитки осветительные: СУ9400, ОП, ОЦ, ОЩВ, УОЩВ, ЩСС, ЩК	+	+	+	+	+	+	+
Ящики силовые: ЯБ, ЯБПВУ, ЯК, ЯРП, ЯТП, ЯВУ, ВП20			+	+	+		

Продолжение табл. 12

Тип электроустройств	Детские учреждения	Учебные заведения	Административные здания	Спортивные сооружения	Сельскохозяйственные объекты	Строительные площадки	Карьеры	Промышленные объекты небольших производств
Вводно-распределительные устройства ВРУ	+	+	+					
Щиты ЩО70								+
Распределительные пункты силовые ПР, СУ9500	+	+	+	+	+	+	+	+
Распределительные силовые шкафы СПМ, СПА, ШПМ					+	+	+	+
Распределительные щитки осветительные: СУ9400, ОП, ОЦ, ОЩВ, УОЩВ, ЩСС, ЩК	+	+	+	+	+	+	+	+
Ящики силовые: ЯБ, ЯБПВУ, ЯК, ЯРП, ЯТП, ЯВУ, ВП20					+			+

Примечание. Знаком «+» обозначены рекомендуемые электроустройства.

предохранителя. Для каждого электроприемника на схеме указывают его номер по плану или по списку электроприводов, номинальную мощность, тип электродвигателя, номинальный пусковой ток.

С учетом требований, изложенных в данном разделе, разработаны примеры построения электрических схем для гражданских зданий, сооружений и промышленных объектов.

Примеры построения схем электроснабжения строительных площадок и карьеров приведены на рисунках 16, 17; жилых и общественных зданий, сельскохозяйственных объектов и сооружений — на рисунках 18—23.

При разработке схем электроснабжения жилых и общественных зданий, сельскохозяйственных объектов и сооружений рекомендуется пользоваться табл. 12 для выбора электроустройств, которая составлена с учетом требований правил устройства электроустановок.

ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА ДЛЯ УСТАНОВКИ РАСЧЕТНЫХ СЧЕТЧИКОВ

Счетчики для расчетов за потребляемую электроэнергию между энергоснабжающей организацией и потребителями следует устанавливать на границе раздела сети по балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности между энергоснабжающей организацией и потребителем. Количество счетчиков на объекте должно быть минимальным и обосновано принятой схемой электроснабжения объекта и действующими тарифами на электроэнергию для данного потребителя. Расчетные счетчики у арендаторов, находящихся в жилых, общественных и других обособленных в административно-хозяйственном отношении зданиях надо устанавливать раздельно для каждого самостоятельного потребителя (организации, домоуправления, ателье, магазина, мастерской, склада и т. д.).

Коэффициент трансформации трансформаторов тока следует выбирать по расчетной присоединяемой нагрузке с учетом работы установки в аварийном режиме. Завышенным по коэффициенту трансформации считается такой трансформатор тока, у которого при 25 %-ной расчетной присоединяемой нагрузке (в нормальном режиме) ток во вторичной обмотке будет менее 10 % номинального тока счетчика (номинальный ток счетчика — 5 А).

В зависимости от величин сопротивления потребителей вторичной цепи Z_2, Ом и вторичной нагрузки трансформатора тока S_2 В · А один и тот же трансформатор

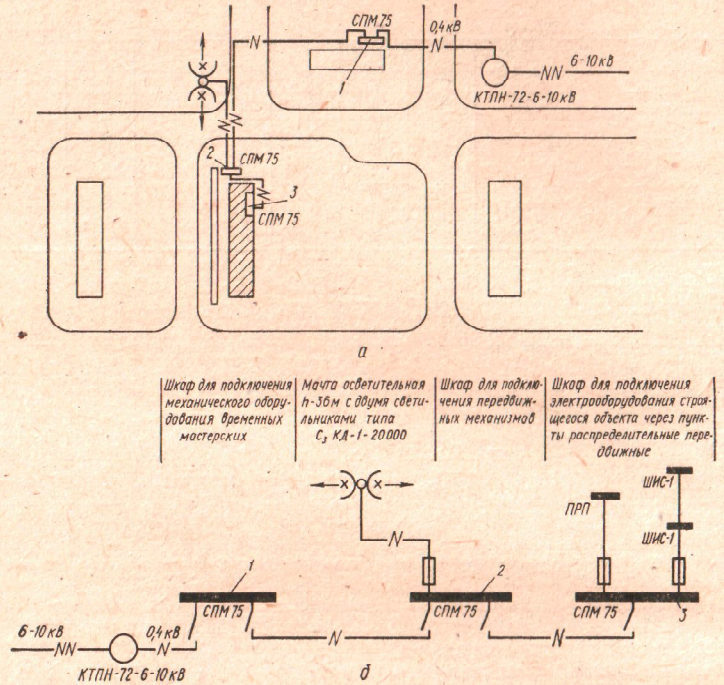


Рис. 16. Электроснабжение строительной площадки:

а — план; *б* — электрическая схема; *1* — шкаф для подключения механического оборудования временных мастерских; *2* — шкаф для подключения передвижных механизмов; *3* — шкаф для подключения электрооборудования строящегося объекта через распределительные передвижные пункты.

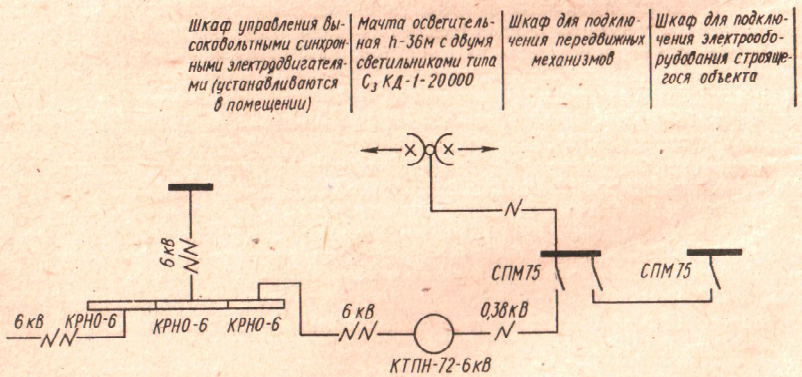


Рис. 17. Электроснабжение карьера для вскрышных работ.

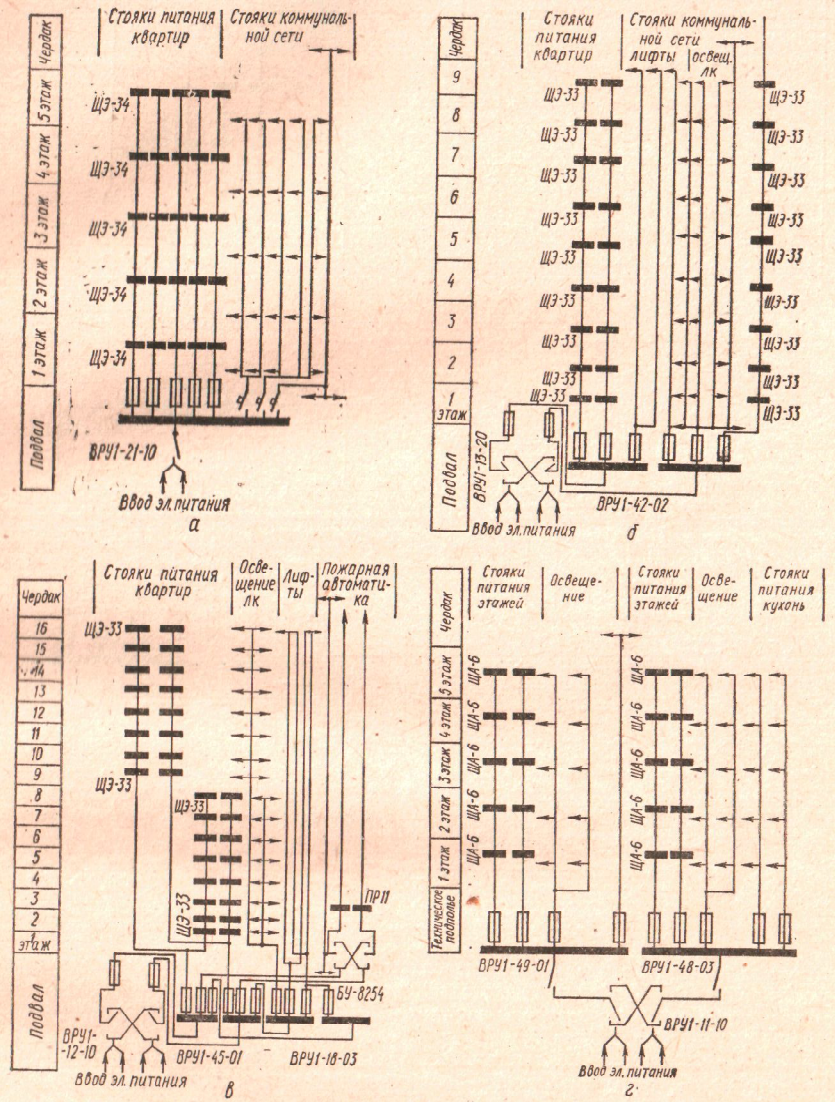


Рис. 18. Схема питающих сетей:

а — жилого дома соответственно 5-этажного на 5 секций; *б* — 9-этажного на три секции; *в* — 16-этажного на две секции; *г* — общежитие на 450 мест.

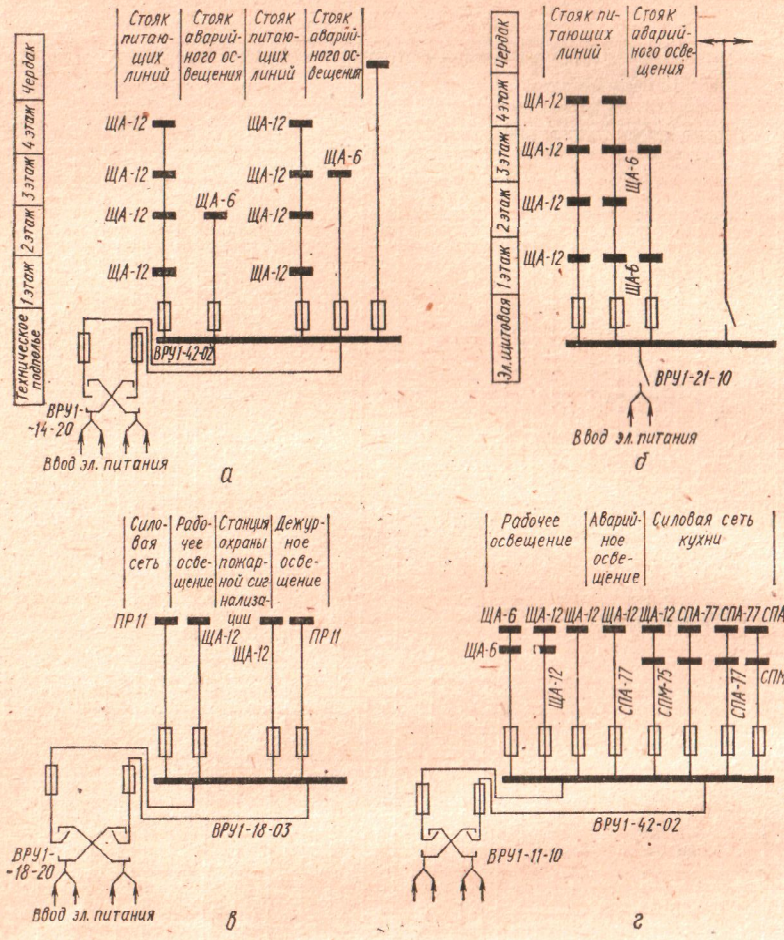


Рис. 19. Схема питающих сетей:
а, б — спального корпуса соответственно на 300 и 181 мест; *в* — унифицированного здания промтоварного магазина площадью 268 м²; *г* — столовой на 200 мест.

тока может работать в различных классах точности. Для обеспечения достаточной точности показаний приборов и действия аппаратов защиты, подключенных к трансформатору тока, необходимо, чтобы величина Z_2 не выходила за пределы номинальной нагрузки трансформатора тока.

Трансформаторы тока имеют токовые ΔI и угловые погрешности δ. Токовая погрешность, проц., по приведенному соотношению учитывается в показаниях всех приборов

$$\Delta I = \frac{k_{ном} I_2 - I_1}{I_1} \frac{k_{ном} I_2 - I_2}{I_1} 100,$$

где $k_{ном}$ — номинальный коэффициент трансформации; I_1 и I_2 — ток соответственно первичной и вторичной обмоток трансформатора.

Угловая погрешность определяется углом δ между векторами тока I_1 и I_2 и учитывается только в показаниях счетчиков и ваттметров.

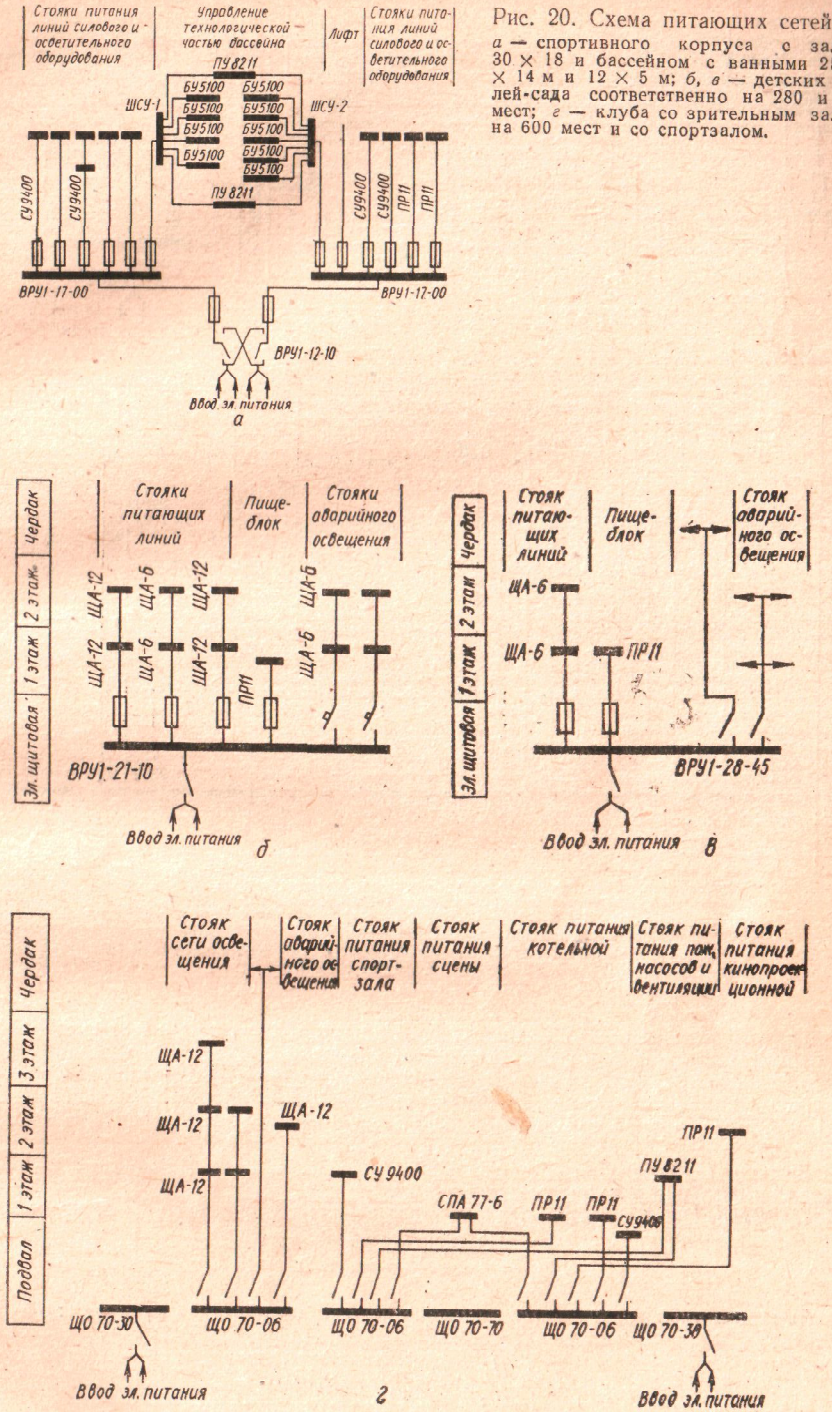


Рис. 20. Схема питающих сетей:
а — спортивного корпуса с залом 30 × 18 и бассейном с ванными 25 × × 14 м и 12 × 5 м; *б, в* — детских яслей-сада соответственно на 280 и 90 мест; *г* — клуба со зрительным залом на 600 мест и со спортзалом.

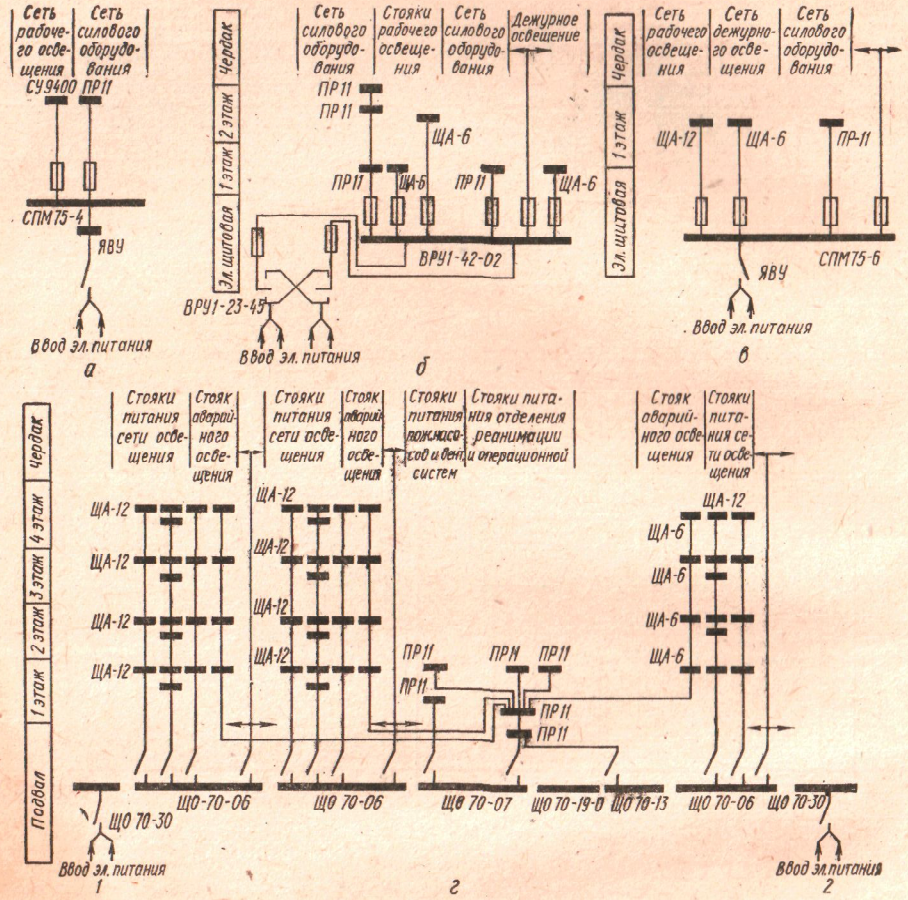


Рис. 21. Схема питающих сетей:

а — бани на 20 мест с прачечной на 250 кг белья в смену; *б, в* — комбината бытового обслуживания населения соответственно на 60 и 20 рабочих мест; *г* — больницы на 400 коек с поликлиникой на 600 посещений в день.

Трансформаторы тока имеют следующие классы точности: 0,2; 0,5; 1; 3; 10, что соответствует величинам токовых погрешностей, проц. Класс точности трансформаторов тока должен быть для счетчиков коммерческого учета — 0,5; для электроизмерительных приборов — 1; реле токовых защит — 3; лабораторных приборов — 0,2.

Пример. Расчетный ток присоединения в нормальном режиме 90 А, в аварийном — 126 А.

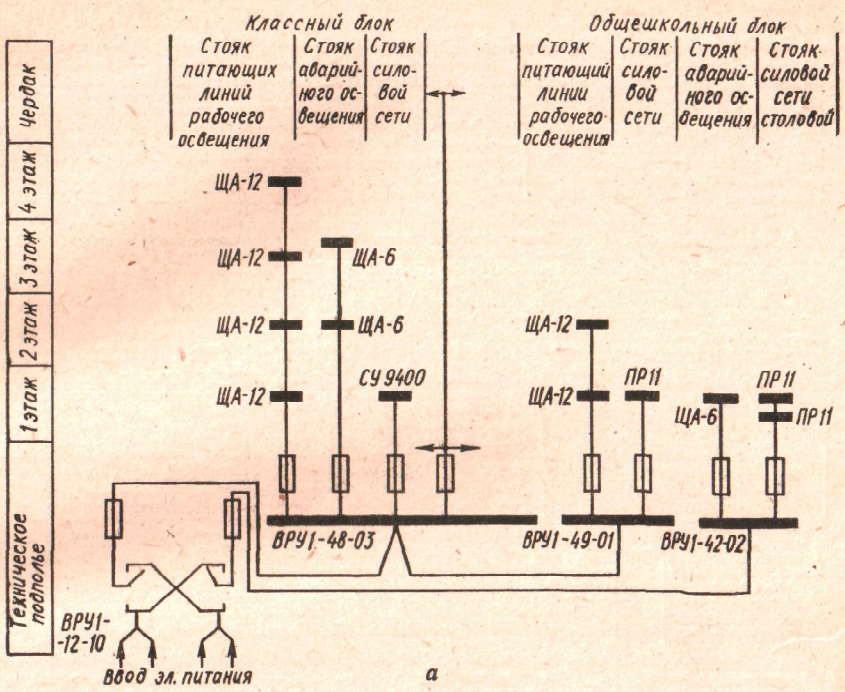
Выбирают трансформаторы тока с коэффициентом трансформации $r_т = 150/5$ исходя из нагрузки в аварийном режиме.

Проверка. При 25 %-ной нагрузке ток в первичной цепи составляет

$$I_1 = \frac{90 \cdot 25}{100} = 22{,}5 \text{ А}.$$

Ток во вторичной цепи (при коэффициенте трансформации $n_т = 150 : 5 = 30$) составит

$$I_2 = \frac{I_1}{n_т} = \frac{22{,}5}{30} = 0{,}75 \text{ А}.$$



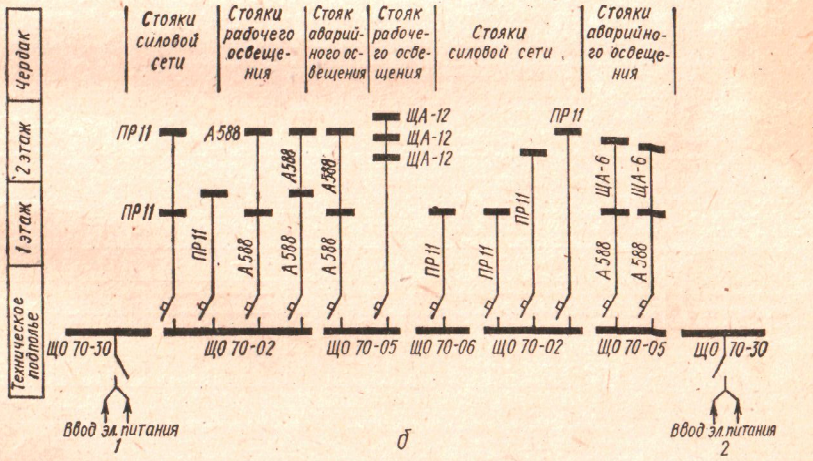


Рис. 22. Схема питающих сетей:

а — универсальной школы на 32 класса 1280—1320 ученических мест; *б* — ресторана на 300 посадочных мест.

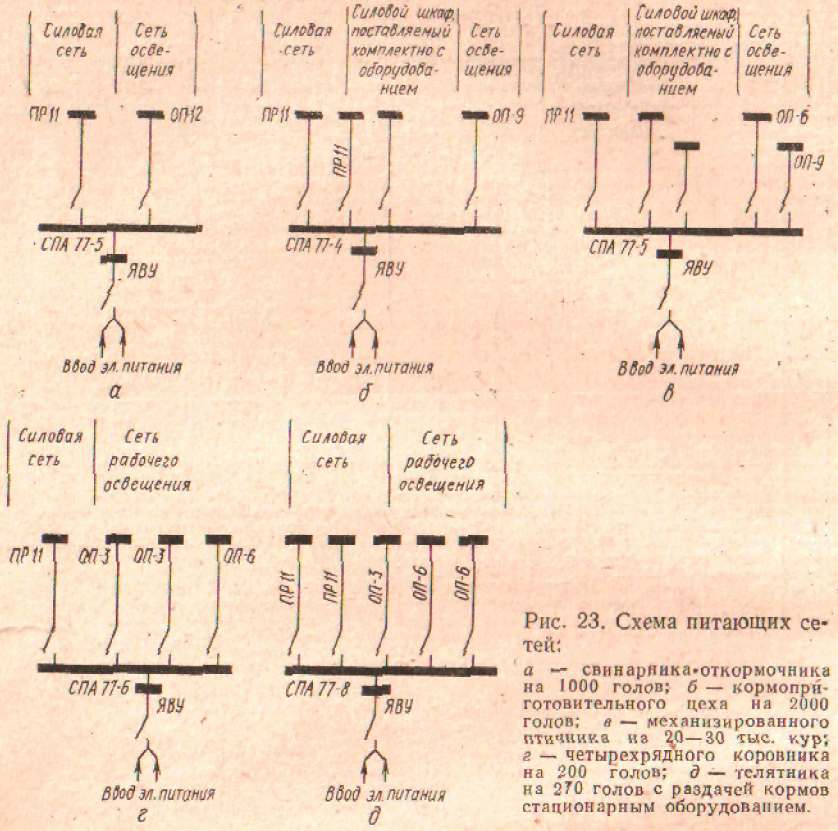


Рис. 23. Схема питающих сетей:

а — свинарника-откормочника на 1000 голов; *б* — кормоприготовительного цеха на 2000 голов; *в* — механизированного птичника на 20—30 тыс. кур; *г* — четырехрядного коровника на 200 голов; *д* — телятника на 270 голов с раздачей кормов стационарным оборудованием.

Трансформаторы тока выбраны правильно, так как I_2 больше 10 % $I_н$ счетчика, т. е. 0,75 больше 0,5.

Сечение жил проводов или кабелей от трансформаторов тока до счетчиков должно быть не менее: медных — 2,5, алюминиевых — 4 мм². Максимальное сечение жил проводов и кабелей, которые возможно подключить к клеммам счетчика, не должно превышать 10 мм.

Трансформаторы тока, предназначенные для питания цепей измерений силы тока, мощности и энергии в электротехнических установках переменного тока частотой 50 или 60 Гц, устанавливаются в шкафах комплектных трансформаторных подстанций, распределительных устройствах.

Таблица 13. **Выбор трансформаторов тока**

Максимальная расчетная мощность, кВ·А	Напряжение			
	380 В		10,5 кВ	
	Нагрузка, А	Коэффициент трансформации, А	Нагрузка, А	Коэффициент трансформации, А
10	16	20/5	—	—
15	23	30/5	—	—
20	30	30/5	—	—

Продолжение табл. 13

Максимальная расчетная мощность, кВ·А	Напряжение			
	380 В		10,5кВ	
	Нагрузка, А	Коэффициент трансформации, А	Нагрузка, А	Коэффициент трансформации, А
25	38	40,5	—	—
30	46	50/5	—	—
35	53	50 (5/75) 5	—	—
40	61	65/5	—	—
50	77	75 (5/100) 5	—	—
60	91	100/5	—	—
70	106	100 (5/150) 5	—	—
80	122	150/5	—	—
90	137	150/5	—	—
100	152	150/5	6	10/5
125	190	200/5	6	10/5
150	228	300/5	6	10/5
160	242	300/5	9	10/5
180			10	10/5 (15/5)
200	304	300/5	13	15/5
240	365	400/5	13	15/5
250			14	15/5
300	456	600/5	19	20/5
320	487	600/5	19	20/5
400	609	600/5	23	30/5
560	853	1000/5	32	40/5
630	960	1000/5	36	40/5
750	1140	1500/5	43	50/5
1000	1520	1500/5	58	75/5

Примечание. Учитывая необходимость подключения трансформаторов тока для питания измерительных приборов и реле с различными классами точности, высоковольтные трансформаторы тока выполняют с двумя вторичными обмотками.

При выборе трансформаторов тока к расчетным счетчикам рекомендуется использовать данные таблиц 13, 14. Перед приборами учета, смонтированными на вводе, в целях безопасности при установке, проверке или замене трансформаторов тока и счетчиков в электроустановках, а также перед приборами, смонтированными на вводе, должны быть установлены отключающие аппараты, а после приборов учета — аппараты, обеспечивающие разрыв цепи со стороны распределительных сборок.

Таблица 14. Технические данные трансформаторов тока

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Варианты исполнения	Номинальный первичный ток, А	Термическая стойкость (кратность), кА	Электродинамическая стойкость (кратность), кА	Вторичная нагрузка, при которой обеспечивается класс точности 0,5 Ом	0,5 В·А	1 Ом	1 В·А	3 Ом	3 В·А	Предельная кратность при номинальной нагрузке, кА	Масса, кг
ТНШЛ-0,66	0,66	0,5	800	50	—	0,8	20	1,6	40	3,0	75	8	5,5
			1000									12	5,5
			1500									16	5,5
			2000									20	5,5
			3000									20	5,5
			4000	50	—	0,8	20	2,0	50	4,0	100	15	10,5
			5000									15	10,5
			8000									3	10,5
			10 000										
ТК-20	0,66	0,5	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000	50	—	0,2	5	0,2	5	—	—	—	1—1,98
ТК-40	0,66		5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500	50	—	0,4	10	0,4	10	—	—	—	1,28—2,5
ТК-120	0,66		5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 400, 800, 1000, 1500	50	—	—	—	1,2	30	—	—	—	1,96—2
ТШН-0,66	0,66	0,5	300, 400, 600, 800, 1000,	50	—	0,8	5	—	—	—	—	—	2,3
			1500	50	—	—	10	—	—	—	—	—	2,7
ТШМС-0,66	0,66	0,5/10	2000, 3000, 4000,	50	—	0,22; 0,33	—	—	—	—	—	—	3,9
			5000	50	—								
			6000	50	—	0,44; 0,52	—	—	—	—	—	25	8
			8000	50	—								
ТЛМ-6	6	1/Р	300, 400	50	—	0,33	—	—	—	—	—	20	9
		0,5/Р	600	25	125	1,2	—	—	—	—	—	—	15
			800										
			1000			—	10	—	—	—	—	20	27
			1500										
ТПЛ-10	10	Р; 0,5/Р; Р/Р	5, 10, 15, 20	90	250								
			30, 40, 50, 75, 100, 150, 200		175	0,4	10	0,8	20	—	—	7	10
			300, 400		165								
						0,6	15	1,0	25	1,2	30	15	17
						0,6	15	1,0	25	1,2	30	15	17
ТШЛ-10	10	0,5/10	2000	35		0,3	15						
			4000	35	—	0,72	15	1,0	30	1,2	50	15	17
ТЛМ-10	10	0,5/10	50, 100, 150, 200, 300,	100	—								
			400, 600, 800, 1000, 1500	100		0,2	10	—	—	—	—	15	27
						0,3	10	—	—	—	—	10	27
ТПЛУ-10	10	Р; 0,5/Р	10, 15, 20, 30, 40, 50,	120	250	0,4	10	0,8	20	—	—	7	11
			75, 100	120	250	0,6	15	1,0	30	—	—	7	17
ТВТ-10	10	0,5	5000	120	250	0,5	30	—	—	—	—	10	19
			6000	120	250	0,5	30	—	—	—	—	12	19
			12 000	120	250	0,5	30	—	—	—	—	24	19

ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ

Расчетные электрические нагрузки жилых и общественных зданий определяют по ч. I «Внутриквартальные электрические сети напряжением до 1000 В в городах и поселках городского типа» «Указаний по проектированию городских электрических сетей (ВСН 97-83)».

При расчете электрических нагрузок жилых зданий следует пользоваться табл. 15. Особенности ее следующие:

Таблица 15. **Расчетные электрические нагрузки жилых зданий**

Наименование потребителей электроэнергии	Удельная расчетная нагрузка электроприемников, кВт, при количестве квартир													
	1—3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
Квартиры с плитами на природном газе	4,50	2,30	1,75	1,45	1,30	1,15	1,00	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,43	0,40
Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и твердом топливе	5,00	2,60	2,00	1,65	1,48	1,35	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55
Квартиры с электрическими плитами мощностью до 5,8 кВт	6,00	3,20	2,70	2,40	2,15	2,00	1,80	1,50	1,30	1,15	1,00	0,90	0,85	0,80
Квартиры с электрическими плитами мощностью от 5,9 до 8 кВт	7,00	4,00	3,00	2,50	2,15	2,00	1,80	1,50	1,30	1,15	1,00	0,90	0,85	0,80
Дома на участках садоводческих товариществ	3,00	1,50	1,10	0,90	0,75	0,70	0,60	0,50	0,45	0,40	0,48	0,35	0,33	0,30
Бытовые кондиционеры воздуха	1,10	1,00	0,95	0,90	0,83	0,80	0,70	0,58	0,45	0,30	0,25	0,10	—	—

удельные расчетные нагрузки квартир учитывают нагрузку освещения помещений общего пользования (лестничные клетки, лифтовые холлы, вестибюли, чердаки, технические подполья и подвалы, мусоросборные камеры и колясочные);

удельные расчетные нагрузки приведены для квартир общей площадью до 55 м². При общей площади квартир свыше 55 м² указанную удельную нагрузку следует увеличить на 1 % на каждый 1 м² дополнительной площади в домах с плитами на природном газе и на 0,5 % в домах с электрическими плитами и плитами на твердом топливе и сжиженном газе. В обоих случаях увеличение удельной расчетной нагрузки не должно превышать 25 % значений, приведенных в таблице.

для жилых домов, при количестве семей в одной квартире до 3 к удельной расчетной нагрузке следует вводить коэффициент 1,5, при количестве семей 4 и более — коэффициент 2;

для общежитий квартирного типа для удельных расчетных нагрузок следует вводить коэффициент 2;

удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузки встроенных помещений общего назначения. В удельных расчетных нагрузках не учтено также применение в квартирах электрических водонагревателей и отопления;

для определения при необходимости значений утреннего или дневного максимума нагрузок вводить коэффициенты: 0,7 — для жилых домов с электрическими плитами; 0,5 — для жилых домов с плитами на газообразном и твердом топливе;

удельные расчетные нагрузки действительны для любого климатического района страны;

возможность применения населением бытовых кондиционеров воздуха в квартирах следует предусматривать в проектах жилых домов для строительства на юге

страны в районах, указанных в главе СНиП по проектированию жилых зданий. При этом удельные электрические нагрузки учитывают использование в квартире только одного бытового кондиционера мощностью до 1,3 кВт.

Расчетные электрические нагрузки жилых зданий с количеством квартир, не указанным в этой таблице, определяют путем интерполяции.

Расчетную нагрузку групповой осветительной сети помещений жилых зданий общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, технические этажи и подполья, подвалы, чердаки, колясочные, красные уголки), а также жилых помещений общежитий следует определять по светотехническому расчету с коэффициентом спроса, равным 1.

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ 0,4 кВ ТП от электроприемников квартир определяется в кВт по формуле

$$P_{кв} = (P_{кв.уд} + P_{кв.конд})\, n,$$

где $P_{кв.уд}$ — удельная расчетная нагрузка электроприемников квартир (домов) (принимается по табл. 15); $P_{кв.конд}$ — удельная расчетная нагрузка бытовых кондиционеров воздуха (принимается по той же таблице); n — количество квартир, присоединенных к линии (ТП).

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ 0,4 кВ ТП от общего освещения общежитий коридорного типа определяется с учетом коэффициента спроса $K_с$, принимаемого в зависимости от установленной мощности светильников:

$P_у$, кВт . . .	До 5	6—10	11—15	16—25	26—50	51—100	100—200	Более 200
$K_с$	1,00	0,90	0,85	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55

Расчетная нагрузка $P_{р.ш}$ групповых и питающих линий, вводов и на шинах РУ 0,4 кВ ТП от электроприемников, подключаемых к штепсельным розеткам в общежитиях коридорного типа, определяется в кВт по формуле:

$$P_{р.ш} = P_{уд} n_ш K_{о.ш},$$

где $n_ш$ — количество штепсельных розеток; $P_{уд}$ — удельная мощность на одну розетку, принимаемая при количестве розеток до 100 равной 0,1 кВт и свыше 100—0,06 кВт; $K_{о.ш}$ — коэффициент одновременности для сети штепсельных розеток, определяемый в зависимости от количества штепсельных розеток: до 10—1; от 11 до 30—0,9; от 31 до 60 — 0,8; от 61 до 100 — 0,7; от 101 до 200 — 0,6; от 201 до 400 — 0,5; от 401 до 600—0,4; от 601 до 1000 — 0,35.

Расчетная нагрузка $P_{р.пл}$ питающих линий бытовых напольных электрических плит общежитий коридорного типа определяется в кВт по формуле:

$$P_{р.пл} = P_{пл} n_{пл} K_{с.пл},$$

где $P_{пл}$ — установленная мощность электроплиты; $n_{пл}$ — количество электроплит; $K_{с.пл}$ — коэффициент спроса, определяемый в зависимости от количества присоединенных плит; 1 — 1; 3 — 0,9; 6 — 0,7; 12 — 0,45; 40 — 0,3; 100 — 0,2; 200 и более — 0,15.

Количество электрических плит следует выбирать с учетом требований главы СНиП по проектированию жилых зданий исходя из нормы конфорок на одного проживающего.

Коэффициент спроса для количества плит, не указанного выше, определяется интерполяцией.

Расчетная нагрузка при совместном питании одной линии и общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электрических плит в общежитиях коридорного типа определяется как сумма указанных расчетных нагрузок, умноженная на 0,75.

Расчетная нагрузка линии питания лифтовых установок $P_{р.л}$ определяется в кВт по формуле $P_{р.л} = K_l \sum_{1}^{n_л} P_{пл}$, где K_l — коэффициент спроса, определяемый по табл. 16 в зависимости от количества лифтовых установок и этажности зданий; $n_л$ —

Таблица 16. **Коэффициенты спроса для жилых зданий**

Количество лифтовых установок	Коэффициент спроса		Количество лифтовых установок	Коэффициент спроса	
	Высота зданий, этажи			Высота зданий, этажи	
	до 12	12 и более		до 12	12 и более
2—3	0,80	0,9	8—10	0,50	0,6
4—5	0,70	0,8	1—20	0,40	0,5
6—7	0,60	0,7	Более 20	0,35	0,4

количество лифтовых установок, питаемых линией; $P_{пл}$ — установленная мощность электродвигателя одного лифта (по паспорту).

Расчетная нагрузка линий питания электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса 0,7. Для расчета линий питания электроприемников противопожарных устройств коэффициент спроса принимается равным 1.

Мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств при расчете электрических нагрузок питающих линий и вводов в здание не учитывается, за исключением тех случаев, когда она определяет выбор защитных аппаратов и сечений проводников.

Расчетная нагрузка жилого дома $P_{р.ж.д}$ (квартир и силовых электроприемников) определяется в кВт по формуле

$$P_{р.ж.д} = P_{кв} + 0{,}9P_{с},$$

где $P_{кв}$ — расчетная нагрузка электроприемников квартир; $P_{с}$ — расчетная нагрузка силовых электроприемников.

Расчетная нагрузка при смешанном питании ТП (питающей линией) жилых и нежилых зданий (помещений) определяется в соответствии с Инструкцией по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства.

При разработке проектов реконструкции наружных электрических сетей в сельской местности расчетную нагрузку допускается принимать по фактическим данным с учетом их перспективного роста до 30 %. При этом суммарные расчетные нагрузки не должны превышать значений, определяемых в соответствии с требованиями инструкции.

Расчетные коэффициенты мощности питающих линий жилых зданий следующие:

Квартир с электрическими плитами	0,98
То же, с бытовыми кондиционерами воздуха	0,93
Квартир с плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе	0,96
То же, с бытовыми кондиционерами воздуха	0,92
Общего освещения в общежитиях коридорного типа	0,95
Хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-технических устройств	0,85
Лифтов	0,90

Компенсация реактивной мощности для потребителей жилых зданий и предназначенных для них индивидуальных и центральных тепловых пунктов и хозяйственных насосов предусматриваться не должна.

Освещение коридоров, лестничных клеток, лифтовых холлов, вестибюлей, общих гардеробов, помещений для проведения культурно-массовых мероприятий, комнат отдыха, помещений коменданта и воспитателя, служебных помещений обслуживающего персонала, помещений для глажения, постирочных следует, как правило, выполнять люминесцентными лампами.

Освещение технических этажей и подполий, подвалов, чердаков, колясочных, кубовых, кладовых, машинных помещений лифтов, насосных, тепловых пунктов, электрощитовых, вентиляционных и мусоросборочных камер, сушильных рекомендуется выполнять лампами накаливания.

Наименьшая освещенность от общего освещения в помещениях жилых зданий принимается согласно табл. 17.

Таблица 17. **Наименьшая освещенность в зависимости от применяемых ламп**

Помещения	Освещенность, люминесцентными лампами	Освещенность, лампами накаливания	Поверхность, к которой относится норма освещенности
Жилые комнаты в квартирах и общежитиях *	100 **	50 **	0,8 от пола в горизонтальной плоскости
Кухни в квартирах и общежитиях	100 **	50 **	То же
Комнаты отдыха, помещения для проведения культурно-массовых мероприятий, служебные помещения обслуживающего персонала, коменданта и воспитателя, диспетчерские пункты *	300	150	»
Помещения для глажения:			
механического *	200	100	Поверхность гладильных машин
ручного *	300	150	0,8 от пола в горизонтальной плоскости
Тепловые пункты, насосные, электрощитовые, машинные помещения лифтов, вентиляционные камеры ***	—	30	Пол
Кубовые, сушильные	—	30	
Основные проходы в технических этажах и подпольях, подвалах и чердаках	—	10	»
Санитарные узлы: ****			
в квартирах	50	20	»
в общежитиях	75	30	»
Лестницы	50	10	Площадки и ступени лестниц
Вестибюли, лифтовые холлы	75	30	Пол
Кладовые	—	10	»
Колясочные	—	20	»
Помещения для стирки (самообслуживанием)	200	100	»
Шахты лифтов	—	5	Условная площадка, расположенная горизонтально на расстоянии 3 м от светильника

* Требуются дополнительные штепсельные розетки.

** Нормируется средняя освещенность от всех светильников за исключением настольных.

*** Требуется местное освещение (штепсельные розетки) на напряжение не выше 36 В.

**** Освещение в ванных комнатах должно обеспечивать освещенность вертикальной плоскости над умывальником 100 лк при применении люминесцентных ламп и 50 лк — ламп накаливания.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в квартирах жилых домов при комбинированной системе освещения от любых источников света, приобретенных населением, рекомендуется: письменного стола, рабочей поверхности для шитья и других ручных работ 300 лк, для кухонного стола и мойки посуды 200 лк.

Эвакуационное освещение нужно устраивать на лестницах в лифтовых холлах жилых зданий высотой 6 этажей и более, на лестницах и в коридорах общежитий. Эвакуационное освещение должно создавать по линиям основных проходов и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк. Эвакуационное освещение лестничных клеток рекомендуется использовать в ночное время в качестве дежурного.

Аварийное освещение необходимо устраивать в помещениях тепловых пунктов, насосных, электрощитовых и помещениях диспетчерских пунктов.

Для эвакуационного и аварийного освещения следует применять светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, либо на них должны быть нанесены специальные знаки.

В общежитиях коридорного типа на 50 чел. и более по основным путям эвакуации нужно устанавливать световые указатели «Выход», подключаемые к сети эвакуационного освещения.

В технических подпольях и на чердаках жилых зданий освещение следует устанавливать только по линии основных проходов. В домах высотой 1 и 2 этажа, а также в домах садоводческих товариществ освещение чердаков не устраивается. Освещение хозяйственных кладовок с решетчатыми перегородками, находящихся в пользовании жильцов и расположенных в подвале, следует выполнять светильниками, установленными в проходах (без установки дополнительных светильников в этих помещениях).

В жилых комнатах, кухнях и передних квартир должна быть предусмотрена возможность установки светильников общего освещения, подвешиваемых или закрепляемых на потолке.

В проектах и сметах необходимо предусматривать установку в жилых комнатах, кухнях и передних квартир клеммных колодок для подключения светильников, а в кухнях, кроме того, подвесных патронов, присоединяемых к клеммной колодке. В уборных квартир следует устанавливать над дверью настенный патрон, а ванных — предусматривать установку светильника над зеркалом.

В квартирах и общежитиях, в жилых комнатах площадью 12 м² и более нужно предусматривать возможность установки многоламповых светильников с включением ламп группами.

Крюк в потолке для подвешивания светильника должен быть заизолирован с помощью виниловой трубки. Это требование не относится к случаям крепления крюков к деревянным перекрытиям. Размеры крюков для подвеса бытовых светильников должны быть: внешний диаметр полукольца 35 мм; расстояние от перекрытия до начала изгиба 12 мм. При изготовлении крюков из круглой стали используют прутки сечением 6 мм².

Приспособления для подвешивания светильников должны выдерживать в течение 10 мин без повреждения и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника. В проектах масса светильника для жилых комнат, кухонь и передних квартир должна приниматься равной 15 кг.

В ванных, душевых и уборных квартир и общежитий корпуса светильников и патроны должны быть из изолирующего материала. В ванных и душевых квартир и общежитий при установке светильников с лампами накаливания на высоте 2,5 м и менее рекомендуется применять светильники с заглубленным патроном с высоким изолирующим кольцом и другими конструктивными решениями, повышающими безопасность обслуживания. Высота установки в этих помещениях светильников с люминесцентными лампами во влагозащищенном исполнении и при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений не регламентируется.

Освещение лестниц, холлов, вестибюлей и коридоров следует выполнять потолочными или настенными светильниками. Допускается применение светильников-блоков с люминесцентными лампами мощностью до 40 Вт без рассеивателей. Высота установки указанных светильников от пола должна быть не менее 2,2 м до корпуса светильника. Светильники с лампами накаливания, предназначенные для включения в ночное время, рекомендуется комплектовать лампами на напряжение 235—245 В.

Над каждым основным входом в здание и входом в мусоросборную камеру должны быть установлены светильники, обеспечивающие на площадке и ступенях входа освещенность в горизонтальной плоскости не менее 2 лк. Следует также предусматривать освещение номерных знаков зданий и указателей пожарных гидрантов.

Установку огней светового ограждения нужно предусматривать при высоте здания или его части более 50 м с учетом ведомственных требований управления гражданской авиации.

Для зданий, расположенных на улицах, дорогах и площадях категорий А и Б согласно классификации главы СНиП по проектированию естественного и искусственного освещения, необходимо предусматривать возможность присоединения установок иллюминации мощностью до 10 кВт. В столицах союзных республик, крупных городах, городах-курортах и портовых городах по архитектурно-планировочному заданию мощность установки иллюминации может быть увеличена.

Освещение лестничных клеток и поэтажных коридоров, а также освещение входов в подъезды жилых зданий высотой 3 этажа и более должно иметь автоматическое

или дистанционное управление из диспетчерского пункта, обеспечивающее: включение освещения лестниц, поэтажных коридоров, имеющих естественное освещение, и входов в подъезды — с наступлением темноты и отключению — с наступлением рассвета; частичное отключение освещения в ночное время на лестницах жилых зданий высотой 5 и более этажей, а также при целесообразности поэтажных коридоров. При этом должно оставаться включенным эвакуационное освещение.

При любой системе автоматического управления должна быть предусмотрена возможность его доблокировки.

В домах высотой до 5 этажей, оборудованных системами домофонов, рекомендуется применять устройства для кратковременного включения освещения лестниц при помощи автоматических кнопок, с выдержкой времени, достаточного для подъема людей на последний этаж. Использование таких устройств допускается также в домах высотой до 16 этажей для кратковременного включения части или всего освещения поэтажных коридоров и шлюзов, а также площадок перед мусороприемными клапанами. Освещение на первом этаже лестниц, вестибюлей, подъездов и входов в здания должно оставаться включенным в течение всего темного времени суток, независимо от принятой системы управления лестничным освещением.

В жилых комнатах квартир и общежитий устанавливают не менее одной штепсельной розетки на каждые полные и неполные 6 м² площади комнаты, в коридорах квартир — не менее одной штепсельной розетки на каждые полные и неполные 10 м² площади коридоров. В ванных комнатах квартир допускается установка штепсельной розетки, подключаемой через разделяющий трансформатор.

В общей комнате квартир, строящихся на юге страны, необходимо устанавливать штепсельную розетку с заземляющим контактом на ток 10 А для включения одного бытового кондиционера воздуха мощностью до 1,3 кВт.

В кухнях квартир следует предусматривать:

три штепсельные розетки на ток 6 А для подключения холодильника, надплитного фильтра, динамика трехпрограммного радиовещания и бытовых электроприемников мощностью до 1,3 кВт. В кухнях квартир площадью более 8 м² предусматривают четыре штепсельные розетки на ток 6 А;

одну штепсельную розетку с заземляющим контактом на — ток 10 А для подключения бытового прибора мощностью до 2,2 кВт, требующего зануления;

одну штепсельную розетку с заземляющим контактом на ток 25 А для подключения электрической плиты мощностью до 5,8 кВт или бытового прибора мощностью до 4 кВт, требующего зануления;

две штепсельные розетки с заземляющими контактами при установке электрических плит мощностью от 5,9 до 8 кВт: одну на ток 40 А для подключения электрической плиты, другую на ток 25 А для подключения бытового прибора мощностью до 4 кВт, требующего зануления.

В домиках на участках садоводческих товариществ следует устанавливать штепсельные розетки на ток 6 А из расчета: в жилых комнатах — одна розетка на каждые полные и неполные 10 м² жилой площади; в кухнях две розетки. Необходимость установки розеток на токи 10 и 25 А определяется заданием на проектирование.

Штепсельные розетки в квартирах и общежитиях нужно устанавливать в местах, удобных для их пользования и с учетом проектируемой расстановки бытовой и кухонной мебели.

В этажных электрошкафах жилых домов должна быть предусмотрена установка штепсельной розетки с заземляющим контактом на ток 10 А для возможности подключения уборочных механизмов лифтовых холлов, коридоров и лестничных клеток. В общежитиях следует предусматривать штепсельные розетки с заземляющим контактом для подключения механизмов по уборке коридоров и лестничных клеток.

В передней квартиры должен быть установлен электрический звонок. Подводку к звонку и кнопке следует выполнять алюминиевыми проводами, рассчитанными на напряжение 220 В.

Помещения лифтов, а также машинные помещения, помещения верхних блоков, площадка перед дверьми шахты, проходы и коридоры, ведущие к лифту, к помещению верхних блоков и к приямку шахты должны быть оборудованы стационарным освещением. Для освещения шахт лифтов следует устанавливать настенные патроны с лампами накаливания. В остекленных или огражденных сетками шахтах стационарное освещение выполнять необязательно в том случае, если искусственное освещение вне шахты обеспечивает необходимую освещенность внутри шахты.

Количество вводно-распределительных устройств и горизонтальных участков питающих линий квартир в жилых домах должно быть минимальным. В домах с плитами на газообразном и твердом топливе рекомендуется устанавливать одно ВРУ и прокладывать не более двух питающих линий при числе секций до 8. В домах с электроплитами при высоте 16 этажей и менее и при количестве секций до 7 рекомендуется устанавливать одно ВРУ.

Расчетные нагрузки на вводах в общественные и коммунальные здания определяют согласно проектам их внутреннего электрооборудования и электроосвещения.

Ориентировочные расчетные нагрузки в кВт на вводах в общественные и коммунальные здания (освещения, электроприборы, электродвигатели и пр.) следующие:

Общежитие на 200—400 мест	50—100
Поликлиника на 750 посещений в день	110—150
Больница на 200—400 коек	255—450
То же на 50 коек	50—75
Детский сад на 150 мест (без электроплит)	20—30
Детские ясли на 100 мест (без электроплит)	25—35
Детский сад, совмещенный с яслями, на 135 мест (с электроплитами)	70—75
Школы на 1000 мест	100—160
То же, на 200—500 мест	50—90
Торговое помещение на 15 рабочих мест с холодильными установками	50—60
Универмаг на 50 рабочих мест	115—120
Помещения общественного питания на 500 мест (столовые, рестораны)	150—120
Столовая на 100—200 мест	50—100
Кинотеатр на 800—1000 мест	150—180
То же, на 300—500 мест	130—150
Мастерская и комбинат бытового обслуживания	35—50
Прачечная на 1400 кг белья в смену	80—105
Баня на 50—100 мест	10—20
Подъемная силовая установка в зданиях или лифт на секцию	7—10

При определении расчетных нагрузок общественных и коммунальных зданий должен учитываться коэффициент участия (табл. 18).

Таблица 18. **Коэффициенты участия помещений в максимуме нагрузки домов**

Помещения	Нагрузка			
	осветительная		силовая	
	вечером	утром	вечером	утром
Продовольственные магазины	0,9	0,8	0,8	0,9
Столовые	0,9	0,8	0,8	0,9
Столовые, рестораны	1	1	0,9	0,9
Школы (односменные)	0,3	0,9	0,35	0,9
Промтоварные магазины	0,8	0,8	0,8	0,8
Парикмахерские	1	0,9	0,6	0,9
Комбинаты бытового обслуживания и ателье	0,2	0,9	0,2	0,8
Детские ясли-сады	0,9	0,9	0,3	0,9
Поликлиники	0,9	0,9	0,9	0,7
Больницы	1	0,8	0,5	0,9

Примечание. Коэффициенты действительны при условии, если нагрузки нежилых зданий или помещений равны или менее нагрузок жилых домов.

Коэффициент участия в максимуме на трансформаторном пункте для нагрузок общественных и коммунальных зданий следующий:

Школы, детские, лечебные учреждения, предприятия общественного питания и бытового обслуживания	0,6—0,7
Магазины и зрелищные предприятия	1
Административные здания	0,8—0,9
Лифты	0,5—0,8
Прочие силовые приемники	Соответственно характеру их работы

При отсутствии точных данных о застройке кварталов города в проектах, предусматривающих поэтапное развитие внутриквартальных сетей, рекомендуется принять усредненные значения удельных нагрузок на 1 м² рабочей (полезной) площади общественных зданий.

Усредненные удельные нагрузки на вводах, Вт/м², общественных и коммунальных зданий при поэтапном проектировании внутриквартальных электрических сетей, включая силовые и другие нагрузки следующие:

Общежития	75
Больницы и поликлиники	75
Детские учреждения:	
без применения электроплит на первом этапе	50
с применением электроплит на первом этапе	90
Школы	75
Торговые помещения	75
То же, с холодильниками	100
Столовые и рестораны (с применением электроплит)	250
Кинотеатры	200

На перспективу предполагается применение электроэнергии во всех зданиях, связанных с общественным питанием и приготовлением пищи (столовые, детские учреждения и др.) и для устройств кондиционирования воздуха в зданиях столовых, кинотеатров и др.

При наличии централизованного горячего водоснабжения к удельным нагрузкам учреждений, столовых и ресторанов, использующих электрические плиты, следует применять понижающий коэффициент 0,9.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Расчетная активная мощность принимается равной в режимах работы, кВт: длительном $P = P_у$, повторно-кратковременном $P_у = \sqrt{ПВ_и} \cdot P_{н.п}$, где $P_у$ — установленная мощность электроприемника; $ПВ_и$ — номинальная (паспортная) продолжительность включения; $P_{н.п}$ — паспортная мощность электродвигателя при номинальной относительной продолжительности включения.

Расчетная реактивная мощность электроприемника, квар. $Q = P \operatorname{tg} \varphi$, где $\operatorname{tg} \varphi$ — фазовый угол тока электроприемника в режиме расчетной нагрузки.

Для группы электроприемников (до трех) активные и реактивные расчетные мощности определяют как суммы соответственно активных и реактивных нагрузок электроприемников группы.

Необходимо различать среднюю мощность в наиболее нагруженную смену $P_{см} = K_и P_н$ и максимальную $P_м = K_с P_н = K_м K_и P_н$.

При ориентировочных расчетах расчетную активную мощность одной или нескольких групп электроприемников допускается определять по формуле, кВт: $P = \sum_{1}^{n} K_и P_у$, где $K_и$ и $P_у$ — соответственно средняя величина коэффициента использования (отношение расчетной нагрузки к номинальной) и установленная мощность группы однотипных электроприемников; n — общее число групп электроприемников.

Реактивную расчетную мощность группы электроприемников определяют по формуле $Q = P \operatorname{tg} \varphi$.

