

**Министерство образования и науки РФ
Иркутский национальный исследовательский технический университет**

С.С.Тимофеева, В.В.Малов,

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Учебное пособие

Издательство
Иркутского национального исследовательского технического университета
2015

УДК 614.841.3
ББК 38.96

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ИрГТУ Дроздова Т.И.

канд. техн. наук, доцент кафедры управления, надзора и пожарной безопасности ФГКОУ ВПО ВСИ МВД России Беляк А.Л.

Пожарная безопасность электроустановок: учебное пособие/
С.С.Тимофеева, В.В.Малов– Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – 87 с.

Учебное пособие соответствует требованиям ФГОС для магистрантов по направлению 20.04.01 «Техносферная безопасность», программа «Пожарная безопасность».

Приводятся теоретические сведения по наиболее сложным разделам курса, справочные данные. Предназначено для обеспечения более качественного самостоятельного изучения курса обучающимися в магистратуре по программе «Пожарная безопасность».

© С.С.Тимофеева, 2015

© В.В.Малов, 2015

© ИРНТУ, 2015

Содержание

Введение	5
1 Пожарная опасность электроустановок.....	6
1.1 Общие сведения об электроустановках.....	6
1.2 Основные причины возникновения пожаров от электроустановок.....	6
1.3 Вероятностная оценка пожароопасности электротехнических устройств.....	9
2 Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом на категории и группы	10
3 Маркировка электрооборудования	12
3.1 Маркировка электрооборудования общего назначения	13
3.2 Маркировка взрывозащищенного электрооборудования	14
4 Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон.....	21
4.1 Классификация пожароопасных зон	21
4.2 Классификация взрывоопасных зон	22
5 Выбор электрооборудования для пожароопасных и взрывоопасных зон	26
5.1 Выбор электрооборудования для пожароопасных зон.....	26
5.2 Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон.....	29
6. Электрические сети.....	34
6.1 Классификация электрических сетей.....	34
6.2 Категории электроприемников по обеспечению надежности электропитания	35
6.3 Общие сведения о проводах и кабелях	36
7 Выбор сечения жил проводников	39
7.1 Выбор сечения жил проводников по условию допустимого теплового нагрева	39
7.2 Выбор сечения жил проводников исходя из условий допустимой потери напряжения	40
8 Аппараты защиты электроустановок.....	41
8.1 Плавкие предохранители.....	41
8.2 Автоматические выключатели	44
8.3 Тепловые реле.....	47
8.4 Устройства защитного отключения (УЗО).....	48
9 Выбор параметров аппаратов защиты	53
9.1 Защита плавкими предохранителями	53
9.2 Защита автоматическими выключателями и тепловыми реле магнитных пускателей	54
9.3. Проверка надежности отключения аппаратами защиты токов короткого замыкания	54
10 Заземление и зануление	58
10.1 Общие сведения о заземлении и занулении	58
10.2 Системы заземления.....	59

10.3 Расчет заземления.....	61
11 Молниезащита зданий и сооружений	63
11.1 Классификация защищаемых объектов.....	63
11.2 Основные элементы молниезащиты.....	65
11.3 Зоны защиты молниеотводов.....	67
12 Защита взрывоопасных производств от разрядов статического электричества.....	69
12.1 Основные сведения о статическом электричестве.....	69
12.2 Пожарная опасность статического электричества.....	71
12.3 Способы устранения опасности статического электричества.....	72
Литература.....	74
Приложения.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Данные статистики показывают, что ежегодно более 20 % пожаров в Российской Федерации происходит из-за нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок. Из этого количества пожаров около 60 % связано с нарушением правил эксплуатации проводов и кабелей. Также нередки случаи пожаров от разрядов атмосферного и статического электричества. Поэтому специалисты в области пожарной безопасности должны знать причины возникновения пожаров и взрывов от электроустановок, основные требования руководящих и нормативных документов, регламентирующих меры по обеспечению пожарной безопасности электроустановок, молниезащиту и защиту от статического электричества; методики проведения мероприятий по надзору за выполнением требований пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования объектов.

Учебное пособие предназначено для магистрантов вузов, обучающихся по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» по программе «Пожарная безопасность», а также может быть использовано работниками Государственного пожарного надзора.

1 ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

1.1 Общие сведения об электроустановках

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

Классификация электроустановок

Промышленные электроустановки по *функциональному назначению* подразделяются на следующие виды:

генераторы – вырабатывающие электрическую энергию;
преобразователи напряжения (трансформаторы), преобразователи частоты – преобразующие электрическую энергию;
провода, кабели – передающие электрическую энергию от пунктов выработки и преобразования до электроприемников;
распределительные подстанции, узлы, щиты, устройства – распределяющие электрическую энергию;
электродвигатели, электротермические, электросварочные, электроосветительные и другие – потребляющие электрическую энергию электроприемники.

По *уровню напряжения* электроустановки подразделяются на:

- а) электроустановки напряжением до 1000 В;
- б) электроустановки напряжением свыше 1000 В.

По *месту расположения* электроустановки подразделяются на:

- а) открытые или наружные электроустановки;
- б) закрытые или внутренние электроустановки.

Открытые или наружные электроустановки - электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Закрытые или внутренние электроустановки - электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

1.2 Основные причины возникновения пожаров от электроустановок

Анализ пожаров от электроустановок показывает, что наиболее частыми причинами их возникновения являются короткие замыкания в электропроводках и электрооборудовании, токовая перегрузка электропроводок и электрооборудовании, перегрев мест соединения токоведущих частей электроустановок в результате образования больших

переходных сопротивлений. Также причинами возникновения пожаров являются воздействие на окружающую среду электрической дуги и электрического искрения, от нагрева конструкций при переходе (выносе) на них напряжения, от вихревых токов.

Опасность возникновения пожаров при эксплуатации электроустановок обуславливается тем, что большинство изоляционных материалов, применяемых в электроустановках, относятся к горючим (бумага, картон, хлопчатобумажные и шелковые ткани, резина, полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол, полипропилен, трансформаторное масло и т.д.). При наличии кислорода воздуха и источника зажигания может возникнуть загорание (пожар).

Коротким замыканием (КЗ) называется всякое непредусмотренное нормальными условиями работы замыкание через малое сопротивление между фазами, а в системах с заземленной нейтралью – также замыкание одной или нескольких фаз на землю или нулевой провод.

Так как при металлическом КЗ в месте соединения величина сопротивления проводников очень мала, то по проводникам сетей и токоведущим частям электрооборудования будут протекать токи КЗ значительной величины (от нескольких кА до сотен кА).

Величина тока КЗ зависит от величины питающего напряжения, удаления источников напряжения от места КЗ, вида КЗ (при 3-х фазном больше), времени КЗ (если аппараты защиты быстродействующие, то ток КЗ не успевает достичь максимальной величины).

Чаще всего бывает однофазное КЗ (65 %), однако в кабельных сетях часто однофазное КЗ переходит в 2-х фазное и 3-х фазное из-за разрушения изоляции электрической дугой.

Основная причина возникновения КЗ – нарушение изоляции в электрических проводах, кабелях, машинах и аппаратах, вызванное:

- перенапряжениями, в том числе от ударов молнии;
- старением изоляции;
- механическими повреждениями;
- локальным повышением влажности или агрессивности среды.

Так как величина токов КЗ очень большая, то в месте КЗ за небольшое время выделяется большое количество тепла (по закону Джоуля – Ленца $Q = I^2 \cdot R \cdot t$), что вызывает перегрев проводника, воспламенение изоляции, расплавление металла проводников с выбросом в окружающую среду искр, что может привести к воспламенению горючих материалов.

Температура нагрева контактной точки в месте КЗ

$$T_{\text{кон}} = \frac{I_{\text{КЗ}}^2 \cdot R_{\text{ПЕРЕХОД}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \rho}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт·м⁻¹·°С⁻¹; ρ – удельное сопротивление, Ом·м.

Кроме того, КЗ приводит к значительному падению напряжения в сети, что может вызвать остановку электродвигателей и на ряде опасных производств привести к воспламенению и взрыву.

Перегрузкой называется такой режим, когда по проводам и кабелям электрических сетей, обмоткам машин и аппаратов протекает рабочий ток I_p больший длительно допустимого тока $I_{дл}$, то есть

$$I_p > I_{дл} . \quad (2)$$

Величина I_p зависит от мощности электроприемников и напряжения сети.

Величина $I_{дл}$ зависит от сечения и материала проводников, способа их прокладки, температуры окружающей среды и регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)..

Опасность перегрузок вызвана тепловым действием тока (закон Джоуля – Ленца). При 2-х кратной и более перегрузке может произойти воспламенение изоляции. Кроме того, небольшие по величине, но длительные перегрузки вызывают быстрое старение изоляции, что может привести к ее пробое и КЗ.

Причины перегрузок:

- несоответствие сечения проводника рабочему току;
- попадание на проводники токов утечки;
- повышение температуры окружающей среды;
- механическая перегрузка на валу электродвигателей;
- понижение напряжения сети;
- работа 3-х фазного электродвигателя на двух фазах;

Переходным сопротивлением называется сопротивление, возникающее в местах перехода с одного провода на другой, с провода на электрический аппарат, в контактах электрических аппаратов. При протекании тока нагрузки в таком контактном соединении по закону Джоуля – Ленца будет выделяться некоторое количество тепла, которое может быть значительным при большой величине переходного сопротивления. При соприкосновении контактов с горючими материалами может произойти их воспламенение; если среда взрывоопасная, то может произойти взрыв.

Причины больших переходных сопротивлений:

- неровности на поверхности металла контактов;
- недостаточная сила нажатия контактов
- наличие на поверхности металла контактов оксидных пленок (увеличивается во влажной среде и с химически активными веществами, а также при нагреве контактов).

1.3 Вероятностная оценка пожароопасности электротехнических устройств

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность» условие пожаробезопасности электротехнического изделия оценивается в соответствии с выражением

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{п.р}} Q_{\text{п.з}} Q_{\text{н.з}} Q_{\text{в}} \leq 10^{-6}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{п.р}}$ - вероятность возникновения характерного пожароопасного режима в составной части изделия (возникновения короткого замыкания (КЗ), перегрузки, повышения переходного сопротивления и т.п.), 1/год; $Q_{\text{п.з}}$ - вероятность того, что значение характерного электротехнического параметра (тока, переходного сопротивления и др.) лежит в диапазоне пожароопасных значений; $Q_{\text{н.з}}$ - вероятность несрабатывания аппарата защиты (электрической, тепловой и т.п.); $Q_{\text{в}}$ - вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения.

Полученные данные о фактических вероятностях возникновения пожаров сравнивают с нормативной величиной 10^{-6} в год (в расчёте на одно изделие). Изделие считается пожаробезопасным, если фактическая или расчётная (для новых изделий) вероятность возникновения пожара не превышает нормативной.

Объективным показателем оценки пожарной опасности электрических изделий является вероятность возникновения пожара, учитывающая как возникшие пожары, так и количество изделий данного вида, находящихся в эксплуатации. Как было отмечено выше, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 эта вероятность для одного изделия не должна превышать 10^{-6} пожаров в год. Фактическая вероятность возникновения пожаров от электротехнических изделий определяется по формуле

$$Q = \frac{n}{N}, \quad (4)$$

где n - количество пожаров в год от изделий определённого вида; N - количество изделий определённого вида, находящихся в эксплуатации.

2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗОВ И ПАРОВ С ВОЗДУХОМ НА КАТЕГОРИИ И ГРУППЫ

Взрывоопасные смеси с воздухом могут образовывать горючие газы и пары легковоспламеняющихся жидкостей (а в некоторых случаях и горючих жидкостей), горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения не более $65 \text{ г} \cdot \text{м}^3$.

Согласно Правил устройства электроустановок, *легковоспламеняющаяся жидкость* (ЛВЖ) - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше $61 \text{ }^\circ\text{C}$. К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает $61 \text{ }^\circ\text{C}$, а давление паров при температуре 20°C составляет менее 100 кПа .

Горючая жидкость - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше $61 \text{ }^\circ\text{C}$. Горючие жидкости с температурой вспышки выше $61 \text{ }^\circ\text{C}$ относятся к пожароопасным, но, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, относятся к взрывоопасным.

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом подразделяются на категории согласно ГОСТ Р 51330.11-99 в зависимости от размера безопасного экспериментального максимального зазора (таблица 1).