Средние значения коэффициента использования силовой нагрузки для некоторых производств приведены в табл. 19:

Таблица 19. **Показатели коэффициента использования силовой нагрузки для некоторых производств**

Заводы	Общезаводской коэффициент использования	Коэффициент мощности при максимальной нагрузке	Количество часов использования максимума нагрузки за год *	
			активной	реактивной
Химические	0,28—0,5	0,82	6200	7000
Анилинокрасочные	0,33—0,35	0,7	7100	—
Нефтеперегонные	0,34—0,37	0,9	7100	—
Тяжелого машиностроения	0,22	0,77	3770	4840
Станкостроения	0,23	0,68	4345	4750
Инструментальные	0,22	0,69	4140	4960
Шарикоподшипниковые	0,4	0,83	5300	6130
Подъемно-транспортного оборудования	0,19	0,75	3300	3800
Автотракторные	0,22	0,79	4960	5240
Сельскохозяйственного машиностроения	0,21	0,79	5330	4220
Приборостроительные	0,32	0,79	3080	3180
Авторемонтные	0,2	0,65	4370	3200
Вагоноремонтные	0,22	0,69	3560	3660
Электротехнические	0,31	0,82	4280	6420
Азотно-туковые	0,6—0,65	—	7000—8000	—
Различные металлообрабатывающие	0,3	0,87	4355	5880

* **Годовое количество часов использования максимума определяется делением годового потребления электроэнергии на максимальную нагрузку.**

Коэффициент использования осветительной нагрузки промышленных предприятий и относящихся к ним вспомогательных и бытовых сооружений следующий:

Мелкие производственные здания и торговые помещения	1
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
То же, из отдельных помещений	0,85
Конторско-бытовые и лабораторные здания	0,8
Складские здания, электрические подстанции	0,6
Аварийное и наружное освещение	1
Линии групповой сети и линии, питающие осветительные щитки	1

В общем случае коэффициент использования группы электроприемников промышленного предприятия определяется как произведение коэффициента участия $K_у$ и коэффициента максимума $K_{макс}$: $K_и = K_у K_{макс}$. Здесь $K_у = P_{см}/(P_у P_{см})$ — средняя активная нагрузка рассматриваемой группы электроприемников за наиболее нагруженную смену работы предприятия, кВт (определяется делением величины расхода электроэнергии за смену на продолжительность смены, ч); $P_у$ — расчетная установленная мощность той же группы электроприемников, кВт.

Значения коэффициента участия в зависимости от коэффициента использования

$K_и$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$K_у$	0,5	0,6	0,65—0,7	0,75—0,8	0,85—0,9	0,92—0,95

При расчетах на стадии технического проекта или рабочих чертежей расчетные нагрузки определяют с учетом коэффициента максимума, величина которого зависит от коэффициента использования и эффективного числа электроприемников.

Под эффективным числом группы электроприемников с различной установленной мощностью и разными режимами работы подразумевается такое число приемников, одинаковых по мощности и однородности по режиму работы, которое обеспечивает ту же величину расчетной нагрузки, что и рассматриваемая группа различных по мощности и режиму работы электроприемников. Это число определяется из выражения

$$n_э = \frac{\left(\sum_1^n P_н\right)^2}{\sum_1^n P_н^2}.$$

Эффективное количество электроприемников может быть принято равным фактическому их количеству в следующих случаях:

когда мощность всех приемников одинакова;

при коэффициенте использования $K_и$ меньше 0,8;

когда выполняются соотношения между коэффициентом использования и величиной отношения m, равного $m = P_{у\,макс}/P_{у\,мин}$, где $P_{у\,макс}$ и $P_{у\,мин}$ — соответственно номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе, кВт.

Соотношения между коэффициентом использования $K_и$ и величиной отношения m, при которых допускается принимать $n_э = n$

$K_и$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$m <$	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,5	8,0	10,0

При определении $P_{у\,мин}$ должны быть исключены наиболее мелкие электроприемники, суммарная мощность которых не превышает 5 % мощности всей группы приемников. Когда указанные условия не выполняются, эффективное количество электроприемников определяется в зависимости от относительных величин $P_о$ и $n_о$, вычисляемых по формулам

$$P_о = \frac{\sum_1^{n_1} P_{у1}}{\sum_1^n P_у}; \quad n_о = \frac{n_1}{n}$$

где n — общее количество электроприемников группы: $\sum_1^n P_у$ — сумма номинальных мощностей в группе, кВт; n_1 — количество приемников в группе, номинальная мощность каждого из которых больше или равна половине номинальной мощности наиболее мощного приемника в группе; $\sum_1^{n_1} P_{у1}$ — сумма номинальных мощностей этих приемников, кВт.

Мелкие электроприемники, суммарная мощность которых не превышает 5 % номинальной мощности всех электроприемников, при определении $\sum_1^n P_у$ не учитывают.

В зависимости от коэффициента использования $K_и$ и эффективного количества приемников $n_э$ по табл. 20 определяют коэффициент максимума $K_{макс}$.

Расчетные активную и реактивную мощности группы электроприемников определяют по формулам $P = K_{макс} P_{см}$; $Q = P \operatorname{tg} \varphi$.

Таблица 20. Коэффициент максимума $K_{макс}$

Количество электроприемников $n_э$	Коэффициент использования $K_и$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,65	1,51	1,37	1,23	1,11	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,1	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,2	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,7	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,4	1,28	1,21	1,17	1,14	1,1	1,06	1,03
30	1,62	1,45	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,1	1,05	1,03
35	1,56	1,41	1,3	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,5	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,4	1,3	1,23	1,16	1,14	1,11	1,1	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,1	1,1	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,2	1,15	1,11	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,1	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,1	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02
160	1,16	1,13	1,1	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,02
180	1,16	1,12	1,1	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
220	1,14	1,12	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
240	1,14	1,11	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
260	1,13	1,11	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
280	1,13	1,1	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
300	1,12	1,1	1,07	1,06	1,06	1,04	1,04	1,03	1,01	1,01

Полная расчетная мощность, кВ·А, $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$.

Расчетный ток $I = S/\sqrt{3}U_н$, где $U_н$ — номинальное напряжение сети, кВ. Коэффициент мощности при режиме расчетной нагрузки $\cos\varphi = \frac{P}{S}$.

Для электроприемников с малоизменяющейся во времени нагрузкой (насосы водоснабжения, вентиляторы, отопительные и нагревательные приборы, печи сопротивления и т. п.) коэффициент участия может быть принят равным коэффициенту максимума $K_у = K_{макс}$.

При определении эффективного количества электроприемников для большего числа питающих линий, нескольких трансформаторных подстанций и т. п. допускается применять упрощенную методику расчета. Для отдельных линий или подстанций, у которых ранее были определены номинальная мощность и эффективное количество электроприемников, мощность условных электроприемников вычисляют по формуле $P_у^1 = P_у/n_э$, где $P_у$ и $n_э$ — соответственно номинальная мощность и эффективное количество электроприемников рассматриваемой линии или подстанции. При этом не учитывается нагрузка резервных электроприемников, ремонтных сварочных трансформаторов и других ремонтных электроприемников, пожарных насосов, а также

электроприемников, работающих кратковременно (дренажные насосы, задвижки, вентили и т. п.). Нагрузка таких электроприемников учитывается только при расчете питающих эти приемники линий и линий, питающих силовые распределительные пункты, к которым они подключены. Этот метод рекомендуется применять на всех ступенях и для всех элементов систем электроснабжения промышленных предприятий без введения в расчеты понижающих коэффициентов. Допускается применение коэффициентов участия в максимуме в пределах 0,9—0,95 в случаях, когда при определении нагрузок на высших ступенях системы электроснабжения можно ожидать несовпадения во времени максимально загруженных смен, а также при ориентировочных расчетах.

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ПО НАГРЕВУ И УСТАВОК ЗАЩИТНЫХ АППАРАТОВ

ДОПУСТИМЫЕ ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА, КАБЕЛИ И ШИНЫ

Выбор сечений проводов и кабелей напряжением выше 1000 В и сети промпредприятий до 1000 В при максимуме использования выше 5000 ч, производится только по экономической плотности тока с последующей проверкой по допустимой токовой нагрузке в нормальном режиме и по нагреву для нормальных и послеаварийных режимов.

Допустимая токовая нагрузка на провод, кабель или шину определяется из соотношения $I_g = K_п I_{н.q}$, где $I_{н.q}$ — допустимая длительная токовая нагрузка на провод, кабель или шину при нормальных условиях прокладки; $K_п$ — поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий прокладки проводов и кабелей и равный произведению отдельных поправочных коэффициентов.

Допустимая температура нагревания проводов, кабелей и шин при длительной токовой нагрузке, °С:

Голые провода и шины	70
Провода и кабели с резиновой или пластмассовой (полихлорвиниловой или полиэтиленовой) изоляцией на напряжение до 6 кВ	65
Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение 10 кВ	60
Кабели с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольной или нестекающей массой, на напряжении, кВ:	
до 3	80
6	65
10	60

Нормальной температурой окружающей среды при прокладке проводов и кабелей на воздухе считается +25 и при прокладке кабелей в земле +15 °С.

При прокладке в общей траншее более одного кабеля с расстоянием в свету до 300 мм вводится поправочный коэффициент (табл. 21). Данные расчета, выполненные с учетом поправочного коэффициента, приведены в табл. 22.

Таблица 21. **Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле, в трубах и без труб**

Расстояние в свету, мм	Количество кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица 22. **Допустимые токовые нагрузки на кабели с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией, в свинцовой, полихлорвиниловой и резиновой оболочках, бронированные и небронированные, А**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Кабели и провода									
	одножильные в воздухе	двужильные		трехжильные						
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в траншее при количестве кабелей				
						2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29	27	26	25	25	25
4	31	29	42	27	38	35	34	33	33	32
6	38	38	55	32	46	43	41	40	40	39
10	60	55	80	42	70	65	63	61	60	59
16	75	70	105	60	90	84	81	78	77	76
25	105	90	135	75	115	107	104	100	99	98
35	130	105	130	90	140	130	126	122	120	119
50	165	135	205	110	175	163	156	152	150	149
70	210	165	245	140	210	195	189	183	180	178
95	250	200	295	170	255	237	230	228	219	217
120	295	230	340	200	295	274	265	257	254	250
150	340	270	390	235	335	312	302	291	288	285
186	390	310	440	270	385	358	347	335	331	327
240	465	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Допустимые длительные токовые нагрузки на прокладку проводов в коробах и лотках с учетом поправочных коэффициентов при числе проводов до 4 принимают по табл. 23, как для проводников, проложенных в трубах. При одновременно нагруженных проводниках более 4 должны вводиться поправочные коэффициенты, равные для 5—6 проводников — 0,68; для 7—9 проводников — 0,63 и для 10—12 проводников — 0,6.

Таблица 23. **Допустимые токовые нагрузки на провода с алюминневыми жилами, с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией, А**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Провод, проложенный открыто	Количество проводов, проложенных							
		в трубе					в коробках или лотках		
		одножильных			двужильных	трехжильных	6	9	10
		2	3	4	1	1			
2,5	24	20	19	19	19	16	13	12	11
4	32	28	28	23	252	21	16	14	14
6	39	36	32	30	31	26	20	19	18
10	60	50	47	39	42	38	27	25	23
16	75	60	60	55	60	55	37	35	33
25	105	85	80	70	75	65	48	44	42
35	130	100	95	85	95	75	58	54	51
50	165	140	130	120	125	106	—	—	—
70	210	175	165	140	150	135	—	—	—
95	255	215	200	175	190	165	—	—	—
120	295	245	220	200	230	190	—	—	—
150	340	275	255	—	—	—	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—	—	—	—

Для кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ включительно при нагрузках, не превышающих 80 % допустимого длительного тока по нагреву, на время ликвидации аварии (не более 5 суток) допускается в часы максимума (длительностью не более 6 ч) перегрузка до 130 %.

При определении допустимых нагрузок на провода, прокладываемые в одной трубе, нулевой или заземляющий провод четырехпроводной системы трехфазного тока при расчете не учитывают. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токовые нагрузки учитывают как для участка трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина этого участка более 10 м. В указанном случае при большой общей протяженности кабельной трассы рекомендуется применять кабельную вставку большего сечения, чтобы не увеличивать сечение кабеля на всем протяжении.

При прокладке кабелей в туннелях и каналах на величину допустимой нагрузки кабелей по нагреву вводится понижающий коэффициент на температуру воздуха в связи с его нагревом.

Допустимые нагрузки на провода, шинопроводы и кабели приведены в табл. 24—27.

Таблица 24. **Допустимые токовые нагрузки на провода с медными жилами с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией, А**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Провод, проложенный открыто	Количество проводов, проложенных в трубе				
		одножильных			двужильных	трехжильных
		2	3	4		
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	—	—	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица 25. **Допустимые токовые нагрузки на неизолированные медные, алюминиевые и сталеалюминиевые провода, А**

Медный провод			Алюминиевый провод			Сталеалюминиевый провод		
Марка, сечение, мм²	Токовая нагрузка		Марка, сечение, мм²	Токовая нагрузка		Марка, сечение, мм²	Токовая нагрузка	
	вне помещений	внутри помещений		вне помещений	внутри помещений		вне помещений	внутри помещений
М-4	50	25	А-16	105	75	АС-10	80	50
М-6	70	35	А-25	135	105	АС-16	105	75
М-10	95	60	А-35	170	130	АС-25	130	100
М-16	130	100	А-50	215	165	АС-35	175	135
М-25	180	135	А-70	265	210	АС-50	210	165
М-35	220	170	А-95	320	255	АС-70	265	210
М-50	270	215	А-120	375	300	АС-95	330	260
М-70	340	270	А-150	440	355	АС-120	380	305
М-95	415	335	А-185	500	410	АС-150	445	365
М-120	485	395	А-240	590	490	АС-185	510	425
М-150	570	465	А-300	680	570	АС-240	610	505
М-185	640	530	А-400	815	690	АС-300	690	585
М-240	760	685	А-500	980	820	АС-400	835	715
М-300	880	740	А-600	1070	930	—	—	—
М-400	1050	895	—	—	—	—	—	—

Таблица 26. **Допустимые токовые нагрузки на кабели с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле, А**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Кабель			
	трехжильный			четырехжильный
	3 кВ	6 кВ	10 кВ	1 кВ
2,5	31	—	—	—
4	42	—	—	38
6	55	—	—	46
10	75	60	—	65
16	90	80	75	90
25	125	105	90	115
35	145	125	115	135
50	180	155	140	165
70	220	190	165	200
95	260	225	205	240
120	300	260	240	270
150	335	300	275	305
185	380	340	310	345
240	440	390	355	— 510

Таблица 27. **Допустимые токовые нагрузки для кабелей с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами, в свинцовой оболочке, прокладываемые в воде, А**

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Кабель			
	трехжильный			четырехжильный
	3 кВ	6 кВ	10 кВ	1 кВ
16	—	103	90	—
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	—
185	475	420	390	—
240	550	480	450	—

Ток в линии и полная мощность переменного трехфазного тока определяются по формулам

$$I = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3}\,U_\phi}; \quad S = \sqrt{\Sigma P^2 + \Sigma Q^2},$$

где ΣP — сумма активных нагрузок по участкам линии, кВт или кВ · А; ΣQ — сумма реактивных нагрузок по участкам линии, квар.

Сумма активных нагрузок по n участкам линии

$$\Sigma P = S_1 \cos\varphi_1 + P_2 + P_n.$$

Сумма реактивных нагрузок по n участкам линии, квар,

$$\Sigma Q = S_1 \sin\varphi + P_2 \operatorname{tg}\varphi + P_n \operatorname{tg}\varphi_n.$$

Полученный результат расчета I_a в линии сверяют с допустимой токовой нагрузкой (см. табл. 22—27) и выбирают сечение жил расчетного провода или кабеля с учетом расчетных условий прокладки и выбранного вида электросетей.

Пример. Дано:

$$S_1 = 30 \text{ кВ} \cdot \text{А}; \quad P_2 = 20 \text{ кВт}; \quad P_3 = 50 \text{ кВт};$$
$$\cos\varphi_1 = 0{,}7; \quad \cos\varphi_2 = 1; \quad \cos\varphi_3 = 0{,}9;$$
$$\sin\varphi_1 = 0{,}71; \quad \sin\varphi_2 = 0; \quad \sin\varphi_3 = 0{,}48.$$

Нужно определить сечение алюминиевых жил кабельной линии трехфазного тока напряжением 380 В.

Установленная активная нагрузка $\Sigma P = 30 \cdot 0{,}7 + 20 + 50 = 91$ кВт. Установленная реактивная нагрузка составляет $\Sigma Q = 30 \cdot 0{,}71 + 20 \cdot 0 + 50 \cdot 0{,}48 = 45{,}3$ квар.

Полная нагрузка сети, кВ · А, составляет

$$S = \sqrt{91^2 + 45{,}3^2} = 101{,}5 \text{ квар}.$$

Ток в линии

$$I = \frac{101{,}5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 155 \text{ А}.$$

По табл. 22 принимаем кабель с алюминиевыми жилами сечением 3 × 95 + 1 × × 35 мм² с допустимой токовой нагрузкой 170 А (прокладка в воздухе).

ВЫБОР МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ

Плавкие предохранители в электросетях до 1000 В. Различают плавкие предохранители с большой тепловой инерцией, т. е. способностью выдерживать значительные кратковременные перегрузки током, и безынерционные, обладающие малой тепловой инерцией и, следовательно, весьма ограниченной способностью к перегрузкам. К первым относятся все установочные предохранители с винтовой резьбой и свинцовым токопроводящим мостиком, ко вторым — трубчатые предохранители с медным токопроводящим мостиком.

Номинальный ток плавкой вставки $I_в$ для предохранителей с большой тепловой инерцией определяют только по величине длительного расчетного тока линии $I_{дл}$ из соотношения $I_в \geqslant I_{дл}$.

Это условие должно соблюдаться при выборе вставки безынерционных предохранителей.

При защите ответвления к одиночному электродвигателю с нечастыми пусками и длительностью пускового периода не более 2—2,5 с (электродвигатели металлообрабатывающих станков, вентиляторов, насосов и т. п.) номинальный ток должен удовлетворять условие $I_в \geqslant I_п/2{,}5$, где $I_п$ — пусковой ток электродвигателя, А.

При защите ответвления к одиночному электродвигателю с частыми пусками (электродвигатели кранов) или большой длительностью пускового периода (двигатели центрифуг, дробилок и т. п.) $I_в \geqslant I_п/1{,}6...2$.

При защите магистрали, питающей силовую или смешанную нагрузку, $I_в \geqslant I_{кр}/2{,}5$, где $I_{кр}$ — максимальный кратковременный ток линий, равный $I_{кр} = I^1_п + I_{дл}$, где $I^1_п$ — пусковой ток электродвигателя или группы одновременно включаемых двигателей, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины, А; $I^1_{дл}$ — длительный расчетный ток линии до момента пуска электродвигателя (или группы двигателей), определяемый без учета рабочего тока пускаемого электродвигателя (или группы двигателей), А.

Для электродвигателей ответственных механизмов для особо надежной отстойки предохранителей от толчков тока при выборе предохранителя можно пользоваться формулой $I_в \geqslant I_п/1{,}6...2$, принимая знаменатель равным 1,6, независимо от условий пуска электродвигателя, если кратность тока короткого замыкания удовлетворяет условия, указанные (см. табл. 108).

Основные характеристики плавких предохранителей приведены в табл. 28.

Таблица 28. **Предохранители до 500 В переменного и постоянного тока**

Тип	Номинальный ток патрона, А	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток плавкой вставки, А	Конструкция
		Трубчатые		
ПР-2	15	220 В в сетях постоянного тока	6, 10, 15	Закрытый разборный без наполнителя
	60	380 В в сетях переменного тока	15, 20, 25, 35, 45, 60	
	100	габарита I или в сетях 500 В	60, 80, 100	
	200	габарита II	100, 125, 160, 200	
НПН2-60	60	500	6, 10, 15, 20 25, 30, 40, 60	Патрон неразборный с наполнителем
ПН2-100	100	500	30, 40, 50, 60, 80, 100	Закрытый патрон с наполнителем
ПН2-250	250	500	80, 100, 120 150, 200, 250	То же

Продолжение табл. 28

Тип	Номинальный ток патрона, А	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток плавкой вставки, А	Конструкция
ПН2-400	400	500	200, 250, 300, 400	»
ПН2-600	600	500	300, 400, 500, 600	»
ПНБ5-380	100	380 В в сетях переменного тока	40, 63, 100	Быстродействующий; патрон закрытый с наполнителем
		Установочные с винтовой резьбой		
ПДС-1	6	380	1, 2, 4, 6	С наполнителем и указателем срабатывания
ПРС-6	6	380	1, 2, 4, 6	
ПРС-25	25	380	4, 6, 10, 16, 20, 25	
ПРС-63	63	380	20, 25, 40, 63	То же
ПРС-100	100	380	40, 63, 80, 100	»
Ц27ПК-2	20	380	20	»

Избирательность защиты плавкими предохранителями магистральной линии с ответвлениями достигается последовательным увеличением величин плавких вставок на отдельных участках линии по мере приближения к пункту питания.

Ввиду возможных отклонений параметров вставок от установленных величин при их изготовлении, а также различных условий работы предохранителя в зависимости от места его установки, обеспечение избирательности защиты представляет определенные трудности и требует соответствующего подбора величин номинальных токов плавких вставок на двух смежных участках линии, защищенных разными предохранителями (табл. 29).

Таблица 29. **Избирательность плавких предохранителей ПН-2**

Плавкая вставка с номинальным током $I_{в.м}$ меньшей величины, А	Плавкая вставка с номинальным током $I_{в.б}$ большей величины, А при отношении $I_к/I_{в.м}$				Плавкая вставка с номинальным током $I_{в.м}$ меньшей величины, А	Плавкая вставка с номинальным током $I_{в.б}$ большей величины, А, при отношении $I_к/I_{в.м}$			
	10	20	50	100 и более		10	20	50	100 и более
30	40	50	80	120	120	150	150	150	250
40	50	60	100	120	150	200	200	250	250
50	60	80	120	120	200	250	250	300	300
60	80	100	120	120	250	300	300	400	600
80	100	120	120	150	300	400	400	600	—
100	100	120	150	150	400	500	600	—	—

Таблица 30. **Выбор предохранителей для защиты установок трехфазного переменного тока напряжением 6—10 кВ**

Номинальный ток, А		Номинальная трехфазная мощность, кВ·А, защищаемой установки при напряжении, кВ		Номинальный ток, А		Номинальная трехфазная мощность, кВ·А, защищаемой установки при напряжении, кВ	
установки	плавкой вставки предохранителя	6	10	установки	плавкой вставки предохранителя	6	10
0,5	2,0	5	10	20	40	180	320
1	3,0	10	20	30	50	320	560
1,9	5,0	20	30	54	75	560	750
3	7,5	30	50	70	100	750	1000
5	10	50	75	100	150	1000	1500
8	15	75	100	145	200	1500	2500
10	20	100	180	210	300	2000	—
14,5	30	135	240				

Плавкие предохранители в электросетях напряжением выше 1000 В. В электросетях напряжением выше 1000 В для защиты линий от сверхтоков применяют релейную защиту, для защиты трансформаторов — плавкие предохранители (см. табл. 10). Предохранитель выбирают в зависимости от мощности защищаемой установки (табл. 30).

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Защита от перегрузки обеспечивается: тепловыми расцепителями автоматических выключателей (серии АП50, ВА51, А3790 и т. п.), действующих с выдержками времени, обратно зависимыми от величины тока перегрузки (табл. 31—36); расцепителями с часовым механизмом автоматических выключателей серии АВМ с обратно зависимой от тока характеристикой (табл. 37); расцепителями с гидравлическим замедлителем автоматических выключателей типа АК (табл. 38).

Таблица 31. **Автоматические выключатели серии АП50 (номинальные напряжения 380 В переменного тока и 220 В постоянного тока), номинальный ток 50 А**

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания теплового расцепителя, А	Пределы регулирования номинального тока уставки теплового расцепителя	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А	
				при переменном токе частотой 50 Гц	при постоянном токе
		Комбинированный			
АП50-3ТМ	1,6	2,16	1—1,6	11	14
АП50-2МТ	2,5	3,38	1,6—2,5	17,5	22
	4	5,4	2,5—4	28	36
	6,4	8,64	4—6,4	45	57
	10	13,5	6,4—10	70	90
	16	21,6	10—16	112	144
	25	33,8	16—25	175	225
	40	54	25—40	280	360
	50	67,5	30—50	250	450

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания теплового расцепителя, А	Пределы регулирования номинального тока уставки теплового расцепителя	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А	
				при переменном токе частотой 50 Гц	при постоянном токе
		Электромагнитный			
АП50-3М	1,6			11	14
АП50-2М	2,5			17,5	22
	4			28	36
	6,4			45	57
	10	—	—	70	90
	16			112	144
	25			175	225
	40			280	360
	50			350	450
		Тепловой			
АП50-3Т	1,6	2,16	1—1,6	—	—
	2,5	3,38	1,6—2,5	—	—
	4	5,4	2,5—4	—	—
	6,4	8,64	4—6,4	—	—
	10	13,5	6,4—10	—	—
	16	21,6	10—16	—	—
	25	33,8	16—25	—	—
	40	54	25—40	—	—
	50	67,5	0—50	—	—

Таблица 32. **Автоматические однополюсные выключатели серий АЕ-1031 переменного тока напряжением 220 В на номинальный ток 25 А**

Тип автомата и расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Ток срабатывания теплового расцепителя, А	Тип автомата и расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Ток срабатывания теплового расцепителя
Комбинированный			АЕ-1031-33	16	—
			АЕ-1031-43	25	—
АЕ-1031-11	6	8,1	АЕ-1031-53	25	—
АЕ-1031-21	10	13,5			
АЕ-1031-31	16	21,6	*Тепловой*		
АЕ-1031-41	25	33,8			
АЕ-1031-51	25	33,8	АЕ-1031-12	6	8,1
Электромагнитный			АЕ-1031-22	10	13,5
			АЕ-1031-32	16	21,1
АЕ-1031-13	6	—	АЕ-1031-42	25	33,8
АЕ-1031-23	10	—	АЕ-1031-52	25	33,8

Примечание. Кратность тока срабатывания электромагнитных и комбинированных расцепителей устанавливается в пределах 12—18.

Таблица 33. Автоматические выключатели типа ВА51 напряжением до 660 В переменного и 220 В постоянного тока

Тип выключателя	Характеристика главной цепи	Исполнение по виду максимальных расцепителей тока		Число полюсов	Сочетание дополнительных сборочных единиц			Уставка по току срабатывания электромагнитного максимального расцепителя тока в зоне токов короткого замыкания, кратная номинальному току расцепителя (ток отсечки)		Ток срабатывания теплового расцепителя	Пределы регулирования уставки номинального тока теплового расцепителя
		электромагнитных	тепловых		свободные контакты	независимый расцепитель	минимальный расцепитель	при переменном токе	при постоянном токе		
	Переменный ток 660 В, частота 50, 60 Гц;	2	—	2	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—			—	
	380 В, частота 400 Гц				2 замыкающих	—	—	7,1	—		
ВА51-25		2	2	2	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—			1,35	⇒
					2 замыкающих	—	—				
	Постоянный ток 220 В	2	—	2	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—	—	7	—	
					2 замыкающих	—	—				
ВА51-25	Постоянный ток 200 В	2	2	2	1 замыкающий 1 размыкающий	— —	— —	—	7	1,35	
					2 замыкающий						
ВА51Г25	Переменный ток 660 В, частота 50, 60 Гц;	2	2	2	1 замыкающий 1 размыкающий	— — +	— + —	14	—	1,2	—

Тип выключателя	Характеристика главной цепи	Исполнение по виду максимальных расцепителей тока		Число полюсов	Сочетание дополнительных сборочных единиц			Уставка по току срабатывания электромагнитного максимального расцепителя тока в зоне токов короткого замыкания, кратная номинальному току расцепителя (ток отсечки)		Ток срабатывания теплового расцепителя	Пределы регулирования уставки номинального тока теплового расцепителя
		электромагнитных	тепловых		свободные контакты	независимый расцепитель	минимальный расцепитель	при переменном токе	при постоянном токе		
	380 В, частота 400 Гц				2 замыкающих						
ВА51Г25	Переменный ток 660 В, частота 50, 60 Гц;	2	2	2*	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—	7,1	—	1,35	0,8—1
	380 В, частота 400 Гц				2 замыкающих						
ВА51-25	Постоянный ток 220 В	2	2	2*	1 замыкающий	—	—				
					1 размыкающий	—	+		7	1,35	
					2 замыкающих						0,8—1
		2	2	2*	1 замыкающий 1 размыкающий	+ —	— +	14	—	1,2	
					2 замыкающих	—	—				
		3	—	3	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—	7,1	—	—	—
					2 замыкающих	—	—				
ВА51Г25	Переменный ток 660 В, частота 50, 60 Гц; 380 В, частота 400 Гц	3	3	3	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—	7,1		1,35	
					2 замыкающих						

Продолжение табл. 33

Тип выключателя	Характеристика главной цепи	Исполнение по виду максимальных расцепителей тока: электромагнитных	тепловых	Число полюсов	Сочетание дополнительных сборочных единиц: свободные контакты	независимый расцепитель	минимальный расцепитель	Уставка по току срабатывания электромагнитного максимального расцепителя тока в зоне токов короткого замыкания, кратная номинальному току расцепителя (ток отсечки): при переменном токе	при постоянном токе	Ток срабатывания теплового расцепителя	Пределы регулирования уставки номинального тока теплового расцепителя
		3	3	* 3	1 замыкающий 1 размыкающий	—	—	14		1,2	
						+	+				
						—	+				
					2 замыкающих	—	—				

* Исполняются в габаритах трехполюсных; «+» — наличие соответствующих исполнений выключателей.

Для защиты от короткого замыкания применяют автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями мгновенного действия или с выдержкой времени, обеспечивающей избирательность действия. Автоматические выключатели серии АВМ имеют две ступени выдержки времени: 0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6 с. Для обеспечения избирательности в системах электросетей, защищенных автоматическими выключателями указанного типа, наименьшая выдержка времени устанавливается у электроприемника.

Одновременная защита линий от перегрузки и короткого замыкания осуществляется применением комбинированных расцепителей, состоящих из двух элементов: одного — для защиты от перегрузки и другого — для защиты от короткого замыкания.

Электромагнитные расцепители автоматических выключателей переменного тока типа АК-63, снабженные гидравлическим замедлителем, обеспечивают при кратности тока, равной 1,2 номинального, выдержку времени не более 20 мин; при кратности тока от 6 до 12 выдержку 6—15 с и при кратности тока 14 — мгновенное действие (отсечку).

Номинальный ток защищающего от перегрузки теплового расцепителя или расцепителя с замедлителем автоматического выключателя $I_{н.т}$ выбирают только по длительному расчетному току линии $I_{н.т} \geqslant I_{дл}$.

Номинальный ток электромагнитного или комбинированного расцепителя автоматических выключателей $I_{н.э}$ выбирают также по длительному расчетному току линии $I_{н.э} \geqslant I_{дл}$, а ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя $I_{ср.э}$ проверяется по максимальному кратковременному току линии из соотношения $I_{ср.э} \geqslant 1{,}25\, I_{кр}$.

Для ответвления к одиночному электродвигателю максимальный кратковременный ток линии равен пусковому току электродвигателя $I_{кр} = I_{п}$.

Таблица 34. Автоматические выключатели типа А3790 напряжением 660 В переменного и 440 В постоянного тока

Типоисполнение выключателя селективного с полупроводниковым расцепителем	Род тока	Частота, Гц	Номинальное напряжение выключателя, В	Номинальный ток расцепителя, А [1]	Базовый номинальный ток, А [3]	Калибруемые значения уставок полупроводникового расцепителя в зоне токов короткого замыкания [2]: по току срабатывания	по времени срабатывания	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя [4]	Предельно допустимый ожидаемый ток короткого замыкания [5]
А3793СУЗ	Переменный	50 или 60	660	250	200	2; 3; 5; 7; 10	0,10; 0,25	—	60,0 / 28,6
А3793СХЛ3				400	320				
А3793СТ3				630	500		0,40		
А3794СУЗ			380	250	200				111,1 / 50,5
А3794СХЛ3				400	320				
А3794СТ3				630	500				
А3793СУЗ	Постоянный	—	440	250	200	2; 4; 6	0,10; 0,25	—	111,1
А3793СХЛ3				400	320				
А3793СТ3			—	630	500				
А3793БУЗ	Переменный	50 или 60	660	250	200	2; 3; 5; 7; 10	—	4000	60,0 / 28,6
А3793БХЛ3				400	320				
А3793БТ3				630	500			6300	
А3794БУЗ			380	250	200			4000	111,1 / 50,5
А3794БХЛ3				400	320				
А3794БТ3				630	500			6300	
А3793БУЗ	Постоянный	—	440	250	200	2; 46	—	2400	111,1
А3793БХЛ3				400	320				
А379БТ3				630	500			3800	

Примечания. 1. Номинальный ток выключателя определяется номинальным током расцепителя.
2. До верхней границы селективности, равной 20 кА (действующее значение) при переменном токе и 35 кА при постоянном токе.
3. Уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки указаны при $I_{к.р}$ постоянного тока.
4. При оговорке в заказе выключателя поставляются без защиты в зоне токов перегрузки.
5. В числителе — наибольшая включающая способность выключателей переменного тока (ударный ток), в знаменателе — наибольшая отключающая способность (действующее значение ожидаемого тока в цепи.

Таблица 35. Автоматические выключатели серии А3700, предназначенные для работы в электрических силовых установках постоянного тока напряжением до 440 В и переменного до 660 В

Тип автомата	Исполнение	Номинальный ток автомата, А	Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	Уставка по току срабатывания, В: переменного 660	постоянного 440
А3710Б	Токоограничивающее с полупроводниковыми расцепителями максимального тока	40	20—40	3—10	2—6
		80			
		100			
А3720А	То же	250	160—250	3—10	2—6
А3730Б	»	400	160—250	3—10	2—6
			250—400		

Продолжение табл. 35

Тип автомата	Исполнение	Номинальный ток автомата, А	Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	Уставка по току срабатывания, В	
				переменного 660	постоянного 440
А3740Б	»	630	250—400 400—630	3—10	2—6
А3710Б	Токоограничивающее с электромагнитными расцепителями максимального тока	160	16—40 10—63 63—100 100—160	400±60 А 630±90 А 1000±150 А 1600±240 А	600±90 А 750±110 А 960±140 А
А3720Б	То же	250	160 200 250	1600±240 А 2000±300 А 2500±370 А	960±140 А 1200±180 А 1500±220 А
А3730Б	»	400	250 320 400	2500±370 А 3200±480 А 4000±600 А	2400±360 А
А3740Б	»	630	400 500 630	4000±600 А 5000±750 А 6300±950 А	3800±570 А
А3730С	Селективное с полупроводниковыми расцепителями максимального тока	400	160, 200, 250, 320, 400	3—10	2—6
А3740С	То же	630	250, 320, 400, 500, 630	3—10	2—6

Таблица 36. Автоматические воздушные выключатели серии АЕ2000 для защиты цепей постоянного тока напряжением до 220 В и переменного тока напряжением до 500 В, а также типа «Электрон» на напряжение 440 В постоянного тока и 660 В переменного

Тип	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток расцепителя, А	Уставка на ток мгновенного срабатывания, А
АЕ2036	25	0,6—25	192—300
АЕ2046	63	10—63	192—300
АЕ2056	100	16—100	192—300
АЕ2056	100	20—25	240—300
АЕ2046	63	32—63	384—756
АЕ2056	100	32—100	384—1200
Э0613	630	250, 400, 630	200—4410
Э16В	1600	630, 1000, 1250, 1600	504—11200
Э25В	2500	1600, 2000, 2500	1280—17500
Э40В	5000	2500, 3200, 4000, 5000	2000—25 000

Таблица 37. Автоматические выключатели серии АВМ, предназначенные для работы в электрических силовых установках постоянного тока до 460 В и переменного до 500 В

Тип автомата	Номинальный ток, А	Номинальный ток катушки максимального расцепителя, А	Уставка тока срабатывания максимальных расцепителей, А	
			на шкале, обратно зависимой от тока характеристики	на шкале мгновенного срабатывания
АВМ4Н АВМ4НМ	400	120, 150 200, 250 300, 400	150, 190, 250, 300 310, 375, 400, 500 600, 800	960, 1200, 1300, 1600, 1650, 2000, 2200, 2400 2750, 3200, 3300, 4400
АВМ4С АВМ4СМ АВМ4СВ	400	120, 150 200, 250 300, 400	150, 190, 250, 300, 310, 375, 400, 500 600, 800	960, 1200, 1300, 1600, 1650, 2000, 2200, 2400, 2750, 3200, 3300, 4400
АВМ10С	1000	500, 600 800, 1000	625, 750, 1000, 1200 1500, 1600, 2000	4000, 4800, 5500, 6000, 6600, 8000, 10 000
АВМ10Н АВМ10НМ АВМ10СМ	800	500, 600 800	625, 750, 1000, 1200, 1600	4000, 4800, 5500, 6000 6600, 8000
АВМ10НВ АВМ10СВ	750	500, 600 750	625, 750, 1000, 1200, 1600	4000, 4800, 5500, 6000, 6600, 8000
АВМ15Н АВМ15С	1500	1000, 1200 1500	1250, 1500, 1800 2000, 2400, 3000	8000, 10 000
АВМ15НМ АВМ15СМ	1400 1500	1000, 1200 1400, 1500	1250, 1500, 1800 2000, 2400, 3000	8000, 10 000
АВМ15НВ АВМ15СВ	1150	800, 1150	1000, 1450, 1600 2300	8000, 10 000
АВМ20Н АВМ20С	2000 2300	1000, 1200 1500, 2000 2300	1250, 1500, 1800 2000, 2400, 2500, 3000, 4000	8000, 10 000
АВМ20НМ АВМ20СМ	1800 2000	1000, 1200 1500, 1800 2000	1250, 1500, 1800 2000, 2250, 2400, 2500, 3000, 3600, 4000	8000, 10 000
АМВ20НВ АВМ20СВ	1500 2000	1000, 1200 1500, 2000	1250, 1500, 1800, 2000, 2400, 2500 3000, 4000	8000, 10 000

Таблица 38. Выключатели автоматические однополюсные типа А63, двухполюсные АК50 и трехполюсные АК50, АК63, рассчитанные для работы в цепях переменного тока 50 Гц

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальное напряжение	Количество полюсов	Ток отсечки в кратностях к номинальному току в расцепителем
А63	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4,5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25	380	1	М-1,5; 50; 10 МГ-10
АК50	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4,5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50	380	2 и 3	М-1,5; 10 МГ-10
АК63	Те же, что и для АК50, но еще и на 63	500	2 и 3	М, МГ-14, М-3 — для переменного тока М, МГ-5 — для постоянного тока

Коэффициент 1,25 в формуле учитывает неточность в определении максимального кратковременного тока линии и разброс характеристик электромагнитных расцепителей автоматов. Для большинства автоматов величина коэффициента обеспечивает невозможность ложного отключения линии при пуске электродвигателей, так как разброс характеристик автоматов не превышает ±15 %. Для автоматов типа А3110, разброс характеристик которых достигает величины ±30%, величину коэффициента в формуле следует принимать равной 1,5.

Ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой определяется по формуле $I_{ср.р} \geqslant 1{,}25I_{дл}$.

МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Пускатели магнитные серии ПМЛ предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а в исполнении с трехполюсным тепловым реле серии РТЛ для защиты управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Первая цифра в обозначении пускателя указывает на величину номинального тока: 1—10 А; 2—25 А; 3—40 А; 4—63 А; 5—80 А; 6—125 А; 7—200 А. Вторая цифра характеризует исполнение пускателя по назначению и наличию теплового реле: 1 — нереверсивный, без теплового реле; 2 — нереверсивный с тепловым реле; 5 — реверсивный с электрической и механической блокировками; 6 — реверсивный с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 — пускатель звезда — треугольник. Третья цифра обозначает исполнение по степени защиты и наличию кнопок: 0 — Р60 без кнопок; 1 — Р54 без кнопок; 2 — Р54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 3 — Р54 с кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальной лампой. Четвертая цифра показывает число контактов вспомогательной цепи для управления в цепи переменного тока: 0 — 1з (на 10—25 А); 1з + 1р (на 40—63 и 80—200 А); 1 — 1р (на 10—25 А), 2з + 2р (на 80— 2000 А); 2з3з + 3р (на 80—200 А); 3— 3з + 1р (на 80—200 А); 4—5з + 1 р (на 80—200 А); для цепей управления постоянного тока 5 — 1з (на 10—25 А); 1з + 1р (на 40—63 А): 6 — 1р (на 10—25 А).

Выбор пускателя. Пускатели для управления трехфазными асинхронными электродвигателями выбирают в зависимости от их мощности. При этом следует учитывать их категорию применения: а — для прямого пуска электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключения работающих электродвигателей; б — для пуска электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключения неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей, торможения противотоком (табл. 39).

Таблица 39. **Выбор пускателя в зависимости от мощности двигателя**

Категория применения	Электродвигатель	Напряжение сети, В		
		220	380	660
а	ПМЛ-1100	3	4	3,7
	ПМЛ-2100	5,5	11	11
	ПМЛ-3100	11	18,5	22
	ПМЛ-4100	18,5	30	33
б	ПМЛ-1100	1,1	1,5	3
	ПМЛ-2100	3	4	7,5
	ПМЛ-3100	4	7,5	11
	ПМЛ-4100	7,5	11	18,5
а	ПМЛ-1501	2,2	3	2,2
	ПМЛ-2501	4	7,5	5,5
	ПМЛ-3500	7,5	11	11
	ПМЛ-4500	11	16,5	18,5

Продолжение табл. 39

Категория применения	Электродвигатель	Напряжение сети, В		
		220	380	660
б	ПМЛ-1501	1,1	1,5	1
	ПМЛ-2501	3	4	5,5
	ПМЛ-3500	4	7,5	10
	ПМЛ-4500	7,5	11	15
а	ПМЛ-1210; ПМЛ-1220; ПМЛ-1230	3	4	3,7
	ПМЛ-2210; ПМЛ-2220; ПМЛ-2230	5,5	11	11
	ПМЛ-3210; ПМЛ-3320; ПМЛ-3230	11	18,5	22
	ПМЛ-18,5; ПМЛ-4240; ПМЛ-4230	18,5	30	33
б	ПМЛ-1210; ПМЛ-1220; ПМЛ-1230	1,1	1,5	3
	ПМЛ-2210; ПМЛ-2220; ПМЛ-2230	3	4	7,5
	ПМЛ-3210; ПМЛ-3220; ПМЛ-3230	4	7,5	11
	ПМЛ-4210; ПМЛ-4220; ПМЛ-4230	7,5	11	18,5
а	ПМЛ-1611; ПМЛ-1621; ПМЛ-1631	2,2	3	2,2
	ПМЛ-2611; ПМЛ-2621; ПМЛ-2631	4	7,5	5,5
	ПМЛ-3610; ПМЛ-3620; ПМЛ-3630	7,5	11	11
	ПМЛ-4610; ПМЛ-4620; ПМЛ-4630	11	18,5	18,5
б	ПМЛ-1611; ПМЛ-1621; ПМЛ-1631	1,1	1,5	1,5
	ПМЛ-2611; ПМЛ-2621; ПМЛ-2631	3	4	5,5
	ПМЛ-3610; ПМЛ-3620; ПМЛ-3630	4	7,5	10
	ПМЛ-4610; ПМЛ-4620; ПМЛ-4630	7,5	11	15
а	ПМЛ-1720	4	7,5	5,5
	ПМЛ-2720	11	18,5	22
	ПМЛ-3720	18,5	33	37
	ПМЛ-4720	30	55	55
	ПМЛ-5100	22	37	45
	ПМЛ-6100	37	55	55
	ПМЛ-7100	55	90	110
б	ПМЛ-5100	9	15	25
	ПМЛ-6100	15	25	45
	ПМЛ-7100	18,5	30	50
а	ПМЛ-5210	22	37	45
	ПМЛ-6210	30	50	55
	ПМЛ-7210	45	75	110
б	ПМЛ-5210	9	15	25
	ПМЛ-6210	15	25	45
	ПМЛ-7210	18,5	30	50
а	ПМЛ-5500; ПМЛ-5610	15	22	22
	ПМЛ-6500; ПМЛ-6610	18,5	33	30
	ПМЛ-7500; ПМЛ-7610	33	55	55
б	ПМЛ-5500; ПМЛ-5610	9	15	22
	ПМЛ-6500; ПМЛ-6610	15	25	30
	ПМЛ-7500; ПМЛ-7610	18,5	30	50
а	ПМЛ-5710	37	65	75
	ПМЛ-6710	45	75	90

Таблица 40. **Выбор тепловых элементов по степени регулирования**

Номинальный ток пускателя, А	Среднее значение тока теплового элемента, А	Пределы регулирования тока срабатывания, А	Номинальный ток пускателя, А	Среднее значение тока теплового элемента, А	Пределы регулирования тока срабатывания
10	0,14	0,1—0,17	40	21,5	18—25
	0,21	0,16—0,26		27,5	23—32
	0,32	0,24—0,4		35	30—40
	0,52	0,38—0,65	63	35	30—40
	0,8	0,61—1		44	38—50
	1,3	0,95—1,6		52	47—57
	2	1,5—2,6		60	54—63
	3,2	2,4—4	80	60	54—66
	5	3,8—6		71,5	63—80
	6,8	5,5—8	125	90	75—105
	8,5	7—10		110	95—125
25	8,5	7—10	200	110	95—125
	12	9,5—14		140	120—160
	16	13—19		175	150—200
	21,5	18—25			

Таблица 41. **Проверка номинальных сечений цепей управления пускателей**

Номинальный ток, А, не более	Номинальное сечение внешних проводов и кабелей в главной цепи пускателя, мм²		Номинальное сечение внешних проводов и кабелей во вспомогательной цепи всех пускателей, мм²	
	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее
10	1,0	2,5	0,75	2,5
25	2,5	6,0		
40	1,0	16,0		
63	6,0	25,0		
80	6,0	25,0		
125	10,0	50,0		
200	25,0	95,0		

Номинальный ток защищающего от перегрузки нагревательного элемента теплового реле магнитного пускателя выбирают только по длительному расчетному току линии $I_{н.т} \geqslant I_{дл}$.

Токи нагревательных элементов теплового реле, защищающего электродвигатели от перегрузок, приведены в табл. 40.

Контактные зажимы пускателей рассчитаны на присоединение проводников, сечение которых приведено в табл. 41.

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПО УСЛОВИЮ НАГРЕВА

Сечение проводов и кабелей напряжением до 1000 В по условию нагрева определяют согласно требованиям правил устройства электроустановок (см. табл. 22—27) в зависимости от расчетного значения допустимой длительной нагрузки при нормальных условиях прокладки, определенной как большая величина из двух соотношений; по условию нагрева длительным расчетным током $I_{н.д} \geqslant I_{дл}$ и по условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты $I_{н.д} \geqslant K_з I_з$. Значение $K_з$ и $I_з$ определяются из табл. 42 в зависимости от характера сети, типа изоляции проводов и кабелей и условий их прокладки.

Таблица 42. **Минимальные кратности допустимых токовых нагрузок на провода и кабели по отношению к номинальным токам, токам трогания или токам уставки защитных аппаратов**

Ток защитного аппарата $I_з$	С защитой от перегрузки			Без защиты от перегрузки
	Проводники с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией		Кабели с бумажной изоляцией	
	Взрыво- и пожароопасные помещения и т. п.	Невзрывоопасные и пожароопасные производственные помещения промышленных предприятий		
Номинальный плавкой вставки предохранителя	1,25	1,0	1,0	0,33
Уставки автоматического выключателя только с максимальным мгновенно действующим расцепителем	1,25	1,0	1,0	0,22
Номинальный расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)	1,0	1,0	1,0	1,0
Трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (при наличии на автоматическом выключателе отсечки кратность тока ее не ограничивается)	1,0	1,0	0,8	0,66

Сети разделяют на две группы: сети, которые должны быть защищены от перегрузки и токов короткого замыкания; сети, защищаемые только от токов короткого замыкания.

Защите от перегрузки подлежат сети внутри помещений, выполненные:

открыто проложенными и незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой;

защищенными проводниками, проложенными в трубах, несгораемых строительных конструкциях.

Сети внутри помещений, выполненные защищенными проводниками, проложенными в трубах, несгораемых строительных конструкциях, подлежат защите от перегрузки в следующих случаях:

осветительные сети в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;

силовые сети в промышленных предприятиях, жилых и общественных зданиях, торговых помещениях в случаях, когда по условиям технологического процесса или режима работы сети может возникнуть длительная перегрузка проводов и кабелей;

сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети защищают от токов короткого замыкания.

Сечения проводов и кабелей для ответвления к двигателю с короткозамкнутым ротором во всех случаях выбирают в соответствии с условием $I_{н.д} \geqslant I_{дл}$, в котором длительный расчетный ток линии равен: для невзрывоопасных помещений — номинальному току двигателя; для взрывоопасных — 1,25 % номинального тока дви-

гателя напряжением до 1000 В. Выбранное сечение провода или кабеля должно быть проверено по условию $I_{н.д} \geqslant K_з I_з$ как для сетей, защищаемых только от короткого замыкания.

Во всех случаях должно быть обеспечено надежное отключение защитными аппаратами однофазного короткого замыкания, происшедшего в наиболее отдаленных точках сети. Это условие выполняется, если кратность тока однофазного короткого замыкания в сетях с глухо заземленной нейтралью не менее трех по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя и номинальному току расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику, и не менее $1{,}1K_р$ по отношению к току срабатывания автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель ($K_р$ — коэффициент, учитывающий разброс характеристик расцепителя по данным завода).

Для сетей, прокладываемых во взрывоопасных помещениях, допустимые кратности тока короткого замыкания увеличиваются до четырех по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя и до шести — по отношению к номинальному току автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой.

Для сетей, защищаемых только от токов короткого замыкания, в технически обоснованных случаях допускается завышение токов плавких вставок предохранителей и уставок расцепителей автоматов по сравнению с величинами, указанными в табл. 42.

Сечение проводов и кабелей линии напряжением выше 1000 В по условиям нагревания определяют по длительным расчетным токам.

Значения силы тока в зависимости от расчетной мощности нагрузки сети при наиболее распространенных напряжениях приведены в табл. 43.

Таблица 43. Сила тока, А, в зависимости от расчетной мощности нагрузки сети

Мощность, кВ·А	Напряжение, кВ				
	3,0	6,0	6,6	10,0	10,5
5	1,0	0,5	0,4	0,3	0,3
10	1,9	1,0	0,9	0,6	0,5
20	3,8	1,9	1,7	1,2	1,1
30	5,8	2,9	2,6	1,7	1,6
50	9,6	4,9	4,4	2,9	2,7
75	14,4	7,2	6,6	4,3	4,1
100	19,3	9,6	8,8	5,8	5,5
135	26,0	13,0	11,8	7,8	7,4
180	34,6	18,3	15,8	10,4	9,9
240	46,2	24,1	21,0	13,9	13,2
320	61,6	31,8	28,0	18,5	17,6
420	80,0	41,4	36,7	24,3	23,1
560	107,8	54,9	49,0	32,3	30,8
750	144,3	62,2	65,6	43,3	41,2
1000	192,5	96,2	87,5	57,4	55,0
1350	259,8	129,9	118,1	77,9	74,2
1800	346,4	183,2	157,5	103,9	99,0
2400	461,9	241,0	210,0	138,6	132,0
3200	615,9	317,9	279,9	184,8	176,0
4200	808,3	414,2	367,4	242,5	230,9
5000	962,3	491,1	437,4	288,7	274,9

Мощность, кВ·А	Напряжение, кВ				
	3,0	6,0	6,6	10,0	10,5
5600	1077,8	548,9	489,9	323,3	307,9
6600	—	651,6	583,2	384,9	266,6
7500	—	721,7	656,1	433,0	412,4
10 000	—	962,3	874,8	577,4	549,9

Допустимые нагрузки и предельные значения номинальных токов плавких вставок предохранителей и номинальных токов тепловых и комбинированных расцепителей автоматических выключателей для проводов и кабелей на напряжение до 1000 В с алюминиевыми жилами при прокладке открыто на воздухе или в трубах при длительном режиме работы даны в таблицах 44—46.

Таблица 44. Предельные номинальные токи тепловых и комбинированных расцепителей автоматов и допустимые длительные нагрузки для проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (напряжение до 1000 В), А

Сечение, мм²	Открытая прокладка кабелей типа АНРГ, АВРГ: Нагрузка: двужильных	Открытая прокладка кабелей типа АНРГ, АВРГ: Нагрузка: трехжильных	Открытая прокладка кабелей типа АНРГ, АВРГ: Номинальный ток расцепителя: двужильных	Открытая прокладка кабелей типа АНРГ, АВРГ: Номинальный ток расцепителя: трехжильных	Открытая прокладка кабелей типа ААГ, ААБГ: Нагрузка: двужильных	Открытая прокладка кабелей типа ААГ, ААБГ: Нагрузка: трехжильных	Открытая прокладка кабелей типа ААГ, ААБГ: Номинальный ток расцепителя: двужильных	Открытая прокладка кабелей типа ААГ, ААБГ: Номинальный ток расцепителя: трехжильных	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Нагрузка: двух одножильных	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Нагрузка: трех одножильных	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Номинальный ток расцепителя: двух и трех одножильных	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Нагрузка: одного двужильного	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Нагрузка: одного трехжильного	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Номинальный ток расцепителя: двужильного	Прокладка в трубах проводов и кабелей типа АПРТО, АНРГ, АВРГ: Номинальный ток расцепителя: трехжильного
2,5	21	19	20	—	23	22	25	—	20	19	20	19	16	20	15
4	29	27	30	—	31	29	30	—	28	28	30	25	21	25	20
6	38	32	40	30	42	35	40	—	36	32	30	31	26	30	25
10	55	42	60	40	55	46	50	—	50	47	50	42	39	40	—
16	70	60	70	60	75	60	85	60	60	60	60	62	54	60	—
25	90	75	85	—	100	80	100	85	85	80	85	77	65	70	—
35	105	90	100	—	115	95	120	100	100	95	100	96	77	85	100
50	135	110	120	—	140	120	140	120	140	130	140	123	104	120	—
70	165	140	140	—	175	155	170	—	175	165	170	150	135	140	
95	200	170	200	170	210	190	200	—	215	200	200	189	166	170	
120	230	200	200	—	245	220	250	—	245	200	250	228	192	200	
150	270	235	250	—	290	255	300	—	275	255	250	—	—	—	
185	310	270	300	—	—	290	300	—	—	—	—	—	—	—	

Таблица 45. **Предельные номинальные токи плавких вставок безынерционных предохранителей и допустимые длительные нагрузки для проводов и кабелей с алюминиевыми жилами в производственных невзрыво- и непожароопасных помещениях, в которых требуется защита сети от перегрузки, А**

Сечение, мм²	Открытая прокладка кабелей типа								Прокладка в трубах проводов и кабелей типа							
	АНРГ, АВРГ				ААГ, ААБГ				АПРТО, АНРГ, АВРГ							
	Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки	
	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двух одножильных	трех одножильных	двух и трех одножильных	одного двужильного	одного трехжильного	двужильных	трехжильных
2,5	21	19	20		23	22	25		20	19	20	19	16	20	15
4	29	27	30		31	29	30		28	28	30	25	21	25	20
6	38	32	40	30	42	35	50		36	32	30	31	26	30	25
10	55	42	50	40	55	46	50		50	47	50	42	39	40	
16	70	60	60		75	60	80	60	60	60	60	62	54	60	
25	90	75	80		100	80	100	80	85	80	80	77	65	80	
35	105	90	100		115	95	120	100	100	95	100	96	77	80	
50	135	110	120		140	120	150	120	140	130	150	123	104	120	100
70	165	140	150		175	155	200	150	175	165	200	150	135	150	
95	200	170	200		210	190	200		215	200	200	189	166	200	
120	230	200	200		245	220	250		245	220	250	228	192	200	
150	270	235	250		290	255	300	250	275	255	250	—	—	—	
185	310	270	300		—	290	300		—	—	—	—	—	—	

Таблица 46. **Предельные номинальные токи плавких вставок безынерционных предохранителей и допустимые длительные нагрузки для проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (напряжение до 1000 В) во взрыво- и пожароопасных помещениях и в сетях непроизводственных помещений, в которых требуется защита от перегрузок, А**

Сечение, мм²	Открытая прокладка кабеля типа								Прокладка в трубах проводов, кабеля типа						
	АНРГ, АВРГ				ААГ, ААБГ				АПРТО, АНРГ, АВРГ						
	Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки
	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двух одножильных	трех одножильных	двух и трех одножильных	одного двужильного	одного трехжильного	двужильного	трехжильного
2,5	21	19	15		23	22	20		20	19	15	19	16	15	
4	29	27	20		31	29	30		29	28	25	25	21	20	
6	38	32	30	25	42	35	40		36	32	25	31	26	25	
10	55	42	40		55	46	50		50	47	40	42	39	30	
16	70	60	50		75	60	80	60	60	60	50	62	54	50	
25	90	75	60		100	80	100	80	85	80	60	77	65	60	50
35	105	90	80		115	95	120	100	100	95	80	96	77	80	60
50	135	100	100		140	130	150	120	140	130	100	123	104	100	80

Продолжение табл. 46

Сечение, мм²	Открытая прокладка кабеля типа								Прокладка в трубах проводов, кабелей типа					
	АНРГ, АВРГ				ААГ, ААБГ				АПРТО, АНРГ, АВРГ					
	Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки		Нагрузка		Ток вставки	
	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двужильных	трехжильных	двух одножильных	трех одножильных	двух и трех одножильных	одного двужильного	одного трехжильного	двужильного	трехжильного
70	165	140	120		175	155	200	150	175	165	150	150	125	120	
95	200	170	150		210	190	200		215	200	150	189	166	150	
120	230	200	200	150	245	220	250		245	220	200	228	192	150	
150	270	235	200		290	255	300	250	275	255	200	—	—	—	
185	310	270	250		—	290	300		—	—	—	—	—	—	

Таблица 47. **Выбор проводов, кабелей, пусковой и защитной аппаратуры на ответвлениях к асинхронным электродвигателям**

Мощность двигателя, кВт	$I_н$, А	Пусковая и защитная аппаратура				Сечение проводов и кабеля, мм²					
		Ток вставки предохранителя в силовом пункте, А		Станция управления		Провода АПРТО в трубе		Диаметр трубы, мм	Кабель трехжильный с изоляцией		
									бумажной		резиновой
									Жила		
		ПР-2	НПН, ПН-2	Ток расцепителя, А	Ток нагревательного элемента, А	три одножильных	трехжильный		медная	алюминиевая	медная
0,4	1,4	6	4	1,6	2,5	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
0,6	1,9	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
0,8	2,4	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5	15	2,5	2,6	1,5
1,1	3,0	10	10	4,0	4,0	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
1,5	3,9	10	10	4,0	4,0	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
2,2	6,1	15	15	6,4	6,3	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
3,0	8,0	20	10	10	10,0	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
4,0	10,2	25	25/30	16	10,0	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
5,5	13,7	35	40	16	16,0	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
7,5	16,0	45	50	16	16,0	2,5	1,5	15	2,5	2,5	1,5
10,0	21,0	60	60	25	25,0	2,5	4	15	2,5	2,5	1,5
13,0	26,5	80	80	40	32,0	4	10	32	2,5	2,5	4
17,0	34,0	100	100	40	32,0	10	10	32	4	6	6
22,0	34,6	125	120	50	50,0	10	16	32	6	10	10
30,0	62,0	200	200	80	80,0	25	35	50	16	25	16
40,0	76,0	—	250	100	80,0	25	50	50	16	25	25
55,0	100,5	—	—	100	100,0	50	50	50	25	50	35
75,0	134,5	—	—	150	150,0	70	95	70	50	70	50
100,0	178,0	—	—	250	1,6	95	120	70	70	95	95

Данные для выбора проводов, кабелей, пусковой и защитной аппаратуры на ответвлениях к асинхронным электродвигателям приведены в табл. 47, а для двигателей во взрывозащищенных исполнениях — в табл. 48.