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) - максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

Таблица 1

Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0
II	Промышленные газы и пары	-
IIА	То же	Более 0,9
IIВ	" "	Более 0,5 до 0,9
IIС	" "	До 0,5

Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от температуры самовоспламенения подразделяются на шесть групп согласно ГОСТ Р 51330.9-99 (таблица 2).

Таблица 2

Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения

Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С	Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	Выше 450	T4	Выше 135 до 200
T2	" 300 до 450	T5	" 100 до 135
T3	" 200 до 300	T6	" 85 до 100

Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по категориям и группам приведено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам

Категория смеси	Группа смеси	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
1	2	3
I	T1	Метан (рудничный)
ПА	T1	Аммиак, аллил хлоридный, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифтормид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопротилбензол, кислота уксусная, ксилол, -метилстирол, метил хлористый, метан (промышленный), метилацетат, метилизоцианат, метилхлорформиат, метилциклопропил-кетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, циклопентадиен, этан, этил хлористый
	T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винулацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформаид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфуран, моноизобутиламин, метилхлорметилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопротиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон

Продолжение таблицы 3

1	2	3
ПА	T3	Бензины: А-66, А-72, А-76, "галоша", Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ12Н-20-63. Бутилметакрилат, гексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, циклогексан, циклогексиламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан
	T4	Ацетальдегид, альдегид изомазляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан, 1,1,3-триэтоксипутан
	T5	-
	T6	-
ПВ	T1	Коксовый газ, синильная кислота
	T2	Дивинил, 4,4-диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен
	T3	Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксилан, триэтоксисилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозолъ
	T4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля
	T5	-
	T6	-
ПС	T1	Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75% + азот 25%
	T2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T3	Трихлорсилан
	T4	-
	T5	Сероуглерод
	T6	-

3 МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

По конструктивному исполнению электрооборудование подразделяется на электрооборудование общего назначения (пожарозащищенное) и взрывозащищенное электрооборудование.

Электрооборудование общего назначения - электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации.

Взрывозащищенное электрооборудование - электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

3.1 Маркировка электрооборудования общего назначения

Электрооборудование общего назначения (пожарозащищенное) классифицируется по степени защиты от взаимодействия с окружающей средой.

На корпусе или табличке с паспортными данными наносятся условные обозначения: IP □□. Например: IP 13, IP 45 и т.д.

Буквы IP обозначают - International Protection.

Первая цифра показывает защиту от попадания внутрь оболочки твердых тел, вторая – воды.

Степень защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел (ГОСТ 14254 – 96) приведена в таблице 4.

Таблица 4

Степень защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел

1-я цифра	Степень защиты
0	Нет защиты
1	Защита от попадания твердых посторонних тел диаметром $d \geq 50, 5$ мм
2	То же, $d \geq 12,5$ мм
3	То же, $d \geq 2,5$ мм
4	То же, $d \geq 1$ мм
5	Защита от вредного проникновения пыли, которая не предотвращается полностью
6	Полная защита от проникновения пыли

Степень защиты электрооборудования от попадания внутрь оболочки воды (ГОСТ 14254 – 96 [4]) приведена в таблице 5.

Таблица 5

Степень защиты электрооборудования от проникновения воды

Вторая цифра	Степень защиты
1	2
0	Защита отсутствует
1	Защита от вертикально падающих капель
2	Защита от капель, падающих под углом 15°
3	Защита от капель, падающих под углом до 60°
4	Защита от брызг любого направления

1	2
5	Защита от водяных струй любого направления
6	Защита от морской волны
7	Защита при погружении в воду (при определенном давлении и времени погружении)
8	Защита при неограниченно долгом погружении в воду при определенном давлении

Аналогичная классификация принята в Федеральном законе №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (статья 22, таблицы 4 и 5 Приложения к закону).

3.2 Маркировка взрывозащищенного электрооборудования

Применение во взрывоопасных зонах электрооборудования общепромышленного исполнения недопустимо, так как электрооборудование может искрить, нагреваться до опасных температур и явиться причиной пожара или взрыва. Поэтому во взрывоопасных зонах (за небольшим исключением) следует применять специальное взрывозащищенное электрооборудование.

Согласно Правил устройства электроустановок, ГОСТ Р 51330.5-99, Федерального закона №123-ФЗ взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Уровень взрывозащиты электрооборудования – это степень его взрывозащиты (надежности) при установленных нормативными документами условиях. Существуют три уровня взрывозащиты электрооборудования: электрооборудование *повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное* электрооборудование, *особовзрывобезопасное* электрооборудование.

Уровень «электрооборудование повышенной надежности против взрыва»- взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня в маркировке - 2.

Уровень «взрывобезопасное электрооборудование» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня в маркировке - 1.

Уровень «особовзрывобезопасное электрооборудование» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня в маркировке - 0.

Если в состав взрывозащищенного оборудования входят элементы с различным уровнем взрывозащиты, общий уровень взрывозащиты его устанавливается по элементу, имеющему наиболее низкий уровень.

Вид взрывозащиты электрооборудования – совокупность средств его взрывозащиты, установленная нормативными документами. Под средством взрывозащиты электрооборудования понимается конструктивное (или схемное) решение для обеспечения его взрывозащиты.

Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка	<i>d</i>
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом	<i>p</i>
Искробезопасная электрическая цепь	<i>i</i>
Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	<i>q</i>
Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями	<i>o</i>
Специальный вид взрывозащиты	<i>s</i>
Защита вида "е"	<i>e</i>
Герметизация компаундом	<i>t</i>

Виды взрывозащиты, обеспечивающие различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

Электрооборудование повышенной надежности против взрыва может обеспечиваться: взрывозащитой вида «*i*» с уровнем искробезопасной электрической цепи «*ic*» и выше; взрывозащитой вида «*p*», имеющей устройство сигнализации о недопустимом снижении давления; взрывозащитой вида «*q*»; защитой вида «*e*»; защитой вида «*t*»; взрывозащитой вида «*d*» для электрооборудования повышенной надежности против взрыва; масляным заполнением для электрооборудования группы II и заполнением негорючей жидкостью для электрооборудования группы I оболочек, удовлетворяющих требованиям взрывозащиты вида «*o*»; взрывозащитой вида «*s*».

Взрывобезопасное электрооборудование может обеспечиваться: взрывозащитой вида «*i*» с уровнем искробезопасной электрической цепи не ниже «*ie*»; взрывозащитой вида «*p*» с устройством сигнализации и автоматического отключения напряжения питания, кроме искробезопасных цепей уровня «*ia*», при недопустимом снижении давления; взрывозащитой вида «*d*» для взрывобезопасного электрооборудования; специальным видом взрывозащиты «*s*»; защитой вида «*e*», заключенной во взрывонепроницаемую оболочку; заключением в оболочку, предусмотренную для защиты «*p*» с устройством сигнализации о снижении давления ниже допустимого значения электрооборудования группы II с защитой вида «*e*».

Особовзрывобезопасное электрооборудование может обеспечиваться: взрывозащитой вида «i» с уровнем искробезопасной электрической цепи «ia»; специальным видом взрывозащиты «s»; взрывобезопасным электрооборудованием с дополнительными средствами взрывозащиты (например, заключением искроопасных частей, залитых компаундом или погруженных в жидкий или сыпучий диэлектрик, во взрывонепроницаемую оболочку, или продуванием взрывонепроницаемой оболочки чистым воздухом под избыточным давлением при наличии устройств контроля давления, сигнализации и автоматического отключения напряжения при недопустимом снижении давления или при повреждении взрывонепроницаемой оболочки). При этом для отходящих соединений должен обеспечиваться уровень искробезопасных цепей «ia».

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на две *группы*:

группа I - рудничное взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников, опасных по газу или пыли;

группа II - взрывозащищенное электрооборудование для внутренней и наружной установки, кроме рудничного взрывозащищенного.

Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и «искробезопасная электрическая цепь», подразделяются на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей - ПА, ПВ и ПС (таблица 6).

Таблица 6

Подгруппы электрооборудования группы II

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	-	ПА, ПВ, ПС
	ПА	ПА
	ПВ	ПА, ПВ
	ПС	ПА, ПВ, ПС

Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть *температурных классов*, соответствующих группам взрывоопасных смесей (таблица 7). Предельная температура - наибольшая температура поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей среды.

Таблица 7

Температурные классы электрооборудования группы II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1 – T3
T4	135	T1 – T4
T5	100	T1 – T5
T6	85	T1 – T6

Рассмотренная классификация взрывозащищенного электрооборудования и знаки обозначения его уровней, видов, групп и подгрупп, а так же температурных классов позволяют выполнять *маркировку* взрывозащиты.

В зависимости от класса взрывоопасной зоны может применяться то или иное по уровню и виду взрывозащищенное электрооборудование, а в отдельных случаях и электрооборудование общего назначения, но с определенной степенью защиты оболочки.

Маркировка электрооборудования по взрывозащите является характеристикой особенностей национальных правил изготовления взрывозащищенного электрооборудования и служит для оперативной оценки области его применения во взрывоопасных зонах. Опыт применения отечественного и зарубежного взрывозащищенного электрооборудования показал, что наличие индивидуальной для каждого национального стандарта маркировки по взрывозащищенности создавало некоторые затруднения и являлось нежелательным в проектной и эксплуатационной практике.

Согласно стандарта, в маркировку по взрывозащите электрооборудования группы II в указанной последовательности входят:

- знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);
- общий знак *Ex* (Explosionproof – взрывозащищенный), указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- знак вида взрывозащиты (*d, p, i, q, o, s, e, m*);
- знак группы или подгруппы электрооборудования и категории взрывоопасной смеси (II, IIA, IIB, IIC);
- знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

Схема маркировки взрывозащищенного электрооборудования

1	Ex	2	3	4
2		<i>d</i>	II	T1
1		<i>p</i>	IIA	T2
0		<i>i</i>	IIB	T3
		<i>q</i>	IIC	T4
		<i>o</i>		T5
		<i>s</i>		T6
		<i>e</i>		
		<i>t</i>		

- 1 - уровень взрывозащиты электрооборудования;
- 2 - вид взрывозащиты электрооборудования;
- 3 - знак группы (подгруппы) электрооборудования;
- 4 – температурный класс электрооборудования.

Например: *2ExeIIIT4* – повышенной надежности против взрыва, защита вида «e», группа II, температурный класс T4.

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ и ПИВРЭ

В настоящее время в эксплуатации находится некоторое количество взрывозащищенного электрооборудования, маркировка которого выполнялась по ранее действовавшим нормативным документам – ПИВЭ (Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования, 1964 г.) и ПИВРЭ (Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования, 1969 г.). При выполнении экспертизы степени защиты электрооборудования необходимо предварительно выполнять перевод маркировки электрооборудования, выполненной по ПИВРЭ и ПИВЭ, в маркировку по ПУЭ.

Категории и группы взрывоопасных смесей по ПИВРЭ и ПИВЭ и их соответствие категориям и группам по ПУЭ приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 8

Категория взрывоопасной смеси

ПИВРЭ, ПИВЭ	ПУЭ
1	IIA
2	IIA
3	IIA, IIB
4	IIA, IIB, IIC

Таблица 9

Группа взрывоопасной смеси

ПИБРЭ	ПИБЭ	ПУЭ
T1	A	T1
T2	B	T1, T2
T3	-	T1 – T3
T4	Г	T1 – T4
T5	Д	T1 – T5

Уровни и виды взрывозащиты электрооборудования по ПИБРЭ (Приложение 2 [1]) приведены в таблицах 10 и 11.

Таблица 10

Уровень взрывозащиты электрооборудования

ПИБРЭ	ПУЭ
H	2
B	1
O	0

Таблица 11

Вид взрывозащиты электрооборудования

ПИБРЭ	ПИБЭ	ПУЭ
B	B	d
П	П	p
И	И	i
К	-	q
М	М	o
A	-	-
С	С	s
H	H	e

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИБРЭ приведена в Приложении 2 Правил устройства электроустановок.

Схема маркировки по ПИБРЭ

1	2	3	4
H	1	T1	B
B	2	T2	П
O	3	T3	И
	4	T4	К
		T5	М
			A
			С
			H

- 1 - уровень взрывозащиты электрооборудования;
- 2 – наивысшая категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным;
- 3 - наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным;
- 4 - вид взрывозащиты электрооборудования.

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ приведена в Приложении 3 Правил устройства электроустановок [1].

Схема маркировки по ПИВЭ

1	2	3
В	1	А
П	2	Б
И	3	Г
М	4	Д
С		
Н		

- 1 - вид взрывозащиты электрооборудования;
- 2 - наивысшая категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным – для электрооборудования с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка»; для электрооборудования с остальными видами взрывозащиты, являющегося взрывозащищенным для взрывоопасных смесей всех категорий, вместо обозначения категории взрывоопасной смеси ставится цифра 0;
- 3 - наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным .

Взрывозащищенное электрооборудование с маркировкой по ПИВЭ на уровни взрывозащиты не подразделялось. Если в маркировке по взрывозащите есть буква Н или цифра 2 перед буквой И, то такое соответствует уровню взрывозащиты «электрооборудование повышенной надежности против взрыва» по ПУЭ (цифра 2 в маркировке). Электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ, соответствует уровню «взрывобезопасное электрооборудование» (цифра 1 в маркировке).

4 КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон применяется для выбора электротехнического и другого оборудования по степени их защиты, обеспечивающей их пожаровзрывобезопасную эксплуатацию в указанной зоне.

Согласно статьи 20 Правила противопожарного режима в Российской Федерации руководитель организации обеспечивает наличие на дверях помещений производственного и складского назначения и наружных установках обозначение их категорий по взрывопожарной и пожарной опасности, а также класса зоны в соответствии с главами 5, 7 и 8 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

4.1 Классификация пожароопасных зон

Классификация пожароопасных зон производилась согласно Правил устройства электроустановок (п.7.4.3-7.4.6).

С принятием Федерального закона №123-ФЗ, классификация пожароопасных зон производится по данному документу (статья 18).

Классификация пожароопасных зон согласно Правил устройства электроустановок

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Зоны класса П-I — зоны, расположенные в помещениях в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С

Зоны класса П-II — зоны, расположенные в помещениях в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г·м⁻³ к объему воздуха.

Зоны класса П-IIа — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-III — расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества.

Наиболее опасными являются зоны классов П-I и П-II.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения

горючих паров, пылей или волокон не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-И, относятся также к пожароопасным зонам класса П-И.

Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-И и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-И.

Классификация пожароопасных зон согласно Федеральному закону №123-ФЗ

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

П-И - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия;

П-И - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

П-Иа - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр;

П-Ив - зоны, расположенные вне зданий, сооружений, строений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия или любые твердые горючие вещества.

4.2 Классификация взрывоопасных зон

Классификация пожароопасных зон производилась согласно Правил устройства электроустановок (п.7.3.40—7.3.46).

С принятием Федерального закона №123-ФЗ, классификация пожароопасных зон производится по этому документу (статья 19), с учетом изменений, приведенных в Федеральном законе №117-ФЗ.

Классификация взрывоопасных зон согласно ПУЭ

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси.

Взрывоопасные зоны делятся на 6 классов. Для горючих газов и паров ЛВЖ предусмотрены 4 класса: В-И, В-Иа, В-Иб, В-Ив. Для взрывоопасных пылей предусмотрены 2 класса: В-Ив и В-Иа.

При определении взрывоопасных зон принимается, что:

а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны класса В-I — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

Зоны класса В-Ia — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Iб — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок).

2. Помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется.

К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами

Зоны класса В-Гг — пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К зонам класса В-Гг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia и В-II (исключение — проемы окон с заполнением стеклблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Гг считается в пределах до:

а) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Ia, В-II;

б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса;

в) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования — в пределах всей площади внутри обвалования;

д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытою слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

Зоны класса В-II — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с

воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-Па — зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В-П не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные воздуховоды оборудованы самозакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновения взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

При отсутствии обратных клапанов помещения приточных вентиляторов имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Классификация взрывоопасных зон согласно Федеральному закону №123-ФЗ

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

0-й класс - зоны, в которых взрывоопасная смесь газов или паров жидкостей с воздухом присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

1-й класс - зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

2-й класс - зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси газов или паров жидкостей с воздухом, но возможно образование такой взрывоопасной смеси газов или паров жидкостей с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

20-й класс - зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее 65 граммов на кубический метр и присутствуют постоянно;

21-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр;

22-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр, но возможно образование такой взрывоопасной смеси

горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Таким образом, зона класса В-I соответствует зоне класса 1, зоны класса В-Iа, В-Iб, В-Iг – зоне класса 2; зона класса В-II соответствует зоне класса 21, класса В-IIа - зоне класса 22.

5 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЖАРООПАСНЫХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН

Выбор электрооборудования подразумевает экспертизу соответствия степени его защиты условиям окружающей среды.

5.1 Выбор электрооборудования для пожароопасных зон

При выполнении экспертизы электрооборудования, установленного в пожароопасных зонах, необходимо руководствоваться требованиями, приведенными в главе 7.4 Правил устройства электроустановок.

Электрические машины

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты не менее указанной в таблице 13.

Таблица 13

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.)	IP44	IP54	IP44	IP44

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой машины устанавливаются.

Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть со степенью защиты оболочки не менее IP44; допускается степень защиты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах.

Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы (например, электродвигатели с контактными кольцами), должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяться от них несгораемым экраном.

Для механизмов, установленных в пожароопасных зонах, допускается применение электродвигателей с меньшей степенью защиты оболочки, чем указано в таблице 13, при следующих условиях:

электродвигатели должны устанавливаться вне пожароопасных зон;
привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

Электрические аппараты и приборы

В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки не менее указанной в таблице 14.

Таблица 14

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54 IP44 *	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

*При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в таблице 14 (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в таблице 14 для данной пожароопасной зоны.

Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса.

Электрические светильники

В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в таблице 15.

Таблица 15

Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54; стеклянный колпак светильника должен быть защищен металлической сеткой.

Электропроводки

В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов запрещается.

В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т. п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 м.

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах.

Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводках в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечивать удобство монтажа и надежность соединения проводов.

5.2 Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон

При выполнении экспертизы электрооборудования, установленного во взрывоопасных зонах, необходимо руководствоваться требованиями, приведенными в главе 7.3 Правил устройства электроустановок.

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и ныли.

Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категорий и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной согласно таблицам 7.3.1 и 7.3.2 Правил устройства электроустановок к менее опасным категориям и группам.

Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIa рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIa - электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли. При этом температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна, должна быть не менее чем на 50°С ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

Электрические машины

Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют таблице 16.

Таблица 16

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63)
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты IP54. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54 .

Если отдельные части машины имеют различные уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек, то все они должны быть не ниже указанных в таблице 16.

Электрические аппараты и приборы

Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют таблице 17 или являются более высокими.

Таблица 17

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
Стационарные установки	
В-I	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва - для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80°С
	Без средств взрывозащиты - для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80°С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44 *
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты . Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *
Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *

* Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, и которой они устанавливаются.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток.

Установка соединителей допускается только для включения периодически работающих электроприемников (например, переносных

светильников). Число соединителей должно быть ограничено необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно.

Электрические светильники

Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют таблице 18 или являются более высокими.

Таблица 18

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
Стационарные светильники	
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53 *
В-II	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 7.3.63)
В-IIa	Без средств взрывозащиты Степень защиты IP53 *
Переносные светильники	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное
В-IIa	Повышенной надежности против взрыва

* Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

Электропроводки и кабельные линии

Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, таям и т. п., запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с гл. 3.1, но быть не менее сечения, принятого по расчетному току.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125% номинального тока электродвигателя.

Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться:

а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;

б) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia запрещается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны:

а) во взрывоопасной зоне класса В-I - иметь уровень "взрывобезопасное электрооборудование" и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

б) во взрывоопасной зоне класса В-II - быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. Допускается применение коробок с уровнем "взрывобезопасное электрооборудование" с видом взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка", предназначенных для газопаровоздушных смесей любых категорий и групп;

в) во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iг - быть взрывозащитными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей. Для осветительных сетей допускается применение коробок в оболочке со степенью защиты IP65;

г) во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa - иметь оболочку со степенью защиты IP54. До освоения промышленностью коробок со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться коробки со степенью защиты оболочки IP44.

Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях и т. п.), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка и т. п.).

6 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

6.1 Классификация электрических сетей

Электрические сети классифицируются

1. По роду тока:

- а) переменного;
- б) постоянного.

2. По величине напряжения:

а) низковольтные (до 1000 В – 220, 380, 660 В);

б) высоковольтные (свыше 1000 В – 3, 6, 10, 35, 110, 220, 400, 500, 750 кВ).

3. По месту расположения:

- а) наружные;
- б) внутренние.

Наружные электрические сети выполняются воздушными и кабельными линиями. Внутренние электрические сети – изолированными проводами и кабелями, в цехах могут использовать голые провода и шины.

4. По назначению:

- а) питающие;
- б) распределительные;
- в) групповые.

Питающая сеть - сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ, ГРЩ.

Распределительная сеть - сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков.

Групповая сеть - сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Вводное устройство (ВУ) - совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть.

Вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий, называется вводно-распределительным (ВРУ).

Главный распределительный щит (ГРЩ) - распределительный щит, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная часть. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения подстанции.

Распределительный пункт (РП) - устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков).

Групповой щиток - устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников.

6.2 Категории электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения

Согласно Правил устройства электроустановок 7-го издания (п.1.2.6 – 1.2.10, 1.2.18 - 1.2.21)

Электрическая сеть - совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Приемник электрической энергии (электроприемник) - аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель электрической энергии - электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Независимый источник питания - источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

1) каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории.

Электроприемники первой категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Из состава электроприемников первой категории выделяется *особая группа* электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Электроприемники второй категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента.

К электроприемникам первой категории относятся, в частности, противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, аварийное освещение, огни светового ограждения.

Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников жилых и общественных зданий приведена в СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

6.3 Основные сведения о проводах и кабелях

Проводом называется одна или несколько голых или изолированных проволок, служащих для передачи электроэнергии.

Голым проводом называется провод, не имеющий изоляции.

Провод изолированный незащищенный – имеет изоляцию, которая не предохранена специальными оболочками от механических повреждений.

Провод изолированный защищенный – имеет поверх изоляции металлическую или иную оболочку для предохранения от механических повреждений.

Жила – одна или несколько скрученных между собой проволок.

Шнур – провод, состоящий из двух и более скрученных между собой изолированных жил, обладающих гибкостью или же несколько таких жил, заключенных в общую оболочку.

Шнуры имеют сечение жил от 0,1 до 4 мм².

Токоведущие жилы проводов бывают медными или алюминиевыми. Сечение жил проводов может быть от 0,5 до 400 мм².

Изоляция проводов может быть из резины, поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ), бумажная.

Оболочка проводов бывает обычно металлической, поливинилхлоридной, и из хлопчатобумажной пряжи.

Кабелем называется проводник, состоящий из одной или нескольких изолированных жил, заключенных в защитную герметичную оболочку.

Токоведущие жилы кабелей изготавливаются из меди и алюминия.

Изоляция кабелей может быть из резины, поливинилхлорида, пропитанной бумаги, полиэтилена, сшитого ПЭ, полипропилена, найрита (маслостойкой резины).

Допустимая температура жил при различном материале изоляции составляет: ПЭ – до 65 °С, резина – до 70 °С, ПВХ – 70 °С, пропитанная бумага – до 80 °С, полипропилен – до 80 °С, силанольносшиваемый ПЭ – до 90 °С.

Защитная оболочка кабелей бывает алюминиевая, свинцовая, поливинилхлоридная, резиновая, найритовая. Она служит для защиты изоляции от света, влаги и химически активных сред.

Для защиты от механических повреждений поверх оболочки может накладываться броня из стальной ленты, плоской или круглой стальной проволоки.

Броня может быть защищена от коррозии наружным джутовым покровом или шлангом из ПВХ.

Маркировка проводов. Если провод имеет медную жилу, то маркировка обычно начинается с буквы П (провод) – например: ПРТО.

Если жила алюминиевая, то перед буквой П ставится буква А – например: АПРТО.

Маркировка шнуров начинается с буквы Ш.

Провода с резиновой изоляцией имеют в обозначении букву Р, стоящую обычно за буквой П. – например: АПР. Провода с поливинилхлоридной изоляцией имеют в обозначении букву В. – например: АПВ, с полиэтиленовой – букву П. Бумажная изоляция буквенного обозначения не имеет.