Таблица 48. Выбор проводов кабелей, пусковой и защитной аппаратуры на ответвлениях к взрывозащищенным двигателям

Мощность, кВт	$I_н$, А	Пусковая и защитная аппаратура				Сечение провода и кабеля, мм²								
		Ток вставки предохранителя в силовом пункте, А		Ток расцепителя, А	Ток нагревательного элемента, А	Провода с резиновой изоляцией						Кабель трехжильный с изоляцией		
						Медная жила			Алюминиевая жила			бумажной		резиновой
						ПРТО, три одножильных	ПРТО, трехжильный	Диаметр трубы, мм	АПРТО, три одножильных	АПРТО, трехжильный	Диаметр трубы, мм	Жила		
		ПР-2	НПН, ПН-2									медная	алюминиевая	медная
0,4	1,5	6	4	1,6	2,5	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
0,6	2,0	6	4	2,5	2,5	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
0,8	2,5	6	6	2,5	2,5	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
1,0	—	6	6	4,0	4,0	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
1,1	3,0	6	6	4,0	4,0	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
1,5	3,9	10	10	4,0	4,0	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
1,7	—	10	10	6,4	6,3	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
2,2	6,1	10	10	6,4	6,3	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
2,7	—	15	15	10	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	15	2,5	2,5	1,5
2,8	—	20	20	6,4	10	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
3,0	8,1	15	15	10	10	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
3,8	—	20	20	10	10	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
4,0	10,7	20	20	10	12,5	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
4,5	—	25	25	10	10	1,5	1,5	15	2,5	2,5	15	2,5	2,5	1,5
5,5	13,0	35	30	15	16	1,5	2,5	15	2,5	4	15	2,5	2,5	1,5
6,5	—	35	30	15	16	2,5	2,5	15	4	4	15	2,5	2,5	2,5
7,0	—	45	40	15	16	2,5	2,5	15	4	4	15	2,5	2,5	2,5
7,5	18,0	35	40	25	20	2,5	4,0	15	4	6	20	2,5	4	2,5
8,0	—	45	40	25	20	2,5	2,5	15	4	6	20	2,5	4	2,5
8,5	—	45	50	25	20	2,5	4	15	4	6	20	2,5	4	2,5
10,0	22,0	45	40	25	25	4	6	20	4	10	25	2,5	4	4
11,4	—	60	50	25	25	4	6	20	6	10	25	4	4	4
13,0	30,0	80	80	40	32	6	10	25	10	10	25	6	10	6
16,5	—	80	80	40	32	6	10	25	10	16	25	6	10	10
17,0	42,0	100	100	50	40	10	16	25	16	16	25	10	16	10
20,0	—	125	120	50	50	10	16	25	16	25	32	10	16	16
22,0	52	125	120	80	60	16	16	25	25	16	32	16	25	16
25,0	—	160	150	80	60	16	16	25	25	35	50	16	25	16
29,0	—	160	150	80	60	16	25	32	25	35	50	16	25	16
30,0	66,0	160	150	100	80	25	25	32	35	50	50	25	35	25
35,0	—	200	200	100	80	25	35	50	35	50	50	25	35	25
40,0	79,0	—	—	100	80	50	35	50	50	50	50	25	50	35
40,0	93,0	—	—	150	100	35	50	50	50	70	50	50	50	50
45,0	—	—	—	150	100	35	50	50	50	70	50	50	70	35
55,0	115,0	—	—	200	120	50	70	50	70	95	80	50	70	50
61,0	—	—	—	200	120	50	70	50	70	95	80	50	70	70
68,0	—	—	—	200	150	70	70	50	95	120	80	70	95	70
75,0	146,0	—	—	200	150	70	95	80	95	120	80	70	95	95
85,0	—	—	—	250	1,6	95	95	80	120	—	80	95	120	95
100	195	—	—	250	2,0	95	120	80	150	—	80	95	150	120

Таблица 49. Значения и единицы измерения величин для определения коэффициента α_2

Переменный ток	Сумма моментов нагрузок по участкам линий						Потери напряжения		Формула для определения коэффициента α_2	Численное значение коэффициента α_2 при номинальном междуфазном напряжении, кВ			
	активных M_P	единица измерения	реактивных M_Q	единица измерения	полных M	единица измерения				0,22	0,38	0,66	6	10
	ΣPl	А·км	ΣQl	квар·км	ΣSl	кВ·А·км	ΣIl	А·км	P	2				
Однофазный	ΣPl	кВт·км	ΣQl	квар·км	ΣSl	кВ·А·км	B	2	$\frac{2}{U_н}$	0,909	0,526	0,303	0,333	0,02
							проц.		$\frac{2}{10U_н}$	0,09	5,26	3,03	0,333	0,2
	ΣPl	А·км	ΣQl	А·км	ΣIl	А·км	P	$\sqrt{3}$		1,73				
							проц.		$\frac{2}{10U^2_н}$	4,13	1,38	0,459	0,00555	0,002
	ΣPl	кВт·км	ΣQl	квар·км	ΣSl	кВ·А·км	B	2	$\frac{\sqrt{3}}{U_н}$	0,787	0,455	0,263	0,0289	0,0173
							проц.		$\frac{\sqrt{3}}{10U_н}$	4,55	2,63	1,52	0,167	0,1
Трехфазный	ΣPl	кВт·км	ΣQl	квар·км	ΣSl	кВ·А·км	B	1	$\frac{1}{U_н}$	2,07	0,69	0,23	0,00278	0,001
							проц.		$\frac{1}{10U^2_н}$	—	—	—	0,167	0,1
	ΣPl	МВт·км	ΣQl	мвар·км	ΣSl	мВ·А·км	B	$\frac{1000}{U_н}$		—	—	—	167	100
							проц.		$\frac{100}{U^2_н}$	1	—	—	2,78	1

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ, КАБЕЛЕЙ И ТОКОПРОВОДОВ ПО ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ

Расчет сечения проводов линии по заданной (допустимой) величине потери напряжения с учетом индуктивности линии производят так. Определяют расчетную потерю напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.cp} M_Q,$$

где ΔU — допустимая потеря напряжения в линии или сети, проц.; α_2 — коэффициент, зависящий от характеристики тока и принятых единиц измерения для входящих в формулы величин (табл. 49 на с. 77); $X_{L.cp}$ — среднее индуктивное сопротивление линии, Ом/м; M_Q — максимальное значение суммы моментов реактивных нагрузок для рассчитываемой линии.

Значения среднего индуктивного сопротивления $X_{L.cp}$:

Кабели: до 1 кВ	0,06
до 6—10 кВ	0,08
Изолированные провода на роликах	0,2
То же, на изоляторах	0,25
Воздушные линии до 1 кВ	0,3
То же, 6—10 кВ	0,4

Активное и индуктивное сопротивление провода или жилы кабеля приведены в табл. 50 и 51.

Сечение провода $F = (\alpha_1 M)/\Delta U$, мм², где α_1—коэффициент, зависящий от системы тока и принятых при вычислениях единиц измерения для входящих в формулу величин (табл. 52); M — сумма моментов полных нагрузок, т. е. сумма произведений нагрузок, передаваемых по участкам линии на длины этих участков; ΔU_a — расчетная потеря напряжения в линии, В или проц.

Таблица 50. Активные и индуктивные сопротивления для проводов и кабелей с медными и алюминиевыми жилами

Сечение мм²	Сопротивление, Ом/км: активное для провода медного, Температура, °С: 30	40	50	активное для провода алюминиевого, Температура, °С: 30	45	индуктивное для трехжильного кабеля с бумажной изоляцией до 1 кВ	индуктивное для провода в трубах *	индуктивное для провода, проложенного открыто на расстоянии 20 см между ними	индуктивное для воздушной линии до 1 кВ
1,5	12,3	12,8	13,3	—	—	0,113	0,126	0,374	—
2,5	7,4	7,7	8	12,5	13,3	0,104	0,116	0,358	—
4	4,63	4,81	5	7,81	8,34	0,095	0,107	0,343	—
6	3,09	3,2	3,34	5,21	5,56	0,09	0,0097	0,33	—
10	1,85	1,92	2	3,12	3,33	0,079	0,099	0,307	—
16	1,16	1,2	1,25	1,95	2,08	0,0675	0,0947	0,293	0,354
25	0,741	0,77	0,8	1,25	1,33	0,0662	0,0912	0,278	0,339
35	0,53	0,55	0,572	0,894	0,951	0,0637	0,0879	0,268	0,33
50	0,371	0,385	0,4	0,625	0,666	0,0625	0,0854	0,256	0,317
70	0,265	0,275	0,286	0,447	0,447	0,0612	0,0819	0,245	0,307
95	0,195	0,202	0,21	0,329	0,351	0,0602	0,0807	0,236	0,297
120	0,154	0,16	0,167	0,261	0,278	0,0600	0,0802	0,229	0,293

* Значения с точностью до 3—5 % применимы для кабелей с резиновой изоляцией.

Таблица 51. Активное сопротивление проводов и кабелей, Ом/м

Сечение провода, мм²	Медные провода и кабели	Алюминиевые провода и кабели	Сталеалюминиевые провода	Сечение провода, мм²	Медные провода и кабели	Алюминиевые провода и кабели	Сталеалюминиевые провода
150	0,123	0,21	0,21	300	0,062	0,106	0,107
185	0,103	0,17	0,17	400	0,047	0,08	0,08
240	0,078	0,132	0,132				

Таблица 52. Значение и единицы измерения величин для определения коэффициента α_1

Ток	Сумма моментов нагрузок по участкам линии: M_p	единица измерения	Потеря напряжения ΔU	Формула для определения коэффициента α_1	Численное значение коэффициента α_1 для алюминиевых (числитель) и медных (знаменатель) проводов и кабелей при номинальном междуфазном напряжении, кВ: 0,22	0,38	0,66	6	10
			В	$\frac{2}{\gamma}$			$\frac{0,0631}{0,0377}$		
Однофазный переменный или постоянный	$\Sigma I_p l$	А·м	проц.	$\frac{2}{10\gamma U_н}$	$\frac{0,0287}{0,0717}$	$\frac{0,0166}{0,00992}$	$\frac{0,00956}{0,00571}$	—	—
	ΣPl	кВт·м	В	$\frac{2}{\gamma U_н}$	$\frac{0,287}{0,171}$	$\frac{0,166}{0,0992}$	$\frac{0,0957}{0,0571}$	—	—
			проц.	$\frac{2}{10\gamma U_н^2}$	$\frac{0,130}{0,0777}$	$\frac{0,0437}{0,0261}$	$\frac{0,0145}{0,00865}$	—	—
Трехфазный переменный	ΣPl	кВт·м	В	$\frac{1000}{\gamma U_н}$	$\frac{143,0}{85,5}$	$\frac{83,0}{49,6}$	$\frac{47,8}{28,6}$	$\frac{5,25}{3,14}$	$\frac{3,16}{1,89}$
			проц.	$\frac{100}{\gamma U_н^2}$	$\frac{65,3}{38,9}$	$\frac{21,9}{13,1}$	$\frac{7,25}{4,33}$	$\frac{0,0875}{0,0523}$	$\frac{0,0316}{0,0189}$
		МВт·км	В	$\frac{10^6}{\gamma U_н}$	—	—	—	$\frac{5250}{3140}$	$\frac{3140}{1890}$
			проц.	$\frac{10^4}{\gamma U_н^2}$	—	—	—	$\frac{87,5}{52,3}$	$\frac{31,6}{18,9}$
Ответвление от четырехпроводной линии трехфазного тока: однофазное двухфазное	ΣPl	кВт·м	В	$\frac{6}{10\gamma U_н^2}$	$\frac{0,392}{0,233}$	$\frac{0,131}{0,0786}$	—	—	—
			проц.	$\frac{2,25}{10\gamma U_н^2}$	$\frac{0,147}{0,0875}$	$\frac{0,0493}{0,0295}$	—	—	—

Примечание. Удельная проводимость γ, м/Ом·мм², номинальное междуфазное напряжение $U_н$, кВ.

Таблица 53. Расчетное сечение трехфазных воздушных и кабельных линий на напряжением 6 и 10 кВ при потере напряжения ΔU до 1,5 %; $\cos\varphi = 0{,}7 \div 1$, мм²

| Нагрузка, кВт | Материал кабеля, марка провода | Длина участка, м | | |

По окончании расчета величина расчетной потери напряжения в линии уточняется по формуле

$$\Delta U_a = (\alpha_1 M)/F, \text{ проц.}$$

Пример. Расчетная нагрузка P трехфазной воздушной линии составляет 0,25 МВт, коэффициент мощности для нагрузок сети одинаков: $\cos\varphi = 0{,}96$, $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}29$. Произвести расчет линии 10 кВ (в населенной местности) на потерю напряжения с учетом индуктивности проводов. Материал провода — алюминий. Длина линии $l = 1{,}8$ км. Располагаемая потеря напряжения $\Delta U = 6{,}5$ % (см. табл. 8).

Определим моменты активных и реактивных нагрузок участков линии: $M_P = \Sigma Pl$; $M_P = 0{,}26 \cdot 1{,}8 = 0{,}47$ МВ · А · км; $M_Q = \Sigma Ql$; $M_Q = 0{,}25 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}29 =$ $= 0{,}13$ Мвар · км.

Коэффициент $\alpha_2 = 1$ (см. табл. 49).

Среднее индуктивное сопротивление $X_{L.ср} = 0{,}4$ Ом/км (см. табл. 50).

Определим расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.ср} M_Q,$$

$$\Delta U = 6{,}5 - 1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}13 = 6{,}45\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_1 = 31{,}6$ Ом · мм²/м · кВ² (см. табл. 52).

Определяем сечение линии

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U}, \quad F = 31{,}6 \cdot \frac{0{,}47}{6{,}45} = 2{,}3 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение 2,5 мм². Однако, выполняя требования правил устройства электроустановок, принимаем сечение (не менее приведенного в табл. 4) равное 35 мм².

Проверяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F}, \quad \Delta U_a = 31{,}6 \cdot \frac{0{,}47}{35} = 0{,}425\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлена табл. 53 выбора сечений для воздушных линий, выполненных алюминиевыми или сталеалюминиевыми проводами в зависимости от длин участков линий и расчетной нагрузки, кВт.

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ

Сечение кабельной линии рассчитывают по заданной (допустимой) величине потери напряжения с учетом индуктивности линии.

Пример. Расчетная нагрузка P трехфазной кабельной линии составляет 0,4 МВт, коэффициент мощности для нагрузок сети одинаков $\cos\varphi = 0{,}96$, $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}29$. Произвести расчет кабельной линии напряжением 10 кВ на потерю напряжения с учетом индуктивных сопротивлений (кабель с алюминиевыми жилами). Длина линии $l =$ $= 2$ км. Допустимая потеря напряжения $\Delta U = 7$ % (см. табл. 7).

Определяем моменты активных и реактивных нагрузок участков линии: $M_P =$ $= \Sigma Pl$; $M_P = 0{,}41 \cdot 2{,}0 = 0{,}82$ МВ · А · км; $M_Q = \Sigma Ql$; $M_Q = 0{,}4 \cdot 0{,}29 \cdot 2{,}0 =$ $= 0{,}232$ Мвар · км.

Коэффициент $\alpha_2 = 1$ (см. табл. 49).

Среднее индуктивное сопротивление $X_{ср} = 0{,}08$ Ом/км (см. табл. 50).

Определяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{l.ср} M_Q;$$

$$\Delta U_a = 7{,}0 - 1 \cdot 0{,}08 \cdot 0{,}232 = 6{,}8\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_1 = 31{,}6$ Ом · мм²/м · кВ² (см. табл. 52).

Определяем сечение линии

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U}, \quad F = 31{,}6 \frac{0{,}82}{6{,}8} = 3{,}8 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее сечение 4 мм². Однако согласно требованиям правил устройства электроустановок принимаем сечение по табл. 26 равным 16 мм².

Проверяем расчетную величину потери напряжения:

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F}, \quad \Delta U_a = 31{,}6 \frac{0{,}82}{16} = 1{,}62\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие.

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 кВ

Сечение проводов линии рассчитывают по заданной (допустимой) величине потери напряжения с учетом индуктивности линии.

Пример. Расчетная нагрузка P воздушной трехфазной линии составляет 0,63 МВт, коэффициент мощности для нагрузок сети одинаков $\cos\varphi = 0{,}95$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}32$. Произвести расчет воздушной линии 6 кВ (в населенной местности) на потерю напряжения с учетом индуктивности проводов. Материал провода — алюминий. Длина линии $l = 2{,}1$ км. Допустимая потеря напряжения $\Delta U = 6{,}5$ % (см. табл. 8).

Определяем моменты активных и реактивных нагрузок участков линии: $M_P = \Sigma Pl$; $M_P = 0{,}664 \cdot 2{,}1 = 1{,}33$ МВ · А · км; $M_Q = \Sigma Ql$; $M_Q = 0{,}63 \cdot 0{,}32 \cdot 2{,}1 =$ $= 0{,}424$ Мвар · км.

Коэффициент $\alpha_2 = 2{,}78$ (см. табл. 49).

Среднее индуктивное сопротивление $X_{L.ср} = 0{,}4$ Ом/км (см. табл. 50).

Определяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.ср} M_Q,$$

$$\Delta U_a = 6{,}5 - 2{,}78 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}424 = 6{,}03\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_1 = 87{,}5$ Ом · мм²/м · кВ² (см. табл. 52)

Минимальное сечение линии

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U}, \quad F = 87{,}5 \frac{1{,}39}{6{,}03} = 20{,}2 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее сечение 25 мм², сверяем его по данным (см. табл. 4), и согласно требованиям Правил устройства электроустановок принимаем равным 35 мм².

Проверяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F}, \quad \Delta U_a = 87{,}5 \frac{1{,}39}{35} = 3{,}48\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие *.

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 кВ

Рассчитываем сечение кабельной линии по заданной (допустимой) величине потери напряжения с учетом индуктивности линии.

Пример. Расчетная нагрузка P трехфазной кабельной линии составляет 1,0 МВт, коэффициент мощности для нагрузок сети одинаков $\cos\varphi = 0{,}95$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}32$. Произвести расчет кабельной линии напряжением 6 КВ на потерю напряжения с учетом индуктивных сопротивлений. Кабель — с алюминиевыми жилами. Длина линии $l = 2{,}4$ км. Допустимая потеря напряжения $\Delta U = 7$ % (см. табл. 8).

Определяем моменты активных и реактивных нагрузок участков линии: $M_P = \Sigma Pl$; $M_P = 1{,}05 \cdot 2{,}4 = 2{,}52$ МВ · А · км; $M_Q = 1{,}0 \cdot 0{,}32 \cdot 2{,}4 =$ $= 0{,}77$ Мвар · км.

---

* Для снижения потери напряжения до 1,5 % (величина, принятая в расчетах) сечение провода принимается равным 95 мм²

$$\Delta U_a = 87{,}5 \frac{1{,}32}{95} 1{,}23\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_2 = 2{,}78$ (см. табл. 49).
Среднее индуктивное сопротивление $X_{L.cp} = 0{,}08$ Ом/км (см. табл. 50).
Определяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.cp} M_Q,$$

$\Delta U_a = 7{,}0 - 2{,}78 \cdot 0{,}08 \cdot 0{,}77 = 6{,}8$ %.
Коэффициент $\alpha_1 = 87{,}5$ Ом · мм²/м · кВ² (см. табл. 52).
Сечение жил кабеля

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U_a}, \quad F = 87{,}5 \frac{2{,}52}{6{,}8} = 32{,}4 \text{ мм}^2.$$

Принимаем ближайшее сечение по табл. 22 равным 35 мм². Проверяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F}, \quad \Delta U_a = 87{,}5 \frac{2{;}52}{35} = 6{,}3\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие *.

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

Сечение провода воздушной линии определяют по заданной потере напряжения с учетом индуктивности линии.

Пример. Расчетная активная нагрузка равна 20 кВт, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0{,}96$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}29$. Произвести расчет воздушной линии напряжением 0,4 кВ на потери напряжения с учетом индуктивности сопротивлений. Длина линии $l = 280$ м. Материал провода — алюминий. Принимаем допустимое отклонение напряжения — 2,5 %.

Определяем моменты активных и реактивных нагрузок участка линии:

$$M_P = \Sigma Pl, \quad M_P = 20 \cdot 0{,}28 = 5{,}6 \text{ кВт} \cdot \text{км};$$

$$M_Q = \Sigma Ql, \quad M_Q = 20 \cdot 0{,}28 \cdot 0{,}29 = 1{,}63 \text{ квар} \cdot \text{км}.$$

Коэффициент $\alpha_2 = 0{,}69$ (см. табл. 49).
Среднее индуктивное сопротивление $X_{L.cp} = 0{,}3$ Ом/км (см. табл. 50). Определяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.cp} M_Q,$$

$$\Delta U_a = 2{,}5 - 0{,}69 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}63 = 2{,}16\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_1 = 21{,}9$ (см. табл. 52).
Определяем сечение провода

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U_a}, \quad F = 21{,}9 \frac{5{,}6}{2{,}16} = 56{,}8 \text{ мм}^2.$$

Принимаем ближайшее сечение по табл. 25 (с проверкой по табл. 4) равным 70 мм².
Проверяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F}, \quad \Delta U_a = 21{,}9 \frac{5{,}6}{70} = 1{,}75\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлены таблицы 54, 55 выбора сечений для воздушных линий, выполненных алюминиевыми и сталеалюминиевыми проводами в зависимости от длины участков линии и расчетной нагрузки.

---

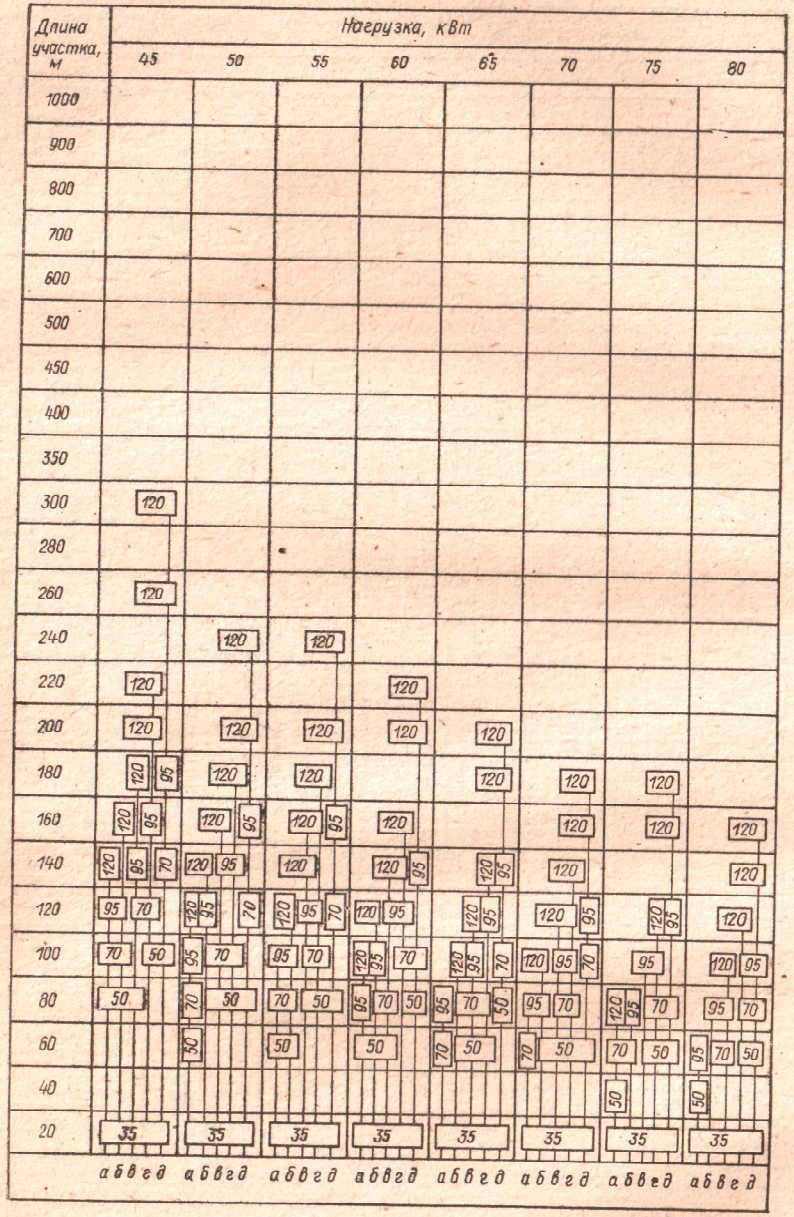
* Для снижения потери напряжения до 2,5 % (величина, принятая в расчетах), сечение жил кабелей линии принимается равным 95 мм²

$$\Delta U_a = 87{,}5 \frac{2{,}52}{95} = 2{,}25\ \%.$$

Таблица 54. Расчетное сечение трехфазных воздушных линий с алюминиевыми проводами напряжением 380/220 В при потере напряжения ΔU до 2,5 %, cos φ, равном 0,7 (а), 0,8 (б), 0,9 (в), 0,95 (г), 1,0 (д) в мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1000	95 70							
900	70	120	120					
800	70 50	120 95	120					
700	50	120 95						
600	50	120 95 70	120 95	120				
500	95	95 70	95		120			
450	70	120 95	120 95	120	120	120		
400	70 50	120 95	120 95 70	120 95		120		
350	50	95	95 70	120 95	120 95		120	
300	50	70	70	120 70		120		120
280		50	50	95	120 95	120 95	120	120
260		70 50	70 50	70	120 95	120		
240		50	50	95 70	120	70 120	120 95	120
220		50	50	70	95	120 95		120
200		50	50	70 50	95 70	120 70	120 95	120 95
180				50	70	95 70	120 95 70	120 95
160				50	70 50	95 70	95 70	95 70
140					50	70 50	95 70	95 70
120					50	50	70 50	95 70
100						50	50	70 50
80								50
60								
40								
20	35	35	35	35	35	35	35	35
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д

Продолжение табл. 54



Продолжение табл. 54

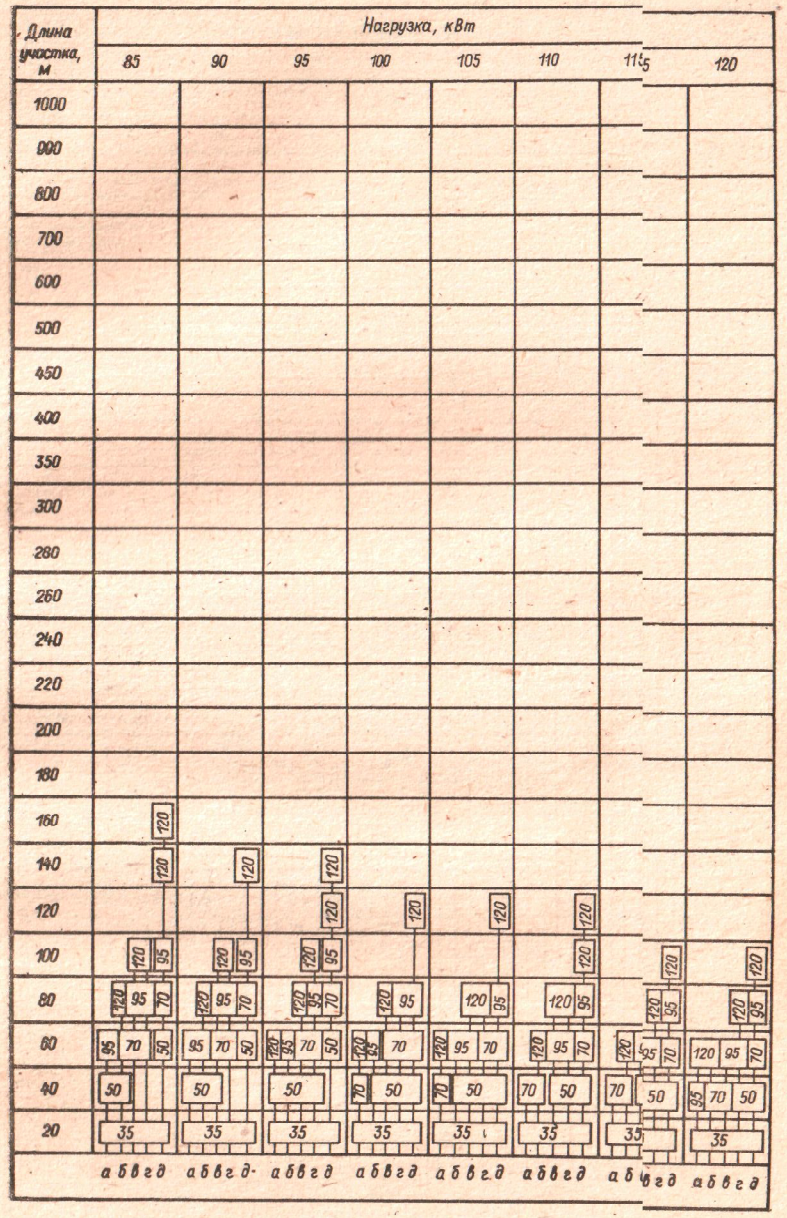
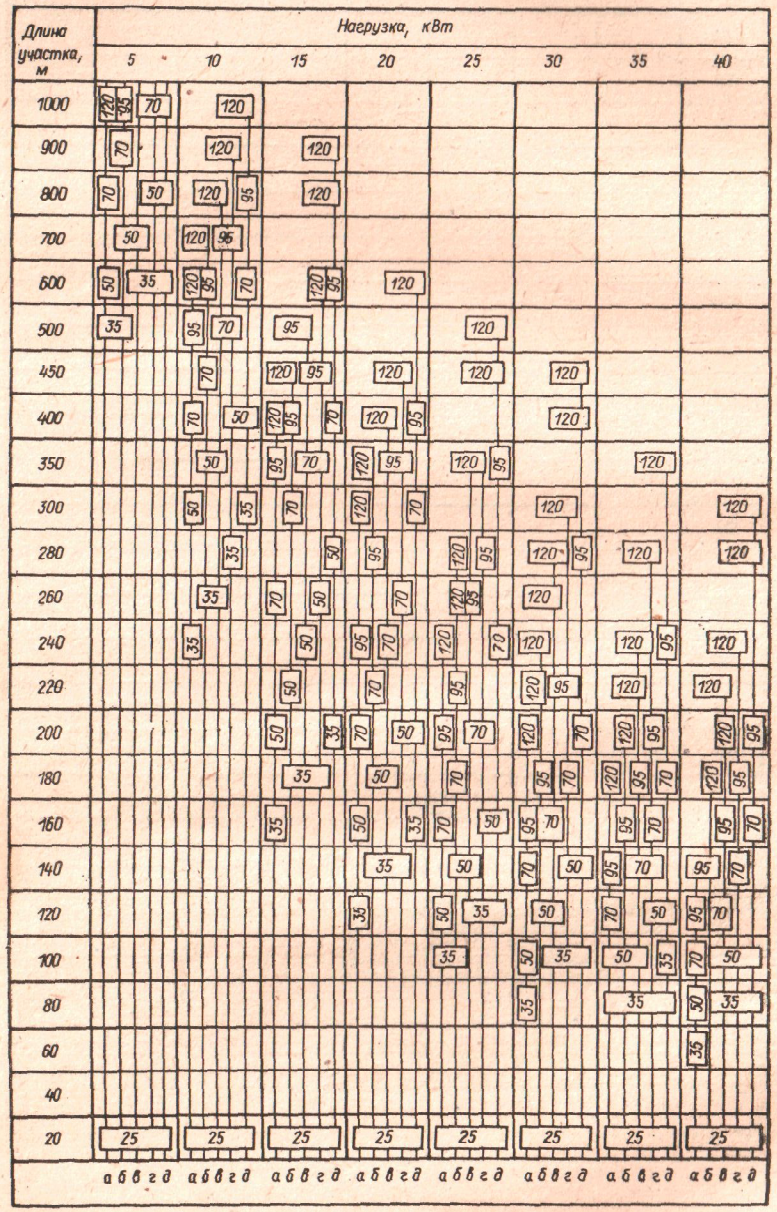
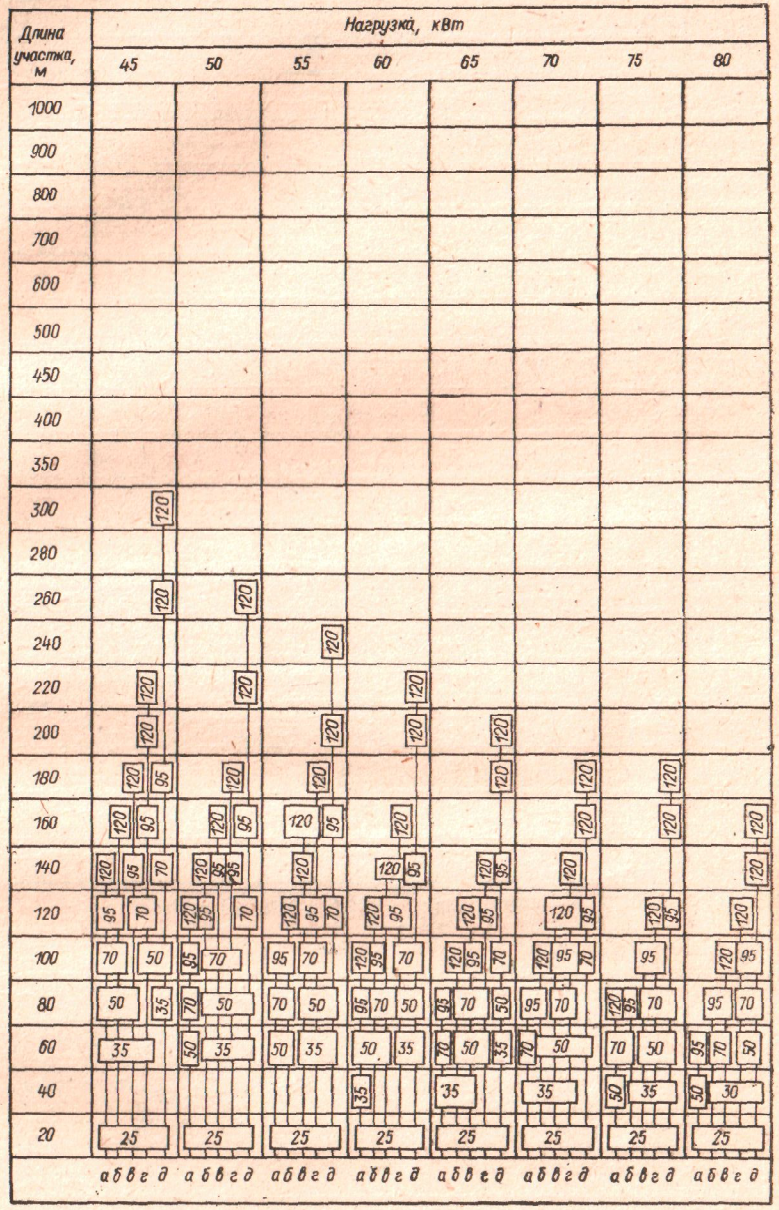


Таблица 55. Расчетное сечение трехфазных воздушных линий со сталеалюминиевыми проводами напряжением 380/220 В при потере напряжения $\Delta U = 2{,}5\ \%$, $\cos\varphi$, равном 0,7 (а), 0,8 (б), 0,9 (в), 0,95 (г), 1,0 (д), мм²



Продолжение табл. 55



Продолжение табл. 55

Длина участка, м	Нагрузка, кВт							
	85	90	95	100	105	110	115	120
1000								
900								
800								
700								
600								
500								
450								
400								
350								
300								
280								
260								
240								
220								
200								
180								
160	120							
140	120	120	120					
120			120	120	120	120		
100	120 95	120 95	120 95	120	120	120	120	120
80	120 95 70	120 95 70	120 95 70	120 95	120 95	120 95	120 95	120 95
60	95 70 50	95 70 50	120 95 70 50	120 95 70	120 95 70	120 95 70	120 95 70	120 95 70
40	50	50	50	70 50	70 50	70 50	70 50	95 70 50
20	35	35	35	35	35	35	35	35
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д

Таблица 56. Расчетное сечение трехфазных сетей кабельных линий с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией напряжением 380/220 В, при потере напряжения $\Delta U = 2,5$ % и $\cos\varphi$, равном 0,7 (а), 0,8 (б), 0,9 (в), 0,95 (г), 1,0 (д), мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт							
	15	25	30	35	45	50	55	60
1000								
950	185	150 240						
900	185		240					
850	150	240 240						
800	150	240 240						
750	150	120 240	240	240				
700	120	240 185	240					
650	120	240 185	240	240				
600		185	240 185	240	240			
550	95 95	185 150	240 185	240				
500	95 95	150	185 150	240 185	240	240		
450		150 120	185 150	240 185	240	240	240	240
400	70	120	150 120	185 150	240 185	240	240	240
350	70	95 120	150 120	240 185 150	240 185	240 185	240 185	240
300	50	95 95	120	185 150	185 150	240 185	240 185	240 185
250	50	70 95	95	150 120	150 120	185 150	185 150	185 150
200	35	50 70	70	95	120 95	120	150 120	
160	25	35 50	50 70	70	95 70	95	95	
100	16	25 35	35	50	50	70 50	70	
50	10	16 16	16	25	25	35 25	35	
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д

Продолжение табл. 56

Длина участка, м	Нагрузка, кВт						
	65	70	75	80	85	90	95
1000							
950							
900							
850							
800							
750							
700							
650							
600							
550							
500							
450							
400	240						
350	240	240	240				
300	240 185	240	240	240	240	240	
250	240 185 150	240 185	240 185	240 185	240	240	240
200	150 120	185 150	185 150	240 185 150	240 185 150	240 185	240 185
150	120 95	120 95	150 120	150 120	150 120	185 150 120	185 150
100	70	70	95 70	95 70	95	95	120 95
50	35	35	50 35	50	50	50	50
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д

Продолжение табл. 56

Длина участка, м	Нагрузка, кВт						
	100	120	140	160	180	200	220
1000							
950							
900							
850							
800							
750							
700							
650							
600							
550							
500							
450							
400							
350							
300							
250	240						
200	240 185	240					
150	185 150	240 185	240 185	240	240		
100	120 95	150 120	185 150	240 185 150	240 185	240 185	240
50	50	70	70	95 70	95	120 95	120
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

Сечение кабельной линии определяют по заданной потере напряжения с учетом индуктивности линии.

Пример. Расчетная активная нагрузка P трехфазной кабельной линии составляет 45 кВт, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0{,}96$; $\sin\varphi = 0{,}28$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}29$. Произвести расчет кабельной линии напряжением 0,4 кВ на потерю напряжения с учетом индуктивности сопротивлений. Длина линии $l = 400$ м. Кабель с алюминиевыми жилами. Принимаем допустимые отклонения напряжения — 2,5 %.

Определяем моменты активных и реактивных нагрузок участка линии:

$$M_P = \Sigma Pl,\ M_P = 45 \cdot 0{,}4 = 18{,}0 \text{ кВт} \cdot \text{км};$$

$$M_Q = \Sigma Ql,\ M_Q = 45 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}29 = 5{,}22 \text{ квар} \cdot \text{км}.$$

Коэффициент $\alpha_2 = 0{,}69$ (см. табл. 49).

Среднее индуктивное сопротивление $X_{L.cp} = 0{,}06$ Ом/км (см. табл. 50).

Определяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 X_{L.cp} M_Q,$$

$$\Delta U_a = 2{,}5 - 0{,}69 \cdot 0{,}06 \cdot 5{,}22 = 2{,}3\ \%.$$

Коэффициент $\alpha_1 = 21{,}9$ (см. табл. 52).

Определяем сечение жил кабеля

$$F = \alpha_1 \frac{M}{\Delta U_a},\ F = 21{,}9 \frac{18{,}0}{2{,}3} = 171 \text{ мм}^2.$$

Принимаем ближайшее сечение по табл. 22 равным 185 мм².

Проверяем расчетную величину потери напряжения

$$\Delta U_a = \alpha_1 \frac{M}{F},\ \Delta U = 21{,}9 \frac{18{,}0}{185} \approx 2{,}1\ \%.$$

Проверочный расчет показывает, что принятое сечение удовлетворяет расчетное условие.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлена табл. 56 выбора сечений жил для кабелей линий с алюминиевыми жилами в зависимости от длины участков линии и расчетной нагрузки.

ЛИНИИ ДЛЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Для магистральной линии с ответвлениями на конце сечение провода магистрали по условию наименьшей затраты металла определяют по формуле

$$F = \alpha \frac{M_0}{\Delta U} \left(1 + \sqrt{\frac{\sum_1^n Ml}{M_0 l}}\right),$$

где α — коэффициент приведения моментов; M_0 — сумма произведений нагрузок на длины участков магистрали, кВт · м; l — длина магистрали, м; ΔU — допустимая потеря напряжения в линии, проц.; ΣMl — сумма произведения значений M каждого ответвления на его длину.

Значение коэффициента α для сети:

Трехфазной с нулем с однофазным ответвлением	1,85
То же с двуфазным ответвлением	1,39
Двухфазной с нулем с однофазным ответвлением	1,33
Трехфазной без нуля с двухфазным ответвлением (двухпроводным)	1,15

Сечение проводов отдельного участка сети освещения: однофазной двухпроводной $F = \frac{2Pl10^5}{\Delta U \gamma U^2}$; трехпроводной (двухфазной с нулем) $F = \frac{2{,}25Pl10^5}{\Delta U \gamma U^2}$; трехфазной с нулевым проводом $F = \frac{Pl10^5}{\Delta U \gamma U^2}$, где P — передаваемая нагрузка, кВт; γ — удельная проводимость проводов (для меди — 112, для алюминия — 33 и для стали — 7); Ом · м; U — напряжение сети (для дву- и трехфазной сети принимаем линейное напряжение), В.

В общем виде формула для определения сечения проводов магистрали $F = M_0/(C\Delta U)$, где M_0 — момент нагрузки, равный произведению нагрузки на расстояние, м, от начала участка до центра нагрузки, кВт; C — коэффициент, зависящий от напряжения и материала провода (табл. 57). Момент $M_0 = \Sigma_m + \Sigma_{am'}$, где Σ_m — сумма моментов магистрали и ответвлений, имеющих столько проводов, сколько и магистраль; $\Sigma_{am'}$ — сумма произведений моментов ответвлений с другими числом проводов, чем магистраль, и коэффициентом.

Таблица 57. **Значение коэффициента C**

Номинальное напряжение, В	Сеть	Материал проводника	
		медь	алюминий
380/220	Трехфазная с нулем	83	50
380/220	Двухфазная с нулем	37	22
220	Однофазная или постоянного тока	14	8,3
110	Постоянного тока	3,4	2,1
36	Однофазная	0,37	0,22
24	Постоянного тока	0,165	0,10

Общая потеря напряжения от трансформатора до удаленной лампы равна сумме ΔU отдельных участков и не должна превышать располагаемой расчетной величины потери напряжения сети ΔU_c (см. табл. 9).

При определении располагаемой потери напряжений для расчета осветительной сети следует учитывать фактическое значение коэффициента мощности на зажимах трансформатора, от которого питается силовая нагрузка. Особенно резко меняется располагаемая потеря напряжения при изменении $\cos\varphi$ в интервалах 0,95—1 (для трансформаторов, питающих преимущественно осветительную сеть).

Пример. Расчетная нагрузка магистрали, питающей осветительную сеть, 30 кВт. Расчетное значение ΔU_c (располагаемая потеря напряжения, проц., от номинального напряжения приемников при коэффициенте загрузки, трансформатора $\beta = 0{,}9$ мощностью 400 кВ · А и при $\cos\varphi = 0{,}96$) равно 4,6 %, что при напряжении трехфазной сети у ламп $U = 380/220$ В даст допустимое снижение напряжения — 2,5 % от номинального напряжения U (см. стр. 18). Принимаем расчетный предел отклонения напряжения у ламп рабочего освещения $\Delta U = 1{,}8$ %. Сеть трехфазная с нулем напряжением 380/220 В. Провода с алюминиевыми жилами, проложенными в трубе. Длина линии $l = 25$ м. Определить сечение проводов линии. Определяем момент нагрузки

$$M_0 = Pl,\ M_0 = 30 \cdot 25 = 750 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

По табл. 57 находим коэффициент $C = 50$.

Определим сечение проводов трехфазной сети освещения с нулевым проводом

$$F = \frac{M_0}{C\Delta U},\ F = \frac{750}{50 \cdot 1{,}8} = 10 \text{ мм}^2.$$

Проверяя результат по табл. 58 находим сумму моментов нагрузки ($M = 750$ кВт · м) и при заданной потере напряжения $\Delta U = 1{,}8$ % находим $F = 10$ мм² (в табл. 58 ближайшее значение $M = 900$ кВт · м).

Аналогично выполняют расчет для однофазной двухпроводной сети освещения и для трехпроводной сети (две фазы с нулевым проводом), при которых соответственно меняются коэффициент C и α (при ответвлениях). Результат расчета с учетом напряжения, вида сети и материала провода проверяют по таблицам 58—62.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлены табл. 63—70 выбора сечений жил для алюминиевых проводов при прокладке их в трубах в зависимости от длин участков линии, расчетной нагрузки и принятого расчетного предела отклонения напряжения у ламп рабочего освещения.

Таблица 58. **Моменты для алюминиевых проводов трехфазных сетей с нулем напряжением 380/220 В, кВт · м**

Потеря напряжения, проц.	Сечение провода, мм²								
	4	6	10	16	25	35	50	70	95
0,2	40	60	100	160	250	350	500	700	950
0,4	80	120	200	320	500	700	1000	1400	1900
0,6	120	180	300	480	750	1050	1500	2100	2850
0,8	160	240	400	640	1000	1400	2000	2800	3800
1,0	200	300	500	800	1250	1750	2500	3500	4750
1,2	240	360	600	960	1500	2100	3000	4200	5700
1,4	280	420	700	1120	1750	2450	3500	4900	6650
1,6	320	480	800	1280	2000	2800	4000	5600	7600
1,8	360	540	900	1440	2250	3150	4500	6300	8550
2,0	400	600	1000	1600	2500	3500	5000	7000	9500
2,2	440	660	1100	1760	2750	3850	5500	7700	10 450
2,4	480	720	1200	1920	3000	4200	6000	8400	11 400
2,6	520	780	1300	2080	3250	4550	6500	9100	12 350
2,8	560	840	1400	2240	3500	4900	7000	9800	13 300
3,0	600	900	1500	2400	3750	5250	7500	10 500	14 250
3,2	640	960	1600	2560	4000	5600	8000	11 200	15 200
3,4	680	1020	1700	2720	4250	5950	8500	11 900	16 150
3,6	720	1080	1800	2880	4500	6300	9000	12 500	17 100
3,8	760	1140	1900	3040	4750	6650	9500	13 300	18 060
4,0	800	1200	2000	3200	5000	7000	10 000	14 000	19 000
4,2	840	1260	2100	3360	5250	7350	10 500	14 700	19 950
4,4	880	1320	2200	3520	5500	7700	11 000	15 400	20 900
4,6	920	1380	2300	3680	5750	8050	11 500	16 100	21 850
4,8	960	1440	2400	3840	6000	8400	12 000	16 800	22 800
5,0	1000	1500	2500	4000	6250	8750	12 500	17 500	23 750

Таблица 59. **Моменты для алюминиевых проводов сети напряжением 380/220 В, кВт · м**

Потеря напряжения, проц.	Однофазная с нулем				Двухфазная с нулем			
	Сечение провода F, мм²							
	4	6	10	16	4	6	10	16
0,2	7	10	17	26	18	26	44	70
0,4	13	20	33	53	35	53	88	140
0,6	19	30	50	79	53	79	132	210
0,8	26	40	60	106	71	106	176	280
1,0	33	50	83	133	88	132	220	350
1,2	39	60	100	160	106	158	264	420
1,6	53	80	133	212	141	211	352	560
1,8	59	90	150	238	158	237	396	630
2,0	66	100	166	266	176	264	440	700
2,2	73	110	183	292	194	290	484	770
2,4	79	120	200	320	212	316	528	840
2,6	86	130	217	346	228	344	572	910
2,8	93	140	234	372	246	370	616	980
3,0	100	150	250	398	264	396	660	1050
3,2	106	160	267	424	282	422	704	1120
3,4	113	170	284	450	300	418	748	1190
3,6	120	180	300	477	318	475	792	1250
3,8	125	190	316	503	336	502	836	1330
4,0	133	200	333	530	354	528	880	1400

Потеря напряжения, проц.	Однофазная с нулем				Двухфазная с нулем			
	Сечение провода F, мм²							
	4	6	10	16	4	6	10	16
4,2	140	210	350	556	372	554	924	1470
4,4	146	220	366	582	387	580	968	1540
4,6	153	230	382	610	405	606	1012	1610
4,8	160	240	399	636	423	632	1056	1680
5,0	166	250	416	662	440	660	1100	1750

Таблица 60. **Моменты для медных проводов трехфазной сети напряжением 380/220 В, кВт · м**

Потери напряжения, проц.	Сечение провода F, мм²											
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
0,2	17	25	42	66	100	166	266	415	581	830	1660	1580
0,4	33	50	83	133	199	332	531	830	1160	1660	2300	3150
0,6	50	75	125	199	299	498	797	1250	1740	2500	3490	4780
0,8	66	100	166	266	398	664	1060	1670	2320	3320	4650	6300
1,0	83	125	208	332	498	830	1330	2080	2950	4150	5800	7890
1,2	100	150	249	398	598	996	1590	2490	3490	4980	6970	9460
1,4	116	175	291	465	697	1160	1860	2900	4070	5810	8130	11 000
1,6	133	200	332	531	797	1330	2120	3320	4650	6640	9300	12 800
1,8	149	225	374	598	896	1490	2390	3750	5230	7470	10 500	14 200
2,0	166	250	415	664	996	1660	2660	4150	5810	8300	11 600	15 800
2,2	183	274	457	730	1100	1830	2920	4570	4570	9130	12 800	17 300
2,4	200	299	498	797	1200	1990	3190	4980	6970	9960	13 900	18 900
2,6	216	324	540	863	1290	2160	3450	5400	7550	10 800	15 100	20 500
2,8	232	349	581	930	1390	2320	3720	5820	8130	11 600	16 300	22 100
3,0	249	374	623	996	1490	2490	3980	6230	8720	12 300	17 400	23 700
3,2	266	398	664	1060	1590	2660	4250	6640	9300	13 300	18 600	25 200
3,4	282	423	706	1130	1690	2820	4520	7060	9880	14 100	19 800	26 800
3,6	299	448	747	1200	1790	2990	4780	7470	10 500	14 900	20 900	28 400
3,8	315	473	789	1260	1890	3150	5050	7900	11 000	15 800	22 100	30 000
4,0	332	498	830	1330	1990	3320	5310	8300	11 600	16 600	23 200	31 500
4,2	349	523	872	1390	2090	3490	5580	8720	12 200	17 400	24 400	33 100
4,4	365	548	913	1460	2190	3650	5840	9130	12 800	18 300	25 600	34 700
4,6	382	573	955	1530	2290	3820	6110	9550	13 400	19 000	26 700	36 300
4,8	398	598	996	1590	2390	3980	6370	9970	13 900	19 900	27 900	37 800
5,0	415	623	1038	1660	2490	4150	6640	10 400	14 500	20 800	29 000	39 400

Таблица 61. **Моменты для медных проводов сети напряжением 380/220 В, кВт · м**

Потеря напряжения, проц.	Однофазная с нулем							Двухфазная с нулем						
	Сечение провода F, мм²													
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	1	1,5	2,5	4	6	10	16
0,2	3	4	7	11	17	28	45	7	11	18	29	44	74	119
0,4	6	8	14	22	34	56	90	15	22	36	58	88	148	236
0,6	9	13	21	34	51	84	134	22	33	55	87	132	222	356
0,8	11	17	28	45	67	112	179	30	44	74	118	178	296	475

Продолжение табл. 61

Потеря напряжения, проц.	Однофазная с нулем							Двухфазная с нулем						
	Сечение провода F, мм²													
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	1	1,5	2,5	4	6	10	16
1,0	14	21	35	56	84	140	224	37	55	92	148	222	370	594
1,2	17	25	42	67	101	168	269	44	66	110	178	277	444	710
1,4	20	29	49	78	118	196	314	52	77	129	206	310	518	829
1,6	22	34	56	90	134	224	358	59	88	148	263	354	592	950
1,8	25	38	63	101	157	262	403	67	99	166	266	400	666	1070
2,0	28	42	70	112	168	280	448	74	110	184	295	444	740	1190
2,2	31	46	77	123	185	308	493	81	121	203	325	488	812	1310
2,4	33	50	84	134	202	336	538	89	132	221	354	532	886	1430
2,6	36	55	91	146	218	364	582	96	143	240	383	578	960	1540
2,8	39	59	98	157	235	392	627	103	154	258	413	622	1034	1660
3,0	42	63	105	168	252	420	672	111	165	276	443	666	1110	1780
3,2	45	67	112	179	269	448	717	118	176	295	472	710	1184	1900
3,4	48	71	119	190	286	476	762	126	187	313	501	754	1258	2020
3,6	50	76	126	202	302	504	806	133	198	331	530	800	1332	2140
3,8	53	80	213	319	532	532	851	141	209	350	560	844	1406	2250
4,0	56	84	140	224	336	560	896	148	220	368	589	888	1480	2370
4,2	59	88	147	235	352	588	941	155	231	386	618	932	1554	2500
4,4	62	92	154	246	370	616	986	163	242	406	650	976	1628	2620
4,6	64	97	161	258	386	644	1030	170	253	424	679	1010	1702	2740
4,8	67	101	168	269	403	672	1080	178	264	442	710	1054	1776	2850
5,0	70	105	175	280	420	700	1120	185	275	460	739	1098	1850	3970

Таблица 62. **Моменты для медных проводов однофазной сети напряжением 36 В, кВт · м**

Потеря напряжения, проц.	Сечение провода F, мм²						
	1	1,5	2,5	4	6	10	16
1	0,4	0,6	0,9	1,5	2,2	3,7	5,9
2	0,7	1,1	1,8	3,0	4,4	7,4	12
3	1,1	1,7	2,8	4,4	6,7	11	18
4	1,5	2,2	3,7	5,9	8,9	15	24
5	1,7	2,8	4,7	7,4	11	17	30
6	2,2	3,3	5,6	8,9	13	22	36
7	2,6	3,9	6,5	10	16	26	41
8	3,0	4,4	7,4	12	18	30	47
9	3,3	5,0	8,3	13	20	33	53
10	3,7	5,5	9,3	15	22	37	59

Таблица 63. **Расчетное сечение трехфазных осветительных сетей напряжением 380/220 В для магистральных линий из алюминиевых проводов, проложенных в трубе, при потере напряжения ΔU до 0,2 %, мм²**