Гибкие провода с медными жилами, которые состоят из большого числа тонких проволок, имеют в своем обозначении букву Г. – например: ПГВ. Кроме того, имеются буквы указывающие на конструктивное исполнение.

Например: АППВС

А - с алюминиевой жилой;

П – провод;

П - плоский;

В - с поливинилхлоридной изоляцией;

С - для скрытой прокладки.

После буквенного обозначения указывается число жил и их сечение в мм². – например: ПВ 2х2,5.

Наиболее распространенные марки проводов:

а) провода и шнуры с резиновой изоляцией: ПР, АПР, ПРТО (оплетка из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в трубах), АПРТО, ПРГ, ПРГЛ (оплетка покрыта лаком), ШР.

б) провода с поливинилхлоридной изоляцией: ПВ, АПВ, ПГВ, ППВ, АППВ, АППВС.

в) провода имеющие защитную оболочку: ПРП (в оплетке оцинкованными стальными проволоками), ПРВ (ПВХ), АПРВ, ПРН.

г) шнуры для бытовых электроприборов: ШВПЛ, ШВРО, ШПО, ШБПВ.

Маркировка кабелей

Так же как и в маркировке проводов, в маркировке кабелей символа не имеют.

Расшифровка символов в марках кабелей приведена в таблице.

Конструкция кабеля	Место символа в маркировке			Значение символа
	в начале	в середине	в конце	
Материал жил	А			алюминий
Изоляция жил		Р В П Пп Пв, Псш		резина ПВХ полиэтилен полипропилен сшиваемый ПЭ
Защитная герметическая оболочка	А С В Н			алюминий свинец ПВХ найрит
Броня			Б П	стальная лента проволока
Без наружного покрова			Г	
Защитный покров из ПВХ шланга			Шв	
			нг	не распространяющий горение

Наиболее распространенные марки кабелей:

- а) с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке: СРГ, СРБ, АСРБ, СРПГ;
- б) в ПВХ или найритовой оболочке: ВРГ, ВРБ, АВРГ, АВВГ, НРГ, АНРГ;
- в) с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке: СГ, АСГ, СГТ, АСГТ, АСБ, АСП, АСПГ;
- г) в алюминиевой оболочке с бумажной изоляцией: АГ, ААГ, АБ, ААБ, АБГ, ААБГ, АП, ААП, АПГ;
- д) с полиэтиленовой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке: ВПГ, АВПГ, ВПБ, АВПБ, ВПБГ, АВПБГ.

Примеры расшифровки маркировок кабелей:

СБГ – с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, голый;

ВПГ – с медными жилами, с полиэтиленовой изоляцией, в ПВХ оболочке, голый;

АВВБ – с алюминиевыми жилами, с оболочкой и изоляцией из ПВХ, бронированный стальной лентой, с защитным наружным покровом.

После буквенных символов в маркировке указывается число жил и их сечение в мм². Например: АВВГ 3х4.

7 ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ЖИЛ ПРОВОДНИКОВ

7.1 Выбор сечения жил проводников по условию допустимого теплового нагрева

Сечение проводников по величине допустимой длительной токовой нагрузки на жилы проводников $I_{дл}$ определяют по таблицам 1.3.4 -1.3.27 Правил устройства электроустановок.

При этом должно выполняться следующее условие

$$I_{дл} \geq I_p, \quad (5)$$

где I_p - рабочий ток нагрузки.

Для электродвигателей

- во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа, В-II, В-IIа

$$I_p = 1,25 \cdot I_n, \quad (6)$$

- в остальных случаях

$$I_p = I_n , \quad (7)$$

где I_n - номинальный ток электродвигателя.

Номинальный ток, А, для трехфазных двигателей переменного тока рассчитывается по формуле

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi \cdot \eta} , \quad (8)$$

где P_n – номинальная мощность двигателя, Вт; U_l - линейное напряжение, В; $\cos \varphi$ - коэффициент мощности двигателя; η - к.п.д. двигателя.

Рабочий ток нагрузки осветительной сети
- в групповой осветительной сети однофазного тока

$$I_p = \frac{\sum P}{U_{\phi}} , \quad (9)$$

- в групповой осветительной сети трехфазного тока

$$I_p = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \cdot U_l} \quad (10)$$

где $\sum P$ - суммарная мощность светильников, Вт; U_{ϕ}, U_l - фазное и линейное напряжение сети, В.

7.2 Выбор сечения жил проводников исходя из условий допустимой потери напряжения

Методика данного расчета применима к любому виду электрической сети.

1. Определить фактическую потерю напряжения на рассчитываемом участке сети, %

$$\Delta U_{\text{факт}} = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot S} \quad (11)$$

где P – расчетная мощность нагрузки, кВт; l – длина участка, м; C – коэффициент, учитывающий напряжение, систему питания и материал проводника (Приложение 4); S – сечение жилы кабеля или провода.

Если сеть состоит из нескольких участков с разными сечениями и нагрузками, то общие потери напряжения равны сумме потерь на отдельных участках сети

$$\sum \Delta U_{\text{факт}} = \Delta U_{\text{факт}_1} + \Delta U_{\text{факт}_2} + \dots + \Delta U_{\text{факт}_n} \quad (12)$$

2. Сравнить фактическую потерю напряжения с допустимой

$$\Delta U_{\text{факт}} \leq \Delta U_{\text{доп}} \quad (13)$$

Значения допустимой потери напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$ приведены в Приложении 4 данного пособия.

8 АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

8.1 Плавкие предохранители

Согласно ГОСТ Р МЭК 60269-1-2010, плавкий предохранитель – устройство, которое за счет расплавления одного или нескольких своих элементов, имеющих определенную конструкцию и размеры, размыкает цепь, в которую оно включено, отключая ток, превышающий заданное значение в течение определенного времени.

Плавкие предохранители защищают электроустановки от длительных токов перегрузки и токов короткого замыкания.

По конструкции плавкие предохранители подразделяются на три типа.

1. Пластинчатые предохранители. Представляют собой одну или несколько проволок, впаянных в медные или латунные плоские наконечники. При перегорании вставки происходит разбрызгивание расплавленного металла, что создает пожарную опасность, поэтому применение их ограничено.

2. Пробочные предохранители. К ним относятся однополюсные предохранители типов Ц27, Ц33, ПД, ПДС и др. Они состоят из основания (фарфорового, пластмассового) с контактной гильзой и резьбовой пробки с плавкой вставкой.



Рис. 1 Пробочный предохранитель

3. Трубочатые предохранители. Состоят из патрона с контактными ножами на концах и плавкой вставки, расположенной внутри. К ним относятся предохранители типа ПР с разборными фибровыми трубками без наполнителя, а также закрытые с мелкозернистым наполнителем, которые могут быть разборные (типа ПН2, НПР, КП и др.) и неразборные (типа НПН).



Рис. 2 Трубочатые предохранители ПР-2

Процесс гашения дуги в плавком предохранителе ПР-2 происходит следующим образом. При отключении сгорают суженные перешейки плавкой вставки, после чего возникает дуга. Под действием высокой температуры дуги фибровые стенки патрона выделяют газ, в результате чего давление в патроне за поднимается до 4 - 8 МПа. За счет увеличения давления поднимается вольт-амперная характеристика дуги, что способствует ее быстрому гашению.

Плавкие вставки в предохранителях ПР-2 изготавливаются из цинка и имеют переменное сечение Эти предохранители обладают рядом недостатков: их разрывная способность мала для современных промышленных установок, защитная характеристика нестабильна, так как сопротивление контакта вставки с ножами патрона зависит от степени затяжки болтов. Предохранители велики

по размерам, недостаточно надежны (прогорают фибровые корпуса) и дорогостоящи.



Рис. 3 Плавкая вставка предохранителя ПР-2

В предохранителях с наполнителем в качестве наполнителя используется кварцевый песок с содержанием SiO_2 не менее 98 %, с зернами размером $(0,2 - 0,4)10^{-3}$ м. Зерна кварцевого песка имеют высокую теплопроводность и хорошо развитую охлаждающую поверхность.

Раскаленные и ионизированные газы, образующиеся после испарения плавкой вставки, проникая в промежутки между зернами наполнителя и соприкасаясь с поверхностью последних, деионируются. Капельки металла, разбрызгиваясь в стороны и проникая в глубь наполнителя, конденсируются на его поверхности. Зерна наполнителя хорошо поглощают тепло, охлаждают газы и тем самым резко снижают давление в патроне в момент испарения вставки.

Предохранители ПН-2 более совершенны, чем предохранители ПР-2. Корпус квадратного сечения 1 предохранителя типа изготавливается из прочного фарфора или стеатита. Внутри корпуса расположены ленточные плавкие вставки и наполнитель - кварцевый песок.



Рис. 4 Трубчатый предохранитель ПН-2

Плавкая вставка предохранителей ПН-2 выполняется из медной ленты толщиной 0,1 - 0,2 мм. Для получения токоограничения вставка имеет суженные сечения. Плавкая вставка разделена на три параллельных ветви для более полного использования наполнителя. Применение тонкой ленты, эффективный теплоотвод от суженных участков позволяют выбрать небольшое

минимальное сечение вставки для данного номинального тока, что обеспечивает высокую токоограничивающую способность. Соединение нескольких суженных участков последовательно способствует замедлению роста тока после плавления вставки, так как возрастает напряжение на дуге предохранителя. Для снижения температуры плавления на вставки наносятся оловянные полоски (металлургический эффект).

В зависимости от температуры плавления плавкие вставки делятся на *легкоплавкие* и *тугоплавкие*.

Легкоплавкие вставки обычно изготавливают из олова, свинца, цинка и алюминия. Они обладают большой теплопроводностью и большой тепловой инерцией, в связи с чем более удобны для защиты от токов перегрузки, так как позволяют получить большую выдержку времени. Однако масса вставки из этих металлов при одинаковом номинальном токе больше, чем масса вставки из тугоплавких металлов. Это снижает разрывную способность предохранителя.

Тугоплавкие вставки изготавливают из меди и серебра. Они обладают малой теплопроводностью и малой тепловой инерцией, дают меньшую выдержку времени при перегрузках. Существенным недостатком таких вставок является высокая температура их плавления. При длительном токе, меньшем чем ток плавления, вставки могут нагреваться до температуры выше 900 °С. Такой высокий и длительный нагрев может привести к чрезмерному перегреву контактной системы и корпуса предохранителя и вызвать их разрушение. Однако применение тугоплавкие вставок повышает разрывную способность предохранителей.

Основные параметры плавких предохранителей:

1) номинальное напряжение $U_{н.пр}$ - напряжение, на которое рассчитан предохранитель, указывается на корпусе;

2) номинальный ток плавкой вставки $I_{н.вст}$ - ток, который выдерживает плавкая вставка не расплавляясь, указывается на вставке;

3) номинальный ток предохранителя $I_{н.пр}$ - ток, на который рассчитаны токоведущие части предохранителя, равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя.

8.2 Автоматические выключатели

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей при возникновении в них перегрузок и коротких замыканий, при исчезновении или снижении напряжения ниже нормы, а также для нечастых включений и отключений цепей в нормальных режимах.

Автоматические выключатели различаются:

- по роду тока - постоянного и переменного;
- по типу встраиваемых расцепителей - максимального тока, минимального тока, минимального напряжения и т. п.;
- по номинальному току автомата;

- по номинальному току расцепителя;
 - по числу полюсов - однополюсные, двухполюсные, трехполюсные;
 - по исполнению корпуса - защищенные (от IP10 до IP44) и пылезащищенные (от IP50 до IP68).
- по способу монтажа – с креплением к ровной поверхности и для монтажа на DIN-рейку.

В состав автоматического выключателя входят:

корпус, коммутирующее устройство, дугогасительные камеры, механизм управления, механизм свободного расцепления и расцепитель.

Расцепитель является основной частью, обеспечивающей автоматическое срабатывание автомата. Наиболее часто используются расцепители максимального тока, срабатывающие при токе, превышающем ток уставки. В зависимости от типа расцепителя максимального тока автоматы выпускаются с электромагнитным, тепловым или комбинированным расцепителем (то есть с электромагнитным и тепловым).

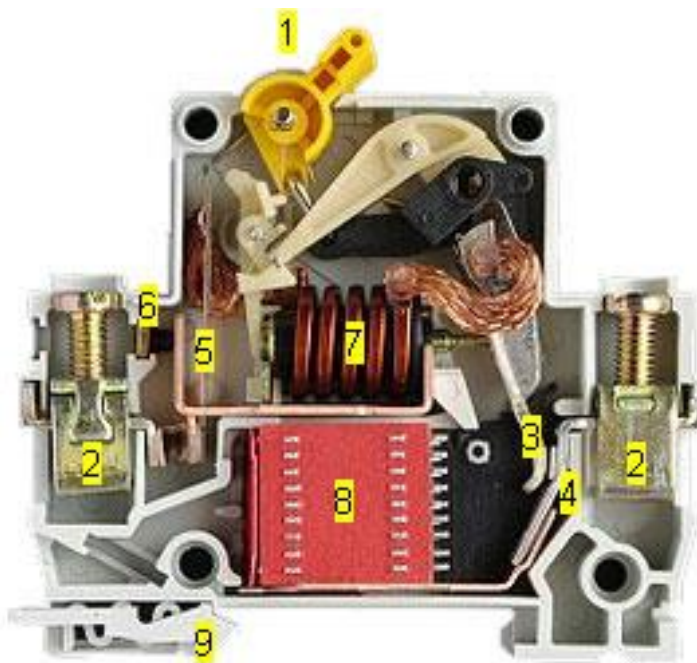


Рис. 5 Устройство автоматического выключателя

Автоматический выключатель для монтажа на DIN-рейку конструктивно выполнен в диэлектрическом корпусе. Включение-отключение производится рычагом (1 на рисунке), провода подсоединяются к винтовым клеммам (2). Защелка (9) фиксирует корпус выключателя на DIN-рейке и позволяет при необходимости легко его снять. Коммутацию цепи осуществляют подвижный (3) и неподвижный (4) контакты. Подвижный контакт пружинен, пружина обеспечивает усилие для быстрого расцепления контактов. Механизм расцепления приводится в действие одним из двух расцепителей: тепловым или магнитным.

Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластину (5), нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластинка изгибается и приводит в действие механизм расцепления. Время срабатывания зависит от тока (времятоковая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Настройка тока срабатывания производится в процессе изготовления регулировочным винтом (6). В отличие от плавкого предохранителя, автоматический выключатель готов к следующему использованию после остывания пластины.

Электромагнитный расцепитель представляет собой соленоид (7), подвижный сердечник которого также может приводить в действие механизм расцепления. Ток, проходящий через выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога. Электромагнитный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока. Таким образом, тепловой расцепитель автоматического выключателя обеспечивает защиту от перегрузок, а электромагнитный - от сверхтоков при коротком замыкании.

Во время расцепления контактов может возникнуть электрическая дуга, поэтому контакты имеют особую форму и находятся рядом с дугогасительной решёткой (8).

Согласно ГОСТ Р 50345-99, автоматические выключатели делятся на следующие типы по току мгновенного расцепления:

тип В: свыше $3 \cdot I_n$ до $5 \cdot I_n$ включительно (где I_n — номинальный ток);

тип С: свыше $5 \cdot I_n$ до $10 \cdot I_n$ включительно;

тип D: свыше $10 \cdot I_n$ до $20 \cdot I_n$ включительно.

Основные параметры автоматов:

1) номинальное напряжение $U_{н.а}$ - напряжение, на которое рассчитан автомат;

2) номинальный ток автомата $I_{н.а}$ - ток, на который рассчитаны токоведущие и контактные части автомата, равный наибольшему из номинальных токов расцепителя;

3) номинальный ток расцепителя $I_{н.тепл}$, $I_{н.эл.м}$ или $I_{н.комб}$ - наибольший ток, на который рассчитан расцепитель автомата для длительной работы и не вызывающий срабатывание расцепителя;

4) номинальный ток уставки теплового расцепителя $I_{н.уст.тепл}$ - ток, на который отрегулирован тепловой расцепитель и при котором расцепитель не срабатывает, например:

для автоматов с регулировкой тока уставки

$$I_{н.уст.тепл} = (0.6 - 1) I_{н.тепл} ; \quad (6)$$

без регулировки тока уставки для автоматов

$$I_{н.уст.тепл} = I_{н.тепл} \quad (7)$$

5) ток срабатывания расцепителя $I_{\text{ср.тепл}}$, $I_{\text{ср.эл.м}}$ - наименьший ток, при котором срабатывает расцепитель автомата, например:

для автоматов с электромагнитным или комбинированным расцепителем

$$I_{\text{ср.эл.м}} = (3 - 20) I_{\text{н.эл.м}} ; \quad (8)$$

для автоматов с тепловым расцепителем без регулировки тока уставки

$$I_{\text{ср.тепл}} = (1.25 - 1.4) I_{\text{н.тепл}} ; \quad (9)$$

для автоматов с тепловым расцепителем с регулировкой тока уставки

$$I_{\text{ср.тепл}} = (1.25 - 1.35) I_{\text{н.уст.тепл}} ; \quad (10)$$

б) предельный ток отключения автомата при данном напряжении $I_{\text{пр.а}}$ - наибольшее значение тока короткого замыкания сети, при котором гарантируется надежная работа автомата.

8.3 Тепловые реле

Тепловые реле обычно применяются для защиты электродвигателей с длительным режимом работы от опасного нагрева при длительных перегрузках.

Тепловое реле состоит из четырех основных элементов: нагревателя включаемого последовательно в защищаемую от перегрузки сеть; биметаллической пластинки из двух спрессованных металлических пластин с различными коэффициентами линейного расширения; системы рычагов и пружин; контактов. Когда через нагревательный элемент проходит ток, превышающий номинальный ток электродвигателя, выделяется такое количество тепла, что незакрепленный конец биметаллической пластинки изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения (т.е. опускается) и выводит защелку из зацепления. В этот момент под действием пружины верхний конец рычага поднимается, размыкает контакты, разрывает цепь управления магнитного пускателя.

В тепловых реле, встраиваемых в магнитные пускатели, нагревание биметаллического элемента происходит от тока в самом биметаллическом элементе (расцепитель с непосредственным нагревом) или в специальном нагревательном элементе (расцепитель с косвенным нагревом), или комбинированно, т.е. в том и другом элементе (расцепитель со смешанным нагревом).

Тепловые реле используют обычно и для защиты электродвигателя от работы на двух фазах. В этих случаях применяют два одноэлементных

тепловых реле или одно двухэлементное. Тепловые реле имеют следующие параметры.

Основные параметры тепловых реле:

1) номинальное напряжение реле $U_{н.р}$ - наибольшее из номинальных напряжений сетей, в которых допускается применять данное реле;

2) номинальный ток реле $I_{н.р}$ - наибольший длительный ток, который не вызывает срабатывания реле;

3) номинальный ток нагревателя $I_{н.нагр}$ - наибольший длительный ток, при котором реле с данным нагревателем не срабатывает (для реле со сменными нагревателями);

4) номинальный ток уставки реле (для реле с регулятором) $I_{н.уст.р}$ - наибольший длительный ток, который при данной настройке реле не вызывает срабатывания, обычно

$$I_{н.уст.р} = (0,6-1) I_{н.р(н.нагр)} ; \quad (11)$$

5) ток срабатывания теплового реле $I_{ср.р}$ - наименьший ток, при котором срабатывает тепловое реле, обычно

$$I_{ср.р} = (1,2-1,3) I_{н.р(н.нагр)}. \quad (12)$$

Для реле с регулятором значения $I_{н.р}$ и $I_{н.нагр}$ соответствуют нулевому (среднему) положению поводка регулятора (току нулевой уставки). Для реле со сменными нагревателями номинальный ток реле равен наибольшему из номинальных токов нагревателей, которые могут быть установлены в данном реле.

8.4 Устройства защитного отключения (УЗО)

К числу эффективных средств электрозащиты относятся устройства защитного отключения (УЗО), которые используются в электроустановках и предназначены для их автоматического отключения при однофазном (однополюсном) прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимом для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), имеющего значения, превышающие заданные.

Устройство защитного отключения (УЗО) - быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

Заземление и зануление, предназначенные для защиты от поражения электрическим током, непосредственно не отключают поврежденный участок сети, а только способствуют отведению тока от человека, причем последнее в ряде случаев не обеспечивает безопасность и зависит от множества случайных факторов. Автоматические выключатели и предохранители, предназначенные

для защиты электрических сетей, реагируют только на очень большие токи, особенно в части отключения токов коротких замыканий.

В отличие от автоматических выключателей и предохранителей УЗО являются высокочувствительными устройствами, реагирующими на весьма малые значения токов утечки на землю, которые возникают при нарушении изоляции электропроводов и электроприборов. Пожарная опасность токов утечки лишь в несколько десятков или сотен миллиампер обусловлена их саморазвитием, приводящим к нагреву изоляции, ее возгоранию и к коротким замыканиям. Поэтому УЗО не только предотвращают загорания и пожары, вызванные токами утечки, включая развивающиеся короткие замыкания, но и, обладая высоким быстродействием, значительно снижают вероятность смертельных случаев при электропоражениях людей.

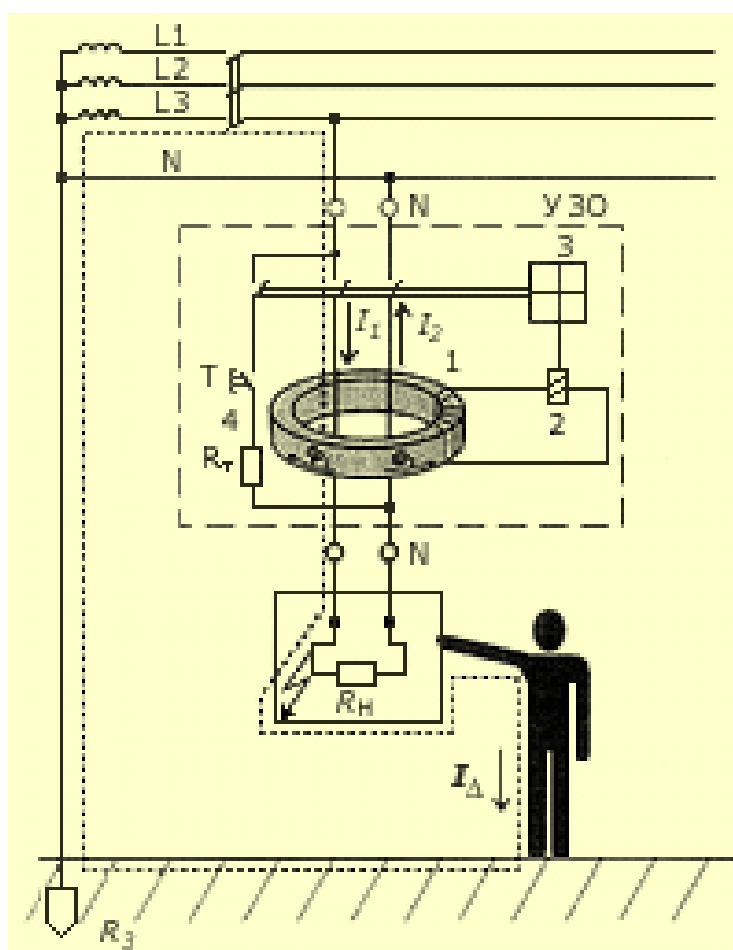


Рис.6 Структурная схема УЗО

1 - трансформатор тока; 2 - пороговый элемент; 3 - исполнительный механизм; 4 - цепь тестирования

В настоящее время в качестве датчика дифференциального тока используется трансформатор тока, в первичную обмотку которого включается фазный и нулевой провод, а вторичная обмотка выполнена стандартным образом. Пороговый элемент выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле или электронных компонентах.

Исполнительный механизм включает в себя сильноточную контактную группу с механизмом привода.

Цепь тестирования, искусственно создающая дифференциальный ток, предназначена для осуществления периодического контроля исправности устройства в целом путем нажатия кнопки «ТЕСТ».

Принцип работы УЗО в нормальном режиме. При протекании рабочего тока нагрузки и при отсутствии дифференциального (разностного) тока – тока утечки (I_{Δ}), токи в прямом и обратном проводниках, образующих встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока УЗО (1), равны по модулю ($I_1=I_2$) и наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но противоположно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , в результате чего ток во вторичной обмотке равен нулю и не вызывает срабатывания порогового элемента блока управления (2).