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
3	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	16	16	25
5	2,5	2,5	6	6	10	10	16	16	25	25	35
10	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
15	6	10	16	25	25	35	50	50	70	95	95
20	6	10	25	25	35	50	50	70	95	120	120

Продолжение табл. 63

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
25	10	16	25	35	50	50	70	95	120		
30	10	16	35	50	50	70	95	95	120		
35	16	25	35	50	70	70	95	120			
40	16	25	50	50	70	95	120	120			
45	16	25	50	70	95	95	120				
50	16	25	50	70	95	120					
55	25	35	50	70	95	120					
60	25	35	70	95	120	120					
65	25	35	70	95	120						
70	25	35	70	95	120						
75	25	50	70	95	120						
80	25	50	95	120							
85	35	50	95	120							
90	35	50	95	120							
95	35	50	95	120							
100	35	50	95	120							
125	50	70		120							
150	50	95									
175	70	95									
200	70	120									
225	70	120									
250	95										

Продолжение табл. 63

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	70	80	90	100	120	140	160	180	200	225	250
3	25	25	35	35	50	50	50	70	70	70	95
5	35	50	50	50	70	70	95	95	120	120	
10	70	95	95	120	120						
15	120	120									

Таблица 64. **Расчетное сечение трехфазных осветительных сетей напряжением 380/220 В для магистральных линий из алюминиевых проводов, проложенных в трубе, при потере напряжения ΔU до 1 %, мм²**

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4
5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6
10	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	16
15	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	16	16	25
20	2,5	2,5	4	6	10	10	10	16	16	25	25
25	2,5	2,5	6	6	10	10	16	16	25	25	35
30	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	35	50
35	2,5	4	10	10	16	16	25	25	35	35	50
40	2,5	4	10	10	16	16	25	25	35	50	50
45	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
50	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
55	4	6	10	16	25	25	35	35	50	70	70
60	4	6	16	16	25	25	35	50	50	70	95
65	4	10	16	16	25	35	35	50	70	70	95

Продолжение табл. 64

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
70	6	10	16	25	25	35	35	50	70	70	95
75	6	10	16	25	25	35	50	50	70	95	95
80	6	10	16	25	35	35	50	50	70	95	120
85	6	10	16	25	35	35	50	70	70	95	120
90	6	10	25	25	35	50	50	70	95	95	120
100	6	10	25	25	35	50	50	70	95	120	120
125	10	16	25	35	50	50	70	95	120		
150	10	16	35	50	50	70	95	95	120		
175	16	25	35	50	70	70	95	120			
200	16	25	50	50	70	95	120	120			
225	16	25	50	70	95	95	120				
250	16	25	50	70	95	120					

Продолжение табл. 64

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	70	80	90	100	120	140	160	180	200	225	250
3	6	6	6	6	10	10	10	16	16	16	16
5	10	10	10	10	16	16	16	25	25	25	25
10	16	16	25	25	25	35	35	50	50	50	50
15	25	25	35	35	50	50	50	70	70	70	95
20	35	35	50	50	50	70	70	95	95	95	120
25	35	50	50	50	70	70	95	95	120	120	
30	50	50	70	70	95	95	120	120	120		
35	50	70	70	70	95	120	120				
40	70	70	95	95	120	120					
45	70	95	95	95	120						
50	70	95	95	120							
55	95	95	120	120							
60	95	120	120								
65	95	120	120								
70	120	120									
75	120	120									
80	120										
85	120										

Таблица 65. Расчетное сечение трехфазных осветительных сетей напряжением 380/220 В для магистральных линий из алюминиевых проводов, проложенных в трубе, при потере напряжения ΔU до 1,8 %, мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4
10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10
15	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10
20	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	16	16
25	2,5	2,5	2,5	4	6	6	10	10	16	16	25
30	2,5	2,5	4	4	6	10	10	10	16	25	25
35	2,5	2,5	4	6	10	10	10	16	16	25	25

Продолжение табл. 65

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	3	5	9	12	16	20	25	30	40	50	60
40	2,5	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	35
45	2,5	2,5	6	6	10	10	16	16	25	25	35
50	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	35	35
55	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	35	50
60	2,5	4	6	10	16	16	25	25	35	35	50
65	2,5	4	10	10	16	16	25	25	35	50	50
70	2,5	4	10	10	16	16	25	25	35	50	50
75	2,5	6	10	10	16	25	25	25	35	50	50
80	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
85	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
90	4	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70
95	4	6	10	16	25	25	35	35	50	70	70
100	4	6	10	16	25	25	35	35	50	70	70
125	6	10	16	25	25	35	35	50	70	70	95
150	6	10	16	25	35	35	50	50	70	95	120
175	6	10	25	25	35	50	50	70	95	120	120
200	10	16	25	35	50	50	70	70	95	120	
225	10	16	25	35	50	50	70	95	120		
250	10	16	25	35	50	70	70	95	120		

Продолжение табл. 65

Длина участка, м	Нагрузка, кВт										
	70	80	90	100	120	140	160	180	200	225	250
3	2,5	4	4	4	4	6	6	6	10	10	10
5	4	6	6	6	10	10	10	10	16	16	16
10	10	10	10	16	16	16	25	25	25	25	35
15	16	16	16	25	25	25	35	35	35	50	50
20	16	25	25	25	35	35	50	50	50	50	70
25	25	25	25	35	35	50	50	50	70	70	70
30	25	35	35	35	50	50	70	70	70	95	95
35	35	35	35	50	50	70	70	70	95	95	120
40	35	50	50	50	70	70	95	95	95	120	120
45	35	50	50	50	70	70	95	95	120	120	
50	50	50	50	70	70	95	95	120	120		
55	50	50	70	70	95	95	120	120			
60	50	70	70	70	95	95	120	120			
65	70	70	70	95	95	120	120				
70	70	70	70	95	95	120					
75	70	70	95	95	120	120					
80	70	95	95	95	120						
85	70	95	95	95	120						
90	70	95	95	120	120						
95	95	95	95	120							
100	95	95	120	120							
125	120	120									
150	120										

Таблица 66. Расчетное сечение двухфазного ответвления с нулем от трехфазной сети напряжением 380/220 В для алюминиевых проводов, проложенных в трубе при потере напряжения ΔU до 0,2 %, мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт													
	3	5	9	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
3	4	6	10	16	16	16	25	25	25	35	35	50	50	50
5	6	10	16	25	25	35	35	35	50	50				
10	10	16	35	50	50									
15	16	25	50											
20	25	35												
25	25	50												
30	35	50												
35	35													
40	50													
45	50													
50	50													

Таблица 67. Расчетное сечение двухфазного ответвления с нулем от трехфазной сети напряжением 380/220 В для алюминиевых проводов, проложенных в трубе, при потере напряжения ΔU до 1,0 %, мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт													
	3	5	9	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
3	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4	6	6	10	10	10	10
5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	10	10	10	16	16	16	16
10	2,5	4	6	10	10	16	16	16	16	25	25	35	35	35
15	4	6	10	16	16	16	25	25	25	35	35	50	50	50
20	4	10	16	16	25	25	25	35	35	50	50			
25	6	10	16	25	25	35	35	35	50	50				
30	6	10	25	25	35	35	35	50	50					
35	10	16	25	35	35	50	50	50						
40	10	16	25	35	50	50	50							
45	10	16	35	35	50	50								
50	10	16	35	50	50									
55	16	25	35	50	50									
60	16	25	35	50										
65	16	25	50	50										
70	16	25	50											
75	16	25	50											
80	16	35	50											
85	25	35	50											
90	25	35												
95	25	35												
100	25	35												

Таблица 68. Расчетное сечение двухфазного ответвления с нулем от трехфазной сети напряжением 380/220 В для алюминиевых проводов, проложенных в трубе, при потере напряжения ΔU до 1,8 %, мм²

Длина участка, м	Нагрузка, кВт													
	3	5	9	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	6	6	6
5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	6	6	10	10	10	10

Длина участка, м	Нагрузка, кВт													
	3	5	9	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
10	2,5	2,5	6	6	6	6	10	10	10	16	16	16	16	25
15	2,4	4	6	10	10	10	10	16	16	16	25	25	25	35
20	2,5	4	10	10	10	16	16	16	25	25	25	35	35	35
25	4	6	10	16	16	16	16	25	25	35	35	35	50	50
30	4	6	10	16	16	25	25	25	35	35	50	50	50	
35	4	10	16	16	25	25	25	25	35	50	50	50		
40	6	10	16	25	25	25	35	35	35	50	50			
45	6	10	16	25	25	35	35	35	50	50				
50	6	10	16	25	25	35	35	35	50					
55	6	10	25	25	35	35	35	50	50					
60	10	16	25	35	35	35	50	50						
65	10	16	25	35	35	50	50	50						
70	10	16	25	35	35	50	50	50						
75	10	16	25	35	50	50	50							
80	10	16	35	35	50	50								
85	10	16	35	50	50	50								
90	10	16	35	50	50									
95	16	25	35	50	50									
100	16	25	35	50	50									

Таблица 69. Расчетное сечение однофазного ответвления от трехфазной сети напряжением 380/220 В для алюминиевых проводов, проложенных в трубе, мм²

Длина участка, м	Потеря напряжения ΔU, проц. до															
	1,0								1,8							
	Нагрузка, кВт															
	3	5	9	12	14	16	18	20	3	5	9	12	14	16	18	20
3	2,5	4	6	10	10	16	16	16	2,5	2,5	4	6	6	6	10	10
5	4	6	16	16	16	25	25	25	2,5	4	6	10	10	10	16	16
10	10	16	25						4	10	16	16	25	25	25	25
15	16	25							6	10	25	25				
20	16	25							10	16	25					
25	25								10	16						
30	25								16	25						

Продолжение табл. 69

Длина участка, м	Потеря напряжения ΔU, проц. до															
	1,0								1,8							
	Нагрузка, кВт															
	3	5	9	12	14	16	18	20	3	5	9	12	14	16	18	20
35	25								16	25						
40									16	25						
45									25							
50									25							
55									25							
60									25							
65									25							
70									25							

Таблица 70. Расчетное сечение однофазного ответвления от двухфазной сети напряжением 380/220 В для алюминиевых проводов, проложенных в трубе, мм²

Длина участка, м	Потеря напряжения ΔU, проц. до																			
	0,2					1,0								1,8						
	Нагрузка, кВт																			
	3	5	9	12	14	3	5	9	12	14	16	18	20	3	5	9	12	14	16	18	20
2	6	10	16	25	25	2,5	2,5	4	4	6	6	6	10	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4
3	10	16	25			2,5	2,5	6	6	10	10	10	10	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	7
4	10	25				2,5	4	6	10	10	16	16	16	2,5	2,5	4	6	6	6	10	10
5	10	25				2,5	6	10	10	16	16	16	16	2,5	2,5	6	6	10	10	10	10
6	16	25				4	6	10	16	16	16	25	25	2,5	4	6	10	10	10	10	16
7	25					4	6	16	16	16	25	25	25	2,5	4	6	10	10	10	16	16
8	25					4	10	16	16	25	25	25		2,5	4	10	10	10	16	16	16
9	25					6	10	16	25	25	25			2,5	6	10	10	16	16	16	25
10	25					6	10	16	25	25				4	6	10	16	16	16	25	25
15						10	16	25						6	10	16	25	25	25	25	
20						10	16							6	10	25	25	25			
25						16	25							10	16	25					
30						16	25							10	16	25					
35						25								10	16						
40						25								16	25						
45						25								16	25						
50						25								16	25						

СМЕШАННЫЕ СИЛОВЫЕ ЛИНИИ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Для расчета сечения жил кабеля и проводов отдельного участка сети необходимо определить силу тока. Сила тока в линии трехфазного переменного тока равна $I = S10^3/\sqrt{3}U$, где S — полная мощность сети трехфазного переменного тока, кВ · А $S = \sqrt{\Sigma P^2 + \Sigma Q^2}$.

Отклонение напряжения на зажимах электроприемников не должно превышать допустимых отклонений (см. стр. 18), и поэтому потери напряжения в линии, питающей силовую или смешанную (с преобладанием силовой) нагрузку, можно определить

по формуле $\Delta U_c = kIl$, где l — длина линии, км; k — коэффициент потери напряжения, проц., на 1 А · км для трехфазной сети, определяемый по формуле

$$k = \frac{\sqrt{3}\,(R\cos\varphi + x_L \sin\varphi)}{U_{ном}}\,100,$$

где $U_{ном}$ — номинальное напряжение сети, В; $\cos\varphi$ — коэффициент мощности для данного участка линии; R — активное сопротивление линии, Ом/м.

При $U_{ном} = 380$ В $k = 0{,}455\,(R\cos\varphi + x_L \sin\varphi)$, где x_L — индуктивное сопротивление линии, Ом/км (см. табл. 50).

Значения k при $U_{ном} = 380$ В для различных значений и различных видов проводов даны в таблицах 71—74. При $U_{ном} = 220$ В приведенные в этих таблицах значения должны быть умножены на 1,73.

Таблица 71. Коэффициент потери напряжения k для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией до 1000 В на 1 А · км в трехфазных сетях напряжением 380 В, проц.

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности $\cos\varphi$							
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
2,5	1,75	2,1	2,32	2,51	2,89	3,11	3,45	3,81
4	1,11	1,31	1,41	1,61	1,81	2,05	2,17	2,32
6	0,71	0,825	0,936	1,05	1,162	1,162	1,378	1,55
10	0,434	0,498	0,536	0,634	0,697	0,765	0,831	0,91
16	0,282	0,322	0,364	0,405	0,446	0,49	0,53	0,573
25	0,189	0,216	0,243	0,266	0,295	0,322	0,348	0,376
35	0,142	0,163	0,18	0,198	0,217	0,236	0,254	0,274
50	0,107	0,123	0,135	0,148	0,161	0,176	0,187	0,2
70	0,085	0,094	0,103	0,112	0,122	0,131	0,14	0,149
95	0,069	0,075	0,082	0,089	0,095	0,102	0,107	0,114
120	0,063	0,065	0,069	0,075	0,08	0,084	0,088	0,092
150	0,053	0,057	0,061	0,066	0,071	0,075	0,078	0,081
185	0,048	0,05	0,055	0,058	0,06	0,064	0,067	0,07
240	0,043	0,045	0,047	0,050	0,052	0,054	0,057	0,058

Продолжение табл. 71

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности							
	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,92	0,95	1
2,5	4,02	4,22	4,58	4,97	5,14	5,41	5,53	5,69
4	2,52	2,61	2,78	3,01	3,22	3,33	3,41	3,56
6	1,61	1,72	1,83	1,945	2,041	2,08	2,14	2,24
10	0,955	1,028	1,1	1,155	1,235	1,255	1,29	1,341
16	0,61	0,65	0,696	0,733	0,765	0,78	0,808	0,84
25	0,393	0,425	0,454	0,473	0,498	0,607	0,524	0,538
35	0,289	0,308	0,328	0,344	0,36	0,365	0,375	0,384
50	0,211	0,222	0,234	0,248	0,258	0,262	0,268	0,272
70	0,157	0,166	0,175	0,182	0,189	0,191	0,195	0,196
95	0,12	0,126	0,132	0,137	0,143	0,144	0,145	0,143
120	0,097	0,102	0,106	0,110	0,112	0,113	0,114	0,112

Продолжение табл. 71

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности							
	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,92	0,95	1
150	0,085	0,09	0,092	0,094	0,097	0,098	0,099	0,094
185	0,074	0,075	0,077	0,079	0,081	0,082	0,083	0,076
240	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065	0,066	0,067	0,059

Таблица 72. Коэффициент потери напряжения k для кабелей с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией и для алюминиевых проводов, проложенных в трубе, на 1 А · км в трехфазных сетях напряжением 380 В, проц.

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности cos φ							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2,5	1,76	2,36	2,89	3,45	4,02	4,58	5,14	5,69
4	1,11	1,47	1,82	2,18	2,52	2,87	3,23	3,56
6	0,754	0,988	1,22	1,46	1,69	1,92	2,15	2,37
10	0,469	0,61	0,748	0,887	1,03	1,17	1,29	1,42
16	0,307	0,394	0,48	0,567	0,642	0,735	0,817	0,888
25	0,211	0,266	0,321	0,375	0,428	0,48	0,53	0,569
35	0,160	0,2	0,238	0,276	0,313	0,349	0,384	0,407
50	0,122	0,149	0,176	0,202	0,227	0,251	0,273	0,284
70	0,0965	0,116	0,134	0,152	0,169	0,185	0,2	0,203
95	0,08	0,0934	0,106	0,119	0,130	0,141	0,151	0,15
120	0,07	0,0806	0,0906	0,1	0,109	0,117	0,123	0,119
150	0,0628	0,071	0,0787	0,0855	0,0915	0,097	0,1	0,0945
185	0,0574	0,0633	0,0692	0,0746	0,0792	0,083	0,0847	0,0769
240	0,051	0,0555	0,0601	0,0637	0,0664	0,0683	0,0687	0,0592

Таблица 73. Коэффициент потери напряжения k для кабелей с медными жилами и бумажной изоляцией до 1000 В на 1 А · км в трехфазных сетях напряжением 380 В, проц.

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности cos φ							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	2,63	3,43	4,26	5,1	5,94	6,76	7,6	8,41
1,5	1,74	2,29	2,85	3,41	3,96	4,51	5,06	5,60
2,5	1,06	1,40	1,73	2,06	2,39	2,72	3,05	3,37
4	0,674	0,886	1,09	1,30	1,50	1,71	1,92	2,11
6	0,46	0,60	0,738	0,875	1,01	1,15	1,28	1,41
10	0,284	0,367	0,45	0,531	0,615	0,694	0,773	0,842
16	0,186	0,239	0,291	0,342	0,391	0,441	0,488	0,528
25	0,129	0,163	0,194	0,227	0,0258	0,288	0,316	0,337
35	0,1	0,123	0,146	0,168	0,189	0,21	0,23	0,241
50	0,078	0,0934	0,104	0,124	0,139	0,153	0,164	0,169
70	0,0615	0,0725	0,0824	0,0925	0,101	0,109	0,117	0,120
95	0,0528	0,0605	0,068	0,0751	0,0815	0,0875	0,0916	0,0882
120	0,0474	0,0532	0,0587	0,0642	0,0687	0,0724	0,0751	0,0702

Продолжение табл. 73

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности cos φ							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
150	0,0427	0,0474	0,0514	0,0555	0,0587	0,061	0,0623	0,0562
185	0,0395	0,043	0,0462	0,049	0,0512	0,0527	0,0528	0,0455
240	0,0360	0,0383	0,0406	0,0424	0,0458	0,0440	0,0431	0,0350

Таблица 74. Коэффициент потери напряжения k для кабелей с медными жилами и резиновой изоляцией и для медных проводов, проложенных в трубе, на 1 А · км в трехфазных сетях напряжением 380 В, проц.

Сечение провода F, мм²	Коэффициент мощности cos φ							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	2,63	3,43	4,26	5,10	5,94	6,76	7,7	8,41
1,5	1,74	2,29	2,85	3,41	3,96	4,51	5,06	5,60
2,5	1,06	1,40	1,73	2,06	2,39	2,72	3,05	3,37
4	0,68	0,891	1,10	1,3	1,51	1,71	1,92	2,11
6	0,464	0,603	0,741	0,88	1,02	1,15	1,28	1,41
10	0,293	0,378	0,458	0,541	0,621	0,7	0,776	0,842
16	0,199	0,250	0,301	0,351	0,4	0,447	0,494	0,528
25	0,142	0,173	0,205	0,236	0,266	0,295	0,322	0,337
35	0,110	0,133	0,155	0,176	0,197	0,216	0,234	0,241
50	0,0874	0,103	0,117	0,132	0,146	0,158	0,169	0,169
70	0,0701	0,0805	0,0901	0,0997	0,107	0,115	0,121	0,120
95	0,0615	0,0692	0,076	0,0824	0,0879	0,0929	0,0956	0,0877
120	0,0555	0,0615	0,0664	0,0710	0,0751	0,0779	0,0787	0,0702
150	0,0514	0,0551	0,0592	0,0624	0,0646	0,0664	0,066	0,0562
185	0,0478	0,051	0,0537	0,0555	0,0514	0,0578	0,0565	0,0455
240	0,044	0,046	0,0478	0,0490	0,0495	0,049	0,0467	0,035

Пример. Трехфазная сеть напряжением 380 В выполнена кабелем с алюминиевыми жилами (силовая и осветительная сеть): $P = 10$ кВт; $\cos\varphi = 0{,}9$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}485$; $l = 0{,}015$ км. Помещение взрывоопасное — В-1б.

Определяем сумму реактивных нагрузок

$$\Sigma Q = P \operatorname{tg}\varphi = 10 \cdot 0{,}485 = 4{,}85 \text{ квар.}$$

Определяем нагрузку участка сети

$$S = \sqrt{\Sigma P^2 S + \Sigma Q^2} = \sqrt{10^2 + 4{,}85^2} = 11{,}1 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Сила тока в линии

$$I = \frac{S10^3}{\sqrt{3}U_л} = \frac{11{,}1 \cdot 10^3}{3 \cdot 380} = 16{,}8 \text{ А.}$$

По табл. находим токовую нагрузку и сечение жилы, равное 4 мм².

Потеря напряжения в линии $\Delta U_c = kIl = 3{,}23 \cdot 16{,}8 \cdot 0{,}015 = 0{,}081$ %.

По табл. 72 $k = 3{,}23$.

Полученный результат $\Delta U_c = 0{,}81$ % проверяем по таблицам 8, 9.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлены таблицы 75—78 выбора сечений кабелей с алюминиевыми и медными жилами, сечения жил алюминиевых и медных проводов при прокладке их в трубах в зависимости от длины участков линии и расчетной нагрузки.

Таблица 75. Расчетное сечение кабелей с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией, алюминиевых проводов, проложенных в трубе, трехфазных сетей напряжением 380/220 В при потере напряжения $\Delta U = 1,5\ \%$, мм²

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ=0,7(а) 0,9	1,4	2,1	3,8	4,3	5,7	7,9	10,7	
	cos φ=0,8(б) 0,8	1,3	1,9	3,1	3,8	5,0	6,9	9,4	
	cos φ=0,9(в) 0,7	1,1	1,7	2,8	3,3	4,4	6,1	8,3	
	cos φ=1,0(г) 0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5	
400						25			
350								35	50
300		4	6	10	16		25	35	50
250						16		25	35
200			4	6	10		16	25	
150						10		16	25
125				4	6		10	16	
100									
95						6			16
90									16
85									
80								10	
75								10	
70					4		6		
65									
60						4			10
55								6	10
50								6	
45							4		
35								4	6
30									
25									4
20									
3		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	10	14	17	22	30	40	55	60
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ=0,7(а) 14,3	20	24,3	31,4	42,9	57,1	78,6	85,7	
	cos φ=0,8(б) 12,5	17,5	21,3	27,5	37,5	50,0	68,8	75,0	
	cos φ=0,9(в) 11,1	15,6	18,9	24,4	33,3	44,4	61,1	66,7	
	cos φ=1,0(г) 10	14	17	22	30	40	55	60	
400			50	70	95	120			
350	25	35	50	50	70	120	95	120	120
300	25		35	50	70	95	120		120
250		25		35	50	70	120	95	120	95
200	16		25	35	50	35	70	50	95	70	95	70
150		16		25	35		50		70		70	
125	10		16			25	35		50		50	
100						25						
90					16					35		
85		10		16								
80	6							25				
75								25				
70				10			16					
65												
60		6										
55		6			10							
50	4			6								
40												
35			4									
30	2,5											
3	2,5	1,5	6	4	2,5	6	4	10	6	16	10	25	16	50	35	25	50	35
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Продолжение табл. 75

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	65,0	70,0	80,0	90,0	100,0	120,0	140,0
	Нагрузка S, кВА							
	cos φ=0,7 (а)	92,9	100	114,3	128,6	142,9	171,4	200
	cos φ=0,8 (б)	81,3	87,5	100	112,5	125	150	175
	cos φ=0,9 (в)	72,2	77,8	88,9	100	111,1	133,3	155,6
	cos φ=1,0 (г)	65	70	80	90	100	120	140
400								
350		120						
300		120	120					
250		120 95	120	120	120			
200		95	120 95	120 95	120 95	120		
150		70	70	95	120 95	120 95	120 95	120
125		70 50	70	70	70	95	120 95	120
100		50	50					
90								
85								
80								
75								
70								
65								
60								
55								
50								
40								
35								
30								
3		50 35	70 50 35	70 50	95 70 50	95 70	120 95 50	120 95
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	б в г	в г

Таблица 76. Расчетное сечение кабелей с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией, алюминиевых проводов, проложенных в трубе, трехфазных сетей напряжением 380/220 В при потере напряжения $\Delta U = 2,5\ \%$, мм²

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ=0,7 (а)	0,9	1,4	2,1	3,6	4,3	5,7	7,9	10,7
	cos φ=0,8 (б)	0,8	1,3	1,9	3,1	3,8	5,0	6,9	9,4
	cos φ=0,9 (в)	0,7	1,1	1,7	2,8	3,3	4,4	6,1	8,3
	cos φ=1,0 (г)	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
400						16			35
350				6				25	
300			4		10		25		
250						10		16	25
200				4	6	6	10		16
150								10	16
125					4		6	10	
100						4			
95									10
90									
85								6	
80									
75							4		
70									
65									6
55								4	
50									
45									
35									4
30									
3		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	10,0	14,0	17,0	22,0	30,0	40,0	55,0	60,0
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ=0,7 (а)	14,3	20,0	24,3	31,4	42,9	57,1	78,6	85,7
	cos φ=0,8 (б)	12,5	17,5	21,3	27,5	37,5	50,0	68,8	75,0
	cos φ=0,9 (в)	11,1	15,6	18,9	24,4	33,3	44,4	61,1	66,7
	cos φ=1,0 (г)	10,0	14,0	17,0	22,0	30,0	40,0	55,0	60,0
400		50	70		95	150 120	185		
350				70	95	120	185 150	185	
300		35	50	70	70	120 95	150 120	185 150	185
250			35	50	70	95	120 95	185 150	185 150
200		25	35	35	50	70	95	150 120	150 120
150			25		35	50	70	95	120 95
125		16		25	35	50	50	95 70	95
100						35	50		
95						35	50		
90						35			
85			16		25				
80			16						
75							35	50	
70		10		16			35		
65						25			
55					16				
50		6	10						
45				10					
35		4							
30		4							
3		6 2,5	10 6	10 6	16 10	25 16	70 35 25	70 35	70
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	65,0	70,0	80,0	90,0	100,0	120,0	140,0
	Нагрузка S, кВт							
	cos φ=0,7 (а)	92,9	100,0	114,3	128,6	142,9	171,4	200
	cos φ=0,8 (б)	81,3	87,5	100,0	112,5	125,0	150,0	175,0
	cos φ=0,9 (в)	72,2	77,8	88,9	100,0	111,1	133,3	155,6
	cos φ=1,0 (г)	65	70	80	90	100	120	140
400								
350								
300		185						
250		185 150	185	185				
200		185 150 120	185 150	185 150	185	185		
150		120	120	150 120	185 150	185 150	185	185
125		95	95	120 95	150 120	150 120	185 150	185
100						120	150	185 150
95				95	95			
90								185
85								
80								
75								
70								
65								
55								
50								
45								
35								
30								
3		95 70	95 70	95 70	120 95 70	150 120 95	150	150
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Таблица 77. Расчетное сечение кабелей с медными жилами и резиновой изоляцией, медных проводов, проложенных в трубе, трехфазных сетей напряжением 380/220 В при потере напряжения $\Delta U = 1{,}5\ \%$, мм²

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ = 0,7 (а)	0,9	1,4	2,1	3,6	4,3	5,7	7,9	10,7
	cos φ = 0,8 (б)	0,8	1,3	1,9	3,1	3,8	5,0	6,9	9,4
	cos φ = 0,9 (в)	0,7	1,1	1,7	2,8	3,3	4,4	6,1	8,3
	cos φ = 1,0 (г)	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
400						16			35
350				6				25	35
300		2,5	4		10		16		
250						10		16	25
200		1,5	2,5	4	6	6	10		16
150								10	16
125			1,5	2,5	4		6	10	
100						4			
95									10
90								6	
85								6	
80				1,5					
75					2,5		4		
70					2,5				
65									6
60						2,5			
55								4	
50					1,5				
45							2,5		
40						1,5			4
35								2,5	
30							1,5		
25								1,5	2,5
20									1,5
3		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5 1,5 1,0
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Продолжение табл. 77

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	10	14	17	22	30	40	55	60
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ = 0,7 (а)	14,3	20	24,3	31,4	42,9	57,1	78,6	85,7
	cos φ = 0,8 (б)	12,5	17,5	21,3	27,5	37,5	50	68,8	75
	cos φ = 0,9 (в)	11,1	15,6	18,9	24,4	33,3	44,4	61,1	66,7
	cos φ = 1,0 (г)	10,0	14	17	22	30	40	55	60
400		50	70	95	120	95	120		
350			70	70	95	120	120		
300		35	50	70	95	70	120	95	120
250			35	50	70	95	120	95	120
200		25	35	35	50	70	120	95	120
150			25		35	50	70	120	95
125		16	25	25	35	50	70	50	95
100							35	70	70
95						35	50	70	
90						35	50	70	70
85			16		25				70
80			16		25				70
75		10					35	50	
70		10		16			35	50	50
65						25	35		50
60						25			
55			10		16			35	
50		6	10				25		
45				10			25		
40				10		16			
35			6		10				
30		4		6					
25			4						
20		2,5							
3		2,5	1,5 6 4 2,5	6	4 10	6 16	10 25	16 50	35 25 50 35
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Продолжение табл. 77

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	65	70	80	90	100	120	140
	Нагрузка S, кВА							
	cos φ=0,7 (а)	92,9	100	114,3	128,6	142,9	171,4	200
	cos φ=0,8 (б)	81,3	87,5	100	112,5	125,0	150	175
	cos φ=0,9 (в)	72,2	77,8	88,9	100	111,1	133,3	155,6
	cos φ=1,0 (г)	65	70	80	90	100	120	140
400								
350								
300								
250								
200		120	120					
150		120 95	120	120	120	120		
125		120 95	120 95	120 95	120	120		
100		95	95	120	120	120	120	120
95			95	95	120 95	120	120	
90		70		95	120	95		
85		70	70	95	95	120		
80		70	70		95	95	120	120
75		70	70	70				
70				70				
65		50			70		95	
60		50	50					
55								
50								
45								
40								
35								
30								
25								
20								
3		50 35	70 50 35	70 50	95 70 50	95 70	120 95 70	120 95
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	б в г	в г

Таблица 78. Расчетное сечение кабелей с медными жилами и резиновой изоляцией, медных проводов, проложенных в трубе, трехфазных сетей напряжением 380/220 В при потере напряжения $\Delta U = 2{,}5\,\%$, мм²

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
	Нагрузка S, кВА								
	cos φ=0,7 (а)	0,9	1,4	2,1	3,6	4,3	5,7	7,9	10,7
	cos φ=0,8 (б)	0,8	1,3	1,9	3,1	3,8	5,0	6,9	9,4
	cos φ=0,9 (в)	0,7	1,1	1,7	2,8	3,3	4,4	6,1	8,3
	cos φ=1,0 (г)	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,5	7,5
400						10		16	25
350		1,5		4	6			16	
300			2,5			6	10		16
250								10	16
200			1,5	2,5	4	4	6		10
150				1,5				6	
125					2,5		4		16
100						2,5			
90								4	
85									
80					1,5				
75							2,5		
70						1,5			4
65						1,5			4
60									
55								2,5	
50							1,5		
40								1,5	2,5
35									
30									1,5
3		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	25 15 10
		а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Продолжение табл. 78

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт: 10	14	17	22	30	40	55	60
	Нагрузка S, кВА							
	cos φ=0,7 (а) 14,3	20	24,3	31,4	42,9	57,1	78,6	85,7
	cos φ=0,8 (б) 12,5	17,5	21,3	27,5	37,5	50	68,8	75
	cos φ=0,9 (в) 11,1	15,6	18,9	24,4	33,3	44,4	61,1	66,7
	cos φ=1,0 (г) 10	14	17	22	30	40	55	60
400		120	150 120	185 150				
350	70	95	120	185 150	185			
300	95		95	150 120	185 150	185		
250	50	70	95 70	120 95	150 120	185 150		
200	35	50	70	95 70	120 95	185 150 120	185	185
150			50	70	95	120	185 150	185 150
125	25	35	35	50	70	95	150 120	150 120
100			35				120	120
95			35					120
90						70	95	120
85						70	95	95
80		25		35	50	70	95	
75				35	50		95	95
70	16		25					95
65			25			50	70	
60					35	50		
55				25	35			
50		16		25				
45	10		16			35	50	
35			16	16	25			
30	6	10						
25			10					
20	4							
3	6 2,5	10 6	10 6	16 10	25 16	70 35 25	70 35	70
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Продолжение табл. 78

Длина участка, м	Нагрузка P, кВт: 65	70	80	90	100	120	140
	Нагрузка S, кВА						
	cos φ=0,7 (а) 92,9	100	114,3	128,6	142,9	171,4	200
	cos φ=0,8 (б) 81,3	87,5	100	112,5	125,0	150,0	175
	cos φ=0,9 (в) 72,2	77,8	88,9	100	111,1	133,3	155,6
	cos φ=1,0 (г) 65	70	80	90	100	120	140
400							
350							
300							
250							
200							
150	185 150	185	185				
125	185 150 120	185 150	185 150	185	185		
100	150	150	185 150	185	185	185	
95	120	150 120	185 150	185 150	185		
90	120				185	185	185
85	120	120	150 120	185 150	185 150	185	
80		120	150	150	185		
75	95		120	150 120	150	185	185
70	95	95 120		120	150 120	185 150	185
65		95	95	120		185	185
60			95		120		185
55				95			185
50							
45							
35							
30							
25							
20							
3	95 70	95 70	95 70	120 95 70	150 120 95	150 120	150
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ И ТРОЛЛЕИ

Значения индуктивных и активных сопротивлений шинопроводов серии ШМЗ, ШМА и ШРА приведены в табл. 79. Индуктивное сопротивление осветительного шинопровода ШОС и ШРМ незначительно и, как показывают расчеты, на величину потери напряжения не влияет.

Таблица **79. Сопротивления шинопроводов с алюминиевыми шинами**

Тип	Сопротивление		Тип	Сопротивление	
	активное R	индуктивное x_L		активное R	индуктивное x_L
Магистральные шинопроводы			*Осветительные шинопроводы*		
ШЗМ16УЗ1600	0,0146	0,0595	ШОС67-25 А	3,09	0,09
ШМА68-НУ2500	0,020	0,023	ШРМ75-100 А	0,53	0,087
ШМА68-НУ4000	0,013	0,015			
Распределительные шинопроводы			*Троллейные шинопроводы*		
ШРА73-250 А	0,21	0,21	ШТМ33-250 А	0,315	0,180
ШРА73-400 А	0,15	0,17	ШТМ72-400 А	0,197	0,120
ШРА73-630 А	0,10	0,13			

Шинопроводы и троллеи рассчитывают из условия равномерного распределения нагрузки по фазам:

$$\Delta U = \frac{10^5}{U^2}(R + x_L \operatorname{tg}\varphi)\, Pl,$$

где ΔU — потеря напряжения, проц.; U — линейное напряжение сети, В; R — активное сопротивление, Ом; P — активная расчетная мощность, кВт; l — длина линии, км.

Так как значение коэффициента $\frac{10^5}{U^2}$ при линейном напряжении сети 380 В равно 0,69, формула будет иметь вид

$$\Delta U = 0{,}69\,(R + x_L \operatorname{tg}\varphi)\, Pl.$$

На основании методики и алгоритма расчетов составлены таблицы (80—86) потерь напряжения.

Таблица 80. **Потеря напряжения в распределительном шинопроводе типа ШРА73-250 напряжением 380/220 В, ΔU, проц.**

Длина участка, м	Коэффициент мощности cos φ							
	0,8				0,9			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	50	75	100	125	50	75	100	125
10	0,12	0,18	0,24	0,30	0,10	0,15	0,21	0,26
15	0,18	0,27	0,36	0,45	0,15	0,23	0,31	0,38
20	0,24	0,36	0,48	0,60	0,21	0,31	0,41	0,51
25	0,30	0,45	0,60	0,74	0,26	0,38	0,51	0,64
30	0,36	0,54	0,71	0,89	0,31	0,46	0,62	0,77
35	0,42	0,62	0,83	1,04	0,36	0,54	0,72	0,90
40	0,48	0,71	0,95	1,19	0,41	0,62	0,82	1,03
45	0,54	0,80	1,07	1,34	0,46	0,69	0,92	1,15
50	0,60	0,89	1,19	1,49	0,51	0,77	1,03	1,28
60	0,71	1,07	1,43	1,79	0,62	0,92	1,23	1,54

Продолжение табл. 80

Длина участка, м	Коэффициент мощности cos φ							
	0,8				0,9			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	50	75	100	125	50	75	100	125
70	0,83	1,25	1,67	2,08	0,72	1,98	1,44	1,79
80	0,95	1,43	1,90	2,38	0,82	1,23	1,64	2,05
90	1,07	1,61	2,14	2,68	0,92	1,38	1,85	2,31
100	1,19	1,79	2,38	2,98	1,03	1,54	2,05	2,56
110	1,31	1,96	2,62	3,27	1,13	1,69	2,26	2,82
120	1,43	2,14	2,86	3,57	1,23	1,85	2,46	3,08
130	1,55	2,32	3,09	3,87	1,33	2,00	2,67	3,33
140	1,67	2,50	3,33	4,17	1,44	2,15	2,87	3,59
150	1,79	2,68	3,57	4,46	1,54	2,31	3,08	3,84

Продолжение табл. 80

Длина участка, м	Коэффициент мощности cos φ							
	0,95				1			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	50	75	100	125	50	75	100	125
10	0,09	0,14	0,19	0,23	0,07	0,11	0,14	0,18
15	0,14	0,21	0,28	0,35	0,11	0,16	0,22	0,27
20	0,19	0,28	0,37	0,46	0,14	0,22	0,29	0,36
25	0,23	0,35	0,46	0,58	0,18	0,27	0,36	0,45
30	0,28	0,42	0,56	0,70	0,22	0,33	0,43	0,54
35	0,33	0,49	0,65	0,81	0,25	0,38	0,51	0,63
40	0,37	0,56	0,74	0,93	0,29	0,43	0,58	0,72
45	0,42	0,63	0,84	1,04	0,33	0,49	0,65	0,82
50	0,46	0,70	0,93	1,16	0,36	0,54	0,72	0,91
60	0,56	0,84	1,11	1,39	0,43	0,65	0,87	1,09
70	0,65	0,98	1,30	1,63	0,51	0,76	1,01	1,27
80	0,74	1,11	1,49	1,86	0,58	0,87	1,16	1,45
90	0,84	1,25	1,67	2,09	0,65	0,98	1,30	1,63
100	0,93	1,39	1,86	2,32	0,72	1,09	1,45	1,81
110	1,02	1,53	2,04	2,55	0,80	1,20	1,59	1,99
120	1,11	1,67	2,23	2,79	0,87	1,30	1,74	2,17
130	1,21	1,81	2,41	3,02	0,94	1,41	1,88	2,35
140	1,30	1,95	2,60	3,25	1,01	1,52	2,03	2,54
150	1,39	2,09	2,79	3,49	1,09	1,63	2,17	2,72

Таблица 81. Потеря напряжения в распределительном шинопроводе типа ШРА73-400 напряжением 380/220 В, ΔU, проц.

Длина участка, м	cos φ							
	0,8				0,9			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	150	175	190	200	150	175	190	200
10	0,26	0,30	0,33	0,35	0,21	0,25	0,27	0,29
15	0,39	0,45	0,49	0,52	0,32	0,38	0,41	0,43
20	0,52	0,60	0,66	0,69	0,43	0,50	0,54	0,57
25	0,65	0,75	0,82	0,86	0,54	0,63	0,68	0,72
30	0,78	0,91	0,98	1,04	0,64	0,75	0,82	0,86
35	0,91	1,06	1,15	1,21	0,75	0,88	0,95	1,00
40	1,04	1,21	1,31	1,38	0,86	1,00	1,09	1,15
45	1,16	1,36	1,47	1,55	0,97	1,13	1,22	1,29
50	1,29	1,51	1,64	1,73	1,07	1,25	1,36	1,43
60	1,55	1,81	1,97	2,07	1,29	1,50	1,63	1,72
70	1,81	2,11	2,29	2,41	1,50	1,75	1,90	2,00
80	2,07	2,42	2,62	2,76	1,72	2,00	2,18	2,29
90	2,33	2,72	2,95	3,11	1,93	2,25	2,45	2,58
100	2,59	3,02	3,28	3,45	2,15	2,51	2,72	2,86
110	2,85	3,32	3,61	3,80	2,36	2,76	2,99	3,15
120	3,11	3,62	3,93	4,14	2,58	3,01	3,26	3,44
130	3,36	3,92	4,26	4,48	2,79	3,26	3,54	3,72
140	3,62	4,23	4,59	4,83	3,01	3,51	3,81	4,01
150	3,88	4,53	4,92	5,18	3,22	3,76	4,08	4,30

Продолжение табл. 81

Длина участка, м	cos φ							
	0,95				1			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	150	175	190	200	150	175	190	200
10	0,19	0,22	0,24	0,25	0,13	0,16	0,17	0,18
15	0,28	0,33	0,36	0,38	0,20	0,24	0,26	0,27
20	0,38	0,44	0,48	0,50	0,27	0,31	0,34	0,36
25	0,47	0,55	0,60	0,63	0,34	0,39	0,43	0,45
30	0,57	0,66	0,72	0,76	0,40	0,47	0,51	0,54
35	0,66	0,77	0,84	0,88	0,47	0,55	0,60	0,63
40	0,76	0,88	0,96	1,01	0,54	0,63	0,68	0,72
45	0,85	0,99	1,08	1,13	0,61	0,71	0,77	0,81
50	0,94	1,10	1,20	1,26	0,67	0,78	0,85	0,90
60	1,13	1,32	1,44	1,51	0,81	0,94	1,02	1,08
70	1,32	1,54	1,68	1,76	0,94	1,10	1,19	1,26
80	1,51	1,76	1,91	2,02	1,08	1,26	1,36	1,44
90	1,70	1,98	2,15	2,27	1,21	1,41	1,53	1,61
100	1,89	2,20	2,39	2,52	1,35	1,57	1,70	1,79
110	2,08	2,43	2,63	2,77	1,48	1,73	1,88	1,97
120	2,27	2,65	2,87	3,02	1,61	1,88	2,05	2,15
130	2,46	2,87	3,11	3,28	1,75	2,04	2,22	2,33
140	2,65	3,09	3,35	3,53	1,88	2,20	2,39	2,51
150	2,83	3,31	3,59	3,78	2,02	2,35	2,56	2,69

Таблица 82. Потеря напряжения в распределительном шинопроводе типа ШРА73-630 напряжением 380/220 В, ΔU, проц.

Длина участка, м	cos φ									
	0,8					0,9				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	225	250	270	280	300	225	250	270	280	300
10	0,25	0,28	0,30	0,31	0,34	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28
15	0,38	0,42	0,45	0,47	0,50	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41
20	0,50	0,56	0,61	0,63	0,67	0,41	0,46	0,50	0,51	0,55
25	0,63	0,70	0,76	0,78	0,84	0,52	0,57	0,62	0,64	0,69
30	0,76	0,84	0,91	0,94	1,01	0,62	0,69	0,74	0,77	0,83
35	0,88	0,98	1,06	1,10	1,18	0,72	0,80	0,87	0,90	0,97
40	1,01	1,12	1,21	1,26	1,35	0,83	0,92	0,99	1,03	1,10
45	1,14	1,26	1,36	1,41	1,51	0,93	1,03	1,12	1,16	1,24
50	1,26	1,40	1,51	1,57	1,68	1,03	1,15	1,24	1,29	1,38
60	1,51	1,68	1,82	1,88	2,02	1,24	1,38	1,49	1,54	1,66
70	1,77	1,96	2,12	2,20	2,35	1,45	1,61	1,74	1,80	1,93
80	2,02	2,24	2,42	2,51	2,69	1,66	1,84	1,99	2,06	2,21
90	2,27	2,52	2,72	2,83	3,03	1,86	2,07	2,23	2,32	2,48
100	2,52	2,80	3,03	3,14	3,36	2,07	2,30	2,48	2,57	2,76
110	2,78	3,08	3,33	3,45	3,70	2,28	2,53	2,73	2,83	3,03
120	3,03	3,36	3,63	3,77	4,04	2,48	2,76	2,98	3,09	3,31
130	3,28	3,64	3,94	4,08	4,37	2,69	2,99	3,23	3,35	3,59
140	3,53	3,92	4,24	4,40	4,71	2,90	3,22	3,48	3,80	3,86
150	3,78	4,20	4,54	4,71	5,05	3,10	3,45	3,72	3,86	4,14

Продолжение табл. 82

Длина участка, м	cos φ									
	0,95					1,0				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	225	250	270	280	300	225	250	270	280	300
10	0,18	0,20	0,22	0,22	0,24	0,12	0,14	0,15	0,15	0,17
15	0,27	0,30	0,32	0,34	0,36	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25
20	0,36	0,40	0,43	0,45	0,48	0,25	0,28	0,30	0,31	0,33
25	0,45	0,50	0,35	0,56	0,60	0,31	0,35	0,37	0,39	0,41
30	0,54	0,60	0,65	0,67	0,72	0,37	0,41	0,45	0,46	0,50
35	0,63	0,70	0,76	0,79	0,84	0,43	0,48	0,52	0,54	0,58
40	0,72	0,80	0,87	0,90	0,96	0,50	0,55	0,60	0,62	0,66
45	0,81	0,90	0,97	1,01	1,08	0,56	0,62	0,67	0,70	0,75
50	0,90	1,00	1,08	1,12	1,20	0,62	0,69	0,75	0,77	0,83
60	1,08	1,20	1,30	1,35	1,44	0,75	0,83	0,89	0,93	0,99
70	1,26	1,40	1,51	1,57	1,68	0,87	0,97	1,04	1,08	1,16
80	1,44	1,60	1,73	1,80	1,92	0,99	1,10	1,19	1,24	1,32
90	1,62	1,80	1,85	2,02	2,16	1,12	1,24	1,34	1,39	1,49
100	1,80	2,00	2,16	2,24	2,40	1,24	1,38	1,49	1,55	1,66
110	1,98	2,20	2,38	2,47	2,64	1,37	1,52	1,64	1,70	1,82
120	2,16	2,40	2,60	2,69	2,89	1,49	1,66	1,79	1,85	1,99
130	2,34	2,60	2,81	2,92	3,13	1,61	1,79	1,94	2,01	2,15
140	2,52	2,81	3,03	3,14	3,37	1,74	1,93	2,09	2,16	2,32
150	2,70	3,01	3,25	3,37	3,61	1,86	2,07	2,24	2,32	2,48

Таблица 83. **Потеря напряжения в троллейном шинопроводе типа ШТМ73-200 А напряжением 380/220 В, ΔU, проц.**

Длина участка, м	cos φ									
	0,8					0,9				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
10	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17
15	0,06	0,13	0,19	0,25	0,32	0,05	0,10	0,15	0,20	0,26
20	0,08	0,17	0,25	0,34	0,42	0,07	0,14	0,20	0,27	0,34
25	0,11	0,21	0,32	0,42	0,53	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43
30	0,13	0,25	0,38	0,51	0,63	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51
35	0,15	0,30	0,44	0,59	0,74	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60
40	0,17	0,34	0,51	0,68	0,84	0,14	0,27	0,41	0,54	0,68
45	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	0,15	0,31	0,46	0,61	0,77
50	0,21	0,42	0,63	0,84	1,06	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85
60	0,25	0,51	0,76	1,01	1,27	0,20	0,41	0,61	0,82	1,02
70	0,30	0,59	0,89	1,18	1,48	0,24	0,48	0,71	0,95	1,19
80	0,34	0,68	1,01	1,35	1,69	0,27	0,54	0,82	1,09	1,36
90	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	0,31	0,61	0,92	1,22	1,53
100	0,42	0,84	1,27	1,69	2,11	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70
110	0,46	0,93	1,39	1,86	2,32	0,37	0,75	1,12	1,50	1,87
120	0,51	1,01	1,52	2,03	2,53	0,41	0,82	1,22	1,63	2,04
130	0,55	1,10	1,65	2,20	2,74	0,44	0,88	1,33	1,77	2,21
140	0,59	1,18	1,77	2,36	2,96	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38
150	0,63	1,27	1,90	2,53	3,17	0,51	1,02	1,53	2,04	2,55

Продолжение табл. 83

Длина участка, м	cos φ									
	0,95					1				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
10	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10
15	0,04	0,09	0,13	0,18	0,22	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14
20	0,06	0,12	0,18	0,23	0,29	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19
25	0,07	0,15	0,22	0,29	0,37	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24
30	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,06	0,11	0,17	0,23	0,29
35	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33
40	0,12	0,23	0,35	0,47	0,58	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38
45	0,13	0,26	0,39	0,53	0,66	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43
50	0,15	0,29	0,44	0,58	0,73	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48
60	0,18	0,35	0,53	0,70	0,77	0,11	0,23	0,34	0,46	0,57
70	0,20	0,41	0,61	0,82	1,02	0,13	0,27	0,40	0,53	0,67
80	0,23	0,47	0,70	0,93	1,17	0,15	0,30	0,46	0,61	0,76
90	0,26	0,53	0,79	1,05	1,31	0,17	0,34	0,51	0,69	0,86
100	0,29	0,58	0,88	1,17	1,46	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95
110	0,32	0,64	0,96	1,28	1,61	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05
120	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75	0,23	0,46	0,69	0,91	1,14
130	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	0,25	0,50	0,74	0,99	1,24
140	0,41	0,82	1,23	1,64	2,04	0,27	0,53	0,80	1,07	1,33
150	0,44	0,88	1,31	1,75	2,19	0,29	0,57	0,86	1,14	1,43

Таблица 84. **Потеря напряжения в троллейном шинопроводе типа ШТМ73-400 А напряжением 380/220 В, ΔU, проц.**

Длина участка, м	cos φ									
	0,8					0,9				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
10	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,03	0,07	0,1	0,14	0,17
15	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,05	0,1	0,16	0,21	0,26
20	0,08	0,16	0,24	0,32	0,39	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35
25	0,1	0,2	0,29	0,39	0,49	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44
30	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,1	0,21	0,28	0,42	0,53
35	0,14	0,27	0,42	0,55	0,69	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62
40	0,16	0,32	0,47	0,63	0,79	0,14	0,28	0,42	0,56	0,7
45	0,18	0,35	0,53	0,71	0,89	0,16	0,31	0,47	0,63	0,79
50	0,20	0,39	0,59	0,79	0,99	0,17	0,35	0,53	0,7	0,88
60	0,24	0,47	0,71	0,95	1,19	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05
70	0,27	0,55	0,83	1,11	1,38	0,24	0,49	0,74	0,98	1,23
80	0,32	0,63	0,95	1,26	1,58	0,28	0,56	0,84	1,121	1,41
90	0,35	0,71	1,07	1,42	1,78	0,31	0,63	0,95	1,27	1,58
100	0,39	0,79	1,18	1,58	1,98	0,35	0,7	1,05	1,41	1,76
110	0,43	0,87	1,3	1,74	2,17	0,38	0,77	1,16	1,55	1,93
120	0,47	0,95	1,42	1,9	2,37	0,42	0,84	1,27	1,69	2,11
130	0,51	1,03	1,54	2,06	2,57	0,45	0,91	1,37	1,83	2,29
140	0,55	1,11	1,66	2,21	2,77	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46
150	0,59	1,19	1,78	2,37	2,97	0,53	1,05	1,58	2,11	2,64

Продолжение табл. 84

Длина участка, м	cos φ									
	0,95					1				
	Расчетная нагрузка, кВт									
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
10	0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14
15	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
20	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,05	0,11	0,16	0,22	0,27
25	0,08	0,16	0,24	0,32	0,41	0,07	0,13	0,2	0,27	0,34
30	0,09	0,19	0,29	0,39	0,49	0,08	0,16	0,24	0,32	0,41
35	0,11	0,23	0,34	0,45	0,57	0,09	0,19	0,28	0,38	0,47
40	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54
45	0,14	0,29	0,44	0,58	0,73	0,12	0,24	0,37	0,49	0,61
50	0,16	0,32	0,49	0,65	0,81	0,13	0,27	0,41	0,54	0,68
60	0,19	0,39	0,58	0,78	0,98	0,16	0,32	0,49	0,65	0,82
70	0,23	0,45	0,68	0,91	1,14	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95
80	0,26	0,52	0,78	1,04	1,3	0,22	0,43	0,65	0,87	1,08
90	0,29	0,58	0,88	1,17	1,47	0,24	0,49	0,73	0,98	1,22
100	0,32	0,65	0,98	1,3	1,63	0,27	0,54	0,82	1,09	1,36
110	0,36	0,71	1,07	1,43	1,79	0,29	0,59	0,89	1,19	1,49
120	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	0,32	0,65	0,98	1,3	1,63
130	0,42	0,85	1,27	1,69	2,12	0,35	0,71	1,06	1,41	1,76
140	0,45	0,91	1,37	1,82	2,28	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90
150	0,49	0,98	1,47	1,95	2,44	0,41	0,82	1,22	1,63	2,04

Таблица 85. **Потеря напряжения в осветительном шинопроводе типа ШОС67-25 напряжением 380/220 В, ΔU, проц.**

Длина участка, м	cos φ							
	0,8				0,9			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	4	8	10	12	4	8	10	12
10	0,8	0,16	0,20	0,24	0,08	0,16	0,20	0,24
15	0,12	0,24	0,30	0,36	0,12	0,24	0,30	0,36
20	0,16	0,32	0,40	0,48	0,16	0,32	0,40	0,48
25	0,20	0,40	0,50	0,61	0,20	0,40	0,50	0,60
30	0,24	0,48	0,61	0,73	0,24	0,48	0,60	0,72
35	0,28	0,57	0,71	0,85	0,28	0,56	0,70	0,84
40	0,32	0,65	0,81	0,97	0,32	0,64	0,80	0,96
45	0,36	0,73	0,91	1,09	0,36	0,72	0,90	1,08
50	0,40	0,81	1,01	1,21	0,40	0,80	1,00	1,20
60	0,48	0,97	1,21	1,45	0,48	0,96	1,20	1,44
70	0,57	1,13	1,41	1,70	0,56	1,12	1,40	1,68
80	0,65	1,29	1,61	1,94	0,64	1,28	1,60	1,92
90	0,73	1,45	1,82	2,18	0,72	1,44	1,80	2,16
100	0,81	1,61	2,02	2,42	0,80	1,60	2,00	2,40
110	0,89	1,78	2,22	2,66	0,88	1,76	2,20	2,64
120	0,97	1,94	2,42	2,91	0,96	1,92	2,40	2,88
130	1,05	2,10	2,62	3,15	1,04	2,08	2,60	3,12
140	1,13	2,26	2,83	3,39	1,12	2,24	2,80	3,36
150	1,23	2,42	3,03	3,63	1,20	2,40	3,00	3,60

Продолжение табл. 85

Длина участка, м	cos φ							
	0,95				1			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	4	8	10	12	4	8	10	12
10	0,08	0,16	0,20	0,24	0,08	0,16	0,20	0,24
15	0,12	0,24	0,30	0,36	0,12	0,24	0,29	0,36
20	0,16	0,32	0,40	0,48	0,16	0,31	0,39	0,47
25	0,20	0,40	0,50	0,60	0,20	0,39	0,49	0,59
30	0,24	0,48	0,60	0,72	0,24	0,47	0,59	0,71
35	0,28	0,56	0,70	0,84	0,28	0,55	0,69	0,83
40	0,32	0,64	0,80	0,95	0,31	0,63	0,79	0,94
45	0,36	0,72	0,90	1,07	0,35	0,71	0,88	1,06
50	0,40	0,80	0,99	1,19	0,39	0,79	0,98	1,18
60	0,48	0,95	1,19	1,43	0,47	0,94	1,18	1,42
70	0,56	1,11	1,39	1,67	0,55	1,10	1,38	1,65
80	0,64	1,27	1,59	1,91	0,63	1,26	1,57	1,89
90	0,72	1,43	1,79	2,15	0,71	1,42	1,77	2,12
100	0,80	1,59	1,99	2,39	0,79	1,57	1,97	2,36
110	0,88	1,75	2,19	2,63	0,87	1,73	2,16	2,60
120	0,95	1,91	2,39	2,86	0,94	1,89	2,36	2,83
130	1,03	2,07	2,59	3,10	1,02	2,05	2,56	3,07
140	1,11	2,23	2,78	3,34	1,10	2,20	2,75	3,30
150	1,19	2,39	2,98	3,58	1,18	2,36	2,95	3,54

Таблица 86. **Потеря напряжения в осветительном шинопроводе типа ШРМ75-100А напряжением 380/220 В, ΔU, проц.**

Длина участка, м	cos φ							
	0,8				0,9			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	4	8	10	12	4	8	10	12
10	0,03	0,07	0,07	0,1	0,03	0,06	0,07	0,11
15	0,04	0,1	0,11	0,15	0,04	0,09	0,11	0,16
20	0,06	0,14	0,15	0,2	0,05	0,13	0,15	0,22
25	0,07	0,17	0,18	0,26	0,06	0,16	0,18	0,27
30	0,09	0,2	0,22	0,31	0,08	0,19	0,22	0,33
35	0,1	0,24	0,26	0,36	0,09	0,22	0,26	0,38
40	0,12	0,27	0,29	0,41	0,1	0,25	0,29	0,44
45	0,13	0,31	0,33	0,46	0,11	0,28	0,33	0,49
50	0,15	0,34	0,6	0,51	0,13	0,32	0,36	0,55
60	0,18	0,41	0,44	0,61	0,15	0,38	0,44	0,66
70	0,2	0,48	0,51	0,71	0,18	0,44	0,51	0,77
80	0,23	0,54	0,58	0,82	0,2	0,5	0,58	0,88
90	0,26	0,61	0,66	0,92	0,23	0,57	0,66	0,98
100	0,29	0,68	0,73	1,02	0,25	0,63	0,73	1,09
110	0,32	0,75	0,8	1,12	0,28	0,69	0,8	1,2
120	0,35	0,82	0,88	1,23	0,3	0,76	0,88	1,31
130	0,38	0,88	0,95	1,33	0,33	0,82	0,95	1,42
140	0,41	0,95	1,02	1,43	0,35	0,88	1,02	1,53
150	0,44	1,02	1,09	1,53	0,38	0,95	1,09	1,64

Продолжение табл. 86

Длина участка, м	cos φ							
	0,95				1			
	Расчетная нагрузка, кВт							
	4	8	10	12	4	8	10	12
10	0,02	0,06	0,08	0,11	0,01	0,04	0,08	0,12
15	0,03	0,08	0,11	0,17	0,02	0,05	0,12	0,17
20	0,04	0,11	0,15	0,23	0,03	0,07	0,16	0,23
25	0,06	0,14	0,19	0,28	0,04	0,09	0,19	0,29
30	0,07	0,17	0,23	0,34	0,04	0,11	0,23	0,35
35	0,08	0,19	0,26	0,4	0,05	0,13	0,27	0,41
40	0,09	0,22	0,3	0,45	0,06	0,15	0,31	0,47
45	0,1	0,25	0,34	0,51	0,07	0,16	0,35	0,52
50	0,11	0,28	0,38	0,57	0,07	0,18	0,39	0,58
60	0,13	0,33	0,45	0,68	0,09	0,22	0,47	0,7
70	0,16	0,39	0,53	0,79	0,1	0,26	0,54	0,82
80	0,2	0,5	0,68	1,02	0,13	0,33	0,7	1,05
90	0,2	0,5	0,68	1,02	0,13	0,33	0,7	1,05
100	0,22	0,56	0,75	1,13	0,15	0,37	0,78	0,17
110	0,24	0,61	0,83	1,24	0,16	0,4	0,86	1,28
120	0,27	0,67	0,9	1,36	0,18	0,44	0,93	1,4
130	0,29	0,72	0,98	1,47	0,19	0,48	1,01	1,52
140	0,31	0,78	1,05	1,58	0,2	0,51	1,09	1,63
150	0,33	0,83	1,13	1,7	0,22	0,55	1,17	1,75

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ШИНОПРОВОДЫ

Расчет магистральных шинопроводов серии ШЗМ16У31600, ШМА68-НУ2500 и ШМА68-НУ4000 по потере напряжения выполняют аналогично условиям расчета распределительных шинопроводов серии ШРА73. На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлены табл. 87—89.