Принцип действия УЗО при аварийном режиме. При возникновении дифференциального тока, вызванного нарушением изоляции или прямым прикосновением человека, – баланс токов, а следовательно и магнитных потоков, нарушается и во вторичной обмотке появляется трансформированный дифференциальный ток (ток небаланса), который вызывает срабатывание порогового элемента, воздействующего на исполнительный механизм (3). Исполнительный механизм воздействует на привод контактной группы и защищаемая цепь обесточивается.

Основные параметры УЗО:

1) номинальное напряжение (U_n) – действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО; $U_n = 220; 380$ В;

2) номинальный ток нагрузки (I_n) – значение тока, которое УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы; $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80$ А;

3) номинальный отключающий дифференциальный ток ($I_{\Delta n}$) – значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации; $I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5$ А;

4) номинальный неотключающий дифференциальный ток ($I_{\Delta no}$) – значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации; $I_{\Delta no} = 0,5I_{\Delta n}$;

5) предельное значение неотключающего сверхтока (I_{nm}) – минимальное значение неотключающего сверхтока при симметричной нагрузке двух и четырехполюсных УЗО или несимметричной нагрузке четырехполюсных УЗО; $I_{nm} = 6I_n$. Сверхток – любой ток, который превышает номинальный ток нагрузки;

6) номинальная включающая и отключающая способность (коммутационная способность) (I_m) – действующее значение ожидаемого тока, который УЗО способно включить, пропускать в течение своего времени размыкания и отключить при заданных условиях эксплуатации без нарушения его работоспособности; $I_m = 10I_n$ или 500 А (выбирается большее значение);

7) номинальная включающая и отключающая способность по дифференциальному току ($I_{\Delta n}$) – действующее значение ожидаемого дифференциального тока, которое УЗО способно включить, пропускать в течение своего времени размыкания и отключить при заданных условиях эксплуатации без нарушения его работоспособности; $I_{\Delta n} = 10I_n$ или 500 А (выбирается большее значение);

8) номинальный условный ток короткого замыкания (ток термической стойкости) (I_{nc}) – действующее значение ожидаемого тока, которое способно выдержать УЗО, защищаемое устройством защиты от коротких замыканий – плавкой вставкой с номинальным током, равным току нагрузки УЗО; $I_{nc} = 3000; 6000; 10000$ А;

9) номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания ($I_{\Delta c}$) – действующее значение ожидаемого дифференциального тока, которое способно выдержать УЗО, защищаемое устройством защиты от коротких замыканий при заданных условиях эксплуатации без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность; $I_{\Delta c} = 3000; 6000; 10000$ А;

10) номинальное время отключения (T_n) – промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом выполнения функции данного устройства до полного гашения дуги. Стандартные значения максимально допустимого времени отключения при любом рабочем токе нагрузки и заданных нормами значениях дифференциального тока утечки не должны превышать приведенных в таблице 19.

Таблица 19

Стандартные значения времени отключения

Время отключения (T_n), сек			
$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
0,3	0,15	0,04	0,04

В настоящее время применение УЗО регламентировано ПУЭ 7-го издания (п.6.1.48, 6.1.49, 7.1.48, 7.1.71 – 7.1.88).

В ванных комнатах квартир и номеров гостиниц допускается установка штепсельных розеток в зоне 3 по ГОСТ Р 50571.11-96, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы или защищенных устройством защитного отключения, реагирующим на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА.

Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов, рекомендуется предусматривать устройства защитного отключения (УЗО).

Если устройство защиты от сверхтока (автоматический выключатель, предохранитель) не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 с при номинальном напряжении 220 В из-за низких значений токов короткого

замыкания и установка (квартира) не охвачена системой уравнивания потенциалов, установка УЗО является обязательной.

В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

Во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

Рекомендуется использовать УЗО, представляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока.

Не допускается использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту.

В жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50% номинального.

В зданиях могут применяться УЗО типа "А", реагирующие как на переменные, так и на пульсирующие токи повреждений, или "АС", реагирующие только на переменные токи утечки.

Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

В групповых сетях, питающих штепсельные розетки, следует применять УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА.

Установка УЗО в линиях, питающих стационарное оборудование и светильники, а также в общих осветительных сетях, как правило, не требуется.

В жилых зданиях УЗО рекомендуется устанавливать на квартирных щитках, допускается их установка на этажных щитках.

Установка УЗО запрещается для электроприемников, отключение которых может привести к ситуациям, опасным для потребителей (отключению пожарной сигнализации и т.п.).

Обязательной является установка УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, например в зоне 3 ванных и душевых помещений квартир и номеров гостиниц.

Суммарный ток утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить 1/3 номинального тока УЗО. При отсутствии данных ток утечки электроприемников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети - из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока недостаточна для срабатывания

максимальной токовой защиты, на вводе в квартиру, индивидуальный дом и т.п. рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА.

Если УЗО предназначено для защиты от поражения электрическим током и возгорания или только для защиты от возгорания, то оно должно отключать как фазный, так и нулевой рабочие проводники, защита от сверхтока в нулевом рабочем проводнике не требуется.

9 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

9.1 Защита плавкими предохранителями

Номинальный ток плавкой вставки

$$I_{н.вст} \geq I_p , \quad (13)$$

При необходимости защиты сети от перегрузки проверить выполнение условий

- во взрывоопасных зонах

$$I_{н.вст} \leq 0,8I_{\text{дл}} \quad (14)$$

- в остальных случаях

$$I_{н.вст} \leq I_{\text{дл}} \quad (15)$$

При защите электродвигателей должно также удовлетворяться условие

$$I_{н.вст} \geq \frac{I_n}{\alpha} , \quad (16)$$

где I_n - пусковой ток электродвигателя, А; α – коэффициент, зависящий от условий пуска электродвигателей: для двигателей с легкими условиями пуска $\alpha = 2,5$, для двигателей с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски) $\alpha = 2,0 - 1,6$.

Пусковой ток рассчитывается по формуле

$$I_n = k_n \cdot I_n , \quad (17)$$

де k_n - коэффициент кратности пускового тока (определяют по

справочникам и паспортным данным двигателей; $k_n = 5 - 8$, при отсутствии данных принимают $k_n = 5$).

9.2 Защита автоматическими выключателями и тепловыми реле магнитных пускателей

Номинальные токи расцепителей автоматов (тепловых реле магнитных пускателей)

$$\left. \begin{array}{l} I_{н.эл.м} \\ I_{н.тепл} \\ I_{н.р} \end{array} \right\} \geq I_p , \quad (18)$$

где $I_{н.эл.м}$ - номинальный ток электромагнитного расцепителя; $I_{н.тепл}$ - номинальный ток теплового расцепителя; $I_{н.р}$ - номинальный ток теплового реле.

Также параметры автоматов проверяются на отсутствие ложных срабатываний

$$I_{ср.эл.м} \geq 1,25 \cdot I_n , \quad (19)$$

$$I_{ср.тепл} \geq 1,25 \cdot I_n , \quad (20)$$

где $I_{ср.эл.м}$, $I_{ср.тепл}$ - токи срабатывания электромагнитного и теплового расцепителей.

9.3 Проверка надежности отключения аппаратами защиты токов короткого замыкания

Надежность отключения *плавкими предохранителями* аварийного участка при коротком замыкании *в конце защищаемой линии* будет обеспечена, если выполняются следующие условия

- во взрывоопасных зонах

$$\frac{I_{кз(к)}(1)}{I_{н.вст}} \geq 4 ; \quad (21)$$

- в остальных случаях

$$\frac{I_{кз(к)(1)}}{I_{н.вст}} \geq 3 \quad (22)$$

Надежность отключения **автоматическими выключателями** аварийного участка при коротком замыкании **в конце защищаемой линии** будет обеспечена, если выполняются следующие условия

- во взрывоопасных зонах

$$\frac{I_{кз(к)(1)}}{I_{ср.эл.м}} \geq 1,25 - 1,4 , \quad (23)$$

1,4 – при номинальном токе автомата $I_{н.а} \leq 100$ А;

1,25 - при номинальном токе автомата $I_{н.а} > 100$ А.

$$\frac{I_{кз(к)(1)}}{I_{н.тепл}} \geq 6 \quad (24)$$

- в остальных случаях

$$\frac{I_{кз(к)(1)}}{I_{ср.эл.м}} \geq 1,25 - 1,4 ;$$

$$\frac{I_{кз(к)(1)}}{I_{н.тепл}} \geq 3 . \quad (25)$$

В формулах (21) – (25) $I_{кз(к)(1)}$ - ток однофазного короткого замыкания в конце защищаемого участка.

$$I_{кз(к)(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_{(\phi-o)}} , \quad (26)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети, В ; $Z_{(\phi-o)}$ - полное сопротивление цепи тока КЗ для петли «фаза – нуль».

Значение $Z_{(\phi-o)}$ определяется по формуле

$$Z_{(\phi-o)} = \sqrt{(\sum r_{\phi} + \sum r_{\delta} + \sum r_0)^2 + (\sum x_{\phi} + \sum x_0)^2} + z_{T(1)} \quad (27)$$

где r_{ϕ} , x_{ϕ} - активное и индуктивное сопротивление фазного провода, Ом; r_0 , x_0 - активное и индуктивное сопротивление нулевого проводника, Ом; r_{δ} - добавочное активное сопротивление переходных контактов, Ом; $z_{T(1)}$ - расчетное полное сопротивление трансформатора току КЗ на корпус, Ом.

Активное сопротивление проводника, Ом

$$r = \rho \cdot \frac{l}{S}, \quad (28)$$

где ρ - удельное активное сопротивление материала проводника, Ом · мм²/км ($\rho = 19$ Ом · мм²/км для меди, $\rho = 32$ Ом · мм²/км для алюминия); l - длина проводника, км; S - сечение проводника, мм².

Индуктивное сопротивление проводника, Ом

$$x = a \cdot l, \quad (29)$$

где a - среднее значение индуктивного сопротивления проводника, Ом/км ($a = 0,07$ для кабелей, $a = 0,09$ для проводов, проложенных в трубе, $a = 0,25$ для проводов, проложенных на роликах или изоляторах, $a = 0,3$ для воздушных ЛЭП низкого напряжения).

Добавочное активное сопротивление переходных контактов r_{δ} имеет следующие значения: 0,015 Ом - для распределительных щитов на подстанциях; 0,02 Ом - для первичных цеховых распределительных пунктов (РП); 0,025 Ом - для вторичных цеховых РП, питаемых от первичных; 0,03 Ом - для пускателей, установленных непосредственно у электродвигателей, питаемых от вторичных РП.

Значения расчетного полного сопротивления трансформатора току КЗ на корпус $z_{T(1)}$ приведены в Приложении 4.

Надежность отключения **плавкими предохранителями** аварийного участка при коротком замыкании **в начале защищаемой линии** будет обеспечена, если выполняется условие

$$I_{np.np} \geq I_{кз(н)}, \quad (30)$$

где $I_{np.np}$ - предельный ток отключения предохранителя, А (Приложение 1).

Надежность отключения *автоматическими выключателями* аварийного участка при коротком замыкании *в начале защищаемой линии* будет обеспечена, если выполняется условие

$$I_{np.a} \geq I_{кз(н)}, \quad (31)$$

где $I_{np.a}$ - предельный ток отключения автомата (Приложение 2).

Ток трехфазного короткого замыкания в начале защищаемого участка

$$I_{кз(н)(3)} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\phi}}, \quad (32)$$

где Z_{ϕ} - полное сопротивление фазы, Ом.

Полное сопротивление фазы определяется по формуле

$$Z_{\phi} = \sqrt{\left(\sum r_{\phi} + \sum r_{\partial} + r_T\right)^2 + \left(\sum X_{\phi} + X_T\right)^2}, \quad (33)$$

где r_T и x_T – активное и индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

Активное сопротивление трансформатора

$$r_T = \frac{c}{S_T}, \quad (34)$$

где S_T - мощность трансформатора, кВА ; c – коэффициент ($c = 4$ для $S_T = 60$ кВА; $c = 3,5$ для $S_T \leq 180$ кВА; $c = 2,5$ для $S_T \leq 1000$ кВА; $c = 2,2$ для $S_T \leq 1800$ кВА).

Индуктивное сопротивление трансформатора

$$X_T = d \cdot r_T, \quad (33)$$

где d – коэффициент ($d = 2$ для $S_T \leq 180$ кВА; $d = 3$ для $S_T \leq 1000$ кВА; $d = 4$ для $S_T \leq 1800$ кВА).