Таблица 87. **Потеря напряжения в магистральном шинопроводе типа ШЗМ16 УЗ для распределения электрической энергии трехфазной сети на 1600 А напряжением до 0,4 кВ при cos φ, равном 0,8 (а), 0,9 (б), 0,95 (в), 1,0 (г), ΔU, проц.**

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт																	
	200				250				300				350				400				450			
	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г
500	2,7	2,3	2,1	1,6	3,4	2,9	2,6	2,1	4,0	3,5	3,2	2,5	4,7	4,0	3,7	2,9	5,4	4,6	4,2	3,3	6,0	5,2	4,7	3,7
470			1,9	1,5				1,9																
430		2,0				2,5				3,0	2,7		4,0	3,5			4,6	4,0		2,8	5,2	4,5	4,1	3,2
390	2,1				2,6	2,0			3,1		1,9						4,2	3,3			4,7			2,9
350			1,5			2,0	1,5						3,3	2,9	2,0			3,2			4,2	3,3	3,1	
310		1,4	1,0		2,0					2,2	1,9				2,3				2,0					
270	1,5								2,1				2,5	2,2			2,9	2,3			3,2			2,0
250		1,0	0,9				1,0				1,1							2,1				2,4	2,2	
190	1,0					1,1	1,0		1,5				1,8		1,1		2,0				2,3			
150			0,5		1,0					1,0	0,9				1,1				1,0					1,1
110		0,5	0,5			0,5			0,9		0,5		1,0	0,9			1,3	1,0	0,9			1,1	1,0	
90	0,5				0,5	0,5						0,5									1,0			
70					0,5				0,4	0,5	0,4			0,5					0,5				0,5	
50													0,5				0,5	0,5			0,5			

Продолжение табл. 87

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт																							
	500				550				600				650				700				750				800			
	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г
500	6,7	5,8	5,3	4,1	7,4	6,4	5,8	4,5	8,0	6,9	6,3	5,0	8,7	7,6	6,8	5,4	9,4	8,1	7,4	5,8	7,9	8,7	6,2		8,4	9,3	6,6	
470			4,9				5,4					5,1					8,8			5,4	9,5			8,2				
430		5,0				6,4	5,5	5,0	3,9	6,9	5,4	4,3	7,5	6,5	4,6			7,0	5,3	4,9	8,7	7,5			9,3	8,0	7,3	
390	5,2		4,1	3,2		5,0				5,4	4,9			5,3			7,3	6,3				6,8	6,2	4,8	8,9	7,2	6,6	5,2
350	4,7	4,0			5,2	4,0	3,2		4,9				6,1	5,3	4,8		6,6	5,1	4,1		7,0	5,5			7,5	8,5	4,6	
310		3,3			4,6	3,9			5,0	3,9	3,1		5,4	4,7	4,2	3,3		5,0	4,6		6,3	5,4	4,9	3,8		5,2	4,1	
270	3,1		2,2		4,0	3,1			4,4				4,7	4,0			5,0	4,4	3,1		6,4	4,7			5,8	5,0	4,6	
230	3,0				2,9	2,1			3,7	3,2	2,9	2,3	4,0	3,1			4,3	3,4			4,6	4,0			4,9	4,3	3,9	
190	2,2	2,0			2,2								3,3	2,0			3,6	3,1	2,2		3,8	3,0	2,4		3,5		2,5	
150	2,0		1,2		2,2				2,4	2,1			2,3	2,0				2,2			2,6	2,4			3,2	2,5		
110						1,0		1,0				1,2			2,0				3,0				2,4	2,0			
90	1,2	1,1	1,0			1,0	1,1			1,1						1,0				2,2		1,1		1,2				
70			0,6		1,0				1,1	1,0			1,6	0,9	1,0			1,1	1,0		1,2	1,1		1,1				
50		0,6	0,5				0,5				0,5			0,9		0,5		0,9			1,0			1,0	0,9			

Таблица 88. **Потеря напряжения в магистральном шинопроводе типа ШМА68-НУ для распределения электрической энергии трехфазной сети на 2500 А напряжением до 0,4 кВ при cos φ, равном 0,8 (а), 0,9 (б), 0,95 (в), 1,0 (г), ΔU, проц.**

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт									
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
1000	9,2 6,9	7,6	8,3	8,9	9,7					
950	9,7 6,6	9,6 7,2			9,2	9,8				
900	9,2 6,2 8,2		9,9	8,1			9,3			
850		9,6	7,0		8,2		9,4	9,9		
800	9,7 7,3 8,2	8,1 9,0 6,1	9,8	9,5 7,2		8,3			9,9	
750	5,2	9,9 8,4	8,2 9,2 6,2	9,9	9,6 7,2			8,3		9,8
700	8,4 6,4 7,2 4,8	7,1 5,3	8,6	8,3 9,3 6,3		9,6 7,2			8,2	9,2
650		8,6 7,3 4,9	9,4 7,1 5,4	8,6	8,3 9,3 6,3	9,9	9,5 7,2		8,1	8,5
600	7,2 6,1 4,1	8,0 6,0	8,7 7,4 4,9	9,4 7,1 5,4	8,6	9,2 8,2 6,2	9,8	9,3 7,0	9,9 7,4	
550	5,0	6,2 4,2	6,0	8,6 6,6 7,3 4,9	9,3 7,1 5,3	9,9 7,6 8,4	8,1 9,0 6,1	8,6 9,6 6,4		8,6 7,2
500	6,0 4,6 5,1	6,6 5,0	7,7 5,5 4,1	6,7	8,4 6,4 7,2 4,8	7,5 5,1	9,7 7,3 8,2 5,5	8,7	8,2 9,2 6,2	8,7 9,7 6,6
450	5,4 4,1 4,6 3,1	5,1 4,5	6,5 4,9 5,5	7,0 5,4 4,0	7,6 6,4	8,1 6,2 4,7	8,7 7,4 6,6 4,9	9,2 7,0 7,8 5,3	9,8 7,4 8,3 5,6	7,8 8,8
400	4,8 4,1	5,3 4,5 3,0	4,9 3,3	6,3 4,8 5,3	6,7 5,1	7,2 5,5 6,1 4,1	7,7 6,6 4,4	8,2 6,2 4,7	8,7 6,6 7,4 4,9	9,2 7,8 5,2
350	3,2	4,6	5,0 4,3	5,5 4,7 3,1	4,5 5,0 3,4	6,5 4,8 5,4	6,7 5,1 5,7	7,2 5,4 6,1	7,6 5,8 6,4 4,3	8,0 6,1 6,8 4,6
300	3,1 2,1	3,0 3,4 2,3	4,3 3,3	4,7 3,6	5,1 4,3	5,4 4,6 3,1	5,8 4,4 4,9 3,3	6,2 4,7 5,2 3,5	6,5 4,9 5,5	6,9 5,2 5,9
250	3,0 2,3	3,3	3,6 3,0 2,1	3,3 2,2	4,2 3,2 3,6 2,4	4,5 3,4	4,8 3,7 4,1	5,1 4,3	5,4 4,6 3,1	5,7 4,9 3,3
200	2,4 2,0	2,7 2,0 2,2	2,9 2,2 2,5	3,1 2,4	3,4 2,6	3,6 3,1 2,1	3,9 3,3 2,2	4,1 3,1 3,5 2,3	4,3 3,3 3,7 2,5	4,6 3,5 3,9 2,6
150	1,4 1,0	1,1	1,2	2,3 2,0 1,3	2,5 2,1	2,7 2,1 2,3	2,9 2,2 2,5	3,1 2,3 2,6	3,3 2,5 2,8	3,4 2,6 2,9
100	1,2 1,0	1,3 1,0 1,1	1,4 1,1 1,2	1,6 1,2 1,3	1,7 1,3 1,4 1,0	1,8 1,4 1,5 1,0	1,9 1,5 1,6 1,1	2,0 1,6 1,7 1,2	2,2 1,5 1,8 1,2	2,3 1,7 1,9 1,3
50	0,6 0,5 0,5 0,3	0,7 0,5 0,6 0,4	0,7 0,5 0,6 0,4	0,8 0,6 0,7 0,4	0,8 0,6 0,7 0,5	0,9 0,7 0,8 0,5	1,0 0,7 0,8 0,6	1,0 0,8 0,9 0,6	1,1 0,8 0,9 0,6	1,1 0,8 1,0 0,7
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт								
	1000	1050	1100	1150	1200	1300	1400	1500	1600
1000									
950									
900									
850									
800									
750									
700	9,7								
650		9,4	9,9						
600	8,3	8,7		9,5	9,9				
550	7,6		8,3	8,7	9,1	9,9			
500	9,2	9,6 7,7	7,6		8,3	8,9	9,7		
450	8,2 9,2 6,2	8,7 9,7 6,5	9,1	9,5 7,1	9,9 7,4	8,1	8,7	9,3	9,9
400	9,7 7,3 8,2 5,9	7,7 8,6	8,1 9,0 6,1	8,4 9,4 6,3	8,8 9,8 6,6	9,5 7,2	7,7	8,3	8,8
350	8,4 6,4 7,2 4,8	8,9 6,7 7,5 5,1	9,3 7,1 7,9 5,3	9,7 7,4 8,2 5,6	7,7 8,6 5,8	8,3 9,3 6,3	8,9 6,7	9,6 7,2	7,7
300	7,2 5,5 6,1 4,1	7,6 5,8 6,4 4,3	7,9 6,0 6,7 4,5	8,3 6,3 7,1 4,7	8,7 6,6 7,4 4,9	9,4 7,1 8,0 5,4	7,7 8,6 5,8	8,2 9,2 6,2	8,8 9,8 6,6
250	6,0 4,6 5,1 3,4	6,3 4,8 5,4 3,6	6,6 5,0 5,6 3,7	6,9 5,3 5,9 4,0	7,2 5,5 6,1 4,1	7,8 5,9 6,7 4,5	8,4 6,4 7,2 4,8	9,1 6,9 7,7 5,2	9,7 7,3 8,2 5,5
200	4,8 3,7 4,1	5,1 3,8 4,3	5,3 4,0 4,5 3,0	5,6 4,2 4,7 3,2	5,8 4,4 4,9 3,3	6,3 4,8 5,3 3,6	6,7 5,1 5,7 3,9	7,2 5,5 6,1 4,1	7,7 5,9 6,6 4,4
150	3,6 2,7 3,1 2,1	3,8 2,9 3,2 2,2	3,9 3,0 3,4 2,3	4,2 3,2 3,5 2,4	4,3 3,3 3,7 2,5	4,7 3,6 4,0 2,7	5,1 3,8 4,3 2,9	5,4 4,1 4,6 3,1	5,8 4,4 4,9 3,3
100	2,4 1,8 2,0 1,4	2,5 1,9 2,1 1,4	2,7 2,0 2,2 1,5	2,8 2,1 2,4 1,6	2,9 2,2 2,5 1,7	3,1 2,4 2,7 1,8	3,4 2,6 2,9 1,9	3,6 2,7 3,1 2,1	3,9 2,9 3,3 2,2
50	1,2 0,9 1,0 0,7	1,3 0,9 1,1 0,7	1,3 1,0 1,1 0,8	1,4 1,0 1,2 0,8	1,4 1,1 1,2 0,8	1,6 1,2 1,3 0,9	1,7 1,3 1,4 1,0	1,8 1,4 1,5 1,0	1,9 1,5 1,6 1,1
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Таблица 89. **Потеря напряжения в магистральном шинопроводе типа ШМА68-НУ для распределения электрической энергии трехфазной сети на 4000 А напряжением 0,4 кВ при cos φ, равном 0,8 (а), 0,9 (б), 0,95 (в), 1,0 (г), ΔU, проц.**

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт									
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
1000	7.2	8.1	4.9	9.3						
950				9.4						
900	9.1	7.3	8.7		9.2					
850	9.2			8.4	9.1	9.4				
	6.3									
800		9.1	7.2			9.3				
750	8.1	9.1		7.4	8.1		9.4			
	9.4	6.3								
700		6.5	9.0			8.2		8.4		
	5.4	9.9	6.3							
650	7.0			9.7	7.0		8.2		9.3	9.3
	8.1	4.7	4.2	8.4						
600	9.3	6.5			9.7	7.0	7.5	8.1	8.6	9.1
	7.5	8.9	4.8	9.4	6.3					
550	8.5		7.4	8.2		9.7				8.4
	5.9	9.6	4.9	9.5	5.4	6.4		7.4		
500	7.7	5.4	8.7	7.4	8.1	8.8	9.4		7.2	7.8
	6.8	8.7	6.1	8.6	9.4	5.4	6.3			
450		4.9	7.8	8.7	7.3	9.2	8.5	9.1	9.7	
		5.2	6.3	7.7	8.4	5.7	9.3	6.1	6.3	
400	6.2	4.3	5.9	8.5	9.3	7.0	7.8	9.1	8.8	9.7
	5.0	5.5	5.2	8.3	6.3	8.1	4.7	8.8	5.4	6.1
350	5.9	4.0	8.1	7.4	8.4	8.8	9.3	7.1	7.8	8.0
	4.9	4.9	5.3	6.0	5.4	6.6	7.7	8.2	8.9	9.3
300	4.6	3.2	5.2	6.4	6.9	7.3	8.1	8.7	9.3	9.8
	2.1	4.7	3.8	5.2	5.6	6.7	6.6	7.0	7.5	8.0
250	4.3	5.0	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.2	7.7	8.2
	3.1	3.5	3.4	4.3	4.7	5.1	5.3	5.9	6.3	6.8
200	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6
	2.2	2.4	3.0	3.4	3.2	3.3	3.8	4.0	4.3	4.6
150	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.7	4.3	4.0	4.9
	1.6	2.1	2.3	2.6	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4
100	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5
	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5
50	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

Длина участка, м	Расчетная нагрузка, кВт								
	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
1000									
950									
900									
850									
800									
750									
700									
650									
600	9.7								
550	8.9	9.4	9.9						
500	8.0	8.5	8.9	9.4	9.9				
450	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7		
400	9.7	6.8	7.2	7.5	7.8	8.2	8.6	8.9	9.3
	6.5								
350	8.5	8.9	9.4	9.9	6.9	7.2	7.5	7.8	8.2
	5.6	5.9	6.3	6.5					
300	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7	6.7	7.0
	4.8	5.1	5.4	5.6	5.9	6.2	6.5		
250	8.7	9.2	9.7	7.1	7.4	7.8	8.1	8.4	6.8
	6.1	6.4	6.7	6.7	4.9	5.2	5.4	5.6	5.8
200	6.9	7.3	7.7	6.1	6.5	8.9	9.3	9.7	7.0
	4.9	5.1	3.4	3.7	5.9	6.2	6.5	6.7	4.7
150	5.7	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	6.9	7.2	7.5
	3.6	3.8	4.0	4.2	4.3	4.7	4.9	5.1	5.3
100	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5
50	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г

РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ВЫБОР ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

В электроустановках напряжением до 1000 В и выше для обеспечения безопасности людей должны быть сооружены заземляющие устройства и заземлены корпуса электрооборудования. В качестве заземлителей должны быть в первую очередь использованы металлические конструкции; арматура железобетонных конструкций в случаях, допущенных правилами устройства электроустановок; трубопроводы и оборудование, имеющие надежное соединение с землей (естественные заземлители). Если сопротивление этих заземлителей удовлетворяет расчетные требования, то устройство искусственных заземлителей не требуется.

Способ размещения заземлителей (в ряд или по контуру) определяется по плану установки. В установках с большими токами замыкания на землю заземлители и полосы связи следует располагать так, чтобы обеспечить по возможности равномерное распределение потенциала на площади, занятой электрооборудованием. Для этого *вдоль всего оборудования на глубине 0,5 прокладывают выравнивающие проводники*, которые через каждые 6 м соединяют поперечными проводниками. Выравнивание потенциалов предусматривают также у въездов и выездов на территорию предприятия.

Для электроустановок напряжением выше 1000 В с большими токами замыкания на землю сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 0,5 Ом; для электроустановок напряжением выше 1000 В с малыми токами замыкания на землю сопротивление должно удовлетворять следующее условие

$$R_з \leqslant \frac{U}{I_з},$$

где U — напряжение, принимаемое равным 250 В, если заземляющее устройство используют только для установок напряжением выше 1000 В, и 125 В, если заземляющее устройство одновременно используют и для установок до 1000 В; $I_з$ — расчетный ток замыкания на землю, А.

При этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 Ом.

Для электроустановок напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали, согласно правилам устройства электроустановок сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов, должно быть не более 4 Ом.

Удельное сопротивление земли, в которую предполагается помещать искусственные заземлители, следует определять путем измерений с учетом сезонных его колебаний, принимая в качестве расчетной наиболее неблагоприятную величину.

Для заземлений нескольких электроустановок разных напряжений до 10 кВ следует применять одно общее заземляющее устройство. Сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электроустановок различных назначений и напряжений, должно удовлетворять требования к заземлению того оборудования, для которого необходимо наименьшее сопротивление заземляющего устройства. Наименьшие сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1000 В допускается следующее, мм²:

	Медь	*Алюминий*
Неизолированные при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов, а также трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии;

обсадные трубы;

металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей;

металлические шпунты гидротехнических сооружений и т. п.;

свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле (алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые проводники не допускается использовать в качестве естественных заземлителей).

Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, в расчете заземляющих устройств их надо учитывать при наличии не менее двух кабелей.

В качестве заземлителей распределительных устройств рекомендуется использовать опоры отходящих линий, соединенных с заземляющим устройством при помощи грозозащитного троса линии, если он не изолирован от опоры.

Естественные заземлители должны быть связаны с заземляющими магистралями *электроустановки не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю* в разных местах. Это требование не относится к повторному заземлению нулевого провода и металлических оболочек кабелей.

В качестве искусственных заземлителей следует применять:

вертикально погруженные стальные трубы, угловую сталь, металлические стержни и т. п.;

горизонтально проложенные стальные полосы, круглую сталь и т. п.

Наименьшие размеры заземлителей приведены в табл. 90.

Таблица 90. **Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников**

Заземлители	Применение		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые (диаметр), мм	5	6	6
Прямоугольные:			
сечение, мм²	24	48	48
толщина, мм	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полок, мм	2	2,5	4
Стальные газопроводные трубы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5
Стальные тонкостенные трубы с толщиной стенок, мм	1,5	Не допускаются	

Сопротивление заземлителя зависит от материала и геометрических размеров проводника $R=(\rho l)/F$, где l — длина проводника, м; F — сечение, мм²; ρ — удельное *сопротивление*, *Ом · м*.

Для электродов заземления рекомендуется сталь угловая равнобокая (профиль № 50 × 50 × 5). При наличии механизмов погружения можно широко применять электроды из стержней диаметром 12—14 мм длиной 2,5—5 м в зависимости от свойств грунта. Масса 1 м уголка равна 3,77 кг, площадь поперечного сечения — 482 мм². Для соединения электродов следует применять полосовую сталь 40 × 4 мм. Масса 1 м полосы — 1,6 кг. Сопротивление протяженных и стержневых заземлителей $R = 0{,}00318\,\rho K_{п.с}$, где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом · м; $K_{п.с}$ — коэффициент сезонности протяженного и стержневого заземлителя (табл. 91).

Таблица 91. **Среднее значение коэффициентов сезонности**

Климатическая зона по правилам устройства электроустановок	Заземлители			Климатическая зона по правилам устройства электроустановок	Заземлители		
	протяженный $K_п$	стержневой $K_с$	протяженный и стержневой $K_{п.с}$		протяженный $K_п$	стержневой $K_с$	протяженный и стержневой $K_{п.с}$
I	7	2	4,5	III	2	1,4	1,7
II	4	1,7	2,85	IV	1,5	1,2	1,35

С учетом экранирующего влияния сопротивления растеканию тока для стержневых и протяженных заземлителей $R = R_0/(n\eta_c)$, где n — количество стержневых заземлителей; η_c — коэффициент использования (табл. 92).

Таблица 92. **Коэффициенты использования стержневых и протяженных заземлителей при размещении их по периметру замкнутого круга**

Количество стержней	Отношение расстояния между стержнями к длине стержня			Количество стержней	Отношение расстояния между стержнями к длине стержня		
	1	2	3		1	2	3
4	0,57	0,8	0,86	30	0,34	0,63	0,71
6	0,51	0,70	0,82	50	0,30	0,58	0,67
8	0,47	0,73	0,79	70	0,29	0,56	0,65
10	0,45	0,71	0,78	100	0,27	0,53	0,61
20	0,37	0,66	0,73				

Пример. Требуется рассчитать заземляющий контур подстанции напряжением 6/0, 38/0,23 кВ с глухозаземленной нейтралью. Грунт — глина с $\rho = 0{,}7 \times 10^4$ Ом · см; климатическая зона — III ($K_c = 1{,}4$ и $K_п = 2$), водопровода вблизи нет. Ток замыкания на землю $I_з$ равен 30 А в сети напряжением 6 кВ.

В соответствии с действующими правилами сопротивление заземляющего устройства должно составить

$$R_з \leqslant \frac{U}{I_з}, \quad R = \frac{125}{30} = 4{,}2 \text{ Ом}.$$

Принимаем $R = 4$ Ом.

Таблица 93. **Выбор заземляющих устройств из угловой стали в зависимости**

Ом

Количество электродов	Общая длина, м: электродов (уголок 50×50×5)	Общая длина, м: соединительных магистралей (полоса 40×5)	Общая масса, кг	Площадь для размещения искусственных заземлителей, м²	Расчетное сопротивление контура заземления R при грунта, $0{,}1 \cdot 10^4$	$0{,}4 \cdot 10^4$	$0{,}6 \cdot 10^4$	$0{,}8 \cdot 10^4$	10^4	$1{,}2 \cdot 10^4$	$1{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}6 \cdot 10^4$	$1{,}7 \cdot 10^4$
2	5	5	26,8	—	1,6	6,4	9,5	12,7	15,9	19,1	22,3	25,4	27,0
4	10	20	61,5	25	0,7	2,9	4,3	5,8	7,2	8,7	10,1	11,6	12,3
6	15	30	104,2	50	0,5	1,9	2,8	3,8	4,7	5,7	6,6	7,5	8,0
8	20	40	139,0	75		1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,2
10	25	50	173,7	100		1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,1
20	50	105	355,2	225		0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7
30	75	165	545,0	450			0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8
40	100	225	735,0	675				0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4
50	125	285	924,0	900				0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2
60	150	345	1113,0	1150					0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
70	175	405	1304,0	1350						0,6	0,7	0,8	0,9
80	200	465	1410,0	1570						0,5	0,6	0,7	0,8
90	225	525	1588,0	1800							0,6	0,7	0,7
100	250	585	1780,0	2125							0,5	0,6	0,6

Примечание. В зависимости от состояния грунта, окружающего заземлители, ление грунта.

Контур заземления размещаем в ряд с расстоянием между заземлителями $a = 5$ м и стержневым заземлителем длиной $l = 2{,}5$ ($a : l = 2$). В качестве стержневого заземлителя принимаем угловую сталь 50 × 50 × 5 мм, а протяженного — полосовую сталь 40 × 4 мм.

Сопротивление одиночного стержня составит $R_0 = 0{,}00318$, $\rho K_c = 0{,}00318 \cdot 0{,}7 \times \times 10^4 \cdot 1{,}4 = 31{,}2$ Ом.

Стержней должно быть приблизительно 8. По табл. 92 $\eta_c = 0{,}73$.

Сопротивление всех стержней растеканию тока составит

$$R_c = \frac{R_0}{n\eta_c}, \quad R_c = \frac{31{,}2}{8 \cdot 0{,}73} \approx 3{,}8 \text{ Ом}.$$

Длина протяженного заземлителя составляет 35 м, принимаем глубину заложения $t = 50$ см и ширину заземлителя $b = 0{,}4$ см.

Сопротивление протяженного заземлителя

$$R_{пр} = \frac{0{,}366}{l} \rho K_п \lg \frac{2l^2}{bt},$$

$$R_{пр} = \frac{0{,}366}{3500} \cdot 0{,}7 \cdot 10^4 \cdot 2 \lg \frac{2 \cdot 3500^2}{0{,}4 \cdot 50} = 1{,}47 \cdot \lg 12{,}2 \cdot 10^4 = 8{,}9 \text{ Ом}.$$

Действительное сопротивление протяженного заземлителя

$$R_п = \frac{R_{пр}}{\eta_п} \cdot \frac{8{,}9}{0{,}73} = 12{,}2 \text{ Ом}.$$

Сопротивление всего заземляющего устройства

$$R_и = \frac{R_c R_п}{R_c + R_п} = \frac{3{,}8 \cdot 12{,}2}{3{,}8 + 12{,}2} = 2{,}9 < 4 \text{ Ом}.$$

от удельного сопротивления грунта, Ом·см, и расчетного сопротивления контура,

отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном 2, и удельном сопротивлении Ом·см

$1{,}8 \cdot 10^4$	$1{,}9 \cdot 10^4$	$2{,}0 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$3{,}0 \cdot 10^4$	$3{,}5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	10^5	$1{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}5 \cdot 10^5$
28,6	30,2													
13,0	13,7	14,5	18,1	21,7	25,3	28,9								
8,5	9,0	9,4	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,6	28,3					
6,5	6,9	7,3	9,1	10,9	12,7	14,5	16,3	18,2	21,8					
5,4	5,7	6,0	7,5	9,0	10,5	11,9	13,4	14,9	17,9	20,9	23,9	29,9		
2,8	3,0	3,2	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	9,5	11,1	12,6	15,8	19,0	23,7
2,0	2,1	2,2	2,7	3,3	3,8	4,3	4,9	5,4	6,5	7,6	8,7	10,9	13,0	16,3
1,5	1,6	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	5,0	5,8	6,7	8,3	10,0	12,5
1,3	1,3	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	4,2	4,9	5,6	7,0	8,4	10,5
1,1	1,1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,5	4,1	4,7	5,9	7,1	8,9
0,9	1,0	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	3,1	3,6	4,1	5,1	6,2	7,7
0,8	0,9	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,6	5,5	6,9
0,7	0,8	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	3,3	4,1	5,0	6,2
0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,6	3,0	3,8	4,5	5,7

необходимо вводить коэффициент $K_{п.с.}$ (см. табл. 91) к измеренному удельному сопротив-

Таблица 94. **Выбор заземляющих устройств из угловой стали в зависимости от удельного сопротивления грунта, Ом · см, и расчетного сопротивления контура, Ом**

Количество электродов	Общая длина, м: электродов (уголок 50×50×5)	Общая длина, м: соединительных магистралей (полоса 40×4)	Общая масса, кг	Площадь для размещения искусственных заземлителей, м²	Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном 3, и удельном сопротивлении грунта, Ом · см: $0{,}1 \cdot 10^4$	$0{,}4 \cdot 10^4$	$0{,}6 \cdot 10^4$	$0{,}8 \cdot 10^4$	10^4	$1{,}2 \cdot 10^4$	$1{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}6 \cdot 10^4$	$1{,}7 \cdot 10^4$
2	5	7,5	31	—	1,4	5,5	8,2	11,0	13,7	16,4	19,2	21,9	23,3
4	10	30	86	56,3	0,6	2,1	3,2	4,2	5,3	6,3	7,4	8,5	9,0
6	15	45	129	112,5	0,4	1,5	2,2	3,0	3,7	4,4	5,2	5,9	6,3
8	20	60	171	169		1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,0	4,6	4,9
10	25	75	214	225		0,9	1,4	1,9	2,3	2,8	3,3	3,7	4,0
20	50	150	428	506		0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,1
30	75	247	678	1030				0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4
40	100	315	881	1520					0,6	0,8	0,9	1,0	1,1
50	125	397	1107	2030					0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
60	150	480	1344	2530						0,5	0,6	0,7	0,8
70	175	563	1560	3040							0,5	0,6	0,7
80	200	645	1757	3540							0,5	0,6	0,6
90	225	728	2014	4050								0,5	0,5
100	250	810	2237	4550									

Примечание. В зависимости от состояния грунта, окружающего заземлители, см. табл. 88).

Таблица 95. **Выбор заземляющих устройств из круглой стали в зависимости от удельного сопротивления грунта, Ом · см, и расчетного сопротивления контура, Ом**

Количество электродов	Общая длина, м: электродов (Ø 12*)	Общая длина, м: соединительных магистралей (полоса 40×4)	Площадь для размещения искусственных заземлителей, м²	Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном 2, и удельном сопротивлении грунта, Ом · см: $0{,}1 \cdot 10^4$	$0{,}4 \cdot 10^4$	$0{,}6 \cdot 10^4$	$0{,}8 \cdot 10^4$	10^4	$1{,}2 \cdot 10^4$	$1{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}6 \cdot 10^4$	$1{,}7 \cdot 10^4$
2	10	2,5	—	1,6	6,4	9,3	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	27,0
4	20	10	6,3	0,7	2,9	4,3	5,8	7,2	8,7	10,1	11,6	12,3
6	30	17,5	12,5	0,5	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6	7,5	8,0
8	40	22,5	18,7		1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,2
10	50	32,5	25		1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,1
20	100	77,5	62,5		0,5	0,9	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7
30	150	120	125			0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8
40	200	167,5	187,5				0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4
50	250	225,5	250				0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2
60	300	263	312,5					0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
70	350	310,5	375						0,6	0,7	0,8	0,9
80	400	358	437,5						0,5	0,6	0,7	0,8
90	450	405,5	500							0,6	0,7	0,7
100	500	453	562							0,5	0,6	0,6

удельного сопротивления грунта, Ом · см, и расчетного сопротивления контура, Ом

Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном 3, и удельном сопротивлении грунта, Ом · см: $1{,}8 \cdot 10^4$	$1{,}9 \cdot 10^4$	$2{,}0 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$3{,}0 \cdot 10^4$	$3{,}5 \cdot 10^4$	$4{,}0 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	10^5	$1{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}4 \cdot 10^5$
24,7	26,0	27,4												
9,5	10,0	10,6	13,2	15,8	18,5	21,1	23,8	26,4						
6,6	7,0	7,4	9,2	11,1	12,9	14,8	16,6	18,5	22,2	25,9	29,5			
5,2	5,5	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	12,9	14,4	17,3	20,1	23,0	28,8		
4,2	4,4	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3	10,5	11,6	14,0	16,3	18,6	23,3	28,0	
2,2	2,4	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	7,5	8,7	10,0	12,4	14,9	18,7
1,5	1,6	1,6	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,9	5,7	6,6	8,2	9,8	12,3
1,2	1,2	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,2	3,9	4,5	5,2	6,4	7,7	9,7
1,0	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	3,2	3,7	4,2	5,3	6,3	7,9
0,8	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,7	3,1	3,6	4,5	5,4	6,7
0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,3	2,7	3,1	3,9	4,6	5,8
0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	2,1	2,4	2,8	3,4	4,1	5,2
0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	3,2	3,8	4,7
0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,7	2,0	2,3	2,9	3,5	4,3

необходимо вводить коэффициент повышения $K_{п.э}$ к измеренному сопротивлению грунта

от удельного сопротивления грунта, Ом · см, и расчетного сопротивления контура,

Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном 2, и удельном сопротивлении грунта, Ом · см: $1{,}8 \cdot 10^4$	$1{,}9 \cdot 10^4$	$2{,}0 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$3{,}0 \cdot 10^4$	$3{,}5 \cdot 10^4$	$4{,}0 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	10^5	$1{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}4 \cdot 10^5$
28,6	30,2													
13,0	13,7	14,4	18,1	21,7	25,3	28,9								
8,5	8,9	9,4	11,8	14,1	16,5	28,8	21,2	23,5	28,2					
6,5	6,9	7,3	9,1	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1	21,8	25,4	29,0			
5,4	5,7	6,0	7,5	9,0	10,4	11,9	13,4	14,9	17,9	20,9	23,9	29,8		
2,8	3,0	3,2	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	9,5	11,1	12,6	15,8	18,9	23,7
2,0	2,1	2,2	2,7	3,3	3,8	4,3	4,9	5,4	6,5	7,6	8,7	10,8	13,0	16,3
1,5	1,6	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	5,0	5,8	6,7	8,3	10,0	12,5
1,3	1,3	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,3	4,2	4,9	5,6	7,0	8,4	10,5
1,1	1,1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,5	4,1	4,7	5,9	7,1	8,8
0,9	1,0	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	3,1	3,6	4,1	5,1	6,2	7,7
0,8	0,9	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,6	5,5	6,9
0,7	0,8	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	3,3	4,1	5,0	6,2
0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,6	3,0	3,8	4,5	5,7

Таблица 96. **Выбор заземляющих устройств из круглой стали в зависимости от удельного сопротивления грунта, Ом · см, и расчетного сопротивления контура, Ом**

Количество электродов	Общая длина, м: электродов (Ø 12*)	Общая длина, м: соединительных магистралей (полоса 40×5)	Площадь для размещения искусственных заземлителей, м²	Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном l, и удельном сопротивлении Ом·см: $0{,}1 \cdot 10^4$	$0{,}4 \cdot 10^4$	$0{,}6 \cdot 10^4$	$0{,}8 \cdot 10^4$	10^4	$1{,}2 \cdot 10^4$	$1{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}6 \cdot 10^4$	$1{,}7 \cdot 10^4$
2	10	5	—	0,8	3,2	4,8	6,4	7,9	9,5	11,1	12,7	13,5
4	20	20	25	0,4	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,1	5,8	6,1
6	30	35	50		0,9	1,4	1,9	2,4	2,8	3,3	3,8	4,0
8	40	50	75		0,7	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1
10	50	65	100		0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5
20	100	155	300				0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
30	150	240	475					0,5	0,7	0,8	0,9	0,9
40	200	330	675							0,6	0,7	0,7
50	250	425	900								0,6	0,6
60	300	520	1125									
70	350	660	1350									
80	400	755	1575									
90	450	850	1800									
100	500	945	2025									

Следовательно, число стержней выбрано правильно. Таким образом, в расчетах протяженных заземлителей можно принять, что сопротивление каждых 10 м протяженного заземлителя равно сопротивлению одного стержневого (в примере учитывалось 35 м протяженного заземлителя, что равно 3,5 стержневых).

$$R_и = \frac{R_c R_c}{R_c + R_c'} \approx \frac{3{,}8 \cdot 12{,}2}{3{,}8 + 12{,}2} = 2{,}9 < 4 \text{ Ом},$$

где R_c' — сопротивление условно-стержневых (протяженных) заземлителей.

На основании изложенной методики и разработанного алгоритма расчетов составлены таблицы 93—96 выбора заземляющих устройств в зависимости от геометрических форм электродов, удельного сопротивления грунта и расчетного сопротивления контура.

ПРОВЕРКА ПРОВОДНИКОВ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ТОКУ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Силовые кабели в электрических сетях выше 1000 В подлежат проверке на условия нагревания током короткого замыкания. В электрических сетях до 1000 В на *термическую устойчивость проверяются только шинопроводы.*

Повышение температуры жил изолированных проводников и кабелей при прохождении тока короткого замыкания ведет к химическому разложению изоляции и резкому снижению ее электрической прочности. Допустимые температуры нагревания в режиме короткого замыкания проведены в табл. 97.

Количество электродов	Общая длина, м: электродов (Ø 12*)	Общая длина, м: соединительных магистралей (полоса 40×5)	Площадь для размещения искусственных заземлителей, м²	Расчетное сопротивление контура заземления R при отношении расстояния между заземлителями к их длине, равном l, и удельном сопротивлении Ом·см: $1{,}8 \cdot 10^4$	$1{,}9 \cdot 10^4$	$2{,}0 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$3{,}0 \cdot 10^4$	$3{,}5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	10^5	$1{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}5 \cdot 10^5$
2	10	5	—	14,3	15,1	15,9	19,9	23,8	27,8									
4	20	20	25	6,5	6,9	7,2	9,0	10,8	12,6									
6	30	35	50	4,2	4,5	4,7	5,9	7,1	8,4	9,4	10,6	11,8	14,1	16,5	18,8	23,5	28,4	
8	40	50	75	3,3	3,4	3,6	4,5	5,4	6,3	7,3	8,2	9,1	10,9	12,7	14,5	18,1	21,8	27,2
10	50	65	100	2,7	2,8	3,0	3,7	4,5	5,2	6,0	6,7	7,5	9,0	10,4	11,9	14,9	17,9	22,4
20	100	155	300	1,4	1,5	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9	4,7	5,5	6,3	7,9	9,5	11,8
30	150	240	475	1,0	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,3	3,8	4,3	5,4	6,5	8,1
40	200	330	675	0,8	0,8	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,5	2,9	3,3	4,2	5,0	6,3
50	250	425	900	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	2,4	2,4	2,8	3,5	4,2	5,2
60	300	520	1125	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	2,9	3,5	4,4
70	350	660	1350				0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,6	3,1	3,9
80	400	755	1575				0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	1,8	2,3	2,7	3,4
90	450	850	1800				0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	2,5	3,1
100	500	945	2025					0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,9	2,8

Таблица 97. **Допустимые температуры нагревания проводников и шин при коротком замыкании**

Проводник	Наибольшая допустимая температура, °С	Коэффициент C
Шины алюминиевые	200	90
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ с медными и алюминиевыми жилами	200	98 / 145
Кабели и изолированные провода с полихлорвиниловой или резиновой изоляцией с медными и алюминиевыми жилами	150	83 / 122
Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов	200	98

Проверку кабелей на нагревание от токов короткого замыкания надо производить:

для одиночных кабелей небольшой протяженности, исходя из короткого замыкания в начале кабеля;

для одиночных кабелей, имеющих соединительные муфты, исходя из короткого замыкания в начале каждого участка, с тем, чтобы иметь возможность ступенями уменьшать сечение кабеля по его длине;

для двух и более параллельно включенных кабелей, исходя из короткого замыкания непосредственно за пучком (по сквозному току).

Электрические кабели можно не проверять по режиму короткого замыкания в случае их защиты плавкими предохранителями. Линия считается защищенной

предохранителем, если отключающая способность предохранителя достаточна для отключения наибольшего возможного аварийного тока линии.

Для линий к индивидуальным электроприемникам или небольшим распределительным пунктам неответственного назначения можно не проверять проводники на термическую устойчивость при коротком замыкании, если обеспечивается только одно условие — отсутствие опасности взрыва.

Данные, необходимые для проверки динамической устойчивости шин токопроводов серии ШРА и ШМА, приведены в табл. 98.

Таблица 98. **Значение допустимого ударного тока короткого замыкания для токопроводов с алюминиевыми шинами**

Тип токопровода	Размеры шин, мм	Номинальный ток, А	Динамическая устойчивость, кА	Тип токопровода	Размеры шин, мм	Номинальный ток, А	Динамическая устойчивость, кА
ШРА 73	35 × 5	250	15	ШЗМ-16УЗ	2 × 100 × 10	1600	80
ШРА 73	50 × 5	400	25	ШМА68-НУЗ	2 × 120 × 10	2500	70
ШРА 73	60 × 8	630	35	ШМ68-НУЗ	2 × 160 × 12	4000	100

Величины допустимого установившегося тока короткого замыкания приведены в табл. 99.

Таблица 99. **Допустимые величины тока короткого замыкания кабелей с бумажной изоляцией на напряжение 6—10 кВ по условиям термической устойчивости, кА**

Фиктивное время	Сечение кабеля, мм²								
	16	25	35	50	70	95	120	150	185
	Алюминиевые жилы								
0,25	3,12	4,88	6,85	9,75	13,70	18,50	23,40	29,25	36,00
0,5	2,20	3,45	4,80	6,90	9,65	13,00	16,50	20,00	25,45
0,75	1,80	2,80	3,95	5,60	7,90	10,65	13,50	16,90	20,50
1,0	1,56	2,44	3,40	4,85	6,80	9,25	11,80	14,60	18,00
1,5	1,28	2,00	2,80	4,00	5,55	7,55	9,55	11,90	14,75
2,0	1,10	1,72	2,40	3,45	4,80	6,55	8,25	10,30	12,75
2,5	0,985	1,54	2,16	3,08	4,30	5,85	7,40	9,20	11,40
3,0	0,90	1,40	1,97	2,80	3,95	5,35	6,75	8,40	10,40
3,5	0,83	1,30	1,80	2,60	3,65	4,95	6,25	7,80	9,60
4,0	0,78	1,24	1,70	2,44	3,40	4,65	5,85	7,30	9,00
4,5	0,73	1,15	1,60	2,30	3,20	4,35	5,50	6,90	8,50
5,0	0,70	1,10	1,52	2,18	3,00	4,15	5,23	6,53	8,10
5,5	0,66	1,04	1,45	2,10	2,90	3,95	5,00	6,23	7,70
6,0	0,640	1,00	1,40	2,00	2,80	3,80	4,80	6,00	7,35
	Медные жилы								
0,25	4,63	7,25	10,2	14,5	20,2	27,5	34,8	43,5	53,5
0,5	3,28	5,12	7,16	10,4	14,3	19,5	24,6	30,7	38,0
0,75	2,68	4,19	5,85	8,37	11,7	15,9	20,0	25,0	31,0
1,0	2,32	3,63	5,00	7,25	10,1	13,8	17,4	21,8	26,8
1,5	1,90	2,96	4,15	5,92	8,30	11,3	14,2	17,8	21,9
2,0	1,64	2,56	3,58	5,12	7,18	9,72	12,3	16,6	19,0
2,5	1,47	2,30	3,20	4,58	6,42	8,71	11,0	13,8	17,0

Продолжение табл. 99

Фиктивное время	Сечение кабеля, мм²								
	16	25	35	50	70	95	120	150	185
3,0	1,34	2,10	2,93	4,19	5,86	7,95	10,0	12,6	15,5
3,5	1,24	1,94	2,71	3,88	5,43	7,36	9,30	11,6	14,4
4,0	1,16	1,81	2,50	3,62	5,05	6,90	8,70	10,9	13,4
4,5	1,09	1,70	2,39	3,41	4,78	6,48	8,20	10,2	12,6
5,0	1,04	1,62	2,27	3,25	4,55	6,16	7,80	9,75	12,0
5,5	0,99	1,55	2,16	3,09	4,32	5,86	7,40	9,25	11,4
6,0	0,95	1,48	2,07	3,06	4,15	5,63	7,10	8,88	11,0

Термическое действие тока короткого замыкания в течение действительного времени прохождения его $t_д$ характеризуется величиной фиктивного времени $t_ф$ прохождения установившегося тока короткого замыкания с одинаковым по термическому действию эффектом.

При расчетах тока короткого замыкания в распределительных сетях до 10 кВ часто затухание не учитывают. В этом случае фиктивное время может быть принято равным действительному и задача проверки электрического кабеля на термическую устойчивость упрощается.

Сечение, обеспечивающее термическую устойчивость проводника к току короткого замыкания, при заданной величине фиктивного времени $F = I_\infty \sqrt{t_ф}/C$, где C — постоянная, определяемая в зависимости от заданной правилами устройства электроустановок конечной температуры нагревания жил и напряжения (см. табл. 97); I_∞ — установившийся ток короткого замыкания.

В случае, когда $t_ф = t_д$, $t_ф$ определяется от суммы выдержки времени максимальной защиты линии, собственного времени масляного выключателя и реле выдержки времени максимальной защиты со стороны пункта питания.

ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТНОГО АППАРАТА ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ

В соответствии с указаниями Главэлектромонтажа, Госэнергонадзора и требованиями правил устройства электроустановок, в электрических сетях напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали при коротком однофазном замыкании защитные аппараты должны надежно обеспечивать отключение. В этой связи рекомендуется групповую защиту электроприемников выполнять таким образом, чтобы обеспечивалось отключение группы при однофазных замыканиях в любом из присоединенных электроприемников.

Для наиболее удаленных электродвигателей (мощность 40 кВт и выше) рекомендуется осуществлять выборочную проверку расчетом сопротивлений цепи фаза-нуль.

Защиту от коротких замыканий ответвлений к электроприемникам следует выполнять так, чтобы тепловые реле защиты от перегрузок были термически устойчивы при токах короткого замыкания. Тепловые реле защиты от перегрузок допускается считать термически устойчивыми без проверки расчетом, если ответвление к электроприемнику защищено:

плавкой вставкой с номинальным током, превышающим наибольший длительно допустимый ток теплового реле не более чем в 2 раза;

автоматическим выключателем с тепловым расцепителем, номинальный ток которого превышает наибольший длительно допустимый ток проверяемого реле не более чем в 2 раза;

автоматическим выключателем с гарантированной установкой электромагнитной отсечки, превышающей наибольший длительно допустимый ток теплового реле не более чем в 18 раз.

В сетях напряжением до 1000 В с глухо заземленной нейтралью для проверки обеспечения отключения замыканий между фазным и нулевым проводами ток однофазного короткого замыкания определяют приближенно по формуле

$$I_к = \frac{U_ф}{Z_п + \frac{Z_т}{3}},$$

где $U_ф$ — фазное напряжение сети, В; $Z_т$ — полное сопротивление понижающего трансформатора в режиме однофазного короткого замыкания на корпус, Ом (см. таблицы, 100, 101); $Z_п$ — полное сопротивление петли фаза-нуль линии до наиболее удаленной точки сети, Ом.

Таблица 100. **Расчетное сопротивление масляных трансформаторов при вторичном напряжении 400/230 В**

Мощность трансформатора, кВ·А	Первичное напряжение, В	$\frac{Z_т}{3}$, Ом		Мощность трансформатора, кВ·А	Первичное напряжение, В	$\frac{Z_т}{3}$, Ом	
		Схема соединения трансформатора				Схема соединения трансформатора	
		Y/Y$_0$	Δ/Y$_0$; Y/Z			Y/Y$_0$	Δ/Y$_0$; Y/Z
25	6—10	1,036	0,302	250	20—35	0,102	0,0433
40	6—10	0,649	0,187		6—10	0,065	0,019
	20—35	0,412	0,12	400	20—35	0,063	—
63	20—35	0,379	0,139		6—10	0,043	0,014
	6—10	0,412	0,124	630	20—35	0,04	—
100	20—35	0,283	0,109		6—10	0,027	0,009
	6—10	0,162	0,047	1000	20—35	0,0256	0,0107
160	20—35	0,159	0,068		6—10	0,018	0,0055
	6—10	0,104	0,03	1600	20—35	0,017	0,0065

Таблица 101. **Расчетное сопротивление сухих трансформаторов при вторичном напряжении 400/230 В**

Мощность трансформаторов, кВ·А	Схема соединения	$\frac{Z_т}{3}$, Ом	Мощность трансформаторов, кВ·А	Схема соединения	$\frac{Z_т}{3}$, Ом
160	Δ/Y$_0$	0,055	560	Y/Y$_0$	0,048
180	Y/Y$_0$	0,150	630	Δ/Y$_0$	0,014
250	Δ/Y$_0$	0,035	750	Y/Y$_0$	0,036
320	Y/Y$_0$	0,084	1000	Δ/Y$_0$	0,009
400	Δ/Y$_0$	0,022	1000	Y/Y$_0$	0,027

Для трансформаторов мощностью более 630 кВ · А при определении тока короткого замыкания можно принять $Z_т = 0$.

Полное сопротивление петли проводов или жил кабеля линии определяют по формуле

$$Z_п = \sqrt{R_п^2 + X_п^2},$$

где $R_п$ — активное сопротивление фазного $R_ф$ и нулевого R_0 проводов, Ом, равное $R_п = R_ф + R_0$; $X_п$ — индуктивное сопротивление петли проводов и жил кабеля, Ом.

Активные сопротивления проводов из цветных металлов определяют по табл. 50 и 51.

Средние значения индуктивных сопротивлений петли прямого и обратного проводов или жил кабеля из цветных металлов на 1 км линии, Ом/км:

Кабель до 1 км или провода, проложенные в трубах	0,15
Изолированные провода на роликах	0,4
Провода на изоляторах внутри помещений или по наружным стенам здания	0,5
Воздушные линии низкого напряжения	0,6

Значения полных сопротивлений $Z_п$ петли фаза-нуль на 1 км с учетом марки провода или типа кабеля и условий их прокладки приведены в таблицах 102—107.

Таблица 102. **Полное сопротивление цепи ОКЗ с учетом активных и индуктивных сопротивлений петли «фазная жила — алюминиевая оболочка» трехжильных кабелей с бумажной изоляцией в алюминиевой оболочке $Z_п$, Ом/км**

Сечение жил, мм²	Марка кабеля				Сечение жил, мм²	Марка кабеля			
	АГ, АБ	ААГ, ААБ	АШв	ААШв		АГ, АБ	ААГ, ААБ	АШв	ААШв
	Материал жил					Материал жил			
	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий		Медь	Алюминий	Медь	Алюминий
6	5,02	7,71	4,98	7,67	70	0,84	1,07	0,83	1,06
10	3,33	4,95	3,31	4,92	95	0,67	0,84	0,66	0,83
16	2,35	3,36	2,31	3,33	120	0,57	0,71	0,66	0,70
25	1,81	2,46	1,79	2,44	150	0,42	0,53	0,44	0,54
35	1,39	1,85	1,37	1,83	185	0,36	0,45	0,36	0,45
50	1,09	1,42	1,07	1,40	240	0,31	0,37	0,29	0,36

В электроустановках с глухо заземленной нейтралью полная проводимость заземляющих проводников с учетом естественных заземлителей должна составлять не менее 50 % проводимости фазного провода наиболее мощной линии из числа питающих данную электроустановку или отдельных электроприемников. Во всех случаях сечения заземляющих проводников должны быть не ниже минимально допустимых, приведенных в таблице 90. Заземляющие проводники, предназначенные для этой цели, необходимо прокладывать совместно и в непосредственной близости от фазных проводников.

При прокладке проводов в стальных трубах или выполнении линии бронированным кабелем наиболее надежным является использование для заземления четвертой жилы провода или кабеля.

Надежное отключение защитным аппаратом однофазного короткого замыкания будет обеспечено при условии выполнения соотношения $K_З I_З \leqslant I_к$, где $K_З$ — допустимая кратность минимального тока короткого замыкания по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя, току срабатывания или номинальному току максимального расцепителя автомата; $I_З$ — уставка защитного аппарата, А; $I_к$ — ток однофазного замыкания на землю.

Для линий напряжением выше 1000 В к индивидуальным электроприемникам, в том числе к цеховым трансформаторам общей мощностью до 1000 кВ · А включительно, допускается не проверять сечение кабеля по току короткого замыкания при соблюдении следующих условий:

в электрической части предусмотрено резервирование;

повреждение электрического кабеля при коротком замыкании не может вызвать взрыва;

возможна замена электрического кабеля без значительных затруднений.

Таблица 103. Полные сопротивления петли «фаза трехжильного кабеля — стальная полоса», Ом/км

Сечение кабеля, мм²	Материал жил кабеля	Размеры стальной полосы, мм											
		20×4		40×4		50×4		60×4		80×4		100×4, 100×6	100×5, 100×8
		Ток срабатывания максимального расцепителя автомата, А											
		150	1400	200	1400	250	1400	300	1400	400	1400	500	1400
		Номинальный ток плавкой вставки безынерционного предохранителя, А											
		60	600	80	600	100	600	120	600	150	600	200	600
4	Медь	9,59	8,42	7,82	7,45	7,40	7,17	7,14	6,92	6,82	6,59	6,56	6,45
	Алюминий	13,52	12,35	11,79	11,42	11,37	11,14	11,13	10,91	10,81	10,58	10,56	10,45
6	То же	7,76	6,59	5,97	6,60	5,54	5,31	5,27	5,05	4,95	4,72	4,63	4,57
		10,34	9,17	8,59	8,22	8,17	7,94	7,92	7,7	7,61	7,38	7,34	7,23
10	»	6,36	5,19	4,55	4,18	4,11	3,98	3,83	3,61	3,5	3,27	3,22	3,1
		7,86	6,69	6,07	5,7	5,63	5,4	5,37	5,15	5,05	4,82	4,77	4,66
16	»	5,6	4,43	3,78	3,41	3,32	3,09	3,04	2,82	2,71	2,48	2,42	2,31
		6,49	5,32	4,68	4,31	4,24	3,01	3,96	3,74	3,64	3,41	3,36	3,25
25	»	5,14	3,97	3,31	2,94	2,86	2,63	2,57	2,35	2,24	2,01	1,95	1,84
		5,70	4,53	3,88	3,51	3,43	3,2	3,15	2,93	2,82	2,69	2,53	2,42
35	»	4,91	3,74	3,09	2,71	2,64	2,4	2,35	2,13	2,01	1,78	1,73	1,62
		5,30	4,13	3,48	3,11	3,03	2,8	2,74	2,52	2,41	2,18	2,12	2,01
50	»	4,75	3,58	2,92	2,55	2,47	2,24	2,19	1,97	1,86	1,63	1,57	1,46
		5,02	3,85	3,19	2,72	2,74	2,5	2,45	2,23	2,12	1,89	1,83	1,72
70	»	4,64	3,47	2,81	2,44	2,37	2,14	2,08	1,86	1,75	1,52	1,46	1,35
		4,83	3,66	3,0	2,63	2,55	2,32	2,26	2,04	1,93	1,7	1,64	1,53
95	»	4,57	3,40	2,73	2,36	2,29	2,06	2,01	1,79	1,67	1,44	1,38	1,27
		4,70	3,53	2,87	2,50	2,42	2,19	2,14	1,92	1,8	1,57	1,51	1,40
120	»	4,51	3,34	2,69	2,32	2,24	2,01	1,96	1,74	1,63	1,4	1,35	1,24
		4,62	3,45	2,8	2,43	2,35	2,12	2,07	1,85	1,74	1,51	1,45	1,34
150	»	4,47	3,30	2,65	2,28	2,21	1,98	1,93	1,71	1,60	1,37	1,31	1,2
		4,56	3,39	2,74	2,37	2,29	2,06	2,01	1,79	1,65	1,47	1,38	1,28
185	»	4,44	3,27	2,63	2,26	2,18	1,95	1,90	1,68	1,58	1,35	1,28	1,17
		4,52	3,35	2,7	2,33	2,25	2,02	1,96	1,74	1,64	1,41	1,35	1,24

Примечание. Сопротивление петли «фаза кабеля — стальная полоса» не остается постоянным, так как зависит от тока. Для промежуточных значений тока величина сопротивления определяется интерполяцией.