10 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ

10.1 Общие сведения о заземлении и занулении

Электроустановки напряжением до 1 кВ в отношении мер электробезопасности разделяются на:

электроустановки в сетях с глухозаземленной нейтралью;

электроустановки в сетях с изолированной нейтралью.

Глухозаземленная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока.

Изолированная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественный заземлитель - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности. Цель защитного заземления – создание параллельно телу человека пути для тока и снижение потенциала электроустановки по отношению к земле до безопасной величины.

Рабочее заземление - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Заземление и зануление являются основными мероприятиями для защиты человека от поражения электрическим током при прикосновении к электрооборудованию, оказавшемся под напряжением в результате аварии.

Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью.

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

10.2 Системы заземления

Согласно п.1.7.3 ПУЭ для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения проводников:

N - нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

PE - защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

PEN - совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводники.

Классификация систем заземления

Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:

система *TN* - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

система *TN-C* - система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении);

система *TN-S* - система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 2);

система *TN-C-S* - система *TN*, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания (рис. 1.3);

система *IT* - система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое

сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (рис. 4);

система TT - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника (рис. 5).

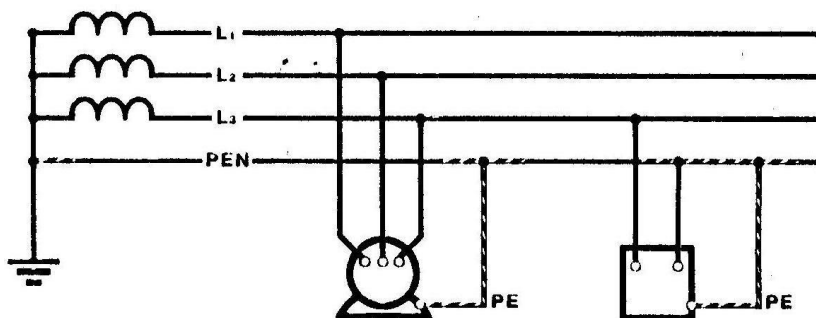


Рис. 7. Система $TN-C$ переменного тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике:

1 - заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания;
2 - открытые проводящие части

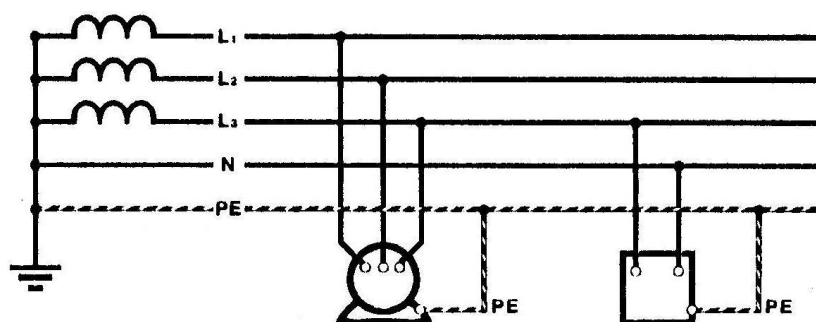


Рис.8. Система $TN-S$ переменного тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены:

1 - заземлитель нейтрали источника переменного тока; вывода источника постоянного тока;
2 - открытые проводящие части;

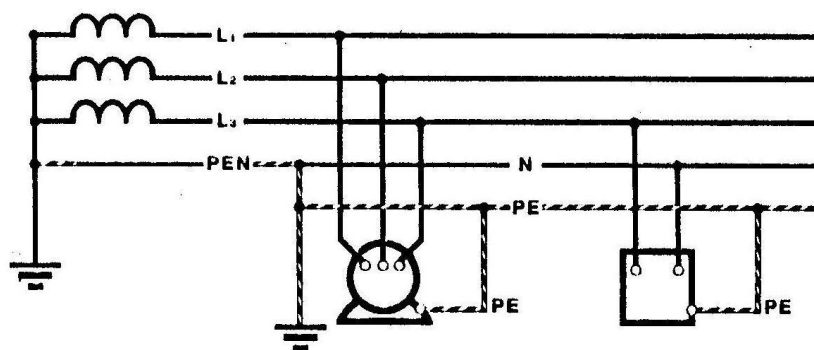


Рис. 9. Система $TN-C-S$ переменного тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике в части системы

Согласно п.1.7.103 ПУЭ, общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений PEN-проводника каждой ВЛ в любое время года должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

10.3 Расчет заземления

При расчете искусственного заземлителя необходимо проверить выполнение условия

$$r_{иск} \leq r_3, \quad (34)$$

где $r_{иск}$ - сопротивление искусственного заземлителя, Ом; r_3 - сопротивление заземлителя согласно п.1.7.103 ПУЭ.

Проводимость искусственного заземлителя

$$\frac{1}{r_{иск}} = \frac{1}{r_в} + \frac{1}{r_г}, \quad (35)$$

где $r_в$ - сопротивление вертикальных заземлителей, Ом; $r_г$ - сопротивление горизонтальных заземлителей, Ом.

Отсюда сопротивление искусственного заземлителя, Ом

$$r_{иск} = \frac{r_в \cdot r_г}{r_в + r_г} \quad (36)$$

Сопротивление одиночного цилиндрического электрода

$$r_{об} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (37)$$

где $\rho_{расч}$ - расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м; l – длина трубы или стержня, м; d - диаметр трубы или стержня, м; t – глубина заложения (расстояние от поверхности земли до середины электрода, м).

Расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot k , \quad (38)$$

где $\rho_{изм}$ - измеренное удельное сопротивление грунта в месте измерения, Ом· м; k – повышающий коэффициент.

Если вертикальный электрод выполнен из стального уголка, то в формуле (37) вместо диаметра d проставляется $0,95b$, где b – ширина полки уголка, м.

Сопротивление горизонтального заземлителя, выполненного из полосовой стали, Ом

$$r_{он} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l} \lg \frac{2l^2}{bt} , \quad (39)$$

где l – длина полосы, м; b – ширина полосы, м; t – расстояние от поверхности земли до полосы, м.

Сопротивление горизонтального заземлителя, выполненного из круглой стали, Ом

$$r_{ок} = 0,366 \frac{\rho_{расч}}{l} \lg \frac{l^2}{dt} , \quad (40)$$

где d - диаметр круглой стали, м.

Обычно конструкция заземлителей состоит из нескольких вертикальных электродов, соединенных горизонтальной полосой, В этом случае возникает явление экранирования электродов, которое учитывается при расчете заземлителей.

Сопротивление вертикальных электродов с учетом экранирования, Ом

$$r_{\epsilon} = \frac{r_{ов}}{n \cdot \eta_{\epsilon}} , \quad (41)$$

где n - количество вертикальных электродов; η_{ϵ} - коэффициент использования вертикальных заземлителей (Приложение 5).

Сопротивление горизонтальной соединительной полосы с учетом экранирования, Ом

$$r_{ГП} = \frac{r_{оп}}{\eta_r}, \quad (42)$$

где η_r - коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы (Приложение 5).

Тогда формула (36) примет вид

$$r_{иск} = \frac{r_в \cdot r_{ГП}}{r_в + r_{ГП}} \quad (43)$$

11 МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

11.1 Классификация защищаемых объектов

Молниезащита – комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение его опасных последствий, а также средства защиты от вторичных воздействий молнии.

Основной нормативный документ по выполнению молниезащиты – «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87.

В 2003 году Министерством энергетики Российской Федерации был утвержден новый нормативный документ - «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003. В данном документе отсутствуют дополнительные пояснения и рекомендации, что в существенной степени затрудняет его использование при конкретном проектировании устройств молниезащиты. Не разработано справочное пособие для облегчения пользования новой редакцией инструкции. Нет и документа, устанавливающего необходимый уровень надежности защиты от прямых ударов молнии для указанных в инструкции проектируемых объектов. Приказ Минэнерго не содержит указания об отмене предыдущей редакции инструкции. Поэтому, согласно разъяснений Ростехнадзора, проектные организации вправе выполнять молниезащиту на основании положений предыдущей редакции инструкции до подготовки и утверждения соответствующего технического документа.

Согласно РД 34.21.122-87 необходимость выполнения молниезащиты и ее категория определяется:

- 1) назначением зданий и сооружений;
- 2) среднегодовой продолжительностью гроз в месте нахождения здания или сооружения;
- 3) ожидаемым количеством поражений его молнией в год.

В зависимости от назначения здания и сооружения делятся на три категории по выполнению молниезащиты.

К **I категории** отнесены производственные здания или их части с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II.

Во **II категорию** попадают производственные здания и сооружения с взрывоопасными зонами классов В-Ia, В-Iб, В-IIa, а также наружные установки с зонами класса В-Iг. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или срабатыванием дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках.

К **III категории** отнесены объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде. Сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости. Кроме того, к III категории отнесены объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных: большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов. Также к III категории отнесены мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции.

При определении категории молниезащиты зданий и сооружений и выборе устройств молниезащиты объектов необходимо учитывать интенсивность грозовой деятельности в данном районе. Она характеризуется среднегодовой продолжительностью гроз. Карта, на которой нанесены линии средней годовой продолжительности гроз на территории бывшего СССР, приведена в РД 34.21.122-87.

Со среднегодовой продолжительностью гроз связан второй показатель интенсивности грозовой деятельности – удельная плотность ударов молнии в землю.

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю n , 1/(км ² ·год)
10 — 20	1
20 — 40	2
40 — 60	4
60 — 80	5,5
80 — 100	7
100 и более	8,5

Используя значение n , можно определить ожидаемое число ударов молнии в год N в здание или сооружение.

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам:

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N = 9\pi h^2 n \cdot 10^{-6}; \quad (44)$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2] n \cdot 10^{-6}, \quad (45)$$

где h — наибольшая высота здания или сооружения, м; S , L — соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; n — среднегодовое число ударов молнии в 1 км земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

11.2 Основные элементы молниезащиты

Средством защиты от прямых ударов молнии является молниеотвод.

Молниеотводом называется устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

Зоной защиты молниеотвода называется пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения.

Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5% и выше, а типа Б — 95% и выше.

Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

В общем случае в состав молниеотвода входят:

- 1) опора;
- 2) молниеприемник, непосредственно воспринимающий удар молнии;
- 3) токоотвод, по которому ток молнии передается в землю;
- 4) заземлитель, обеспечивающий растекание тока молнии в земле.

В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например при использовании в качестве молниеотвода металлических труб или ферм.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на следующие виды:

- 1) стержневые (вертикальные);
- 2) тросовые (протяженные) — с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах;

3) сетки — многократные горизонтальные молниеприемники, пересекающиеся под прямым углом и укладываемые на защищаемое здание.

Молниеотводы могут быть одиночными и двойными (многократными).

Одиночный молниеотвод — это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.

Двойной (многократный) молниеотвод — это два (или более) стержневых или тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.

Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие так и установленные на объекте. Отдельно стоящие молниеотводы обеспечивают растекание тока молнии минуя объект. При установке молниеотвода на самом объекте растекание тока происходит по контролируемым путям с целью недопущения поражения током молнии людей и животных. При этом от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть обеспечено не менее двух токоотводов.

Молниеприемная сетка может быть использована на неметаллических кровлях при уклоне не более 1:8. Она укладывается на кровлю сверху или под несгораемые или трудносгораемые утеплитель или гидроизоляцию.

Выполняется из стальной проволоки диаметром $d \geq 6$ мм. Шаг ячеек сетки должен быть не более 6х6 м (молниезащита II категории) или 12х12 м (молниезащита III категории)

Узлы сетки должны быть соединены сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы — оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке.

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника должна использоваться сама кровля. При этом все выступающие неметаллические элементы должны быть оборудованы молниеприемниками, присоединенными к металлу кровли,

Токоотводы от металлической кровли или молниеприемной сетки должны быть проложены к заземлителям не реже чем через 25 м по периметру здания.

Опоры отдельно стоящих молниеотводов выполняют из стали любой марки, железобетона или дерева.

Стержневые молниеприемники выполняют из стали сечением не менее $S \geq 100$ мм² и длиной не менее $l \geq 200$ мм. Тросовые молниеприемники выполняют из стальных многопроволочных канатов сечением не менее $S \geq 35$ мм².

Токоотводы для соединения молниеприемников с заземлителями, выполняют из круглой стали диаметром $d \geq 6$ мм или полосы сечением $S \geq 48$ мм² и толщиной $h \geq 4$ мм.

Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при

недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

Заземлители молниезащиты делятся на естественные и искусственные.