Таблица 104. Полное сопротивление цепи ОКЗ с учетом активных и индуктивных сопротивлений петли «фазная жила — нулевая жила» четырехжильных кабелей с бумажной изоляцией $Z_п$, Ом/км

Количество и сечение жил, мм²	Без учета проводимости свинцовых и алюминиевых оболочек		С учетом проводимости алюминиевой оболочки		Количество и сечение жил, мм²	Без учета проводимости свинцовых и алюминиевых оболочек		С учетом проводимости алюминиевой оболочки	
	Материал жил					Материал жил			
	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий		Медь	Алюминий	Медь	Алюминий
3 × 4 + 1 × 2,5	14,83	25,3	—	—	3 × 50 + 1 × 25	1,37	2,34	0,78	1,16
3 × 6 + 1 × 4	9,5	16,22	4,74	7,49	3 × 70 + 1 × 25	1,24	2,12	0,61	0,87
3 × 10 + 1 × 6	6,09	10,39	3,06	4,73	3 × 95 + 1 × 25	0,9	1,53	0,48	0,69
3 × 16 + 1 × 10	3,71	6,33	2,01	3,08	3 × 120 + 1 × 35	0,85	1,44	0,41	0,58
3 × 25 + 1 × 16	2,34	4	1,38	2,1	3 × 150 + 1 × 50	0,61	1,04	0,31	0,45
3 × 35 + 1 × 16	2,08	3,55	1,06	1,57	3 × 185 + 1 × 50	0,58	0,99	0,27	0,37

Таблица 105. Полное сопротивление цепи ОКЗ с учетом активных и индуктивных сопротивлений петли «фазный — нулевой провод» проводок, выполненных проводами или кабелями с резиновой или пластмассовой изоляцией, проложенных *пучком в оболочках без учета проводимости металлических оболочек* $Z_п$, Ом/км

Сечение одножильных проводов или четырехжильных кабелей, мм²		Материал проводов (жил)		Сечение одножильных проводов или жил четырехжильных кабелей, мм²		Материал проводов (жил)	
фазного	нулевого	Медь	Алюминий	фазного	нулевого	Медь	Алюминий
2,5	2,5	17,38	29,64	50	16	1,8	3,06
4	2,5	14,12	24,08	50	25	1,3	2,22
4	4	10,86	18,52	70	25	1,18	2,01
6	4	9,04	15,43	70	35	0,93	1,59
6	6	7,22	12,34	95	35	0,85	1,45
10	6	5,78	9,88	95	50	0,67	1,13
10	10	4,34	7,41	120	35	0,8	1,37
16	10	3,53	5,92	120	70	0,49	0,84
25	10	3,04	5,19	150	50	0,58	0,9
25	16	2,23	3,70	150	70	—	0,82
35	10	2,79	4,77	185	50	0,56	0,95
35	16	1,98	3,35	185	95	—	0,59

1×240 0,097 1 240 0,097 031

Таблица 106. Полное сопротивление цепи ОКЗ с учетом активных и индуктивных сопротивлений петли «фазный — нулевой провод» с учетом проводимости стальной трубы проводок, выполненных проводами с алюминиевыми жилами с резиновой и пластмассовой изоляцией, проложенных в стальных электросварных (тонкостенных) трубах, Ом/км

Сечение проводов, мм²		Наружный диаметр и толщина стенки трубы, мм							
		20×1,6		26×1,8		32×2		48×2	
фазного	нулевого	Величина тока ОКЗ, А							
		100	200	100	200	100	200	100	200
2,5	2,5	17,93	17,36	17,64	16,89	—	—	—	—
4	2,5	12,44	11,85	12,21	11,36	11,66	11,14	—	—
6	2,5	9,41	8,8	9,07	8,3	8,61	8,08	8,14	7,5
6	4	9,1	8,59	8,81	8,16	8,42	7,95	8	7,46
10	6	—	—	6,17	5,58	5,82	5,41	5,44	4,94
16	10	—	—	—	—	4,1	3,76	3,79	3,35
25	10	—	—	—	—	—	—	3,2	2,65
35	16	—	—	—	—	—	—	2,5	2,11

Примечание. Полное сопротивление вычислено с учетом совместного (параллельного) использования проводимостей нулевого провода и стальной трубы. Активное и внутреннее индуктивное сопротивление трубы определены с учетом проявления поверхностного эффекта в стали при протекании переменного тока.

Таблица 107. Полное сопротивление цепи ОКЗ с учетом активных и индуктивных сопротивлений петли «фазный — нулевой провод» воздушной линии, выполненной неизолированными алюминиевыми проводами, Ом/км

Сечение фазного провода, мм²	Сечение нулевого провода, мм²			
	16	25	35	50
16	4,86	—	—	—
25	4,01	3,18	2,76	2,43
35	3,59	2,76	2,53	2,01
50	3,25	2,43	2,01	1,69
70	—	2,21	1,78	1,47
95	—	2,07	1,66	1,35

Примечание. Сечение нулевого провода следует выбирать большим половины фазного в тех случаях, когда необходимо увеличить расчетный ток ОКЗ для обеспечения отключения ближайшего защитного аппарата. Это требуется для большинства протяженных линий. Вместо увеличения сечения нулевого провода рекомендуется неотключаемый участок линии разделить на две секции предохранителем с плавкой вставкой с током срабатывания, равным $^1/_3$ расчетного тока ОКЗ.

Кроме того линии, защищенные предохранителями до 60 А, и сети, перечисленные в разделе «Выбор сечений по условию нагрева», подлежат защите только от перегрузки.

Провода воздушных линий до 10 кВ не проверяют по току короткого замыкания. Допустимые величины тока короткого замыкания для кабелей определяют в зависимости от материала, сечения и длительности прохождения тока короткого замыкания.

Значения допустимой кратности тока короткого замыкания для различных условий прокладки сети приведены в табл. 108.

Таблица 108. Значения допустимой минимальной кратности тока короткого замыкания по отношению к току защитного аппарата

Условия прокладки	Допустимая кратность тока короткого замыкания по отношению		
	к номинальному току плавкой уставки предохранителя	к току уставки срабатывания автоматического выключателя только с электромагнитным расцепителем (отсечкой)	к номинальному току расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой
Сеть проложена в невзрывоопасном помещении при условии выполнения требований, табл. 42	3	$1{,}1K_p$	3
Сеть проложена в невзрывоопасном помещении при условии, что требования табл. 42 не выполняются	5	1,5	—
Сеть проложена во взрывоопасном помещении	4	$1{,}1K_p$	6

Примечания: 1. K_p — коэффициент, учитывающий разброс характеристик автоматических выключателей с электромагнитным расцепителем.

2. При отсутствии данных завода о гарантируемой точности уставки тока срабатывания автоматического выключателя с электромагнитным расцепителем (отсечкой) допускается принимать значение коэффициента K_p для автоматических выключателей на номинальный ток до 100 А равным 1,4; выше 100 А — равным 1,25.

3. При затруднении в выполнении требований, указанных в таблице, допускается применение быстродействующей защиты от замыкания на землю.

Пример 1. На рис. 24 представлена схема четырехпроводной кабельной линии с алюминиевыми жилами, проложенной в стальных тонкостенных трубах.

Линия подключена к распределительному шкафу напряжением 380/220 В с глухо заземленной нейтралью.

Пренебрегая сопротивлением внешней сети до шин щита и сопротивлением трансформатора, проверить действие защитных аппаратов при однофазном коротком замыкании в наиболее удаленных точках линии при условии выполнения требований ПУЭ (см. табл. 42) и защите линии:

предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток 100 А;

автоматическим выключателем с комбинированными расцепителями на номинальный ток 80 А;

автоматическим выключателем с электромагнитными расцепителями с уставкой тока срабатывания 200 А.

Условия срабатывания аппаратов защиты проверяем по формуле $K_з I_з \leqslant I_к$. Определяем сопротивление петли фазной и нулевой жилы линии при однофазном коротком замыкании в точке, для которой значение сопротивления будет наибольшим. По табл. 51 находим значения полных сопротивлений петли фаза-нуль для сечений участков линии:

$3 \times 95 + 1 \times 35$; $Z_п = 1{,}45$ Ом/км;

$3 \times 70 + 1 \times 35$; $Z_п = 1{,}59$ Ом/км;

$3 \times 25 + 1 \times 10$; $Z_п = 5{,}19$ Ом/км.

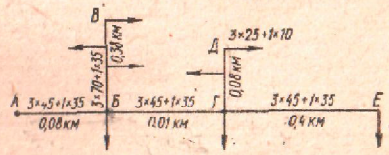


Рис. 24. Схема четырехпроводной кабельной линии.

Определяем, какая из точек В или Е является расчетной. Сопротивление петли между точками Б и В $1{,}59 \cdot 0{,}38 = 0{,}604$ Ом.

Сопротивление петли между точками Г и Е $1{,}45 \cdot 0{,}4 = 0{,}580$ Ом.

Расчетной оказывается точка В. Полное сопротивление петли фаза-нуль между точками А и В $Z_п = 1{,}45 \cdot 0{,}08 + 0{,}604 = 0{,}720$ Ом.

Номинальное фазное напряжение $U_н = 220$ В.

Определяем величину однофазного тока при коротком замыкании в наиболее удаленной точке В сети (по условию примера $Z_т = 0$)

$$I_к = \frac{220}{0{,}720} \approx 306 \text{ А}.$$

Проверяем выполнение условий $K_з I_з \leqslant I_к$ для всех трех вариантов защиты линии.

Вариант I. Допустимая минимальная кратность тока короткого замыкания по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя согласно табл. 108 $K_з = 3$.

Следовательно $3 \cdot 100 = 300$ А < 306 А, что свидетельствует об обеспечении надежного действия защищающих линию предохранителей.

Вариант II. Допустимая кратность тока короткого замыкания $K_з$ по отношению к тепловому элементу комбинированного расцепителя, имеющему обратно зависящую от тока характеристику, $K_з = 3$, откуда соотношение $3 \cdot 80 = 240$ А < 306 А выполняется и требуемая ПУЭ степень надежности действия защитного аппарата обеспечивается.

Вариант III. По данным завода гарантируемая точность уставки автоматических выключателей составляет ± 15 %. Приняв в соответствии с указанием табл. 108 коэффициент запаса равным 1,1, получим $K_з = 1{,}1 \cdot 1{,}15 = 1{,}27$; $1{,}27 \cdot 200 = 254$ А $<$ $<$ 306 А.

Надежность действия автоматического выключателя при коротком замыкании в точке В обеспечивается.

Пример 2. В системе с глухо заземленной нейтралью при напряжении 380/220 В линия защищается предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток 100 А. Полагая, что $Z_т = 0$, определить наибольшую длину линии, при которой будет обеспечено надежное перегорание предохранителей при однофазном коротком замыкании в конце линии для следующих вариантов ее выполнения:

воздушная линия с алюминиевыми проводами сечением $3 \times 70 + 1 \times 35$ мм²;

трехжильный кабель с алюминиевыми жилами сечением 3×70 мм² в алюминиевой оболочке, используемой в качестве заземляющего провода;

трехжильный небронированный кабель с алюминиевыми жилами сечением 3 × 70 мм² с заземляющей шиной в виде стальной полосы сечением 50 × 4 мм.

По табл. 108 определяем максимально допустимую кратность тока короткого замыкания $K_з = 3$.

Наименьшая допустимая величина однофазного тока короткого замыкания $I_к = 3 \cdot 100 = 300$ А.

Учитывая, что по условию примера $Z_т = 0$, из формулы $I_к = U_ф/Z_п$ находим наибольшее допустимое сопротивление фаза-нуль линии $Z_п = 220/300 = 0{,}733$ Ом.

Определяем полное сопротивление 1 км петли фаза-нуль, Ом/км:

по табл. 107 для варианта 1 $Z_п = 1{,}68$;

по табл. 102 для варианта 2 $Z_п = 1{,}07$;

по табл. 103 для варианта 3 $Z_п = 2{,}55$.

Наибольшая допустимая длина линии по вариантам:

I $l = \frac{0{,}733}{1{,}78} = 0{,}41$ км;

II $l = \frac{0{,}733}{1{,}07} = 0{,}68$ км;

III $l = \frac{0{,}733}{2{,}55} = 0{,}28$ км.

Наибольшая длина линии обеспечивается применением кабеля с использованием алюминиевой оболочки в качестве заземляющего (нулевого) провода.

ПРИМЕНЕНИЕ И СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ПРОВОДОВ, КАБЕЛЕЙ, ТРОЛЛЕЕВ, ШИНОПРОВОДОВ

НЕИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА

Неизолированные провода применяют в воздушных электрических сетях для передачи и распределения электрической энергии. Их прокладывают на открытом воздухе, прикрепляя к опорам воздушных линий или кронштейнам при помощи арматуры и изоляторов.

Основными конструкциями неизолированных проводов являются:

одно- и многожильные провода из одного металла (меди М или алюминия А);

многожильные сталеалюминиевые провода со стальным сердечником и алюминиевой оболочкой АС;

однопроволочные провода из биметаллической проволоки.

Наибольшее распространение в воздушных сетях напряжением до 10 кВ включительно получили алюминиевые провода.

Стальные провода вследствие их плохой проводимости применяют только для слабонагруженных сетей в сельских районах. Для больших пролетов применяют сталеалюминиевые провода, в которых стальной сердечник служит для усиления механической прочности, а алюминиевая оболочка является проводящей частью провода.

Марки и преимущественные области применения проводов приведены в табл. 109.

Технические данные проводов приведены в таблицах 110—113.

Сечения изготавливаемых проводов, мм²:

М	4—400
А, Ап, АКП, АпКП	16—800
АН, АНКП, АЖ, АЖКП	16—50, 120—185
АС, АпС, АСКС, АпСКС, АСКП, АпСКП, АСК, АпСК	10/1,8—1000/56 *

* Числитель — алюминиевая часть провода, знаменатель — стальной сердечник.

Таблица 109. Рекомендации по применению неизолированных проводов

Марка	Конструкция провода	Преимущественная область применения
М	Провод, состоящий из одной или из нескольких скрученных медных проволок	В атмосфере всех макроклиматических районов
А	Провод, скрученный из алюминиевых проволок марки АТ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в ней сернистого газа не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³)
Ап	То же, но из алюминиевых проволок марки АТп	То же
АКП	Провод марки А, но межпроволочное пространство всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III
АпКП	То же, но провод марки Ап	То же
АС	Провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок марки АТ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа, но не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³)
АпС	То же, но из алюминиевых проволок марки АТп	То же
АСКС	Провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника включая его наружную поверхность заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³) и хлористых солей не более 200 мг · м²/сутки
АпСКС	То же, но провод марки АпС	То же
АСКП	Провод марки АС, но межпроволочное пространство всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III
АпСКП	То же, но провод марки АпС	То же
АСК	Провода марки АС, но стальной сердечник изолирован двумя лентами полиэтилентерефталатной пленки. Многопроволочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными лентами должен быть покрыт нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³) и хлористых солей не более 200 мг · м²/сутки
АпСК	То же, но провод марки АпС	То же

Продолжение табл. 109

Марка	Конструкция провода	Преимущественная область применения
АН	Провод, скрученный из проволок не термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания сернистого газа не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³)
АНКП	Провод марки АН, но межпроволочное пространство всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III
АЖ	Провод скрученный из проволок термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг · м²/сутки (1,5 мг/м³), на суше
АЖКП	Провод марки АЖ, но межпроволочное пространство всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III на суше

Примечание: 1. При использовании стальной оцинкованной проволоки 2-й группы для изготовления провода марок АС и АпС в обозначении марки провода к букве С добавляют цифру 2. По требованию потребителя алюминиевые и сталеалюминиевые провода марок АКП, АНКП, АЖКП, АСКП могут изготовляться с наружной поверхностью, покрытой теплостойкой смазкой. В этом случае к обозначению марки провода добавляют букву З.

2. I, II, III — степень загрязненности атмосферы согласно классификации, приведенной в Инструкции по проектированию изоляции в чистой и загрязненной атмосфере (И34-70-009-83).

Таблица 110. **Расчетные данные проводов марки М**

Номинальное сечение, мм²	Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее	Масса 1 км провода, кг
4	2,2	4,60092	1546	35
6	2,8	3,07019	2295	52
10	3,6	1,81978	3686	88
16	5,1	1,15730	5609	142
25	6,4	0,73367	8796	224
35	7,5	0,52386	12 229	311
50	9,0	0,36882	16 583	444
70	10,7	0,27238	25 222	612
95	12,6	0,19449	35 019	850
120	14,0	0,15603	43 600	1058
150	15,8	0,12388	52 387	1338
185	17,6	0,10015	68 195	1659
240	19,9	0,07890	87 297	2124
300	22,1	0,06379	101 959	2614
350	24,2	0,05309	122 668	2614
400	25,5	0,04713	137 615	3528

Таблица 111. **Расчетные данные проводов марок А, АКП, Ап, АпКП**

Номинальное сечение, мм²	Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее, из алюминиевой проволоки марки		Масса 1 км провода, кг
			АТ	АТп	
16	5,1	1,83763	—	2736	43
25	6,4	1,1650		4109	68
35	7,5	0,8502		5609	94
50	9,0	0,5880	7198	7767	135
70	10,7	0,4204	10 081	10 699	189
95	12,3	0,3147	13 043	13 856	252
120	14,0	0,2510	—	19 623	321
150	15,8	0,1978	22 751	24 124	406
185	17,5	0,1611	28 125	29 832	502
250	20,0	0,1230	36 686	37 844	655
300	22,1	0,1017	44 267	46 954	794
350	24,2	0,0848	53 191	56 408	952
400	25,6	0,07563	59 800	63 420	1072
450	27,3	0,06658	67 940	69 760	1378
500	29,1	0,05876	74 531	79 189	1378
550	30,3	0,05400	83 590	88 660	1500
600	31,5	0,5034	90 170	95 632	1618
650	32,9	0,04592	98 603	104 575	1771
700	34,2	0,04257	106 292	112 725	1902
750	35,6	0,03933	114 902	118 324	2062
800	36,9	0,03653	119 981	127 483	2020

Таблица 112. **Расчетные данные проводов марок АН, АЖ, АНКП, АЖКП**

Номинальное сечение, мм²	Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более		Разрывное усилие провода, Н, не менее		Масса 1 км провода, кг
		АН, АНКП	АЖ, АЖКП	АН, АНКП	АЖ, АЖКП	
16	5,1	1,9505	2,1130	3550	4658	43
25	6,4	1,2365	1,3396	5109	6972	68
35	7,5	0,9023	0,9775	7031	9600	94
50	9,0	0,6241	0,6761	10 140	13 827	135
120	14,0	0,2664	0,2886	23 967	23 685	321
150	15,8	0,2113	0,2289	30 331	41 363	406
185	17,5	0,1707	0,1850	37 451	51 062	502

Таблица 113. Расчетные данные проводов марок АС, АСКП, АСК, АпСК, АпСКС

Номинальное сечение, мм²	Диаметр, мм: провода	Диаметр, мм: стального сердечника	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее, из алюминиевой проволоки марок: АТ	Разрывное усилие провода, Н, не менее, из алюминиевой проволоки марок: АТп	Масса 1 км провода, кг
10/1,8	4,5	1,5	2,76630	—	4089	42,7
16/2,7	5,6	1,9	1,800934	—	6220	64,9
25/4,2	6,9	2,3	1,17590	—	9296	100,3
35/6,2	8,4	2,8	0,78970	—	13 524	148,0
50/8,0	9,6	3,2	0,60298	16 638	17 112	195,0
70/11	11,4	3,8	0,42859	23 463	24 130	276,0
70/72	15,4	11,0	0,42760	—	96 826	755,0
95/16	13,5	4,5	0,30599	32 433	33 369	385,0
95/141	19,8	15,4	0,32108	—	180 775	1357,0
120/19	15,2	5,6	0,24917	—	41 521	471,0
120/27	15,4	6,6	0,25293	—	49 465	528,0
150/19	16,8	5,6	0,1919	—	46 307	554,0
150/24	17,1	6,3	0,19798	—	52 279	599,0
150/34	17,5	7,5	0,20065	—	62 643	675,0
185/24	18,9	6,3	0,15701	56 241	58 075	705,0
185/29	18,8	6,9	0,16218	59 634	62 055	728,0
185/128	23,1	14,7	0,15762	—	183 816	1525,0
185/43	19,6	8,4	0,15762	—	77 767	846,0
205/27	19,8	6,6	0,14294	61 733	63 740	774,0
240/32	21,6	7,2	0,12060	72 657	75 050	921,0
240/39	21,6	8,0	0,12428	68 581	80 895	952,0
300/39	24,0	8,0	0,09747	89 160	90 574	1132,0
240/56	22,4	9,6	0,12182	95 889	98 253	1106,0
300/48	24,1	8,9	0,09983	97 762	100 623	1186,0
300/66	24,5	10,5	0,10226	123 436	126 270	1313,0
300/67	24,5	10,5	0,10266	114 696	117 520	1323,0
300/204	29,2	18,6	0,09934	—	281 579	2428,0
330/30	24,8	6,9	0,08799	84 561	88 848	1152,0
330/43	25,2	8,4	0,08888	—	103 784	1255,0
400/18	26,0	5,6	0,07752	81 864	85 600	1199,0
400/22	26,6	6,0	0,07501	—	95 115	1261,0
400/51	27,5	9,2	0,07477	115 385	120 481	1490,0
400/64	27,7	10,2	0,07528	125 368	129 183	1572,0
400/93	29,1	12,5	0,07247	169 737	173 715	1851,0
450/56	28,8	9,6	0,06786	127 114	131 370	1640,0
500/26	30,0	6,6	0,05877	107 275	112 188	1592,0
500/27	29,4	6,6	0,06129	106 392	112 548	1537,0
500/64	30,6	10,2	0,06040	143 451	148 257	1852,0
500/204	34,5	18,6	0,06025	312 312	319 602	2979,0
500/336	37,5	23,9	0,06040	461 825	466 649	4005,0
550/71	32,4	10,8	0,05381	160 780	166 164	2076,0
600/72	33,2	11,0	0,05001	178 148	183 835	2170,0
650/79	34,7	11,5	0,04655	192 369	200 451	2372,0
700/86	36,2	12,0	0,04289	209 010	217 775	2575,0
750/93	37,7	12,5	0,03939	227 114	234 450	2800,0
800/105	39,7	13,3	0,03586	252 023	260 073	3092,0
1000/56	42,4	9,6	0,02936	214 211	224 047	3210,0

Примечание. В числителе указано сечение алюминиевой части провода, в знаменателе сечение стального сердечника.

ПРОВОДА И ШНУРЫ УСТАНОВОЧНЫЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ

Установочные изолированные провода и шнуры служат для распределения электрической энергии в силовых и осветительных установках. Прокладывают изолированные провода внутри помещений, на открытом воздухе при устройстве вводов в здания по наружным стенам здания на изоляторах. Установочные провода и шнуры служат для питания электродвигателей и различных промышленных и бытовых переносных электроприемников.

По напряжению провода изготовляют на 380 и 660 В, а шнуры — на 220 В. По количеству токопроводящих жил провода выпускают одно-, двух-, трех-, четырех- и многожильными, а шнуры — преимущественно двухжильными. Токоведущие жилы проводов одно- и многопроволочные (гибкие) изготовляют из круглой медной или алюминиевой проволоки.

Изоляцию проводов и шнуров выполняют из резины или поливинилхлоридного пластиката. Защитным покровом проводов и шнуров с резиновой изоляцией служит оплетка из волокнистых материалов, пропитанная или не пропитанная противогнилостным составом. Провода и шнуры с поливинилхлоридной изоляцией изготовляют без защитных покровов. Перечень марок проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией приведен в табл. 114. При выборе способов прокладки и марок проводов или шнуров следует руководствоваться назначением, рабочим напряжением и условиями окружающей среды (таблицы 115, 116).

Таблица 114. Основные технические данные проводов, изготовляемых кабельными заводами Минэлектротехпрома СССР

Наименование	Марка	Основные параметры: количество жил	Основные параметры: сечение, мм²	Основные параметры: напряжение переменного тока, В
Провода с резиновой изоляцией				
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	АПРТО *	1; 2; 3 7 10; 14	2,5—120 2,5—10 2,5	660
То же, с медной жилой	ПРТО *	1 2; 3 7 10; 14	0,75—120 1,0—120 1,5—10 1,5—2,5	660
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	АПРН	1	2,5—120	660
То же, с медной жилой	ПРН	1	1,5—120	660
То же, с медной гибкой жилой	ПРГН	1	1,5—120	660
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	АПРИ *	1	2,5—120	660
То же, с медной жилой	ПРИ *	1	0,75—120	660
То же, с медной гибкой жилой	ПРГИ *	1	0,75—120	660
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	АППР *	2; 4	2,5—10,0	660
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из сплава марки АМЦ	АПРФ	1; 2; 3	2,5—4	660
То же, с медной жилой	ПРФ	1; 2; 3	1—4	660
Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из латуни	ПРФл	1; 2; 3	1—4	660

Продолжение табл. 114

Наименование	Марка	Основные параметры		
		количество жил	сечение, мм²	напряжение переменного тока, В
Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией из резины на основе бутилкаучука, в оплетке из лавсановой нити	ПВБЛ	1	0,75—120	660
Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией и оболочкой из кремнийорганической резины	ПВКВ	1	0,75—120	380 и 660
Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией из кремнийорганической резины, в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или термостойким лаком	РКГМ	1	0,75—120	660
Провод с медной жилой, гибкий, с резиновой изоляцией, в непропитанной оплетке	ПРД *	2	0,75—6	380
Провод с медной жилой, гибкий, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	ПРВД	2	0,75—6	380
Провод с медной жилой, термостойкий, в изоляционно-защитной оболочке из кремнийорганической резины повышенной твердости	ПРКА	1	0,5—2,5	380 и 660
Провода с пластмассовой изоляцией				
Провод с алюминиевой жилой, с поливинилхлоридной изоляцией	АПВ *	1	2,5—120	380 и 660
То же, с медной жилой	ПВ1 *	1	0,5—95	380 и 660
Провод с медной жилой, гибкий, с поливинилхлоридной изоляцией	ПВ2 *	1	2,5—95	380 и 660
Провод с алюминиевой жилой, плоский, с поливинилхлоридной изоляцией, с разделительным основанием	АППВ *	2; 3	2,5—6	380
То же, с медной жилой	ППВ *	2; 3	0,75—4	380
Провод с алюминиевой жилой, плоский, с поливинилхлоридной изоляцией, без разделительного основания	АППВС *	2; 3	2,5—6	380
То же, с медной жилой	ППВС *	2; 3	0,75—4	380
Провода разные				
Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, с несущим тросом	АРТ	2	2,5—4	660
Провод с алюминиевой жилой, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом	АВТ5	2 3 4	2,5—4 2,5—4 2,5—16	380
То же, с усиленным несущим тросом	АВТУ	2 3 4	2,5—4 2,5—4 2,5—16	380
Провод с алюминиевой жилой, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом, для внутренней прокладки	АВТВ	2 3 4	2,5—4 2,5—4 2,5—16	380

Продолжение табл. 114

Наименование	Марка	Основные параметры		
		количество жил	сечение, мм²	напряжение переменного тока, В
То же, с усиленным несущим тросом	АВТВУ	2 3 4	2,5—4 2,5—4 2,5—16	380
Провод с медной жилой, с изоляцией из эскапоновой стеклоткани и дельта-асбеста на основе кремнийорганического лака или оплетки из стеклянных нитей, покрытых лаком с рабочей температурой до 155 °С	ПСУ-155	1	1—95	380
Провод с медной жилой, с изоляцией из стеклоткани на основе кремнийорганических лаков и дельта-асбеста с рабочей температурой до 180 °С	ПСУ-180	1	1—95	380

* Запрещается открытая прокладка незащищенных проводов со сгораемой изоляцией.

Таблица 115. Выбор видов электропроводок, способов прокладки и характеристик проводов и кабелей

Способ прокладки	Характеристика проводок и кабелей	Условия окружающей среды
Опытные электропроводки		
На изолирующих опорах: на роликах и клицах	Провода незащищенные одножильные	В сухих и влажных помещениях
то же	Провода скрученные двухжильные	В сухих помещениях
на изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах	Провода незащищенные одножильные	В помещениях всех видов и наружных установках. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только там, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)
Непосредственно на поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабели в неметаллической и металлической оболочках	В наружных установках
То же	Провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные, кабели в неметаллической и металлической оболочках	В помещениях всех видов

Продолжение табл. 115

Способ прокладки	Характеристика проводок и кабелей	Условия окружающей среды
На лотках и в коробах с открываемыми крышками	Провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные, кабели в неметаллической и металлической оболочках	В помещениях всех видов и наружных установках
На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные. Кабели в неметаллических и металлической оболочках	В помещениях всех видов. В наружных установках — только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели
	Открытые и скрытые электропроводки	
В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В трубах изоляционных с металлической оболочкой	Провода незащищенные и защищенные, одножильные и многожильные. Кабели в неметаллической оболочке	В помещениях всех видов и наружных установках. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и в наружных установках
	Скрытые электропроводки	
В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.).	Провода незащищенные и защищенные, одножильные и многожильные. Кабели в неметаллической оболочке	В помещениях всех видов и наружных установках. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках
В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой	Провода незащищенные и защищенные, одножильные и многожильные. Кабели в неметаллической оболочке	
Замоноличенная в строительных конструкциях при их изготовлении	Провода незащищенные	В сухих, влажных и сырых помещениях

Таблица 116. **Выбор электропроводок по условиям пожарной безопасности**

Электропроводки	Прокладка по основаниям и конструкциям		
	из сгораемых материалов	из трудносгораемых материалов	из несгораемых материалов
	Открытые электропроводки		
Незащищенные провода	На роликах, изоляторах или с подкладкой под провода несгораемых материалов	Непосредственно	Непосредственно
Защищенные провода и кабели в оболочке:			
из сгораемых материалов	То же	То же	То же
из трудносгораемых материалов	Непосредственно	»	»
из несгораемых материалов	»	»	»
Трубы и короба:			
из сгораемых материалов	Запрещается	Запрещается	Запрещается
из трудносгораемых материалов	»	Непосредственно	Непосредственно
из несгораемых материалов	Непосредственно	То же	То же
	Скрытые электропроводки		
Незащищенные провода	С подкладкой несгораемых материалов * и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Непосредственно
Защищенные провода и кабели в оболочке:			
из сгораемых материалов	То же	То же	То же
из трудносгораемых материалов	С подкладкой несгораемых материалов *	»	»
из несгораемых материалов	Непосредственно	»	»
Трубы и короба:			
из сгораемых материалов	Запрещается	Замоноличено, в бороздах и т. п. в сплошном слое несгораемых материалов ***	
из трудносгораемых материалов	С подкладкой под трубы несгораемых материалов * и последующим заштукатуриванием **	Непосредственно	Непосредственно
из несгораемых материалов	Непосредственно	То же	То же

* Прокладка из несгораемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм.

** Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т. п. толщиной не менее 10 мм над трубой.

*** Сплошным слоем несгораемого материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10 мм

ТРОСОВЫЕ ПРОВОДКИ

При монтаже освещения промышленных объектов широкое распространение получила тросовая проводка (см. табл. 114, 115, 117), при которой провода и светильники непосредственно подвешивают к монтажному тросу, а трос с помощью концевых креплений и натяжных устройств крепят к стенкам или колоннам здания.

Силовые и осветительные проводки на тросах можно применять в закрытых помещениях и на воздухе в сухой, влажной, жаркой и пыльной средах, а также в цехах с активными химическими средствами.

Таблица 117. **Марки проводов, рекомендуемые для различных видов электро**

Вид электропроводки и способ прокладки проводов	Характеристика		
	Сухое	Влажное	Сырое или особо сырое
Открытая по несгораемым и трудносгораемым основаниям:			
непосредственно по поверхностям стен, потолков и на струнах, лентах, полосах	АПВ, АППВ, АПРН, АПРИ, АПРФ	АПВ, АППВ, АПРН, АПРИ	АПВ, АППВ *
по поверхностям стен, потолков, покрытых сухой или мокрой штукатуркой на роликах и клицах	АППВ АПРИ, АПВ, ПРД, ** ПРВД **	АППВ АПРИ, АПВ	АППВ * АПВ **
на изоляторах	АПРИ, АПВ	АПРИ, АПВ	АПВ
на лотках и в коробах с открываемыми крышками	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН
в электротехнических плинтусах	АПВ, АППВС, АПРИ, АПРН	—	—
в винипластовых трубах	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС, * АПРН
в стальных трубах *2	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН
на тросах	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ
Открытая по горючим поверхностям и конструкциям:			
непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, лентах и полосах	АПРФ, АПРН, АППР *6	АПРН, АППР *	АПРН
с подкладкой под провода негорючих материалов *7	АПВ, АППВ, АПРИ	АПВ, АППВ, АПРИ	АПВ, АППВ *

Конструктивно тросовый провод представляет собой изолированные жилы, скрученные вокруг несущего изолированного стального оцинкованного троса. В качестве несущего троса тросовых проводок применяют стальной канат из оцинкованных проволок диаметром 5,2—7,4 мм или стальную оцинкованную проволоку марки Ст3 диаметром 6—8 мм. При необходимости подвески на тросе большого количества проводов или кабелей применяют сдвоенную или параллельную прокладку тросов. Для разгрузки тросов и уменьшения стрелы провеса используют вертикальные струны-подвески, располагаемые в месте установки осветительных коробок или светильников.

проводок и способов прокладки, применяемых в зависимости от окружающей среды

помещения или среды					
Жаркое	Пыльное	Химически активная среда	Наружная электропроводка	Взрывоопасная зона	Пожароопасная зона
АПРФ, АПРН	АПВ, АППВ, АПРИ, АПРФ	—	—	—	АПРФ, АПРН
—	АППВ	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
АПРИ, АПВ	АПРИ, АПВ	АПРИ, АПВ	—	—	—
АПВ, АПРН	АПВ *1, АПРН *1	—	АПВ *1, АПРН *1	—	АПВ *1, АПРН, АПГФ
—	—	—	—	—	АПВ, АПРН
—	—	АПВ, АПРН	АПРТО, АПРН	—	—
АПРТО, АПВ	—	—	АПРТО, АПРТН	ПРТО *2 ПВ1 *1 АПРТО *4 АПВ *4	АПРТО, АПВ, АПРН, ПРТО *5, ПВ1 *3
АВТВ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ АПРН, АПВ	—	АВТ, АВТУ, АВ	—	АПРН
АПРФ	АПРН	—	—	—	—
—	АПВ, АППВ, АПРИ	—	—	—	—

Вид электропроводки и способ прокладки проводов	Характеристика помещения или среды								
	Сухое	Влажное	Сырое или особо сырое	Жаркое	Пыльное	Химически активная среда	Наружная электропроводка	Взрывоопасная зона	Пожароопасная зона
на роликах и клицах	АПРИ, АПВ, ПРД **, ПРВД **	АПРИ, АПВ	АПВ ***	—	—	—	—	—	—
на изоляторах	АПРИ, АПВ	АПРИ, АПВ	АПВ	АПРИ, АПВ	—	—	—	—	—
на лотках и в коробах с открываемыми крышками	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН	АПВ *1, АПРН *1	—	АПВ *1, АПРН *2	—	—
в стальных трубах *2	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС *, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	—	АПРТО, АПРН	—	АПРТО, АПВ, АПРН
на тросах	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПРН, АПВ	—	АВТ, АВТУ	—	—
Скрытая по негорючим и трудносгораемым конструкциям и поверхностям:									
в винипластовых трубах (непосредственно)	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС *, АПРН	—	—	АПВ, АПРН	АПРТО, АПВ	—	—
в полиэтиленовых трубах (замоноличено в бороздах) в сплошном слое негорючих материалов *	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС *, АПРН	—	—	АПВ, АПРН	АПРТО, АПВ	—	—
в стальных трубах и глухих стальных коробах (непосредственно)	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС *, АПРН	АПРТО, АПВ, АПРН	—	—	АПРТО, АПВ	ПРТО *3, ПВ1 *3, АПРТО *4, АПВ	АПРТО, АПВ, ПРТО *5, ПВ1 *5
по стенам, перегородкам и перекрытиям *9, в сухой или мокрой штукатурке *10, поверх негорючих плит перекрытий под чистым полом, в пределах чердака или кровли поверх перекрытия верхнего этажа *11, в бороздах железобетонных крупнопанельных плит *9	АППВС	АППВС	АППВС *	—	АППВС	—	—	—	—
в каналах негорючих строительных конструкций (стеновых панелей, перегородок, сплошных панелей и перекрытий) *12	АППВС, АПВ	АППВС, АПВ	АППВС *, АПВ	—	АППСВ, АПВ	—	—	—	—
Скрытая по горючим конструкциям:									
в винипластовых трубах с подкладкой под трубы негорючих материалов *2 и последующим заштукатуриванием *12	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АППВС *, АПРН	—	АПВ, АППВС, АПРН	АПВ, АПРН	АПРТО, АПВ	—	—
в стальных трубах и глухих стальных коробах (непосредственно)	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС *, АПРН	АПРТО, АПВ, АПРН	АПРТО, АПВ, АППВС	—	АПРТО, АПВ	—	АПРТО, АПВ, АПРН
по стенам, перегородкам, в сухой *14 или мокрой *15 штукатурке	АППВС	АППВС	АППВС *	—	АППВС	—	—	—	—

Продолжение табл. 117

Вид электропроводки и способ прокладки проводов	Характеристика помещения или среды								
	Сухое	Влажное	Сырое или особо сырое	Жаркое	Пыльное	Химически активная среда	Наружная электропроводка	Взрывоопасная зона	Пожароопасная зона
Прочие виды прокладок:									
для присоединения к электроприемникам, установленным на виброизолирующих опорах *14	ПВ2, ПРГН, ПРГИ							ПРГН, ПРГИ	ПВ2
для присоединения светильников, установленных на подвижных кронштейнах	ПВ2, ПРГН, ПРГИ						—	—	—
для зарядки подвесных светильников	—	—	—	—	—	—	ПРКА	—	

* Кроме особо сырых помещений. ** Для прокладки в жилых и общественных зданиях при реконструкции. *** На роликах для сырых мест. *1 Только в коробах с открывающимися крышками. *2 Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых и особо сырых помещениях и наружных установках. *3 Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia. *4 Для прокладки во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-II, В-IIа и В-Iг. *5 Когда в соответствии с главой VII-2 ПУЭ требуются провода с медными жилами. *6 Внутри зданий в сельской местности. *7 С прокладкой листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающего в обе стороны от провода или трубы на 10 мм. *8 В сплошном слое штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10 мм. *9 В заштукатуриваемой борозде, в сплошном слое алебастрового намета толщиной не менее 5 мм или под слоем листового асбеста толщиной не менее 3 мм. *10 Под слоем мокрой штукатурки толщиной не менее 5 мм. *11 Под слоем цементного или алебастрового намета толщиной не менее 10 мм. *12 Также при закладки (замоноличивания) проводов в негорючие строительные конструкции при их изготовлении. *13 Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки или алебастра толщиной не менее 10 мм. *14 В сплошном слое алебастрового (цементного) намета толщиной не менее 10 мм или между двумя слоями листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающими с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм. *15 Под слоем мокрой штукатурки с подкладкой под провод слоя листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 10 мм, выступающих с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм. *16 Приведенные трассе при ее длине до 20 м. При длине трассы более 20 м провода с медными жилами следует применять только на участке от электроприемника, установленного на виброизолирующем основании, до места перехода на провод с алюминиевыми жилами (длиной не более 5 м).

Металлические части тросовой проводки, в том числе несущий трос, должны быть заземлены. В производственных нормальных и влажных помещениях допускается использование стального троса в качестве заземляющего проводника в сетях с заземленной нейтралью.

ВЫБОР И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ ДЛЯ СИЛОВЫХ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Рекомендациями по применению проводов и кабелей в осветительных сетях (см. табл. 117) можно пользоваться при выборе и применении проводов, предназначенных для электропроводок в силовых и осветительных сетях и вторичных цепях при стационарной прокладке внутри помещений и на открытом воздухе во вновь сооружаемых и реконструируемых производственных и вспомогательных зданиях и сооружениях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также в жилых и общественных зданиях и сооружениях.

Они распространяются на провода, основные данные которых приведены в табл. 114.

Электропроводки с применением проводов следует выполнять в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок», СНиП «Правила производства и приемки работ. Электротехнические устройства», СН «Указания по выполнению электропроводок в каналах строительных конструкций, изготовляемых на заводах домостроительных комбинатов и стройиндустрии» и СН «Указания по выполнению электропроводок, замоноличиваемых в строительные конструкции при их изготовлении на заводах домостроительных комбинатов и стройиндустрии».

При выборе марок проводов для различного вида электропроводок и способов прокладки, применяемых в зависимости от характеристики окружающей среды, следует пользоваться данными табл. 117, где марки указаны, начиная с наиболее предпочтительной.

Области применения проводов приняты в соответствии с Государственными стандартами и техническими Условиями Минэлектротехпрома СССР.

Для электропроводок нужно применять преимущественно провода с алюминиевыми жилами, приведенные в табл. 117. Когда согласно ПУЭ или другим нормативным документам требуется применение проводов с медными жилами, следует указанную марку провода с алюминиевой жилой заменить соответствующей маркой провода с медной жилой (например, провод марки АПРТО — проводом ПРТО, АПВ — проводом ПВ1), а также использовать провода с медными жилами, приведенные в табл. 117.

В помещениях (местах) с высокой температурой, где применение проводов с изоляцией нормальной теплостойкости недопустимо, необходимо применять нагревостойкие провода, например марок РКГМ, ПСУ-155.

Основными видами прокладки проводов должны являться открытые беструбные электропроводки, а также электропроводки в пластмассовых трубах.

Области применения пластмассовых труб даны в СНиП «Правила производства и приемки работ. Электротехнические устройства».

Прокладку проводов в стальных трубах следует применять в соответствии с требованиями «Технических правил по экономному расходованию основных строительных материалов» и ПУЭ.

При выборе труб для электропроводок необходимо руководствоваться «Инструкцией по монтажу электропроводок в трубах», утвержденной Министерством монтажных и специальных строительных работ СССР.

Открыто провода следует прокладывать в местах, где исключена возможность их механических повреждений, или если они имеют соответствующую защиту от механических повреждений.

Запрещается открытая прокладка незащищенных * проводов со сгораемой изоляцией.

При наличии грунтовых и технологических вод для скрытых трубных прокладок запрещается применять провода в оплетке из хлопчатобумажной пряжи.

Плоские провода разрешается прокладывать в сухих, влажных и сырых помещениях жилых и общественных зданий, а также производственных и вспомогательных зданий (промышленных и сельскохозяйственных).

* Незащищенным изолированным проводом называется провод, не имеющий поверх электрической изоляции оболочки, предназначенной для герметизации и защиты от внешних воздействий находящейся внутри ее части провода. Защищенным изолированным проводом называется провод, имеющий такую оболочку.

Плоские провода запрещается применять:

при скрытой и открытой прокладке во взрывоопасных зонах всех классов, в особо сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой, непосредственно по сгораемым основаниям, для зарядки подвесных светильников, в зрительных залах зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений;

при открытой прокладке в пожароопасных зонах всех классов, на чердаках.

При скрытой прокладке плоских проводов под слоем штукатурки или цементного раствора, в заштукатуриваемой борозде и т. п. запрещается применение для их заделки штукатурных, цементных и других растворов, содержащих добавки поташа, мылонафта и т. п., разрушающих изоляцию и алюминиевые жилы.

ТРУБНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Трубные электропроводки наиболее дорогостоящие и требуют повышенного расхода дефицитных материалов, поэтому их применение следует ограничивать. Трубы для прокладки сменяемой электропроводки и защиты сети нужно применять винипластовые, полиэтиленовые, полипропиленовые и резинобитумные (табл. 118). Винипластовые трубы применяют для открытой и скрытой прокладки, а полиэтиленовые, полипропиленовые и резинобитумные — только для скрытой прокладки. Запрещается применять пластмассовые трубы в пожароопасных и взрывоопасных помещениях и в зонах высоких температур. Резинобитумные трубы запрещается применять в зданиях государственного значения, представляющих особую архитектурную или историческую ценность, а также в театрально-зрелищных предприятиях и в хранилищах ответственных фондов.

Таблица 118. **Применение неметаллических труб в электропроводках**

Трубы	Вид прокладки	Рекомендуется	Запрещается
Полиэтиленовые, полипропиленовые	Скрытая по несгораемым перекрытиям и конструкциям	1. В сухих, влажных, сырых и пыльных помещениях. В помещениях с химически активной средой и в наружных электропроводках: непосредственно по несгораемым перекрытиям и конструкциям; в подливках полов и в фундаментах под оборудование при условии предохранения труб легкого типа и электропроводки от механических повреждений. Трубы среднего и тяжелого типа прокладывать в подливках и фундаментах без защиты от механических повреждений. 2. Для защиты кабелей в агрессивном грунте	Во взрывоопасных помещениях; в зданиях ниже второй степени огнестойкости; в зрительных залах, на сценах и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов; в детских яслях и садах, лагерях, больницах; на чердаках; в животноводческих помещениях совхозов и колхозов
Винипластовые	Открытая и скрытая по несгораемым, трудносгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям	1. В сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях с химически активной средой, в наружных электропроводках: при открытой и скрытой электропроводке непосредственно по несгораемым и трудносгораемым	Во взрывоопасных и пожароопасных помещениях при открытой и скрытой проводке. Для открытых электропроводок: в зрительных залах, на сценах и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов;

Продолжение табл. 118

Трубы	Вид прокладки	Рекомендуется	Запрещается
		стенам, перекрытиям и конструкциям; при скрытой электропроводке по сгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям при условии прокладки труб по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм, выступающих с каждой стороны трубы не менее чем на 5 мм, с последующим заштукатуриванием трубы слоем штукатурки толщиной не менее 10 мм. 2. Для защиты кабелей в агрессивном грунте	в детских яслях и садах, пионерских лагерях, больницах; на чердаках; в животноводческих помещениях совхозов и колхозов

Стальные водогазопроводные трубы (табл. 119) применяют только для помещений с взрывоопасной средой и при необходимости в механической защите сети с условным проходом более 50 мм. В сухих, влажных и жарких помещениях рекомендуется прокладка проводов в стальных тонкостенных трубах (табл. 120), а для остальных помещений (кроме взрывоопасных) в тонкостенных водогазопроводных трубах.

Таблица 119. **Трубы стальные водогазопроводные обыкновенные**

Условный проход		Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Теоретическая масса 1 м, кг
дюймы	мм			
1/2	15	21,3	2,8	1,28
3/4	20	26,8	2,8	1,66
1	25	33,5	3,2	2,39
1 1/4	32	42,3	3,2	3,09
1 1/2	40	48,0	3,5	3,84
2	50	60,0	3,5	4,88
2 1/2	70	75,5	4,0	7,05
3	80	88,5	4,0	8,34
4	100	114,0	4,5	12,15

Таблица 120. **Трубы стальные тонкостенные для электропроводки**

Условный проход		Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Теоретическая масса 1 м, кг
дюймы	мм			
1/2	15	20	1,6	0,726
3/4	20	26	1,8	1,07
1	25	32	2,0	1,48
1 1/2	40	48	2,0	2,27
2	50	60	2,0	2,86

В целях обеспечения полноты характеристик и единообразия заказа стальных труб предлагается в заказных спецификациях специфицировать стальные трубы: цельнометаллические — ЦМ, тонкостенные — Т.

Применение коробов и лотков взамен стальных труб рационально, если прокладывать несколько линий по одной трассе, совмещая силовые и осветительные линии в одном лотке или коробе, а также в случае подвески светильников к лоткам или коробам. Короба (табл. 121) предназначены для прокладки и защиты от повреждений проводов площадью сечения до 150 мм² и кабелей площадью сечения до 16 мм² в одной жиле, напряжением до 1000 В.

Таблица 121. **Короба для прокладки проводов и кабелей**

Наименование	Тип	Размеры, мм			Масса, кг
		А	Б	В	
Короб прямой	У1106УЗ	50	100	2100	8,354
То же	У1079УЗ	100	150	2100	13,206
»	У1098УЗ	100	200	2100	15,714
»	У1106УЗ	50	100	3100	12,334
»	У1080УЗ	100	150	3100	19,576
»	У1090УЗ	100	200	3100	23,304
Короб тройниковый	У1080УЗ	50	100	317	1,44
То же	У1084УЗ	100	150	367	2,14
»	У1094УЗ	100	200	417	2,92
Короб угловой для изменения трассы в горизонтальной плоскости	У1109УЗ	50	100	214	0,95
	У1083УЗ	100	150	264	1,59
	У1093УЗ	100	200	314	2,26
Заглушка	У1113УЗ	50	100	—	0,145
»	У1087УЗ	100	150	—	0,345
»	У1097УЗ	100	200	—	0,429

Короба рассчитаны на следующие равномерно распределенные нагрузки (при расстоянии между местами крепления 3 м):

Размеры, мм	Нагрузка, Н/м, не менее
50 × 100	100
100 × 150	250
100 × 200	300

Сортамент полиэтиленовых, полипропиленовых и винипластовых труб приведен в таблицах 122—125. Техническая характеристика металлических рукавов приведена в таблицах 126, 127.

Таблица 122. **Трубы из полиэтилена высокой прочности ПВП**

Условный проход		Наружный диаметр, мм	Трубы среднелегкого типа			Трубы среднего типа			Трубы тяжелого типа		
			Толщина стенки, мм		Масса, кг	Толщина стенки, мм		Масса, кг	Толщина стенки, мм		Масса, кг
дюймы	мм		номинальная	допускаемое отклонение		номинальная	допускаемое отклонение		номинальная	допускаемое отклонение	
3/4	20	25	—	—	—	—	—	—	2,3	+0,6	0,19
1	25	32	—	—	—	2,0	+0,5	0,20	2,9	+0,7	0,29
1 1/4	32	40	—	—	—	2,3	+0,6	0,29	3,7	+0,8	0,44
1 1/2	40	50	2,0	+0,5	0,32	2,3	+0,7	0,45	4,6	+0,9	0,68
2	50	63	2,5	+0,6	0,51	3,6	+0,8	0,71	5,8	+1,1	1,08

Таблица 123. **Трубы из полиэтилена низкой прочности**

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Трубы легкого типа		Трубы среднелегкого типа		Трубы среднего типа		Трубы тяжелого типа	
		Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг
20	25	—	—	2,0	0,15	2,7	0,20	4,2	0,28
25	32	—	—	2,5	0,23	3,5	0,32	5,4	0,46
32	40	2,0	0,28	3,0	0,36	4,3	0,49	6,7	0,71
40	50	2,4	0,39	3,7	0,55	5,4	0,76	8,4	1,1
50	63	3,0	0,59	4,7	0,87	6,8	1,21	10,5	1,73

Таблица 124. **Полипропиленовые трубы**

Наружный диаметр, мм			Условный проход D_y, мм	Трубы среднего типа			Трубы тяжелого типа			Трубы особо тяжелого типа		
	допускаемое отклонение по значению			Толщина стенки, мм			Толщина стенки, мм			Толщина стенки, мм		
номинальный	среднему	предельному		номинальная	допускаемое отклонение	Масса 1 м, кг	номинальная	допускаемое отклонение	Масса 1 м, кг	номинальная	допускаемое отклонение	Масса 1 м, кг
20	+0,5	+0,7	15	—	—	—	—	—	—	2,5	+0,5	0,14
32	+0,5	+0,9	25	—	—	—	2,5	+0,5	0,22	4,0	+0,7	0,34
63	+1,0	+1,4	50	3,0	+0,6	0,54	5,0	+0,9	0,87	7,5	+1,3	1,33
110	+1,5	+2,2	100	5,3	+1,0	1,64	8,5	+1,4	2,64	—	—	—

Таблица 125. **Винипластовые трубы**

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Трубы			
		Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг
20	25	1,8	0,206	2,0	0,224
25	32	2,0	0,292	2,5	0,359
32	40	2,0	0,370	3,1	0,546
40	50	2,4	0,557	3,9	0,856
50	63	3,0	0,863	4,9	1,350

Таблица 126. **Негерметические рукава**

Типоразмер	Внутренний номинальный диаметр рукава, мм	Масса 1 м, кг	Типоразмер	Внутренний номинальный диаметр рукава, мм	Масса 1 м, кг
Металлические типа РЗ-С-Х			*Пластмассовые типа РП VI.3*		
Ц20	18	0,42	РП 20	18	0,08
Ц25	26	0,5	РП 25	22	0,11
Ц32	29	0,65	РП 32	28	0,15
Ц40	38	0,8	РП 40	36	0,19
Ц50	50	1,4	РП 50	45	0,243
Ц70	60	1,8	РП 63	58	0,309
Ц80	78	2,8			

Таблица 127. **Рукава гибкие герметические с подвижным швом из стальной профилированной ленты без оплетки типа РГ-Ц-А и РГГ-Ц-А**

Диаметр, мм		Масса 1 м, кг	Диаметр, мм		Масса 1 м, кг
условного прохода	внутренний		условного прохода	внутренний	
13	12	0,5	38	36	2,4
20	19	1,2	50	48	4
25	23,5	1,5	75	72	5,5
32	30	2			

Примечание. По условиям заказа герметические металлические рукава поставляют мерными отрезками 1; 1,5; 4; 6; 8; 10; 12; 15 м комплектно с соединительной арматурой — наконечником и штуцером с накидной гайкой.

При выборе труб необходимо руководствоваться следующим:

в зависимости от группы сложности, определяемой количеством и величиной углов изгиба труб по трассе и ее длиной, выбирают коэффициент заполнения трубы (отношение внутреннего диаметра трубы к наружному диаметру кабеля) по табл. 128, а в зависимости от коэффициента заполнения трубы и наружного диаметра кабеля — условный проход трубы по табл. 129;

Таблица 128. **Выбор коэффициента заполнения труб**

Группа сложности	Количество и величина углов изгиба по трассе	Коэффициент заполнения при длине трубы, м							
		15	20	25	30	40	50	75	100
1	Прямая трасса	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2,3
2	Один угол 90° или два угла 120°	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2	2,3	—
3	Два угла 90° или один угол 90° и два угла 120°	1,8	1,8	2	2	2,3	2,3	—	—
4	Три угла 90° или два угла 90° и два угла 120°	1,8	2	2	2,3	2,3	—	—	—

Таблица 129. **Выбор условного прохода трубы**

Коэффициент заполнения трубы	Условный проход трубы при наружном диаметре кабеля, мм					
	20	25	30	35	40	45
1,8	40	50	50	70	80	80
2	40	50	70	70	80	—
2,3	50	70	70	80	—	—

условные проходы труб для кабелей сечением 3 × 16 мм² и менее независимо от конструкции жил выбирают по существующим нормативным материалам с учетом коэффициентов заполнения труб — 1,25; 1,4 и 1,65;

учитывая максимальный условный проход труб электропроводки, обычно применяемых для скрытых прокладок 80 мм, ограничить использование кабелей с однопроволочными жилами сечением 3 × 120 мм²;

при необходимости прокладки в трубах кабелей сечением 3 × 150 мм² и выше следует принимать кабели меньшего сечения, увеличивая при этом их общее количество на линию;

при протяжке в трубах кабелей с однопроволочными жилами сечением 25 мм² и выше требуется предусматривать радиусы изгиба кабелей и соответственно труб не менее 25 диаметров кабеля (приблизительно для кабелей сечением до 3 × 70 мм² включительно 800 мм, а до 3 × 120 мм² включительно 1000 мм).

ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ МОДУЛЬНЫХ СИЛОВЫХ СЕТЕЙ

Колонки распределительные и коробки модульные (табл. 130) предназначены для модульных силовых электросетей напряжением 380/220 В, прокладываемых в полу производственных помещений.

Таблица 130. **Изделия для модульных электросетей**

Наименование изделия	Тип	Назначение	Количество групп	Масса, кг
Коробка модульная	КМ 2УХЛ4	Для протяжки	—	6,0
	КМ 4УХЛ4	Для протяжки и ответвления	—	6,9
	У500УХЛ4		—	11,9
Колонка распределительная	КРР 2УХЛ4	Для подключения электроприемников	2	4,5
	КРР 4УХЛ4		4	5,5

Номинальный ток группы распределительной колонки 25 А, однако суммарный максимальный ток не должен превышать 95 А.

Корпус коробки У500 — из чугуна, корпуса остальных изделий — из листовой стали.

Коробки имеют патрубки для присоединения труб КМ-2, КМ-4 — с наружной резьбой; У500 — с внутренней резьбой размером 1 1/2" для протяжки кабеля и 1" для выполнения ответвлений.

Коробки, предназначенные для протяжки и ответвления, и колонки комплектуются ответвительными сжимами и имеют нулевую клемму или заземляющий зажим. Сжимы позволяют производить ответвления от кабеля площадью сечения до 35 мм² без его разрезания.

Климатическое исполнение УХЛ категории 4.

Степень защиты коробок — Р55; колонок — Р22; мест соединения колонки с коробкой — Р55.

СИЛОВЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ КАБЕЛИ

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в земле, под водой, на открытом воздухе и внутри помещений. Токопроводящие жилы силовых кабелей изготовляют из алюминия или электролитической меди. Сечения алюминиевых и медных токопроводящих жил принимают стандартными.

Силовые кабели изготовляют с бумажной, резиновой или пластмассовой изоляцией жил. Толщина изоляционного слоя зависит от сечения жил и номинального напряжения кабеля.

Для защиты изоляции от увлажнения и химических воздействий окружающей среды силовые кабели покрывают оболочкой из алюминия, свинца, полихлорвинила или негорючей резины. Для предохранения от механических повреждений служит броня, выполняемая из стальных лент или круглых стальных проволок.

Кабели, прокладываемые в земле, покрывают поверх брони наружной защитной оболочкой из кабельной оплетки, пропитанной битумным составом, защищающей броню кабеля от коррозии.

При маркировке кабелей приняты следующие буквенные обозначения (поясняются в порядке их следования в марке):

буква А (поставленная в начале марки) — кабель с алюминиевыми жилами (кабель с медными жилами не имеет специального обозначения и отличается от кабеля с алюминиевыми жилами отсутствием буквы А в начале маркировки);

буква К (поставленная впереди обозначения, а для кабелей с алюминиевыми жилами — после символа материала жил) — кабель контрольный;

буква Ц в начале обозначения — нестекающий состав на основе церезина, пропитывающий битумную изоляцию (маслоканифольный пропитывающий состав отличается отсутствием буквы Ц в маркировке кабеля);

изоляция жил кабеля: П — полиэтиленовая; В — поливинилхлоридная; Р — резиновая; Б — бумажная, обедненно пропитанная; без символа — бумажная, нормально пропитанная; О — перед символом С — отдельно освинцованные жилы; О перед символом В — отдельно экранированные жилы под поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы;

материал оболочки кабеля: А — алюминий; С — свинец; В — поливинилхлорид; Н — негорючая резина;

буква Ш — алюминиевая оболочка с холодосварным швом;

защитные покровы кабеля: Б — броня из двух стальных лент с защитным наружным покровом; БГ — броня из двух стальных лент без наружного покрова; К — броня из круглых стальных оцинкованных проволок без наружного покрова; П — броня из плоской стальной оцинкованной проволоки; Г — отсутствие джутовой оплетки поверх брони; В (после буквы, обозначающей алюминиевую подушку или броню) — защитная оболочка из поливинилхлоридного пластика с противокоррозионным подслоем; в (после буквы, обозначающей тип брони) — усиленная подушка под броню, накладываемая поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии; у (после буквы, обозначающей тип брони) — особо усиленная подушка под броню для прокладки в агрессивном грунте; у — в конце обозначения указывает на изоляцию, выдерживающую повышенную температуру нагрева;

буква Т в конце марки обозначает, что кабель предназначен для прокладки в трубах или блоках.

Рекомендации по применению основных силовых кабелей в зависимости от условий окружающей среды и способов прокладки приведены в таблицах 131—135.

Таблица 131. **Силовые кабели и рекомендации по их применению**

Кабель	Марка	Количество жил	Напряжение, кВ: до 0,66 (сечение жил, мм²)	Напряжение, кВ: 1 (сечение жил, мм²)	Напряжение, кВ: 6 (сечение жил, мм²)	Напряжение, кВ: 10 (сечение жил, мм²)	Место и способ прокладки	Помещения
С медными и алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в хлорвиниловой оболочке	ВРГ[1, 2, 8], НРГ[1]	1	1—240	—	—	—	Открытый в трубах, на скобах, конструкциях и тросе, тоннелях и каналах, на специальных кабельных эстакадах, в блоках, коробах и лотках	Взрывоопасные классов В-I, В-Iа, В-II
	ВРБ[5]	1	1—240	—	—	—	Открытый по стенам или под навесами из несгораемых материалов. В траншее, в земле	Вне помещений
	ВРБГ[2], НРБГ[2]	2,3	1—185	—	—	—	Открытый на скобах или конструкциях. В каналах, засыпаемых песком или покрываемых асфальтом, на технологических эстакадах, в трубах	Взрывоопасные классов В-I, В-II
С алюминиевыми и медными жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке[2]	ВВГ[8], ВПБГ, ВВВГ, ВПР, ВПБ, ВВБ	1	1,5—50***	2,5—240	4—240	—	В тоннелях и каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям	Внутри помещений
		2	1,5—50	2,5—240	4—240	—		
		3	1,5—50	2,5—240	4—240	—		
		4	2,5—50	2,5—185	—	—		
		5	—	2,5—185	—	—		
							В земле, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям	Вне помещений
	АПВГ, АПВБГ,	1	2,5—50	2,5—240	4—240	—	В тоннелях и каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям	Внутри помещений
		2	2,5—50	2,5—240	4—240	—		
		3	2,5—50	2,5—240	4—240	—		
		4	2,5—50	2,5—185	—	—		
		5	2,5—50	2,5—35	—	—		

Продолжение табл. 131

Кабель	Марка	Количество жил	Напряжение, кВ до 0,66	1	6	10	Место и способ прокладки	Помещения
			сечение жил, мм²					
С алюминиевыми и медными жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке [2]	АПВБ,						В земле, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям	
	АВРГ[1, 3, 8]	1	4—240	—	—	—	В блоках, трубах, тоннелях, каналах. Открытый на тросе или струне. Открытый на скобах, конструкциях. В каналах, покрываемых асфальтом, на специальных кабельных эстакадах	Взрывоопасные класса В-II
	АНРГ[1, 3],	2,3	4—185	—	—	—		
	АВРБ, АНРБ,	2,3	4—185	—	—	—	Открытый по стенам или под навесом из несгораемых материалов. В траншее в земле	Вне помещений
	АВРБГ, АНРБГ,	2,3	4—185	—	—	—	По эстакадам (на противоположной от трубопроводов стороне), в трубах	Наружные установки класса П-III
	ГТШ	3	6—70	6—70	6—70	—	По эстакадам, по поверхности земли на стойках, понтонах	Наружные установки
С алюминиевыми и медными жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке [5]	АВВГ[1, 3, 8]	1,2, 3,4					Открытый в трубах, блоках, коробах, на скобах и лотках, конструкциях и тросе. В тоннелях или каналах. В каналах, засыпаемых песком (В-I) или покрываемых асфальтом (В-II). По эстакадам	Взрывоопасные класса В-II. Вне помещений. Невзрывоопасные помещения. Наружные установки класса П-III
	АВВБ,						Открытый по стенам или под навесами. В траншее в земле	Вне помещений
	АВВБГ,	1	2,5—50	2,5—240	4—240	—	По эстакадам (на противоположной от трубопроводов стороне)	Наружные установки класса П-III
		2	2,5—50	2,5—240	4—240	—		
		3	2,5—50	2,5—240	4—240	—		
		4	2,5—50	2,5—185	—	—		
		5	—	2,5—35	—	—		
	АВБВ						По эстакадам (на противоположной от трубопроводов стороне)	То же
С алюминиевыми и медными жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке	ВБВ [1]						Открытый на скобах, конструкциях, на тросе	Взрывоопасные класса В-Ia
С бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой оболочке с алюминиевой жилой в поливинилхлоридном шланге	ААШвУ	1	—	10—800	10—240	10—240	Открытый по стенам или под навесами из несгораемых материалов, в трубах на конструкциях. В траншее в земле. В каналах, засыпаемых песком (В-I) или покрываемых асфальтом (В-II). В коробах. По эстакадам	Вне помещений. Невзрывоопасные помещения. Взрывоопасные класса В-II. Наружные установки класса П-III
	ААШв [4]	1	—	10—800				
		2	—	16—150				
		3	—	10—240				
		4	—	10—185				
С алюминиевыми или медными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольным составом в свинцовой оболочке	АСБУ, СБУ,	1	—	10—800	10—500	160—500	Открытый по стенам. В траншее в земле	Вне помещения
	АСБ, СВ [5]	1	—	4—800	—	—		
		2	—	2,5—150	10—240	16—240		
		3	—	2,5—240	—	—		
		4	—	4—185				

Продолжение табл. 131

Кабель	Марка	Количество жил	Напряжение, кВ: до 0,66	1	6	10	Место и способ прокладки	Помещения
			сечение жил, мм²					
С алюминиевыми или медными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольным составом в свинцовой или алюминиевой оболочке	АСБГУ, СБГ, АСБГ	1		10—800	10—500	16—500	В блоках или трубах. В тоннелях или каналах. По эстакадам	Невзрывоопасные помещения. Наружные установки класса П-III
		1	—	4—800	—	—		
		2	—	2,5—150	10—240	16—240	Внутри помещения при отсутствии механических воздействий на кабель	
	СГТ	3	—	2,5—240	—	—		
		4	—	4—185				
С бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке	АСГТ [6]						В блоках или трубах	
С бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой оболочке	ААГ	1	—	10—800	—	—	В трубах, блоках, тоннелях, каналах и внутри помещений при отсутствии механических воздействий на кабель в нейтральной среде по отношению к алюминию	Вне помещений. Невзрывоопасные помещения
		2	—	16—150	—	—		
		3	—	10—240	10—240	16—240		
		4	—	10—185	—	—		
С бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке	СК	3	—	25—240	16—240	16—240	Под водой	
		4	—	25—120				
С бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой оболочке	ААБ, ААБГ	1	—	10—800	—	—	В траншее в земле. В блоках или трубах. В тоннелях или каналах. По эстакадам, конструкциям	Вне помещений. Вне помещений. Невзрывоопасные помещения. Наружные установки класса П-III.
		2	—	16—150	—	—		
		3	—	10—240	—	—		
		4	—	10—185	—	—		
С алюминиевыми или медными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающей массой на основе церезина в свинцовой или алюминиевой оболочке	ЦААБ, ЩААСБ [7], ЦСБ [7], ЦСБУ, ЦААК, ЦАСК	3	—	—	25—185	25—185	В траншее в земле при разности уровней, превышающей допустимую величину для кабелей с нормальной пропиткой, т. е. 25 м для кабелей до 1 кВ; 20 м для кабелей 6—10 кВ в алюминиевой оболочке и 15 м для кабелей 6—10 кВ в свинцовой оболочке	Вне помещений
С бумажной изоляцией, пропитанной нестекающей мастикой, в алюминиевой оболочке	ЦААБГ	3	—	—	25—185	25—185	В тоннелях, каналах, по эстакадам и внутри помещений	Внутри и вне помещений
С алюминиевыми или медными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной нестекаемой массой, на основе церезина в свинцовой или алюминиевой оболочке	ЦААКГ, ЦАСКГ, ЦАСБН, ЦАСКН, ЦСКН, ЦСК, ЦСКГ, ЦААБН, ЦААКН, ЦСБГ, ЦАСБГ, ЦСБН	3	—	—	25—185	25—185	Внутри помещений, в тоннелях, в каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям и для марок ЦААКГ, ЦАСКГ, ЦАСКН, ЦСК, ЦСКГ, ЦААКН, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям	Внутри помещений
С алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией в поливинилхлоридной оболочке поверх каждой экранированной жилы	АВОВБ, АВОВБГ	3	—	—	—	16—150	В траншеях	Внутри помещений
		3	—	—	—	16—150	В тоннелях, каналах, лотках при отсутствии механических воздействий	

Примечание. Индексы в марках обозначают: 1 — небронированные кабели трос должен быть диаметром менее 5 мм из оцинкованных проволок, кабели не должны быть ностью класса В-II применяют кабели с алюминиевыми жилами; 3 — в пылеуплотненном потребителей I и II категорий; 5 — из условий экономии меди и свинца применение ограничений экономии меди и свинца; 8 — выпускается для районов с холодным климатом ВРГ-ХЛ, разрешают к прокладке при напряжении не выше 380 В только для осветительных сетей; подвержены механическим или химическим воздействиям; 2 — в помещениях взрывоопасканале (покрытом асфальтом) для помещений класса В-II; 4 — применяют для питания ничено; 6 — кабели до 95 мм² применять не следует; 7 — применение ограничено из усло- АВРГ-ХЛ, ВВГ-ХЛ, АВВГ-ХЛ.

Таблица 132. **Марки кабелей, рекомендуемые для прокладки в земле (траншеях)**

Применение	Прокладка кабеля на трассе	Кабель
		с бумажной пропитанной изоляцией
		в процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШВ[1], ААШп, ААВл, АСБ[1]
	С наличием блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ[1]
В земле (траншеях) со средней коррозионной активностью	С наличием блуждающих токов	ААШв[1], ААЦ1п, ААБл, ААБ2л, АСБ, АСБл[1], ААШп, ААЦ1В[3], ААБ2Л, ААВв, АСБл[1], АСБ2л[1]
В земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью	С наличием блуждающих токов	ААШп, ААШв[3], ААБЙлШв, ААБ2лШп, ААБВ, АСБл[1], ААШп, ААБв, АСБ2л[1], АСБ2лШв

Кабель	
с бумажной пропитанной изоляцией	с пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой
в процессе эксплуатации подвергается растягивающим усилиям	в процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям
ААПл, АСПл[1]	АБВГ[2], АПсВГ[2], АПаВГ[2], АПВГ[2]
ААП2л, АСПл[1]	АВВБ, АПВБ, АПсВВ, АППБ, АПбПВ, АПБбШв
ААПл, АСПл[1]	АПвБбШв, АВБбШв, АНБбШп, АПсБбШв, АПАШв, АПАШп,
ААП2л, АСПл[1]	АВАШв, АПсАШв, АБРБ, АНРБ, АВБл, АВАБл, АНАБл
ААП2лШв, АСП2л[1], АСБ2Л[1]	

Примечание: Кабели с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке *не следует применять для прокладки на трассах с наличием блуждающих токов, в грунтах* с высокой коррозионной активностью

Индексы в марках обозначают: 1 — применение силовых кабелей в свинцовой защит ной оболочке следует предусматривать для подводных линий, в шахтах, опасных по газу и пыли, для прокладки в особо опасных коррозионных средах. В остальных случаях при невозможности использования кабелей в алюминиевых или пластмассовых оболочках их замена на силовые кабели в свинцовых оболочках в каждом конкретном случае подле жит специальному техническому обоснованию в проектно-сметной документации; 2 — ка бели на номинальное напряжение до 1 кВ включительно; 3 — подтверждается опытом эксплуатации.

Таблица 133. **Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в воздухе, воде и шахтах**

Условия прокладки	Ка бель					
	С бумажной пропитанной изоляцией в					
	металлической оболочке				С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
	при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации	при эксплуатации не подвергаются значительным растягивающим усилиям	при эксплуатации подвергаются значительным растягивающим усилиям	при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации
Прокладка в помещениях (тоннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях:						
сухих	ААГ, ААШв	ААБлГ	—	—	—	АВВБГ, АВРБГ, АВБбШв
сырых, частично затапливаемых при наличии среды со слабой коррозионной активностью	ААШв	ААБлГ	—	—	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ[2], АПВГ[2], АПвсВГ, АПоВГ	АПвВВГ[2], АПАШВ, АВАШв, АПвБбШ[2], АПвсБбГ, АПсВБГ, АПвсБГ, АПВБГ[2], АНРВР
сырых, частично затапливаемых при наличии среды со средней и высокой коррозионной активностью	ААШв, АСШв[1]	ААБвГ, ААБ2лШв, ААБлГ, АСБлГ[1], АСБ2лГ[1], АСБ2лШв[3]	—	—	—	—

Условия прокладки	Ка	
	С бумажной пропитанной изоляцией в металлической	
	при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации
Прокладка в пожароопасных помещениях	ААГ, ААГУ, ААШв, ААШвУ	ААБвГ, ААБлГ, АСБлГ[1]
Прокладка во взрывоопасных зонах классов:		
В-I, В-Iа	СБГ, СБГУ, СБШв	—
В-Iг, В-II	ААБлГ, АСБГ[1]	ААБлГ, АСБГ[1]
В-2б, В-IIа	ААГ, АСГ[1], АСШв[1]	—
Прокладка на эстакадах:		
технологических	—	
специальных кабельных	ААШв, ААБлГ, ААВбГ[4], АСБлГ[1]	ААБлГ, ААБвГ, ААБ[2]лШв, АСБлГ[1]
по мостам	ААШв	
Прокладка в блоках	СГ, СГУ, АСГУ	ААБлГ
В воде	—	
В шахтах	СШв, ААШв	—

Примечание. Индексы в марках обозначают: 1 — применяются в соответствии 3 — для групповых осветительных сетей во взрывоопасных зонах класса В-Iа; 4 — кабель нованием.

Кабель марки ААШв не следует применять в газо- и пылеопасных шахтах.

Таблица 134. Контрольные кабели и рекомендации по их применению

Кабель	Марка	Колличество жил в кабеле при				Место и способ прокладки
		0,75	1,0	1,5	2,5	
Кабели с медными жилами, пластмассовой изоляцией в свинцовой, резиновой или поливинилхлоридной оболочке с защит-	КСРГ, КРСБ, КРСБГ	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37				

бели			
оболочке		С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
при эксплуатации не подвергаются значительным растягивающим усилиям	при эксплуатации подвергаются значительным растягивающим усилиям	при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации	при наличии опасности механических повреждений при эксплуатации
—	—	АВВГ, АВРГ, АПсВг, АПвсВГ, АНРГ, АСРГ[1]	АВВБГ, АВВБбГ, АВБбШв, АПсБбШв, АПвсБГ, АВРБГ, АСРБГ[1]
—	—	ВНГ[3], ВРГ[3], НРГ[3], СРГ[3]	ББВ, ВБбШв, ВВБбГ, ВВБГ, СРБГ[1], НВВГ
—	—	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ	АВБВ, АВБбШВ, АВВБбГ
—	—	—	НРБГ, АСРБГ[1]
—	—	—	АВВБГ, АВВБбГ,
—	—	—	АВРБГ, АНРБГ,
—	—	—	АПсВБГ, АПвсБг, АВАШв
—	—	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АПвсВГ, АВАШв, АПАШв, АВВГ, АПсВГ	АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ, АВАШв, АПсВБГ, АПвВБГ, АПВБГ, АПвВГ, АПВГ
—	СКл9 АСКл, ОСК, АОСК	—	—
СБи, СВли, СБШв, СБ2лШв, ААШв	СПлн, СПШв, СПл	—	—

с п. 1 примечания; 2 — для одиночных кабельных линий, прокладываемых в помещениях; марки АСБ2лШв может быть использован в исключительно редких случаях с особым обос-

номинальном сечении, мм²				Место и способ прокладки
4,0	6,0	10,0		
4, 7, 10	—		Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, в местах не подверженных вибрации, в среде нейтральной по отношению к свинцу. КРСБ — для прокладки в земле	

Продолжение табл. 134

Кабель	Марка	Количество жил в кабеле при номинальном сечении, мм²						Место и способ прокладки
		0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	
ным покровом или без него. КПсВБн — с изоляцией из самозатухающего полиэтилена, КПБбШв — с броней из двух стальных лент, в шланге из поливинилхлоридного пластиката, КВВГ—П — плоский, КВВБН — с негорючим наружным покровом, КПсВГЭ — в общем экране и в оболочке из поливинилхлоридного пластиката	КРСК	10, 14, 19, 27, 37			7, 10, 14, 19	7, 10	—	Для прокладки под водой и в местах, где кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
	КРВГ, КРВГЭ, КРВБ, КРНБ, КРВБГ, КРВБбГ, КРНГ, КРНБГ, КРНБбГ, КРНБн, КВВБн, КПсВБн, КРВБн	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52			27, 37			Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий, КВРБ, КРНБ — для прокладки в земле, в условиях агрессивной среды и в местах подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям. КВВБн, КРНБн, КПсВБн — для прокладки в шахтах, внутри пожароопасных помещений, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
	КВВГ, КВВГЭ, КВВБ, КВВБГ, КВВБбГ, КВБбШв, КПВГ, КПВБ, КПВБсГ, КПВБГ, КПБбШв, КПсВГ, КПсВГЭ, КПсВБГ, КПсВБбГ, КПсБбШв	4, 5, 7, 10, 14, 9, 27, 37, 52, 61			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10	—	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям. КВВБ — для прокладки в земле в условиях агрессивной среды и в местах подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям. КПсБбШв — для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, в земле, в том числе и в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
	КВВГ—П, КПсВГП, КПВГ—П	—			4			Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
	АКВВГ—П, АКПсВГ—П, АКПВГ—П	—				4	—	То же, что и марки кабелей с медными жилами
	КППбШв, КВПбШв, КПсПБбШв	10, 14, 19, 27, 37			7, 10, 14 19, 27, 37	7, 10	—	Для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, земле, в условиях агрессивной среды и в местах подверженных воздействию блуждающих токов, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
То же, с алюминиевыми жилами	АКРКГ, АКРБГЭ, АКРВБ, АКРВБГ, АКРВБбГ, АКРНГ, АКРНБ, АКРНБГ, АКВВГ, АКРНБбГ, АКВВГЭ, АКВВБГ, АКВВБбГ, АКВБбШв, АКПВГ, АКПВБ, АКПВБГ, АКПВБГ, АКПБбШв, АКПсВГ, АКПСВГЭ, АКПсВБ, АКПсВБГ, КПсВБбГ, АКПсБбШв, АКПВБбГ, АКВВБ	10, 14, 19, 27, 37			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10		То же, что и марки кабелей с медными жилами

Кабель	Марка	Количество жил в кабеле при номинальном сечении, мм²						Место и способ прокладки
		0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	
Кабели с алюмомедной жилой с пластмассовой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке с защитным покровом или без него	АмКВВГ, АмКПВГ, АмКВВГЭ, АмКПсВГЭ, АмКВВБбГ, АмКПсВБбГ, АмКВБбШв, АмКПсБбШв	—		4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52, 61	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	—			Преимущественно область применения кабелей соответствует указанным для кабелей с медными жилами за исключением взрывоопасных помещений классов В-I и В-Iа и шахт, опасных по газу и пыли
Кабель СПВр специализированный с изоляцией и внутренней оболочкой из поливинилхлоридного пластиката. СПОВр — то же, с изоляцией и внутренней оболочкой из облученного пластиката	СПОВР, СПОВр	Трехпарный 3×2×0,7×1×0,5; десятипарный 2×2×0,7×1×0,5×8×2×0,7							Предназначен для системы радиационного контроля на атомной электростанции

Таблица 135. **Сечения дополнительной заземляющей жилы двух- и трехжильных кабелей**

Марка кабеля	Сечение основной жилы, мм²														
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
ВРГ, ВРБГ, НРБГ, АВРГ, АНРГ, АВРБ, АНРБ, АВРБГ, АНРБГ, НРГ, ВРБ	1	1	1,5	2,5	4	6	10	10	10	16	25	35	35	50	50
ААГ, ААБ, ААБГ						0	10	16	16	25	25	35			
АВПГ, АВВГ, АВПБГ, АВВБГ, АСГТ, АСБ, СГТ, СБГ, СБ, СК, ВПТ, ВВГ, ВПБГ, ВВВГ			2,5	4	6	10	16	16	25	25	35	35	50	50	

При наружной прокладке кабельных эстакад и галерей нужно руководствоваться табл. 136.

При прокладке кабельных линий в производственных помещениях следует соблюдать следующие требования:

кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные — также для осмотра. В местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорта кабели (в том числе бронированные) нужно защищать от повреждений;

Таблица 136. **Наименьшие расстояния от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений**

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
При параллельном следовании, по горизонтали		
Здания и сооружения с глухими стенами	От эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	2

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От эстакады и галереи до строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Надземный трубопровод	От эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От эстакады и галереи до проводов	0,5
При пересечении, по вертикали		
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галерен: до головки рельса	7,1
	до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Надземный трубопровод	От эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5

расстояние в свету между кабелями должно соответствовать данным, приведенным в табл. 137;

расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а между кабелями и газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями не менее 1 м.

Таблица 137. **Наименьшие расстояния для кабельных сооружений**

Размер	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота (в свету)	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм
Расстояние по горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	3000 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 680 при глубине более 0,9 м
Расстояние по горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
Расстояние по вертикали между горизонтальными конструкциями *:		
для силовых кабелей:		
при напряжении до 10 кВ	200	150
при напряжении 20—35 кВ	250	200
при напряжении 110 кВ и выше	300 **	250
для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3×25 мм², напряжением до 1000 В	100	100
Расстояние между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	800—1000	800—1000
Расстояние по вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ ***	Не менее диаметра кабеля	
Расстояние по горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ***	Не нормируется	
Расстояние по горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.
** При расположении кабелей треугольником — 250 мм.
*** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

При меньших расстояниях и при пересечении кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами и т. п.) на всем участке сближения с добавлением по 0,5 м с каждой его стороны. В необходимых случаях кабели защищают от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола.

Для монтажа горизонтальных рядов кабелей, прокладываемых непосредственно на полках или лотках, предназначены конструкции кабельные сборные. Для установки нескольких кабельных полок применяют стойки кабельные (табл. 138). Стойки крепят к строительным элементам болтами, дюбелями, приваркой к закладным деталям или пристрелкой с применением скобы К1149.

Таблица 138. **Техническая характеристика стоек кабельных**

Тип	Количество отверстий	Длина, мм	Масса, кг	Тип	Количество отверстий	Длина, мм	Масса, кг
К1150	8	400	0,8	К1153	24	1200	2,4
К1151	12	600	1,3	К1154	36	1800	3,5
К1152	16	800	1,6				

Полки (табл. 139) для укладки одного или нескольких кабелей крепят на стойках. Их рассчитывают на нагрузку 686 Н, приложенную к концу полки.

Таблица 139. **Техническая характеристика полок типа ПК**

Тип	Количество отверстий	Размеры, мм			Масса, тыс. шт., кг
		Длина между осями крепления	Полная длина	Высота полки	
К1160	5	160	180	60	200
К1161	8	250	267	63	400
К1162	11	360	367	63	700
К1163	14	450	467	76,5	800

Для установки перегородок между горизонтальными рядами кабелей применяют подвески (табл. 140). Один конец подвески закрепляется на полке, другой — на стойке.

Таблица 140. **Техническая характеристика подвесок**

Тип подвесок	Тип полки	Длина, мм	Масса 100 шт., кг	Тип подвесок	Тип полки	Длина, мм	Масса 100 шт., кг
К1164	К1160	155	80	К1166	К1162	331	140
К1165	К1161	241	110	К1167	К1163	421	170

Для соединительных муфт на сборных кабельных конструкциях предназначены лотки типов К222-К224 (табл. 141), устанавливаемые на полках ПК.

Таблица 141. **Техническая характеристика лотков**

Тип	Максимальный диаметр кабеля, мм	Размеры, мм		Масса, кг
		Ширина	Высота	
К222	30	55	70	3,6
К223	45	95	90	3,8
К224	60	95	90	8,0

Для прокладки контрольных и силовых небронированных кабелей мелких сечений (до 16 мм²) напряжением до 1000 В с резиновой и пластмассовой изоляцией в неизолированной пластмассовой и свинцовой оболочках, а также бронированных кабелей с пластмассовой оболочкой предназначены лотки.

Лотки сварные для прокладки кабелей и проводов (табл. 142) устанавливают на сборных кабельных, строительных и технологических конструкциях.

Таблица 142. **Техническая характеристика лотков сварных**

Тип	Размеры, мм		Масса, кг	Тип	Размеры, мм		Масса, кг
	Ширина	Высота			Ширина	Высота	
К420	430	400	7,81	К422	230	200	6,64

Расстояние между опорными конструкциями при горизонтальной прокладке принимается не более 2 м. Максимальная равномерно распределенная нагрузка на один лоток не должна превышать 1000 Н. Максимальная сосредоточенная нагрузка, приложенная в середине пролета, допускается не более 1470 Н в случае опоры лотка в местах стыка секции и 980 Н, когда стык секций находится между опорами.

Таблица 143. **Техническая характеристика лотков перфорированных**

Тип	Размеры, мм			Масса, кг
	Ширина лотка по осям крепления	Полная ширина лотка с узлом крепления	Ширина лотка	
К60	74	90	50	1,6
К61	124	145	100	2,4

Лотки перфорированные для прокладки кабелей и проводов (табл. 143) устанавливают на сборных кабельных конструкциях, на строительных и технологических конструкциях. Расстояние между опорными конструкциями не должно превышать 2 м. Максимальная равномерно распределенная нагрузка на 1 м лотка допускается не более 490 Н.

ШИНОПРОВОДЫ МАГИСТРАЛЬНЫЕ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ

Шинопровод магистральный ШЗМ16 У3 (табл. 144) предназначен для передачи электрической энергии в четырехпроводных сетях с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В и в трехпроводных сетях напряжением 660 В.

Таблица 144. **Элементы магистрального шинопровода**

Наименование	Тип секции	Масса, кг
Секция прямая длиной 3 м	ШЗМ16-П3У3	78,46
Секция прямая подгоночная длиной 2,625 м	ШЗМ16-ПП2, 6У3	70,00
Секция прямая подгоночная длиной 0,75 м	ШЗМ16-ППО, 7У3	22,80
Секция угловая горизонтальная	ШЗМ16-УГУ3	25,60
Секция угловая вертикальная	ШЗМ16-УВУ3	25,20
Секция тройниковая горизонтальная	ШЗМ16-ТГУ3	40,50
Секция тройниковая вертикальная	ШЗМ16-ТВУ3	39,10
Ответвление вертикальное	ШЗМ16-ОВУ3	7,12
Вывод (присоединение) к КТП Чирчикского трансформаторного завода	ШЗМ16-ВУ3	16,35
Вывод (присоединение) к КТП Хмельницкого завода трансформаторных подстанций	ШЗМ16-ВХУ3	25,40
Вывод (присоединение) фазировочный к КТП Чирчикского трансформаторного завода	ШЗМ16-ВФУ3	17,64
Вывод (присоединение) фазировочный к КТП Хмельницкого завода трансформаторных подстанций	ШЗМ16-ВФХУ3	26,67
Секция гибкая	ШЗМ16-ГУ3	60,80
Кабельное присоединение	ШЗМ16-КПУ3	32,17
Секция выводная шкафная	ШЗМ16-ВШУ3	75,94
Заглушка	ШЗМ16-3У3	2,67
Изоляция стыка	ШЗМ16-11У3	0,10

Прямая секция шинопровода представляет собой устройство из шести шин (по две на фазу), заключенных в специальную профилированную оболочку, являющуюся нулевым проводником. В пазах оболочки уложено по три шины разных фаз. В каждом

пазе оболочки крайние шины заизолированы с обеих сторон гетинаксовой прокладкой и имеют дополнительную изоляцию в виде Ш-образных профилей из поливинилхлорида, устанавливаемых в верхней и нижней зонах шин. Концы секций снабжены алюминиевыми полумуфтами, которые соединены с оболочкой при помощи сварки. Полумуфты при соединении секций образуют сверху и снизу окна, закрытые крышками.

Техническая характеристика шинопровода магистрального ШЗМ16 У3

Номинальный ток, А	1000
Номинальное напряжение, В:	
в четырехпроводных сетях с заземленной нейтралью	380/220
в трехпроводных сетях	660
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,0146
Индуктивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,0595
Амплитудное значение сквозного тока в первый полупериод, кА	80
Действующее значение периодической составляющей сквозного тока, кА	30
Полное сопротивление петли «фаза-нуль», Ом/км	0,07
Степень защиты оболочки шинопроводов	IP31 *
Величина пролета между опорами, м, не более	6
Площадь сечения фазовых шин, мм	2 (10×10)

* Степень защиты от прикосновения к токоведущим и движущимся частям и электрооборудованию, заключенного в оболочку, а также от воздействия окружающей среды принимается по ГОСТ 14254—80. Буквы степени защиты IP обозначают принятую международную систему, а цифры после них — степень защиты от соприкосновения, а также степень защиты встроенного в оболочку оборудования.

Климатическое исполнение У категории 3.

Конструкции для крепления шинопровода ШЗМ16 приведены в табл. 145.

Таблица 145. **Конструкции для крепления шинопровода**

Наименование	Тип	Размеры, мм		Масса, кг
		А	В	
Поднос	ПШ-1У3	552	—	2,63
Стойка	КШ-3У3	178	298	12,80
Кронштейн	СШ-3У3	178	298	2,00

Шинопровод распределительный ШРА-УУ3 (таблицы 146—148) предназначен для передачи и распределения электрической энергии переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц в электрических сетях с изолированной нейтралью.

Таблица 146. **Технические данные распределительного шинопровода ШРА-У**

Показатель	Номинальный ток шинопровода, А		
	250	400	630
Амплитудное значение сквозного тока в первый полупериод, кА, не менее	10	15	25
Действующее значение периодической составляющей сквозного тока, кА, не менее	5	7,5	12,5
Активное сопротивление фазы, Ом/км	0,200	0,128	0,066
Индуктивное сопротивление фазы, Ом/км	0,134	0,113	0,093
Площадь сечения шин, мм	5 × 30	5 × 50	8 × 60

Таблица 147. **Элементы распределительного шинопровода ШРА-У**

Тип	Наименование	Масса, кг
ШРА-У-2-1УЗ	Секция прямая	30,3
ШРА-У-4-1УЗ	То же	33,1
ШРА-У-6-1УЗ	»	38,8
ШРА-У-246-2УЗ	Коробка ответвительная с автоматом	7
ШРА-У-246-5УЗ	Секция угловая «вверх»	1,2
ШРА-У-246-6УЗ	Секция угловая «вниз»	1,9
ШРА-У-246-3УЗ	Секция угловая «влево»	7,7
ШРА-У-246-4УЗ	Секция угловая «вправо»	7,7
ШРА-У-246-7УЗ	Секция тройниковая	4,5
ШРА-У-246-8УЗ	Секция крестовая	8,0
ШРА-У-246-9УЗ	Крышка торцовая	1,2
ШРА-У-246-10УЗ	Коробка индикаторная	3,0
ШРА-У-246-11УЗ	Коробка вводная	1,2
ШРА-У-246-12УЗ	Коробка ответвительная с предохранителями	4,3

Таблица 148. **Конструкции для крепления шинопровода ШРА-У**

Тип	Наименование	Размеры, мм		Масса, кг
		А	В	
ПШ-1УЗ	Подвес	552	—	2,63
СШ-1УЗ	Стойка	138	238	12,80
КШ-1УЗ	Кронштейн	138	238	1,97

При прокладке на месте монтажа четвертой шины, электрически связанной с оболочкой шинопровода и имеющей необходимое сечение и проводимость, допускается использовать его в сетях с глухозаземленной нейтралью на напряжение до 380/220 В.

Шинопровод рассчитан на номинальные токи 250; 400 и 630 А. Номинальный ток ответвительных коробок 100 А. Элементы шинопровода унифицированы и применяются на токи 250; 400 и 630 А. Соединение шин сварное. Максимальное расстояние между местами крепления 3 м.

Технические данные ШРА-УУЗ приведены в табл. 146, номенклатура элементов шинопровода — в табл. 147, конструкции для крепления — в табл. 148.

Степень защиты IP31.

Климатическое исполнение V категории 3.

Распределительный шинопровод ШРА 73УЗ предназначен для выполнения внутри помещений распределительных электрических сетей с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220 В, частотой 50—60 Гц.

Основные технические данные ШРА73УЗ приведены в табл. 149, номенклатура элементов — в табл. 150, ответвительных коробок — в табл. 151, конструкции для крепления — в табл. 152.

Таблица 149. **Технические данные распределительного шинопровода ШРА73**

Показатель	Номинальный ток шинопровода, А		
	250	400	630
Электродинамическая стойкость, кА	15	25	35
Сечение шин, мм	35 × 5	50 × 5	80 × 5
Сопротивление на фазу, Ом/км:			
активное	0,21	0,15	0,10
индуктивное	0,21	0,17	0,13

Продолжение табл. 149

Показатель	Номинальный ток шинопровода, А		
	250	400	630
Линейная потеря напряжения, В, на длине 100 м при номинальном токе, cos φ — 0,8 и равномерно распределенной нагрузке	6,5	8,0	8,5

Таблица 150. **Элементы распределительного шинопровода ШРА73**

Тип	Наименование	Масса, кг
	Шинопровод ШРА73УЗ на 250 А	
	Секции прямые:	
У2020УЗ	длиной 1000 мм	14
У2022УЗ	на четыре ответвления	33
У2018УЗ	на два ответвления	33
У2024УЗ	прогоночные	33
	Секции угловые:	
У2023УЗ	вертикальные вверх	13
У2024УЗ	вертикальные вниз	13
У2025УЗ	горизонтальные правые	13
У2026УЗ	горизонтальные левые	13
	Секции:	
У2029УЗ	гибкие	13
У2030УЗ	вводные	23
У2028УЗ	Заглушка торцовая	3
	Шинопровод ШРА73УЗ на 400 А	
	Секции прямые:	
У2040УЗ	длиной 1000 мм	18
У2042УЗ	на четыре ответвления	44
У2041УЗ	прогоночные	44
У2054УЗ	на два ответвления	44
	Секции угловые:	
У2043УЗ	вертикальные вверх	17
У2044УЗ	вертикальные вниз	17
У2045УЗ	горизонтальные правые	17
У2046УЗ	горизонтальные левые	17
	Секции:	
У2049УЗ	гибкие	15
У2056УЗ	вводные	31
У2050УЗ	Заглушка торцовая	5
У2053УЗ	Муфта переходная, 400—250 А	4
	Шинопровод ШРА73УЗ на 630 А	
	Секции прямые:	
У2060УЗ	длиной 1000 мм	22
У2062УЗ	на четыре ответвления	54
У2061УЗ	прогоночные	54
У2074УЗ	на два ответвления	54
	Секции угловые:	
У2063УЗ	вертикальные вверх	22
У2064УЗ	вертикальные вниз	22
У2065УЗ	горизонтальные правые	22
У2066УЗ	горизонтальные левые	22

Продолжение табл. 150

Тип	Наименование	Масса, кг
	Секции:	
У2069У3	гибкие	18
У2076У3	вводные	38
У2070У3	Заглушка торцовая	5
У2073У3	Муфта переходная, 630—400 А	5

Таблица 151. **Ответвительные коробки для шинопровода ШРА**

Ответвительная коробка		Для шинопровода на номинальный ток, А	Масса, кг
Тип	Наименование (ток, А		
У2031У3	С предохранителем ПН2-100 (100)	250, 400, 630	8,8
У2032У3	С разъединителем (160)	250, 400, 630	5,7
У2033У3	С разъединителем (250)	400, 630	8,2
У2034У3	С выключателем автоматическим А3710 (160)	250, 400, 630	18,0
У2035У3	С выключателем автоматическим А3720 (250)	400, 630	20,5
У2037У3	С выключателем автоматическим А3120 (100)	250, 400, 630	12,8
У2038У3	С выключателем автоматическим АЕ2050 (100)	250, 400, 630	11,1

Таблица 152. **Конструкции для крепления шинопроводов марки ШРА73**

Тип	Наименование	Масса, кг
У2080У3	Подвес (для подвески шинопровода к фермам на тросах)	2,0
У2081У3	Кронштейн (для крепления шинопровода к стенам и колоннам)	3,7
У2082У3	Стойки (для установки шинопровода над полом на высоте 1500 мм)	19,1
У2084У3	То же	18,6
У2085У3	»	51,4

Для штепсельного присоединения ответвительных коробок на боковых сторонах прямых секций шинопроводов предусмотрены окна с автоматически закрывающимися шторками, что обеспечивает безопасное присоединение ответвительных коробок к шинопроводу, находящемуся под напряжением в процессе эксплуатации.

Вводные секции рассчитаны для установки их как в середине, так и на концах линий, в последнем случае открытый торец секции закрывается торцовой заглушкой. Гибкие секции используются для поворотов линии сети на углы, отличные от 90°, а также для компенсации температурных изменений длины шинопровода.

Для соединения секций шинопроводов на различные номинальные токи применяются переходные муфты. Соединение шин секций болтовое.

При креплении шинопроводов на стойках У2085У3 расстояние между ними должно быть не более 6 м, при креплении шинопроводов на других конструкциях — не более 3 м.

Степень защиты IP32.

Распределительный шинопровод ШРА73ВУ3 на 400 А аналогичен по конструкции и техническим данным шинопроводу ШРА73У3 на 400 А (см. табл. 146). Вместе с тем он имеет специальные межэтажные и прямые подгоночные секции длиной 1,5 и 2 м, что дает возможность применять его для вертикальной прокладки внутри общественных и административных зданий повышенной этажности.

Номенклатура специальных элементов такого шинопровода приведена в табл. 153. Межэтажная секция имеет жесткое соединение шин с корпусом шинопровода и снабжена нагревостойкими перегородками, предназначенными для предотвращения при пожаре распространения пламени с этажа на этаж.

Таблица 153. **Специальные элементы распределительного шинопровода ШРА73В**

Тип	Секция	Масса, кг
У2907У3	Прямая	29
У2915У3	Межэтажная	30
У2916У3	Прямая	38

Подгоночные прямые секции позволяют прокладывать шинопровод таким образом, что при разной высоте этажей межэтажная секция будет располагаться в зоне межэтажного перекрытия. Межэтажная секция укомплектована опорной рамой для крепления секции к перекрытию. Максимальное расстояние между точками крепления равно 6 м.

Степень защиты IP32.

Распределительный шинопровод ШРМ73У3 предназначен для выполнения внутри помещений распределительных электрических сетей с глухозаземленной нейтралью. Шинопровод обеспечивает возможность штепсельного присоединения трехфазных и однофазных приемников электроэнергии: станков, электроинструментов, оборудования, установленного на конвейерах и автоматических линиях, а также светильников.

Техническая характеристика распределительного шинопровода ШРМ73У3 на 400 А

Номинальный ток, А	100
Номинальное напряжение, В	380/220
Частота, Гц	50—60
Электродинамическая стойкость при сквозных токах (амплитудное значение), кА	7
Номинальный ток ответвительных штепсельных устройств, А:	
однофазных	10
трехфазных	25
Размеры поперечного сечения короба, мм	70×80
Допустимая нагрузка, кН · м	0,2
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	3000
Степень защиты по ГОСТ 14254—80	IP32

Номенклатура элементов, входящих в шинопровод, приведена в табл. 154. Соединение секций между собой штепсельное.

Таблица 154. **Элементы, входящие в шинопровод ШРА73В**

Тип	Наименование	Масса, кг
	Элементы шинопровода	
	Секции прямые:	
У2879У3	для трех присоединений	20,0
У2880У3	для шести присоединений	20,0
У2878У3	для двух присоединений	13,5
У2881У3	для трех присоединений	10,8
У2882У3	для одного присоединения	6,3
У2883У3	без ответвлений	19,6

Продолжение табл. 154

Тип	Наименование	Масса, кг
	Секции угловые:	
У2896У3	правая	3,9
У2897У3	левая	3,9
У2885У3	Секция вводная	11,1
У2887У3	Заглушка торцовая	1,5
	Коробки ответвительные:	
У2889У3	с предохранителями 25 А	2,6
У2890У3	с автоматическим выключателем АЕ2033, 25 А	2,7
У1970У3	Штепсель 10 А с заряженной фазой А, со шнуром длиной 1,5 м	0,3
У1971У3	Штепсель 10 А с заряженной фазой В, со шнуром длиной 1,5 м	0,3
У1972У3	Штепсель 10 А с заряженной фазой С, со шнуром длиной 1,5 м	0,3
У1973У3	Штепсель 25 А без шнура *	0,15
	Конструкции для крепления шинопровода	
У2802У3	Стойка напольная	17,5
У2893У3	Кронштейн настенный	0,2
У2894У3	Подвес тросовый	0,2
У2895У3	Подвес с крючком	0,22

* Штепсель может использоваться для присоединения как однофазных, так и трехфазных приемников электроэнергии. Зарядка штепселя шнуром производится при монтаже.

Прямые секции шинопровода имеют штепсельные окна, через которые осуществляется присоединение однофазных приемников электроэнергии с помощью специального штепселя, а трехфазных — штепселя или штепсельных ответвительных коробок, содержащих аппараты защиты. Штепсели и коробки имеют три фазовых, один заземляющий и один нулевой выводы. При присоединении трехфазных приемников электроэнергии используются три фазовых и один заземляющий выводы, однофазных — один из фазовых, заземляющий и нулевой выводы.

Осветительные шинопроводы ШОС67У3 и ШРМ75 предназначены для выполнения в производственных помещениях осветительных четырехпроводных осветительных сетей.

Техническая характеристика осветительных шинопроводов ШОС67 на 25 и ШРМ75 на 100 А

Номинальное напряжение, В	380/220
Частота, Гц	50—60
Электродинамическая стойкость при сквозных токах (амплитудное значение), кА	3
Номинальный ток штепселя, А	10 и 25
Размеры поперечного сечения, мм	36×15 и 70×80
Допустимая нагрузка, кН · м	0,12 и 0,2
Максимальное расстояние между точками крепления, м	2
Степень защиты	IP32

Номенклатура элементов, входящих в шинопроводы приведена в табл. 155.

Соединение секций штепсельно-винтовое. Один конец секции снабжен штепсельной розеткой с затягивающими винтами, на другом конце выступающие концы проводов образуют штепсельную вилку. После того как штепсель одной секции вставлен

в розетку другой секции, штепсельный контакт затягивается винтами. Прямые секции имеют штепсельные окна для присоединения светильников. В штепсельных окнах попеременно выведены разные фазы (А, В, С, А, В, С и т. д.) и нейтраль. Светильники можно подключать к шинопроводу только с помощью специального ответвительного штепселя.

Таблица 155. **Элементы, входящие в шинопроводы ШОС и ШРМ**

Тип ШОС	Наименование	Тип ШРМ
	Элементы шинопровода	
	Секции прямые:	
У1630У3	для шести присоединений	
У1642У3	для трех присоединений	
У1644У3	без ответвлений	У2883
У1636У3	для трех присоединений	У2879
У1637У3	500 мм	У2880
	Секции:	
У1641У3	вводные	У2884
У1640У3	гибкие	У2885
У1643У3	гибкие	У2886
У1635У3	Заглушка торцовая	
	Штепселя:	
У1634-1У3	длина шнура 1 м	У2887
У1634-2У3	длина шнура 2 м	У2073
	Конструкции для крепления шинопровода	
К544У3	Хомут (для подвешивания шинопроводов)	У2894
К474У3	Скоба (для крепления шинопровода на плоских основаниях)	У2893
К470У3	Хомут с крючком (для подвешивания к шинопроводу светильников)	У289

Троллейные шинопроводы ШТМ73У3 на 250, ШТМ72У3 на 400, ШТА75У3 на 250 и 400 А предназначены для выполнения в производственных помещениях (только в цехах, не содержащих токопроводящую пыль, в где имеется опасность повреждения открыто проложенных троллев или прикосновения к ним) троллейных линий в сетях трехфазного переменного тока напряжением 660 В, частотой 50—60 Гц.

Шинопроводы применяются для питания мостовых кранов, электроталей, передаточных тележек и др. Подключение электрифицированных инструментов к трехпроводным шинопроводам недопустимо. Шинопроводы серии ШТМ выполняются с медными, а серии ШТА — с алюминиевыми троллями.

Основные технические данные шинопроводов приведены в табл. 156, номенклатура элементов, входящих в шинопроводы — в табл. 157, конструкции для крепления — в табл. 158.

Таблица 156. **Технические данные троллейных шинопроводов**

Показатель	ШТМ73У3	ШТМ72У3	ШТА75У3	
Номинальный ток, А	250	400	250	400
Электродинамическая стойкость (амплитудное значение), кА	10	15	10	15
Номинальный ток токосъемной каретки, А	25	100	25	100
Номинальный ток спаренных токосъемных кареток, А	50	200	50	200

Продолжение табл. 156

Показатель	ШТМ73У3	ШТМ72У3	ШТА75У3	
Сопротивление фазы, Ом/км:				
активное	0,315	0,197	0,474	0,217
индуктивное	0,180	0,120	0,150	0,170
полное	0,360	0,230	0,496	0,254

Таблица 157. Элементы троллейного шинопровода типа ШТМ

Тип	Наименование	Масса, кг
	ШТМ73У3 на 250 А	
	Секции прямые длиной, мм:	
У2301У3	750	9
У2303У3	1500	—
У2304У3	3000	29
У2305У3	6000	59
	Секции угловые, мм; град:	
У2311У3	1000; 45	13
У2312У3	1000; 90	21
У2313У3	1200; 45	14
У2314У3	1200; 90	23
У2315У3	1400; 45	16
У2316У3	1400; 90	26
У2317У3	1600; 45	17
У2318У3	1600; 90	32
У2319У3	1800; 45	19
У2320У3	1800; 90	34
У2323У3	Комплект для подключения питания	2
	Секции:	
У2325У3	разъединительные	32
У2307У3	для ввода каретки	31
У2306У3	концевые	5
У2326У3	компенсации троллеев	32
У2327У3	компенсации короба	—
У2328У3	Каретка токосъемная	4
У2329У3	Коробка индикаторная	5,8
	ШТА75У3 на 250 А	
	Секции прямые длиной, мм:	
У2601У3	750	8,2
У2603У3	1500	—
У2604У3	3000	25
У2605У3	6000	53
	Секции угловые, мм; град:	
У2611У3	1000; 45	11
У2612У3	1000; 90	18
У2613У3	1200; 45	12
У2614У3	1200; 90	21
У2615У3	1400; 45	13
У2616У3	1400; 90	23
У2617У3	1600; 45	15
У2618У3	1600; 90	29
У2619У3	1800; 45	16
У2620У3	1800; 90	32

Продолжение табл. 157

Тип	Наименование	Масса, кг
У2623У3	Комплект для подключения питания	2
	Секции:	
У2625У3	разъединительные	29
У2607У3	для ввода каретки	30
У2606У3	концевые	4
У2626У3	компенсации троллеев	28
У2627У3	компенсации короба	—
У2328У3	Каретка токосъемная	—
У2629У3	Коробка индикаторная	6
	ШТМ72У3 на 400 А	
	Секции прямые длиной, мм:	
У2202У3	1500	—
У2201У3	3000	46
У2209У3	6000	91
	Секции:	
У2204У3	для ввода каретки	51
У2215У3	разъединительные	54
У2206У3	концевые	8
У2214У3	компенсации троллеев	75
У2217У3	компенсации короба	—
У2207У3	Комплект для подключения питания	—
У2211У3	Каретка токосъемная	8
У2218У3	Коробка индикаторная	9
	ШТА73У3 на 400 А	
	Секции прямые длиной, мм:	
У2703У3	1500	—
У2704У3	3000	38
У2705У3	6000	76
	Секции:	
У2707У3	для ввода каретки	43
У2715У3	разъединительные	46
У2706У3	концевые	7
У2714У3	компенсации троллеев	63
У2717У3	компенсации короба	4
У2711У3	Комплект для подключения питания	
У2211У3	Каретка токосъемная	8
У2718У3	Коробка индикаторная	9

Таблица 158. Конструкции для крепления троллейного шинопровода

Тип	Наименование	Масса, кг
	ШТМ73У3, ШТА75У3 на 250 А	
	Кронштейны для крепления шинопроводов:	
К775У3	на двутавровой балке	2,0
К777У3	на стенках, колоннах и железобетонных подкрановых балках	2,7
К780У3	Подвеска промежуточная	0,6
К781У3	Кронштейн (для крепления шинопровода на металлической подкрановой балке)	0,9
	Скобы ведущие:	
У2321У3	для одной каретки	—
У2322У3	для двух кареток	—

Продолжение табл. 158

Тип	Наименование	Масса, кг
	ШТМ72У3, ШТА75У3 на 400 А	
	Конструкции для крепления шинопроводов:	
У2220У3	на железобетонных стальных балках подкрановых путей	4,5
У2221У3	на двутавровой балке	1,7
У2223У3	Подвеска промежуточная	0,8
	Скобы ведущие:	
У2222У3	для одной каретки	3,8
У2224У3	для двух кареток	4,6

В зависимости от трассы троллейные линии комплектуются различными угловыми и прямыми секциями. Каждая секция шинопровода представляет собой стальной короб, имеющий снизу щель. Внутри короба в пазах изоляторов монтируются троллеи.

Короба соединяются между собой муфтами, которые входят в комплект секций. Короба снабжены двумя планками с шипами, обеспечивающими при соединении секций непрерывную электрическую цепь защитного заземления. Подвод питания выполняется проводом или кабелем с помощью комплекта для подключения питания, устанавливаемого в любом стыке секции. В этих комплектах предусмотрены заземленные уголки, *с помощью которых шинопровод присоединяется к внешнему контуру* заземления.

Для секционирования троллейных линий и возможности отключения ее участка предусмотрена разъединительная секция, в середине которой троллеи имеют разрыв. Чтобы можно было подсоединить к ней разъединительный аппарат, секция поставляется *с двумя комплектами для подключения питания.*

В шинопроводах на 250 А предусмотрены секции для компенсации температурных удлинений до 25 мм, в шинопроводах на 400 А — до 50 мм, и в коробах — до 60 мм.

Секция для компенсации температурных изменений длины короба устанавливается в зоне каждого температурного шва здания. При этом с обеих сторон этой секции *помещают секции для компенсации температурных изменений длины троллеев.*

Питание приемников электроэнергии осуществляется токосъемными каретками, передвигающимися по направляющим полкам вдоль щели короба. Заземление токосъемной каретки производится присоединением четвертой жилы кабеля к контуру заземления крана; скрепляют ее с краном или тельфером ведущей скобой. Когда одной *каретки для токосъема недостаточно, включаются параллельно две* токосъемные каретки, соединяемые между собой шарнирной тягой, входящей в комплект ведущей скобы. Для ввода каретки предусмотрена специальная секция с откидными болтовыми стенками. Количество таких секций зависит от работающих приемников электроэнергии.

Для сигнализации наличия напряжения на троллеях шинопровода предусмотрены индикаторные коробки, устанавливаемые на двух промежуточных подвесках, входящих в комплект поставки. Рекомендуемое расстояние между индикаторными коробками не более 60 м.

Рекомендуется прямые участки комплектовать в основном из секций длиной 3000 мм, *используя короткие секции в качестве подгоночных, крепление шинопровода* к кронштейнам выполнять с помощью промежуточных подвесок, которые можно устанавливать в любом месте шинопровода (кроме стыков, из которых смонтированы соединительные муфты).

Максимальное расстояние между точками крепления 3000 мм.

Степень *защиты* IP12.

Троллейный шинопровод ШТМ76У3 предназначен для выполнения в производственных помещениях трехфазных четырехпроводных троллейных линий, питающих передвижные приемники электроэнергии, подвесные электрические однобалочные краны, передаточные тележки, тали, а также переносной электрический инструмент.

Техническая характеристика шинопровода ШТМ76У3

Номинальный ток, А	100
Номинальное напряжение, В	380
Частота, Гц	50
Номинальный ток токосъемной каретки, А	25
Номинальный ток спаренной каретки, А	40
Электродинамическая стойкость при сквозных токах (амплитудное значение), кА	5
Максимальное расстояние между точками крепления на участках, мм:	
прямолинейных	3
криволинейных	1,5
Максимальная скорость перемещения каретки, м/мин	63

Номенклатура элементов шинопровода приведена в табл. 159.

Каждая секция шинопровода представляет собой стальной короб, имеющий снизу щель. Внутри короба в пазах изоляторов монтируются четыре медных троллея — три фазовых и один нулевой. Короба секций соединяются между собой с помощью боковин и крышки, а троллеи — с помощью соединителей.

Таблица 159. **Элементы троллейного шинопровода ШТМ76У3**

Тип	Наименование	Масса, кг
	Секции прямые длиной, мм:	
У2368У3	2000	11,8
У2370У3	3000	17,1
У2371У3	1500	9,2
У2372У3	750	5,3
	Секции угловые:	
У2373У3	675 мм	9,8
У2388У3	925 мм	12,1
	Секции:	
У2390У3	для ввода каретки	9,6
У2391У3	вводная	7,0
У2394У3	разделительная	6,93
У2397У3	концевая	5,8
У2389У3	компенсационная	10,4
У2361У3	Каретка токосъемная 25 А	1,65
У2362У3	Каретка токосъемная с выключателем автоматическим АЕ2035 на 16 А	3,88
У2400У3	Кронштейн (для одностороннего крепления шинопровода к двутаврам № 24М; 30М и 36М)	0,82

Прямые секции предназначены для выполнения прямолинейных участков линии, а угловые — криволинейных. Секции на каждом конце имеют прямолинейные участки длиной по 200 мм для соединения с последующей секцией.

Подвод питания к шинопроводу осуществляется через вводную секцию, в верхней части которой предусмотрены выводы (контакты) для подключения проводов или кабеля с жилами сечением до 35 мм². Контакты закрываются специальным коробом.

Питание от троллеев к приемникам электроэнергии передается с помощью токосъемной каретки, передвигающейся по нижним полкам короба шинопровода. Для ввода каретки в шинопровод предусмотрена специальная секция, которую можно вмонтировать в любом месте линии. Вводится каретка через отверстие в нижней части короба.

Компенсационная сетка предназначена для компенсации температурных удлинений троллеев. Для секционирования троллейных линий предусмотрена разделительная секция, в середине которой троллеи имеют разрыв.

Концевая секция устанавливается в конце линии и представляет собой прямую секцию с откидывающейся заглушкой на одном из торцов секции. Через этот торец возможен ввод каретки в шинопровод.

Шинопровод крепится к двутавру с помощью кронштейна У2409У3.

Степень защиты оболочки шинопровода IP41, со стороны щели для прохода каретки IP00.

Линии штепсельные комплектные ЛШК-25УХЛ4 предназначены для трехфазных четырехпроводных электрических сетей напряжением 380/220 В с заземленной нейтралью (табл. 160). Линии обеспечивают присоединение электроприемников через каждый метр.

Техническая характеристика линии штепсельной комплектной ЛШК-25УХЛ4

Номинальное напряжение, В	380/220
Номинальный ток, А	25
Номинальный ток ответвления, А	10
Сопротивление на фазу, Ом:	
активное	0,003
индуктивное	0,0001
Расстояние между местами крепления, м	2
Шаг присоединения, м	1

Таблица 160. Элементы штепсельных линий ЛШК

Наименование	Количество	Размеры, мм	Масса, кг
Короб с соединительными и крепежными деталями, шт./км	336	3175 × 82 × 55	7,95
Пакет проводов с присоединенными изоляторами, шт./км	28	36 200 (длина); 300 (диаметр);	13,06
Элемент гибкий, шт./км	28	1180 × 15 × 15	1,11
Штепсель двухполюсный, шт./км	672	672 × 105 × 48	—
Хомут, шт./км	1820	104 × 73 × 46	0,21
Крышка торцовая, шт./км	56	88 × 69 × 56	0,22
Крышка металлическая, т/км	980	935 × 55 × 5	0,47
Ключ, шт./км	56	70 × 45 × 15	0,06

Линии комплектуются элементами для монтажа и присоединения токоприемников. Длина штепсельной линии определяется заказчиком, при этом пакет проводов, намотанный в бухту или на барабан, должен быть не менее 36 м. Степень защиты IP22.

Климатическое исполнение УХЛ категории 4.

ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЖИЛЫХ ДОМАХ, АДМИНИСТРАТИВНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

ПАНЕЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЩИТОВ

Распределительные панели щитов серии ЩО70-1У3, ЩО70-2У3 предназначены для комплектования щитов распределения электрической энергии трехфазного переменного тока при напряжении 380 В и частоте 50 Гц.

Щиты комплектуются из панелей, устанавливаются в помещениях.

Панели изготовляются с электродинамической стойкостью ошиновок (амплитудное значение) равной 30 (ЩО70-1У3) и 50 кА (ЩО70-2У3). Панелями с электродинамической стойкостью ошиновок 30 кА комплектуются щиты подстанций мощностью до 630 кВ · А, а панелями с электродинамической стойкостью 50 кА — свыше 630 кВ · А.

Панели предусматривают как кабельные, так и шинные вводы.

Типы панелей, устанавливаемая аппаратура приведены в табл. 161. Высота всех видов панелей 2200, глубина 600 мм, ширина по фасаду 60, 300, 800 или 1000 мм. Степень защиты IP21 со стороны фасада, IP00 — сверху и сзади (ГОСТ 14254—80).

Таблица 161. Технические характеристики панелей распределительных щитов

Тип панели	Установлена аппаратура								Размер по фасаду, мм
	Амперметры	Рубильники	Предохранители	Разъединители	Выключатель автоматический	Трансформаторы тока	Счетчик	Вольтметр на В	
Линейные									
ЩО70-1(2)-01У3	100/5; 300/5	100; 250	100; 250	—	—	100/5; 300/5	—	—	800
ЩО70-1(2)-02У3	200/5	250/5	250	—	—	250/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-03У3	200/5; 400/5	250; 200	250; 400	—	—	200/5; 400/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-04У3	750/5	600	—	—	—	600/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-05У3	100/5	—	600	400	100	100/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-06У3	100/5	—	—	400	100	100/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-07У3	200/5	—	—	400	200	200/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-08У3	300/5	—	—	400	250	200/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-09(10)У3	750/5	—	—	600	600	600/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-11(12)У3	400/5	—	—	400	100	400/5	1	—	—
ЩО70-1(2)-13(14)У3	100/5	—	—	—	100	100/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-15(16)У3	200/5	—	—	—	200; 250	200/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-18(19)У3	600/5	—	—	—	600	600/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-20(21)У3	400/5	—	—	—	100	400/5	1	—	—
ЩО70-1(2)-23У3	1000/5	—	—	1000	1000	1000/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-24У3	400/5	—	—	400	400	400/5	—	—	—
ЩО70-1(2)-25У3	1000/5	—	—	1000	1000	1000/5	—	—	—
Вводные									
ЩО70-1(2)-30У3	750/5	600	600	—	—	600/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-31У3	1000/5	1000	—	—	—	1000/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-32У3	750/5	600	600	—	—	600/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-33У3	1000/5	1000	—	—	—	1000/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-34(35)У3	1000/5	—	—	1000	1000	1000/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-36(37)У3	1500/5	—	—	2000; 1600	1500	1500/5	—	500	1000
ЩО70-1(2)-38(39)У3	1500/5	—	—	2000; 1600	1500	1500/5	—	500	—
ЩО70-2-40(41)У3	2000/5	—	—	2000	2000	2000/5	—	500	—
ЩО70-2-42(43)У3	1000/5	—	—	1000	1000	1000/5	—	500	—
ЩО70-2-44(45, 46, 47)У3	1500/5	—	—	2000; 1600; 2000; 1600	1500	1500/5	—	500	—
ЩО70-2-48(49)У3	2000/5	—	—	2000	2000	2000/5	—	500	—
ЩО70-1-50(51)У3	400/5	—	—	400	400	400/5	—	500	800
ЩО70-1-52(53)У3	1000/5	—	—	1000	1000	100/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-54(55, 56, 57)У3	1500/5	—	—	2000; 1600; 2000; 1600	1600	1500/5	—	500	1000
ЩО70-2-58(59)У3	2000/5	—	—	2000	2500	2000/5	—	500	—
ЩО70-1-60(61, 62, 63)У3	400/5 1000/5	—	—	400; 1000	400; 1000	400/5; 1000/5	—	500	—
ЩО70-1(2)-64(65, 66, 67)У3	1500/5	—	—	2000; 1600; 2000; 1600	1600; 1500; 1600	1500/5	—	500	—

Продолжение табл. 161

Тип панели	Установлена аппаратура: Амперметры	Рубильники	Предохранители	Разъединители	Выключатель автоматический	Трансформаторы тока	Счетчик	Вольтмер на В	Размер по фасаду, мм
Секционные									
ЩО70-1-70(71)УЗ	—	600; 1000	—	—	—	—	—	—	300
ЩО70-1-72УЗ	—	—	—	1000	1000	—	—	—	800
ЩО70-1(2)-73(74)УЗ	—	—	—	2000; 1600	1500	—	—	—	1000
ЩО70-1-75(76)УЗ	—	—	—	400; *1000*	400; *1000*	—	—	—	—
ЩО70-1(2)-77(78)УЗ	—	—	—	2000; 1600	1600	—	—	—	—
Вводно-секционные									
ЩО70-1-70(80)УЗ	600/5	600	600	—	—	600/5	—	500	—
Вводно-линейные									
ЩО70-1-85(86)УЗ	600/5; 200/5	600; 250	600; 250	—	—	600/5; 250/5	—	500	—
С аппаратурой АВР									
ЩО70-1-90УЗ	—	—	—	—	—	—	—	—	300
С приводами к разъединителям									
ЩУ70-1-91(92)УЗ	—	—	—	—	—	—	—	—	300
Диспетчерского управления уличным освещением									
ЩО70-1-93(94)УЗ	—	—	—	—	—	—	—	—	800
Торцовая									
ЩО70-1-95(96)УЗ	—	—	—	—	—	—	—	—	600

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ ШКАФЫ

Распределительные силовые шкафы ШРСУ3 (табл. 162) предназначены для приема и распределения электрической энергии в промышленных установках при трехфазном переменном токе частотой 50 Гц, напряжением до *380* В с защитой отводящих линий предохранителями ПН2 и НПН2.

Таблица 162. **Технические характеристики шкафов ШРС**

Тип	Номинальный ток, А, для шкафа со степенью защиты IP22	Количество отходящих линий и номинальные токи предохранителей, А	Размеры, мм: высота	ширина	Масса, кг
ШРС1-20УЗ	250	5 × 60	500	380	56
ШРС1-50УЗ		5 × 60			58
ШРС1-21УЗ		5 × 100			83
ШРС1-51УЗ		5 × 100			64
ШРС1-22УЗ		2 × 60 + 3 × 100			60
ШРС1-52УЗ		2 × 60 + 3 × 100			62

Продолжение табл. 162

Тип	Номинальный ток, А, для шкафа со степенью защиты IP22	Количество отходящих линий и номинальные токи предохранителей, А	Размеры, мм: высота	ширина	Масса, кг
ШРС1-23УЗ	400	8 × 60	700	580	72
ШРС1-53УЗ		8 × 60			73
ШРС1-24УЗ		8 × 100			82
ШРС1-54УЗ		8 × 100			84
ШРС1-25УЗ		4 × 60 + 4 × 100			82
ШРС1-55УЗ		4 × 60 + 4 × 100			77
ШРС1-26УЗ		5 × 250			75
ШРС1-56УЗ		5 × 250			84
ШРС1-27УЗ		5 × 100 + 2 × 250			77
ШРС1-57УЗ		5 × 100 + 2 × 250			78
ШРС1-28УЗ		2 × 60 + 4 × 100 + 2 × 250			82
ШРС1-58УЗ		2 × 60 + 4 × 100 + 2 × 250			83

Шкафы распределительные силовые СПА77УЗ (табл. 163) предназначены для распределения электрической энергии трехфазного тока частотой 50 Гц, применяются в электроустановках промышленных предприятий. Шкафы имеют рубильник на вводе и автоматические выключатели для защиты отходящих линий. Изготавливают шкафы в общепромышленном исполнении У категории 3 как для индивидуальной, так и для групповой установки в щиты.

Таблица 163. **Технические характеристики шкафов распределительных силовых типа СПА**

Тип шкафа	Тип рубильника	Ток номинальный, А	Количество автоматов: АЕ2040 63А	АЕ2050 100А	А3710 160А	А3720 250А	Размеры, мм: высота	ширина	Масса, кг
СПА77-1УЗ; СПА77-1ЛУЗ; СПА77-1ПУЗ; СПА77-1СУЗ	РС-2	250	5	—	—	—	1600	1244	75
СПА77-2УЗ; СПА77-2ЛУЗ; СПА77-2ПУЗ; СПА-2СУЗ; СПА77-3УЗ			2	3	—	—	1600	1244	85
СПА77-3ЛУЗ; СПА77-3ПУЗ; СПА77-3СУЗ			—	6	—	—	1600	1244	85
СПА77-4УЗ; СПА77-4ЛУЗ; СПА77-4ПУЗ; СПА77-4СУЗ	РС-4	400	—	—	—	4	1600	1244	105

Продолжение табл. 163

Тип шкафа	Тип рубильника	Ток номинальный, А	Количество автоматов				Размеры, мм		Масса, кг
			АЕ2040 63А	АЕ2050 100А	А3710 160А	А3720 250А	высота	ширина	
СПА77-5У3; СПА77-5ЛУ3; СПА77-5ПУ3; СПА77-5СУ3			8	—	—	—	1600	1244	85
СПА77-6У3; СПА77-6ЛУ3; СПА77-6ПУ3; СПА77-6СУ3			4	4	—	—	1600	1244	90
СПА77-7У3; СПА77-7ЛУ3; СПА77-7ПУ3; СПА77-7СУ3			—	8	—	—	1600	1244	95
СПА77-8У3; СПА77-8ЛУ3; СПА77-8ПУ3; СПА77-8СУ3			—	—	8	4	1800	1444	125
СПА77-9У3; СПА77-9ЛУ3; СПА77-9ПУ3; СПА77-9СУ3			—	—	5	2	1800	1844	120

Шкафы устанавливаются на приямках или подставках.

Степень защиты оболочки шкафа — IP21, номинальное напряжение 380/220 В; *номинальный ток* 250; 400 А.

Шкафы распределительные силовые СПМ75У3 (табл. 164) предназначены для распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, применяются в электроустановках промышленных предприятий.

Таблица 164. Технические характеристики шкафов распределительных СПМ

Тип шкафа	Тип рубильника на вводе	Номинальный ток, А	Количество групп предохранителей			*Размеры, мм*		Масса, кг, не более
			НПН2-60	ПН2-100	ПН2-250	высота	ширина	
СПМ75-1У3; СПМ75-1ЛУ3; СПМ75-1ПУ3; СПМ75-1СУ3	РС-2	250	5	—	—	500	440	70
СПМ-2У3; СПМ75-2ЛУ3; СПМ75-2ПУ3; СПМ75-2СУ3			—	5	—			
СПМ75-3У3; СПМ75-3ЛУ3; СПМ75-3ПУ3; СПМ75-3СУ3			2	3	—			

Продолжение табл. 164

Тип шкафа	Тип рубильника на вводе	Номинальный ток, А	Количество групп предохранителей			Размеры, мм		Масса, кг, не более
			НПН2-60	ПН2-100	ПН2-250	высота	ширина	
СПМ75-4У3; СПМ75-4ЛУ3; СПМ75-4ПУ3	РС-4	400	8	—	—	700	640	90
СПМ75-4СУ3; СПМ75-5У3; СПМ75-5ЛУ3; СПМ75-5ПУ3			—	8	8			
СПМ75-6У3; СПМ75-6ЛУ3; СПМ75-6ПУ3; СПМ75-6СУ3			4	4	—	700	610	90
СПМ75-7У3; СПМ75-7ЛУ3; СПМ75-7ПУ3; СПМ75-7СУ3			—	—	5			
СПМ75-8У3; СПМ75-8ЛУ3; СПМ75-8ПУ3; СПМ75-8СУ3; СПМ75-9У3			—	5	2			
СПМ75-9ЛУ3; СПМ75-9ПУ3; СПМ75-9СУ3			2	4	2			

Шкафы имеют рубильник на вводе и предохранители для защиты отходящих линий.

Изготавливают шкафы в общепромышленном исполнении У категории 3 как для индивидуальной, так и для групповой установки.

Шкафы размещаются на подставках.

Степень защиты оболочки шкафа IP21, со стороны дна — IP00; номинальное напряжение 380/220 В; номинальный ток 250; 400 А.

Шкаф для подключения электросварочных аппаратов и инструмента ШПМ-1У3 предназначен для подключения одновременно двух сварочных трансформаторов ТС-500, ТД-500 и аналогичных им, а также одного сварочного выпрямителя на первичный ток до 100 А, трех переносных ручных электроинструментов мощностью до 1 кВт каждый, трех переносных ручных электроинструментов мощностью до 3 кВт каждый и шести ламп местного освещения напряжением 12 В при производстве работ на монтажной площадке.

Шкаф изготавливается в промышленном исполнении У категории 3, трехстороннего обслуживания для индивидуальной установки.

Степень защиты оболочки шкафа — IP31, со стороны дна — IP20; номинальное напряжение 380/220 В; номинальный ток 250 А; частота тока 50 Гц; масса не более 160 кг.

ВВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЩИТКИ ДЛЯ ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Вводно-распределительные устройства ВРУ1 (табл. 165) предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии в сетях 380/220 В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц с глухозаземленной нейтралью, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях.

Устройства комплектуются из панелей одностороннего обслуживания и могут быть однопанельными и многопанельными. Аппараты учета (счетчики, трансформаторы тока) размещаются в отдельном отсеке панели и закрываются индивидуальной

дверью. Аппаратура автоматического и неавтоматического управления освещением размещается также в отдельном отсеке. Аппаратура, размещенная в одной панели, но питающаяся от разных вводов, разделена перегородками.

Ошиновка ВРУ выдерживает без повреждений ударный ток короткого замыкания 10 кА.

Таблица 165. **Технические характеристики устройств ВРУ**

Тип	Количество и номинальный ток вводного аппарата, А	Тип аппаратов, количество и номинальный ток отходящих линий, А		Наличие (+) или отсутствие (—) блока управления освещением		Масса, кг
		однофазных (устанавливаются в блоке управления освещением)	трехфазных	автоматического	ручного	
Вводные						
ВРУ1-11-10УХЛ4	2 × 250	—	—	—	—	122
ВРУ1-12-10УХЛ4	2 × 250	—	—	—	—	118
ВРУ1-13-20УХЛ4	2 × 400	—	—	—	—	140
ВРУ1-14-20УХЛ4	2 × 400	—	—	—	—	133
Распределительные						
ВРУ1-41-00УХЛ4	—	—		—	—	91
ВРУ1-12-01УХЛ4	—	АЕ1000	ПН2	+	—	113
ВРУ1-42-02УХЛ4	—	30 × 16	2 × 100 + 7 × 100	—	+	111
ВРУ1-43-00УХЛ4	—	—		—	—	101
ВРУ1-44-00УХЛ4	—	—	ПН2 2 × 250 + 7 × 100	—	—	92
ВРУ1-45-01УХЛ4	—	АЕ1000	ПН2	+	—	114
ВРУ1-45-02УХЛ4	—	30 × 16	2 × 250 + 7 × 100	—	+	112
ВРУ1-46-00УХЛ4	—	—		—	—	103
ВРУ1-47-00УХЛ4	—	—	ПН2	—	—	90
ВРУ1-48-03УХЛ4	—	АЕ1000	5 × 100 + 5 × 100	+	—	102
ВРУ1-48-04УХЛ4	—	14 × 16		—	+	100
ВРУ1-49-03УХЛ4	—			+	—	100
ВРУ1-49-04УХЛ4	—					
ВРУ1-49-00УХЛ4	—	—	НПИ2 5 × 60 + 5 × 60	—	+	95
				—	—	88
Вводно-распределительные						
ВРУ1-21-10УХЛ4	1 × 250	—	НПИ2 2 × 60 + + ПН2 4 × 100	—	—	121
ВРУ1-22-45УХЛ4		Н27 **	ПН2	+	—	135
ВРУ1-23-45УХЛ4	2 × 250	8 × 16	5 × 100			142
ВРУ1-24-45УХЛ4 *						140

Тип	Количество и номинальный ток вводного аппарата, А	Тип аппаратов, количество и номинальный ток отходящих линий, А		Наличие (+) или отсутствие (—) блока управления освещением		Масса, кг
		однофазных (устанавливаются в блоке управления освещением)	трехфазных	автоматического	ручного	
ВРУ1-25-45УХЛ4						125
ВРУ1-26-45УХЛ4		Е 27 **	НПН2	+	—	130
ВРУ1-27-45УХЛ4	1 × 250	8 × 16	4 × 60 + ПН2			132
ВРУ1-28-45УХЛ4						133
ВРУ1-29-45УХЛ4			1 × 100			137
ВРУ1-22-46УХЛ4 *			ПН2			134
ВРУ1-23-46УХЛ4			5 × 100	—	+	141
ВРУ1-24-46УХЛ4	2 × 250			—	+	139
ВРУ1-25-46УХЛ4						124
ВРУ1-26-46УХЛ4		Е27 **	НПН2 4 × 60 +			129
ВРУ1-27-46УХЛ4	1 × 250	8 × 16	+ ПН2 1 × 100	—	+	131
ВРУ1-28-46УХЛ4						132
ВРУ1-29-46УХЛ4						136
ВРУ1-22-43УХЛ4		АЕ1000 ***	ПН2	+	—	135
ВРУ1-23-43УХЛ4	2 × 250	14 × 16	5 × 100			142
ВРУ1-24-43УХЛ4						140
ВРУ1-25-43УХЛ4						125
ВРУ1-26-43УХЛ4			НПН2	+	—	130
ВРУ1-27-43УХЛ4	1 × 250		4 × 60 + ПН2			132
ВРУ1-28-43УХЛ4			1 × 100			133
ВРУ1-29-43УХЛ4		АЕ1000 ***				137
ВРУ1-22-44УХЛ4		14 × 16	ПН2			134
ВРУ1-23-44УХЛ4	2 × 250		5 × 100	—	+	141
ВРУ1-24-44УХЛ4 *						139
ВРУ1-25-44УХЛ4						124
ВРУ1-26-44УХЛ4	1 × 250		НПН2	—	+	124
ВРУ1-27-44УХЛ4			4 × 60 + ПН2			131
ВРУ1-28-44УХЛ4			1 × 100			132
ВРУ1-29-44УХЛ4						136

* Прямоточные счетчики до 50 А.

** Трансформаторы тока в пределах диапазона, оговоренного для конкретной панели выбираются следующего ряда: 30/5; 50/5; 100/5; 200/5; 300/5; 400/5.

*** Поставляются только при согласовании с изготовителем.

Ввод проводов и кабелей предусмотрен снизу, вывод — вниз или через верхнюю съемную крышку. Максимальное количество и сечение жил кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму на 400 А — 4 × 150 мм², на 250 А — 4 × 95 мм² и на 200 А — 2 × 95 мм².

Заземление корпусов панелей ВРУ обеспечивается присоединением нулевых жил или питающих кабелей или проводов к нулевой шине (электрически соединенной с корпусами всех панелей), которая расположена в нижней части ВРУ.

Несущая металлоконструкция единая для всех панелей и имеет габаритные размеры 1700 × 800 × 450 мм.

Устройства поставляются комплектно с аппаратурой и со всеми внутренними межпанельными электросоединениями. Средняя масса панели 135 кг. Степень защиты IP30 (со стороны дна IP00).

Силовые распределительные пункты серии СУ-9500 (табл. 166) служат для распределения электрической энергии, а также для защиты от перегрузок и токов короткого замыкания в сетях трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В.

Таблица 166. **Силовые распределительные пункты**

Тип	Тип и количество автоматов		Тип	Тип и количество автоматов	
	А-3110	А-3130		А-3110	А-3130
СУ-9531-11	6	—	СУ-9542-11	8	—
СУ-9531-12	2	1	СУ-9542-13	6	—
СУ-9531-14	4	—	СУ-9542-14	2	1
СУ-9531-15	—	1	СУ-9542-15	4	1
СУ-9541-11	1	1	СУ-9542-16	—	2
СУ-9541-12	—	1	СУ-9533-11	12	—
СУ-9532-11	8	—	СУ-9533-12	—	3
СУ-9532-12	10	—	СУ-9533-13	8	1
СУ-9532-13	2	2	СУ-9533-14	4	2
СУ-9532-16	4	1	СУ-9543-11	10	—
СУ-9532-17	6	1	СУ-9543-12	6	1
СУ-9532-18	—	2	СУ-9543-13	2	2

Примечание. Высота пунктов, мм: СУ-9531 и СУ-9541 — 850; СУ-9542, СУ-9542 — 1060; СУ-9533, СУ-9543 — 1165; ширина и глубина щитков соответственно 850 и 200 мм.

Применяют распределительные пункты в качестве магистральных щитков в административных и общественных зданиях; устанавливают в нише.

Пункты распределительные серии ПР11 и ПР24 предназначены для распределения электрической энергии, защиты электрических установок напряжением до 220 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частоты 50 Гц при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых включений и отключений электрических цепей и пусковых асинхронных двигателей. Применяются во всех областях народного хозяйства.

Две первые цифры после букв ПР обозначают номер разработки (пункты с выключателями АЕ20), третья — конструктивное исполнение (вид установки: 1— утопленная, 3 — навесная, 7 — напольная); три последующие — номер схемы (от 001 до 124); две последующие — степень защиты (21 — IP21, 54 — IP54). В конце — климатическое исполнение и категория по ГОСТ 15150—69* (У3, У1, Т3, Т1, ХЛ2, ХЛ3, ХЛ4).

Таблица 167. **Щитки осветительные серии СУ**

Тип	Количество автоматов		Тип	Количество автоматов	
	однополюсных А-3161	трехполюсных А-3163		однополюсных А-3161	трехполюсных А-3163
СУ-9441-11	8	—	СУ-9444-17	11	3
СУ-9441-12	2	2	СУ-9444-18	6	4
СУ-9441-13	—	2	СУ-9444-19	8	4
СУ-9441-14	5	1	СУ-9444-20	33	5
СУ-9441-15	6	—	СУ-9444-21	5	5

Продолжение табл. 167

Тип	Количество автоматов		Тип	Количество автоматов	
	однополюсных А-3161	трехполюсных А-3161		однополюсных А-3161	трехполюсных А-3163
СУ-9441-16	3	1	СУ-9444-22	12	8
СУ-9442-11	12	—	СУ-9444-23	2	6
СУ-9442-12	—	4	СУ-9444-24	18	—
СУ-9442-13	7	1	СУ-9445-11	30	—
СУ-9442-14	3	3	СУ-9445-12	24	2
СУ-9442-15	10	—	СУ-9445-13	23	1
СУ-9442-16	9	1	СУ-9445-14	25	1
СУ-9442-17	6	2	СУ-9445-15	27	1
СУ-9442-18	4	2	СУ-9445-16	16	2
СУ-9443-11	16	—	СУ-9445-17	18	2
СУ-9443-12	13	—	СУ-9445-18	20	2
СУ-9443-13	11	1	СУ-9445-19	22	2
СУ-9443-14	8	2	СУ-9445-20	21	1
СУ-9443-15	10	2	СУ-9445-21	13	3
СУ-9443-16	5	3	СУ-9445-22	15	3
СУ-9443-17	7	3	СУ-9445-23	17	3
СУ-9443-18	2	4	СУ-9445-24	19	3
СУ-9443-19	4	4	СУ-9445-25	21	3
СУ-9443-20	14	—	СУ-9445-26	10	4
СУ-9444-11	20	—	СУ-9445-27	12	4
СУ-9444-12	17	1	СУ-9445-28	14	4
СУ-9444-13	14	2	СУ-9445-29	16	4
СУ-9444-14	—	6	СУ-9445-30	18	4
СУ-9454-15	15	1	СУ-9445-31	7	5
СУ-9444-16	9	3	СУ-9445-32	9	5
СУ-9445-33	11	5	СУ-9445-43	7	7
СУ-9445-34	13	5	СУ-9445-44	9	7
СУ-9445-35	15	5	СУ-9445-45	2	8
СУ-9445-36	4	6	СУ-9445-46	4	8
СУ-9445-37	6	6	СУ-9445-47	6	8
СУ-9445-38	8	6	СУ-9445-48	19	1
СУ-9445-39	10	6	СУ-9445-49	24	1
СУ-9445-40	12	6	СУ-9445-50	3	9
СУ-9445-41	3	7	СУ-9445-51	—	10
СУ-9445-42	5	7	СУ-9445-53	28	—
			СУ-9445-54	26	—
			СУ-9445-55	22	—

На вводе пунктов устанавливаются автоматические выключатели серии АЕ3700 и серии АЕ20, на фидерах — выключатели серии АЕ20.

Осветительные щитки серии СУ-9400 применяются для распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания групповых линий в сетях с глухозаземленной нейтралью при напряжении 380/220 В (табл. 167). Их можно использовать также в качестве групповых щитков в осветительных установках административных и общественных зданий.

ЩИТКИ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ

Щиток с понижающим трансформатором А584УХЛ4 предназначен для питания сетей местного освещения 12 и 36 В (напряжение указывается в заказе). Комплектуется щиток трансформатором ОСО-0,25 и автоматическим выключателем АЕ1000. Отверстия для ввода труб выполняются на монтаже. Устанавливается щиток в нише размерами 330 × 330 × 165 мм.

Степень защиты щитка IP30; масса — 12,55 кг.

Щиток с четырехполюсной розеткой А585УХЛ4 применяется для подключения передвижных трехфазных приемников электроэнергии 25 А, 380 В. Комплектуется щиток розеткой. Отверстия для труб выполняются на монтаже. Устанавливается щиток в нише размерами 180 × 180 × 110 мм.

Степень защиты щитка IP30; масса — 2,2 кг.

Распределительный щиток А588АУХЛ4 с автоматическими выключателями предназначен для подключения аппаратов к сети до 380/220 В с глухозаземленной нейтралью. Комплектуется щиток автоматическим выключателем АЕ2056 на вводе, одним автоматическим выключателем А3163 и девятью автоматическими выключателями А3161 на отходящих линиях, вольтметром с вольтметровым переключателем и сигнальной лампой. Номинальный ток расцепителей одинаковый для всех автоматических выключателей одного щитка: 16, 20 или 25 А (указывается в заказе). Ввод и вывод проводов осуществляются через верхнюю и нижнюю съемные крышки. Максимальное количество и сечение проводов, присоединяемых к одному вводному зажиму, 2 × 50 мм². Устанавливается щиток на стене.

Степень защиты щитка IP30; масса — 24 кг.

Лабораторные щитки применяют для распределения электрической энергии трехфазного тока в сетях до 380 В с глухозаземленной нейтралью.

Степень защиты IP30. Масса щитков Р975УХЛ4 — 12, Р976УХЛ4 — 11 кг.

Осветительные щитки предназначены для приема и распределения электрической энергии и защиты от перегрузок и токов короткого замыкания групповых линий в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Номинальный ток расцепителя одинаковый для всех автоматических выключателей одного щитка и равен 16, 20 или 25 А (указывается в заказе). Ввод и вывод проводов осуществляется через верхнюю и нижнюю съемные крышки. Максимальное количество и сечение жил проводов, присоединяемых к одному вводному зажиму, 2 × 50 мм².

Степень защиты IP20.

Щитки ОП (табл. 168) рассчитаны на напряжение 380 В. Их комплектуют вводными зажимами и автоматическими выключателями АЕ1000 на отходящих линиях. Они предназначены для установки на стене.

Таблица 168. **Щитки осветительные ОП**

Тип	Количество однофазных групп	Размеры, мм: по фронту	Размеры, мм: между болтами крепления	Масса, кг	Тип	Количество однофазных групп	Размеры, мм: по фронту	Размеры, мм: между болтами крепления	Масса, кг
ОП-3УХЛ4	3	374	254	—	ОП-9УХЛ4	9	500	380	—
ОП-6УХЛ4	6	374	253	6	ОП-12УХЛ4	12	500	380	9

Таблица 169. **Щитки осветительные ОЩ**

Тип	Количество однофазных групп	Аппарат на вводе	Аппарат на отводящих линиях	Размеры, мм: по фронту	Размеры, мм: между болтами крепления	Масса, кг
ОЩ-6УХЛ4	6	Зажимы	А63	416	300	13,0
ОЩ-12УХЛ4	12	»	А63	616	500	19,5
ОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ2040-10	А3161	516	400	16,5
ОЩВ-12АУХЛ4	12	АЕ2056-10	А3161	716	600	23,0
УОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ2040-10	А3161	600	400	17,5
УОЩВ-12АУХЛ4	12	АЕ2056-10	А3161	800	600	24,6

Щитки ОЩ, ОЩВ и УОЩВ (табл. 169) применяются при напряжении 380/220 В. Щитки ОЩ и ОЩВ комплектуют автоматическими выключателями АЕ2050, А3161 или А63; устанавливают на стене. Щитки УОЩВ комплектуют автоматическими выключателями АЕ20 и А3161 и устанавливают в нише.

Щитки осветительные групповые ЩА (табл. 170) предназначены для распределения электроэнергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания осветительных сетей с глухозаземленной нейтралью трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В, частотой 50 и 60 Гц, а также для нечастых оперативных включения и отключения электрических цепей.

Таблица 170. **Щитки осветительные групповые ЩА**

Тип	Количество отводящих линий	Номинальный ток щитка, А	Способ установки	Масса, кг
ЩА-1201-УХЛ4 ЩА-1201-04	12	100	На стене	5,8
ЩА-601-УХЛ4 ЩА-601-04	6	63	»	4,9
ЩА-1202-УХЛ4 ЩА-1202-04	12	100	В нише	6,6
ЩА-602-УХЛ4 ЩА-602-04	6	63	»	5,4

Щитки устанавливают стационарно на вертикальных плоскостях строительных конструкций или в ниши стен внутри промышленных и общественных зданий. Ввод и вывод проводов через съемные крышки. Присоединение к питающей сети — с помощью клеммных колодок. Колодки допускают присоединение двух медных или алюминиевых жил внешних проводов и кабелей сечением до 50 мм².

На отходящих групповых линиях применяются автоматические выключатели серии АЕ1000 на номинальные токи до 25 А.

Виды климатических исполнений УХЛ и 0 категории 4. Степень защиты— IP20.

Щитки осветительные этажные ЩЭ (табл. 171) предназначены для распределения и учета электроэнергии напряжением 220 В, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц, а при наличии слаботочного отсека также и для разветвления телевизионной, телефонной и радиотрансляционной сети.

Щитки устанавливают в нише. Климатическое исполнение УХЛ категории 4. Степень защиты щитков IP30.

Распределение и учет электроэнергии проводятся в пределах лестничной клетки жилого дома. Щитки имеют три отходящих группы на квартиру, одна из которых на 25 (40) А служит для питания бытовых электрических машин, приборов и стационарной электрической плиты мощностью 5,5 (8) кВт, а две другие — по 16 А — для осветительной и штепсельной сети квартиры.

В качестве отключающих аппаратов на вводе в квартиры установлены переключатели ПКП или разъединители типа РН1-40-2, аппаратов защиты — автоматические выключатели АЕ-4031, АЕ-2044, А3161. Щитки присоединяются к магистрали при помощи клеммников и сжимов.

Для учета электрической энергии в щитках устанавливают однофазные электрические счетчики СО-И449.

Таблица 171. **Щитки осветительные этажные ЩЭ**

Тип щитка	Количество квартир	Типы и количество защитных аппаратов: АЕ1031-16 А	АЕ1031-25 А	АЕ3161-40 А	АЕ2044-40 А	Вводной аппарат в квартире: пкПКП	РН	Автоматический выключатель АЕ2050 на 100 А	Размер ниш для установки щитка, мм	Масса, кг
С аппаратом защиты вводов в квартиры										
ЩЭ-1409УХЛ4	4	—	—	—	1	—	—	—	600×450×140	4,35
С аппаратом защиты групповых линий										
ЩЭ-2201УХЛ4		2	1	—	—	1	—	1		14,4
ЩЭ-2202УХЛ4		2	1	—	—		—	1		13,2
ЩЭ-2205УХЛ4	2	2	—	1	—		1	—		16,2
ЩЭ-2206УХЛ4		2	—	1	—	1	1	—		14,0
ЩЭ-2301УХЛ4		2	1	—	—	1	—	1		23,1
ЩЭ-2302УХЛ4		2	1	—	—	—	—	1		20,9
ЩЭ-2305УХЛ4	3	2	—	1	—	—	1	1	950×500×140	26,2
ЩЭ-2306УХЛ4		2	—	1	—	1	1	—		24,0
ЩЭ-2401УХЛ4		2	1	—	—	1	—	1		26,0
ЩЭ-2401УХЛ4		2	1	—	—	—	—	1		23,8
ЩЭ-2405УХЛ4	4	2	—	1	—	—	1	1		28,2
ЩЭ-2406УХЛ4		2	—	1	—	1	1	—		26,0
С аппаратами защиты групповых линий отделением для слаботочных устройств										
ЩЭ-3301УХЛ4		2	1	—	—	1	—	1		34,2
ЩЭ-3302УХЛ4		2	1	—	—	1	—	1	950×900×140	32,5
ЩЭ-3305УХЛ4	3	2	—	1	—	—	1	1		34,05
ЩЭ-3306УХЛ4		2	—	1	—	—	1	—		32,25
ЩЭ-3401УХЛ4		2	1	—	—	1		1		34,09
ЩЭ-3402УХЛ4		2	1	—	—	1		—		32,7
ЩЭ-3405УХЛ4	4	2		1	—	—	1	1		38,25
ЩЭ-3406УХЛ4		2		1	—	—	1	—		36,05

Щитки квартирные (табл. 172) предназначены для распределения и учета электроэнергии напряжением до 220 В, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В, частотой 50 кГц. Они имеют три однофазные группы, одна из которых (на 25 А) служит для питания бытовых электрических машин, приборов и стационарной электрической плиты мощностью до 5,5 кВт, а две другие (по 16 А) — для осветительной и штепсельной сети квартиры.

Таблица 172. **Щитки квартирные ЩК**

Тип щитка	Тип защитного аппарата	Наличие (+) автомата на вводе	Способ установки	Масса, кг не более	Размер ниши для установки щитка, мм
ЩК-1204-УХЛ4	Е27	—	На стене	3,3	—
ЩК-2103-УХЛ4	—	+	В нише	6,5	500×280×130
ЩК-2203-УХЛ4	Е27	+	То же	6,5	500×280×130

В качестве защитных аппаратов установлены автоматические выключатели АЕ-1031 или предохранители Е27, отключающих аппаратов на вводе в квартиру — переключатели ПКП.

Щитки комплектуются бытовым электрозвонком и розеткой.

Для учета электрической энергии в щитках устанавливают однофазные электрические счетчики СО-14449. Климатическое исполнение УХЛ категории 4. Степень защиты щитков IP30.

Щиток слаботочный ЩСС-1УЗ предназначен для разветвления телевизионной, телефонной и радиотрансляционной сетей на две, три и четыре квартиры в пределах одного этажа жилого дома.

Климатическое исполнение щитков У категории 3; масса 7,3 кг.

Щитки поставляются без устройств для телефонной, радиотрансляционной и телевизионной сетей, но с деталями для их крепления.

ЯЩИКИ СИЛОВЫЕ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ

Силовые ящики (табл. 173) для защиты и нечастых выключений и отключений под нагрузкой электрических цепей трехфазного тока. Ввод и вывод проводов осуществляется через верхнюю и нижнюю съемные крышки. Комплектуются ящики блоками с предохранителями НП2; номинальное напряжение 380 В; степень защиты IP54.

Таблица 173. **Силовые ящики**

Тип	Номинальный ток, А	Номинальный ток плавких вставок, А	Коэффициент мощности	Номинальное количество и сечение жил, присоединяемых к одному зажиму, мм²	Масса, кг
ЯБПВУ-1МУЗ	100	100	0,95	2×50	6,5
ЯБ1-2УЗ	200	250	0,95	2×95	15,0
ЯБПВУ-1УЗ	315	400	0,96	2×120	26,7

В силовых ящиках для включения, отключения и защиты трехфазных электрических цепей, в том числе трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, ввод и вывод проводов осуществляются через изоляционные втулки, вставленные в отверстия верхней и нижней стенок ящика. Максимальное количество и сечение жил проводов, присоединяемых к одному зажиму, 2 × 6 мм².

Ящик ЯПП-15УЗ рассчитан на номинальный ток 16 А и напряжение 380 В. Его комплектуют пускателем ПНВ-30 и тремя предохранителями Е27 с плавкими вставками 16 А.

Степень защиты ящика IP30; масса — 1,7 кг.

Ящик силовой ВП-20МУЗ предназначен для включения и отключения короткозамкнутых электродвигателей мощностью до 4 кВт при напряжении 380 В и мощностью до 2,2 кВт при напряжении 220 В, а также для защиты от перегрузок и токов короткого замыкания. Номинальный ток ящика — до 20 А. В качестве коммутационного аппарата используют переключатели ПКП-25, ПВ 3 × 25 или пускатели ПНВ-30, ПНБ-32. В качестве аппарата защиты применяется предохранитель типа Е27.

Климатическое исполнение ящика У категории 3; степень защиты IP30; масса не более 2,5 кг.

Ящики силовые ЯРП-100П и ЯК-250 предназначены для нечастых (не более шести в час) коммутаций и защиты от перегрузок и токов короткого замыкания в цепях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В. В качестве аппаратов защиты использованы предохранители типа ПН2. Ввод проводов осуществляется сверху, вывод — снизу.

Ящики оборудованы блокировкой, исключающей открывание ящика при включенном коммутационном аппарате и включение его при открытой крышке.

Климатическое исполнение ящиков У категории 3; степень защиты — IP20; масса ЯРП-100ПУЗ — 12, ЯК-250УЗ — 47 кг.

Ящик ЯТП-0,25 с понижающим трансформатором предназначен для питания сетей местного и ремонтного освещения напряжением 12 и 24 В, а также для подключения переносных светильников и электроинструмента.

Ящик комплектуется предохранителями Е27, трансформатором ОСО-0,25 и штепсельной розеткой на 6 А. Для ввода и вывода проводов в верхней и нижней части ящика предусмотрены по три надруба. Напряжение понижающего трансформатора в ЯТП-0,25-11У3 — 220/12, ЯТП-0,25-13У3 — 220/24.

Климатическое исполнение ящиков У категории 3; степень защиты — IP30; масса 10,4 кг.

Ящики вводно-учетные ЯВУ-04 (табл. 174) предназначены для приема и учета активной электрической энергии напряжением 380/220 В в сетях с глухозаземленной нейтралью трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, а также для защиты линий при перегрузках и токах короткого замыкания.

Таблица 174. **Ящики вводно-учетные**

Тип ящика	Номинальный ток вводного аппарата, А	Номинальный ток ящика, А	Масса, кг не более	Тип ящика	Номинальный ток вводного аппарата, А	Номинальный ток ящика, А	Масса, кг не более
ЯВУ-203-04	250	30	75	ЯВУ-220-04	250	200	75
ЯВУ-205-04	250	50	75	ЯВУ-440-04	400	400	80
ЯВУ-210-04	250	100	75				

Ящики устанавливаются в коммунально-бытовых и других объектах третьей категории электроснабжения, в том числе во встроенных в жилые здания и обособленных в административно-хозяйственном отношении.

Ящики вводно-учетные комплектуются рубильником на вводе, предохранителями на отходящей линии, счетчиком активной энергии и набором зажимов для отсоединения счетчика. Климатическое исполнение ящика 0 категории 4; номинальный ток вводного аппарата 250, 400 А.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Условные графические обозначения электрического оборудования и проводов на планах *

Наименование	Обозначение
Линии проводов и токопроводов	
Линия проводки. Общее обозначение	
Допускается указывать над обозначением линии данные проводки (род тока, частота, напряжение, материал и т. д.) и способ прокладки проводки, например:	
цепь постоянного тока напряжения 110 В	–110В
цепь трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением 6000 В	3-50Гц 6000В
цепь переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6000 В, выполненная кабелем ААБ3×120 по стене	~50Гц 6000 ААБ 3×120 по стене
Линия заземления, зануления	
Конструкции металлические, используемые в качестве магистралей заземления, зануления	

* В таблице размеры обозначений уменьшены по сравнению с рекомендуемыми стандартами.

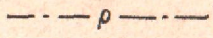
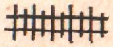
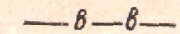
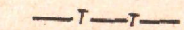
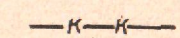
Продолжение

Наименование	Обозначение
Заземлители	
Линия цепей управления	
Линия радиовещания	
Линия телевидения	
Линия сети аварийного и охранного освещения	
Линия напряжением 36 В и ниже	
Проводка гибкая	
При нанесении проводки большой длины допускается изображать только ее начало и конец	
Проводка в трубах:	
труба прокладывается скрыто (в бетоне, полу, грунте и т. д.) с указанием отметки заложения	–0,8
группа труб, прокладываемых скрыто	–0,8
труба, прокладываемая открыто	
группа труб, прокладываемых открыто	
труба, прокладываемая под перекрытием, площадкой (указана в плане отметкой)	
группа труб, прокладываемых под перекрытием, площадкой	
Линия, выполняемая неизолированными шинами, лентами или проводами	
Шинопровод закрытый на стойках	
Шинопровод закрытый на подвесах	
Шинопровод закрытый на кронштейнах	
Шинопровод закрытый, прокладываемый под полом	
Линия троллейная	
Канал кабельный	
Траншея кабельная	
Блок кабельный	
Колодец кабельный	
Люк тоннеля	
Тоннель кабельный	

Продолжение

Наименование	Обозначение
Проводка вертикальная:	
проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки	
проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки	
проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана	
Коробки, шкафы и щиты	
Коробка ответвительная	
Коробка, ящик без клемм	
Коробка клеммная	
Щит, пульт, ящик с аппаратурой (коммутационные, управления и т. п.)	
общее обозначение	
из нескольких панелей	
Щит, пункт распределительный	
Щиток группового рабочего освещения	
Щиток группового аварийного освещения	
Электрические устройства, преобразователи и источники тока	
Устройство электрическое	
Общее обозначение	
Вид и тип устройства определяются по соответствующему номеру позиции, приведенному в спецификации и проставляемому внутри обозначения (например, поз. 13), или по ссылке на пояснения в плане	
Устройство с электродвигателем	
Устройство с многодвигательным электроприводом	
Устройство с трансформатором:	
общее обозначение	
с несколькими, например с двумя, трансформаторами	
Устройство с генератором	
Двигатель-генератор	
Батарея конденсаторная	

Продолжение

Наименование	Обозначение
Выпрямитель	
Батарея (аккумуляторная или гальваническая)	
Существующие сети по сборнику условных знаков, Главного управления геодезии и картографии (1969 г.)	
Трансформаторная подстанция	
Кабель напряжением до 10 кВ	
Воздушная электросеть на опоре	
Радиотрансляционная сеть	
Контактная сеть	
Телефонная канализация с колодцем	
Трамвайный путь	
Газопровод	
Водопровод	
Теплопровод	
Канализация	
Условные сокращения и надписи	
Приемник электрической энергии:	
а — номер по плану	$\frac{а}{б}$
б — номинальная мощность	
Прокладка в металлических трубах	Т
Прокладка в пластмассовых трубах	П
Прокладка в металлических рукавах	Мр
Прокладка на изоляторах	И
Прокладка на клицах	К
Прокладка на тросе	Тс
Мачта прожекторная (М), вышка (В) на крыше здания:	
№ — номер по плану	М№ $\frac{а}{б}$
а — общая установленная мощность	
б — высота установки прожектора	В№ $\frac{в}{б-в}$
в — высота вышки	

УКАЗАТЕЛЬ ТАБЛИЦ

Ссылки указателя отсылают к номерам таблиц и страницам, где они располагаются

1. Вспомогательные данные к структурной схеме строения расчетных таблиц с. 6

2. Категории комплексов отдельных электроприемников с. 8
3. Выбор напряжения распределительных сетей с. 14
4. Минимально допустимые сечения проводов воздушных линий по условию механической прочности с. 14
5, 6. Наименьшие сечения проводов ответвлений от ВЛ к вводам, токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках с. 15
7. Потери напряжения в трансформаторах при номинальной нагрузке с. 17
8, 9. Располагаемые потери напряжения с. 17, 18
10. Характеристика предохранителей высокого напряжения с. 24, 25
11. Выключатели напряжения выше 1000 В и выключатели нагрузки с. 26
12. Выбор электроустройств для схем электроснабжения с. 30, 31
13. Выбор трансформаторов тока с. 38, 39
14. Технические данные трансформаторов тока с. 40, 41
15. Расчетные электрические нагрузки жилых зданий с. 42
16. Коэффициент спроса для жилых зданий с. 44
17. Наименьшая освещенность в зависимости от применяемых ламп с. 45
18. Коэффициент участия помещений в максимуме нагрузки домов с. 48
19. Показатели коэффициента использования силовой нагрузки для некоторых производств с. 50
20. Коэффициент максимума с. 52
22—27. Допустимые токовые нагрузки с. 54—57
28. Предохранители до 500 В переменного и постоянного тока с. 58, 59
29. Избирательность плавких предохранителей ПН-2 с. 59
30. Выбор предохранителей с. 60
31—38. Автоматические выключатели с. 60—67
39. Выбор пускателя в зависимости от мощности двигателя с. 68, 69
40. Выбор тепловых элементов по степени регулирования с. 70
41. Проверка номинальных сечений цепей управления пускателей с. 70
42. Минимальные кратности допустимых токовых нагрузок с. 71
43. Сила тока в зависимости от расчетной мощности нагрузки сети с. 72, 73
44—46. Предельные номинальные токи с. 73—75
47, 48. Выбор проводов, кабелей, пусковой и защитной аппаратуры на ответвлениях к асинхронным и взрывозащищенным электродвигателям с. 75, 76
49, 52. Значения и единицы измерения величин для определения коэффициентов α с. 77, 79
50, 51. Активные и индуктивные сопротивления с. 78, 79
53—55. Расчетное сечение трехфазных воздушных линий и кабелей с. 80, 81, 85—90
56. Расчетное сечение трехфазных сетей кабельных линий с. 91—93
57. Значение коэффициента C с. 95
58—62. Моменты для проводов с. 96—98
63—65. Расчетное сечение трехфазных осветительных сетей с. 99—101
66—68. Расчетное сечение двухфазного ответвления с. 102, 103
69, 70. Расчетное сечение однофазного ответвления с. 103, 104

71—73. Коэффициент потери напряжения с. 105—107
75—78. Расчетное сечение кабелей с. 108—119
79. Сопротивления шинопроводов с алюминиевыми жилами с. 120
80—89. Потеря напряжения с. 120—133
90. Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников с. 135
91. Среднее значение коэффициентов сезонности с. 135
92. Коэффициенты использования стержневых и протяженных заземлителей с. 136
93—96. Выбор заземляющих устройств с. 136—140
97. Допустимые температуры нагревания проводников и шин при коротком замыкании с. 141
98. Значение допустимого ударного тока короткого замыкания для токопроводов с алюминиевыми шинами с. 142
99. Допустимые величины тока короткого замыкания кабелей с бумажной изоляцией с. 142—143
100, 101. Расчетное сопротивление трансформаторов с. 144
102—107. Полные сопротивления цепи ОКЗ с. 145—148
108. Значения допустимой минимальной кратности тока короткого замыкания по отношению к току защитного аппарата с. 148
109. Рекомендации по применению незолированных проводов с. 151—152
110—113. Расчетные данные проводов с. 152—154
114. Основные технические данные проводов с. 155—157
115—116. Выбор электропроводок с. 157—159
117. Марки проводов с. 160—164
118. Применение неметаллических труб в электропроводках с. 166—167
119, 120. Трубы стальные с. 167
121. Короба с. 168
122, 123. Трубы из полиэтилена с. 168—169
124. Пропиленовые трубы с. 169
125. Винипластовые трубы с. 169
126. Негерметические рукава с. 170
127. Рукава гибкие с. 170
128. Выбор коэффициента заполнения труб с. 170
129. Выбор условного прохода трубы с. 171
130. Изделия для модульных электросетей с. 171
131. Силовые кабели и рекомендации по их применению с. 172—177
132, 133. Марки кабелей с. 178—180
134. Контрольные кабели с. 180—184
135. Сечения дополнительной заземляющей жилы двух- и трехжильных кабелей с. 184
136. Наименьшие расстояния от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений с. 184, 185
137. Наименьшие расстояния для кабельных сооружений с. 186
138—143. Техническая характеристика стоек, полок, подвесок, лотков с. 187, 188
144. Элементы магистрального шинопровода с 188
145. Конструкция для крепления шинопровода с. 188

146—148. Технические данные, элементы и конструкции для крепления распределительного шинопровода ШРА-У с. 189—190
149—152. Технические данные, элементы, конструкции для крепления шинопроводов ШРА73 с. 190—192
153—154. Элементы шинопровода ШРА73 В с. 193—194
155. Элементы, входящие в шинопроводы ШОС и ШРМ с. 195
156. Технические данные троллейных шинопроводов с. 195
157—159. Элементы и конструкции для крепления троллейных шинопроводов типа ШТМ с. 196—199
160. Элементы штепсельных линий ЛШК с. 200
161—164. Технические характеристики распределительных панелей и шкафов с. 201—205
165. Технические характеристики устройств ВРУ с. 206, 207
166. Силовые распределительные пункты с. 208
167—171. Щитки осветительные с. 208—212
172. Щитки квартирные с. 212
173. Силовые ящики с. 213
174. Ящики вводно-учетные с. 214

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анастасиев П. И., Коляда А. В., Проэктор Е. Г. Защита линий электропередачи от коррозии и загрязненности атмосферы.— М. : Энергоатомиздат, 1983.— 168 с.
Бурковский А. М. Подземные кабельные линии переменного тока // Энерг. хоз-во за рубежом.— 1972.— № 2.— С. 17—22.
Воробьев А. И. Расчет шинопроводов по потерям напряжений//Светотехника.—1981.— № 5.— С. 1.
*ГОСТ 13109—67**. Нормы качества электрической энергии у ее приемников. Введ. 01.08.68.
Изделия заводов Главэлектромонтаж. Шинопроводы. Электромонтажные изделия.— М. : Энергия, 1975.— 240 с.
Изделия заводов треста «Электромонтажконструкция» Укрглавэлектромонтажа.— Х. : ЦБНТИ Минмонтажспецстроя УССР.— 267 с.
Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий: СН 544-82.— М. : Стройиздат, 1982.— 356 с.
Инструкция по прокладке кабелей напряжением до 110 кВ: СН 85-74.— М. : Стройиздат, 1976.— 128 с.
Инструкция по проектированию городских и поселковых электрических сетей: ВСН 97-83.— М., 1983.— 110 с.
Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений: СН 202-81*.— М. : Стройиздат, 1976.— 98 с.
Клюев С. А. Освещение производственных помещений.— М. : Энергия, 1979.— 152 с.
Козлов В. А. Городские распределительные электрические сети.— Л. : Энергия, Ленингр. отд-ние, 1971.— 280 с.
Круповий В. И., Ермилов А. А., Трунковский Л. Е. Проектирование и монтаж промышленных электрических сетей.— М. : Энергия, 1971.— 504 с.
Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А. Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных установок.— М. : Энергия, 1976.— 264 с.
Овчаренко А. С., Щейтлин М. С. Проектирование и строительство кабельных линий.— К. : Будівельник, 1984.— 120 с.
Овчаренко А. С., Рабинович М. Л. Технико-экономическая эффективность систем электроснабжения промышленных предприятий.— К. : Техника, 1977.— 172 с.
Пантелеев Е. Г. Справочник электромонтажника. Монтаж кабельных линий.— М. : Энергия, 1979.— 256 с.
Правила устройства электроустановок. Изд. 5-е.— М. : Атомиздат. Разделы I, гл. 1—8; II, гл. 3—4, 1981.— 56 с. Раздел IV, гл. 1—4, 1978.— 95 с. Разделы V и VI, гл. 1—5, 1978.— 97 с.
Руководство по выбору и применению установочных проводов для силовых и осветительных сетей.— М. : ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1980.— 68 с.
Стрижевский И. В., Сурис М. А. Защита подземных теплопроводов от коррозии.— М. : Энергоатомиздат, 1983.— 344 с.
Федоров А. А., Сербиновский Г. В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий.— М. : Энергия, 1973.— 528 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Общие сведения 4

Основные требования к электрическим сетям 4
Выбор напряжения по назначению и допустимые сечения в электросетях 13
Классификация взрывоопасных помещений 15
Минимальные допустимые напряжения у приемников 16

Выбор схем электрических сетей для электроснабжения жилых и общественных зданий, промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов и сооружений 18

Построение распределительных сетей 6—10 кВ 18
Составление электрических схем 27
Выбор трансформатора тока для установки расчетных счетчиков . . . 31

Расчет нагрузок 42

Жилые и общественные здания 42
Промышленные предприятия 49

Выбор сечений проводов и кабелей по нагреву и уставок защитных аппаратов 53

Допустимые токовые нагрузки на провода, кабели и шины 53
Выбор максимальной токовой защиты линий 58
Автоматические выключатели 60
Магнитные пускатели 68
Выбор сечений по условию нагрева 70

Расчет сечений проводов, кабелей и токопроводов по допустимой потере напряжения 78

Воздушные линии напряжением 10 кВ 78
Кабельные линии напряжением 10 кВ 82
Воздушные линии напряжением 6 кВ 83
Кабельные линии напряжением 6 кВ 83
Воздушные линии напряжением до 1 кВ 84
Кабельные линии напряжением до 1 кВ 94
Линии для осветительных сетей 94
Смешанные силовые линии и осветительные сети 104
Распределительные шинопроводы и троллеи 120
Магистральные шинопроводы 127
Расчет заземляющих устройств и выбор заземлителей 134

Проверка проводников по термической и динамической устойчивости к току короткого замыкания 140

Проверка условий срабатывания защитного аппарата при однофазном замыкании в сетях напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали 143

Применение и способы прокладки проводов, кабелей, троллеев, шинопроводов 150

Неизолированные провода 150
Провода и шнуры установочные изолированные 155
Тросовые проводки 160
Выбор и применение проводов для силовых и осветительных сетей 164
Трубные электропроводки 166
Изделия для модульных силовых сетей 171
Силовые и контрольные кабели 172
Шинопроводы магистральные и распределительные 188

Выбор электрооборудования для распределения электроэнергии в жилых домах, административных и общественных зданиях и сельскохозяйственных объектах 200

Панели распределительных щитов 200
Распределительные силовые шкафы 202
Вводно-распределительные устройства и щитки для жилых и административных зданий 205
Щитки специальные осветительные 209
Ящики силовые и осветительные 213

Приложение 214
Указатель таблиц 217

Список литературы 221

Игорь Федорович Шаповалов

СПРАВОЧНИК ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Издание 3-е, переработанное и дополненное

Редактор *А. А. Иваницкий*
Обложка художника *М. М. Суханкина*
Художественный редактор *Н. Г. Аникина*
Технический редактор *О. Г. Шульженко*
Корректоры *Н. М. Мирошниченко, Л. И. Римаренко*

ИБ № 2565

Сдано в набор 09.10.85. Подп. в печ. 26.06.86. БФ 03799.
Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 3. Гарн. лит. Печ. выс.
Усл. печ. л. 14. Усл. кр.-отт. 14,3. Уч.-изд. л. 17,99.
Тираж 20 000 экз. Изд. № 574. Заказ № 6—1521. Цена 1 р. 10 к.
Издательство «Будівельник». 252053, Киев-53, Обсерваторная, 25.
Отпечатано с матриц Головного предприятия РПО «Полиграфкнига» на Киевской фабрике печатной рекламы им. XXVI съезда КПСС, 252067, Киев-67, Выборгская, 84.