Естественные заземлители — заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений (то есть фундаменты, подножки и стойки опор и т.д.).

Искусственные заземлители — специально проложенные в земле контуры из полосовой ($S \geq 100 \text{ мм}^2$, $h \geq 4 \text{ мм}$) или круглой ($d \geq 6 \text{ мм}$) стали, а также сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

11.3 Зоны защиты молниеотводов

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x .

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150 \text{ м}$ имеют следующие габаритные размеры.

Зона типа А

$$h_0 = 0,85 h, \quad (46)$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 h) h, \quad (47)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right). \quad (48)$$

Зона типа Б

$$h_0 = 0,92 h, \quad (49)$$

$$r_0 = 1,5 h, \quad (50)$$

$$r_x = 1,5 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right). \quad (51)$$

Для зоны типа Б при известных величинах h_x и r_x

$$h = \frac{r_x + 1,63 h_x}{1,5}. \quad (52)$$

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м приведена на рис.2, где h - высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением $35-50 \text{ мм}^2$ при известной высоте опор $h_{\text{оп}}$ и длине пролета a высота троса (в метрах) определяется

$$h = h_{\text{оп}} - 2 \quad \text{при } a < 120 \text{ м}; \quad (53)$$

$$h = h_{\text{оп}} - 3 \quad \text{при } 120 < a < 150 \text{ м}. \quad (54)$$

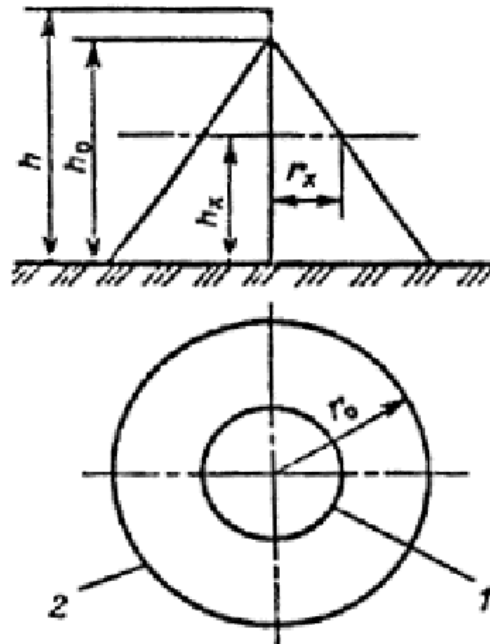


Рис.10 Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:
1- граница зоны защиты на уровне h_x , 2 -то же на уровне земли

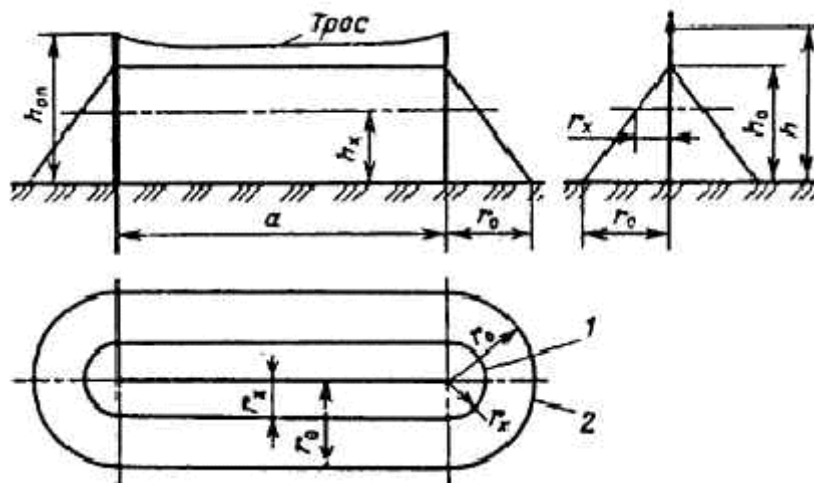


Рис. 11 Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габариты.

Зона типа А

$$h_o = 0,85 h, \quad (55)$$

$$r_o = (1,35 - 0,0025 h) h, \quad (56)$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025 h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right). \quad (57)$$

Зона типа Б

$$h_o = 0,92 h, \quad (58)$$

$$r_o = 1,7 h, \quad (59)$$

$$r_x = 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right). \quad (60)$$

Для зоны типа Б при известных h_x и r_x высота молниеотвода равна

$$h = \frac{r_x + 1,85 h_x}{1,7} \quad (61)$$

12 ЗАЩИТА ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ РАЗРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

12.1 Основные сведения о статическом электричестве

Под статическим электричеством понимают электрические заряды, находящиеся в состоянии относительного покоя, распределенные на поверхности или в объеме диэлектрика или на поверхности изолированного проводника.

Статическое электричество возникает при трении или ударах диэлектриков друг о друга или диэлектрика о проводник, при разрыве диэлектрика. К электризации склонны диэлектрики с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon \leq 10$, однако некоторые диэлектрики с $\varepsilon > 10$ при определенных условиях, например повышении температуры, склонны к электризации.

Одной из гипотез, объясняющих возникновение статического электричества, является гипотеза о контактной электризации материалов. Согласно этой гипотезе, электризация возникает при соприкосновении двух разнородных веществ, обладающих различными атомными и молекулярными силами

притяжения на поверхности соприкосновения. При этом происходит перераспределение электронов или ионов веществ, образующее двойной электрический слой с зарядами противоположных знаков.

Контактная разность потенциалов различна и зависит от диэлектрических свойств соприкасающихся материалов, их физического состояния величины давления поверхностей друг на друга, а также от влажности, температуры поверхности и окружающей среды. При разделении поверхностей с возникшей контактной электризацией каждая из них сохраняет свой заряд, а контактная разность потенциалов по мере уменьшения емкости поверхностями может достигнуть десятков и сотен киловольт.

Токи при статической электризации составляют обычно несколько микроампер и даже меньше. Так, при протекании к цистернам бензина по трубопроводу был измерен ток от 1 до 10 мкА и этот ток оказался прямо пропорционален скорости течения бензина.

В ряде технологических процессов потенциал относительно земли (или проводящих металлических тел, связанных с землей) достигает значительных величин:

в производствах, связанных с размолом, тонким дроблением	10-15 кВ;
при разбрызгивании красок	10 кВ;
при движении транспортной ленты ($v = 4$ м/с)	45 кВ;
при фильтрации смеси бензина с асфальтом через шелк	335 кВ.

Статическое электричество может накапливаться и на людях (обувь с не проводящими электричество подошвами, одежда и белье из шерсти, шелка и искусственного волокна) при движении по токонепроводящему полу, и выполнении ручных операций с диэлектриками. Потенциал изолированного от земли тела человека может превышать 7 кВ. Иногда (в зависимости от вида полимера и интенсивности трения частей костюма) этот потенциал может достигать 14–45 кВ.

Статическое электричество возникает в следующих процессах:

- при транспортировке, сливе и наливке ЛВЖ и ГЖ;
- при производстве пластмасс (полистирола, полиэтилена, фторопласта и т.д.);
- при движении газа в воздуховодах (особенно если в газе имеются твердые взвешенные частицы);
- при движении диэлектрической жидкости по трубопроводам;
- при пневмотранспортировке;
- при работе конвейеров и транспортеров;
- при работе ременных трансмиссионных передач;
- при работе клеемешалок (их внутренняя поверхность покрыта клеем, что не дает возможность стекать зарядам через заземленный корпус);
- при работе ткацких и прядильных станков (движение нити по металлической поверхности);
- при движении бумаги – в типографии, светокопии, бумагоделательных машинах;

- при работе с промывочными жидкостями – ополаскивании, отжиме обтирочного материала.

Таким образом, статическое электричество образуется при трении двух диэлектриков друг о друга или диэлектрика о металл.

В пожаро- и взрывоопасных производствах реальную опасность представляет «контактная» электризация людей, работающих с движущимися диэлектрическими материалами (при прорезинивании тканей, обрезинивании кордов на каландрах, обработке синтетических тканей и нитей, полимерных пленок).

12.2 Пожарная опасность статического электричества

Статическое электричество часто является причиной пожаров и взрывов. Пожарная опасность статического электричества проявляется в случае возникновения разряда в горючей среде.

Реальная воспламеняющая способность электрической искры зависит от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси. Условием воспламенения (взрыва) такой смеси от искры статического электричества является следующее:

$$W \geq W_{\min}, \quad (62)$$

где W – энергия разряда, который может возникнуть внутри объекта или с его поверхности, Дж; W_{\min} - минимальная энергия зажигания, Дж.

Ниже приводятся значения минимальных энергий зажигания (мДж) для некоторых газо-, паро- и пылевоздушных смесей:

ацетилен	0,11
ацетон	0,25
бензол	0,2
водород	0,011
сероуглерод	0,009
этиловый спирт	0,14
алюминий	20
магний	15
уголь	40
древесная мука	20

Разряды статического электричества не в состоянии воспламенить смеси с минимальной энергией воспламенения 100 мДж и выше.

На человеке накапливается статическое электричество, которое при соприкосновении его с заземленным предметом вызывает искры и воспламенение смеси. Энергия разряда этой искры может составлять 2,5-7,5 мДж. Кроме того, такое электричество оказывает неприятное физиологическое воздействие на человека, вызывая слабые, умеренные или сильные уколы или удары, зависящие от энергии разряда. Сила тока при этом незначительна, поэтому такие разряды непосредственную опасность для человека не представляют.

Пожарная опасность статического электричества рассмотрена в ГОСТ 12.1.018-86 «Пожарная безопасность. Электростатическая искробезопасность». Согласно этому документу, электростатическая искробезопасность должна обеспечиваться за счет создания условий, предупреждающих возникновение зарядов статического электричества, способных стать источником зажигания объектов защиты.

Чувствительность объекта защиты к зажигающему воздействию разрядов статического электричества определяется минимальной энергией зажигания веществ и материалов W_{\min} .

Электростатическая искробезопасность объекта защиты достигается при условии выполнения соотношения

$$W \leq k \cdot W_{\min} , \quad (63)$$

где k – коэффициент безопасности (выбирается по ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010) или принимаемый равным 0,4.

Возможность пожаров и взрывов вследствие разрядов статического электричества возникает при следующих условиях:

наличие источников статических зарядов;
накопление значительных зарядов на контактирующих поверхностях;
достаточная разность потенциалов для электрического пробоя среды;
энергия искры разрядов достаточна для зажигания горючей смеси;
горючая смесь имеет концентрацию, при которой возможно ее зажигание искровыми разрядами.

Отсутствие любого из этих условий исключает опасность статического электричества.

12.3 Способы устранения опасности статического электричества

Все способы борьбы со статическим электричеством могут быть условно разделены на две группы.

1 группа - способы, предотвращающие или резко сокращающие накопление зарядов статического электричества.

К этой группе относятся:

- 1) заземление;
- 2) увеличение поверхностной электропроводности диэлектрика:

- увлажнением воздуха;
- химической обработкой поверхностей;
- применением электропроводных покрытий;
- применением антистатических веществ;
- применением электропроводящих накопителей;

3) подбор контактных пар;

4) замена диэлектриков проводниками;

5) снижение скорости технологического процесса;

6) увеличение электрической емкости системы;

7) корректировка технологических операций;

8) проведение технологических операций в средах, в которых разряд статического электричества не представляет опасности.

2 группа – способы, устраняющие или нейтрализующие уже возбужденные заряды.

К этой группе относится ионизация воздуха, которая достигается:

1) применением электрических полей с высокой напряженностью;

2) применением радиоактивных нейтрализаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ)/Минэнерго СССР.- 6-е изд., перераб.и доп.- Красноярск: Энергоатомиздат, 1998.-648 с.
2. ГОСТ Р 51330.11 – 99 (МЭК 60079-12-78). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.
3. ГОСТ Р 51330.5 – 99 (МЭК 600-4-75). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения. Приложение В. Классификация взрывоопасных смесей газов и паров по температуре самовоспламенения.
4. ГОСТ 14254 – 96 (МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP).
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008.
6. ГОСТ Р 51330.0 – 99 (МЭК 60079-0-98). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.
7. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
8. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник изд.: в 2-х книгах. М.: Химия, 1990.- 496 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1/Минэнерго России.- 7-е изд. –М.: Энергоатомиздат, 2002.
10. Черкасов В.Н., Костарев Н.П. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник.-М.:Академия ГПС МЧС России, 2002.-377 с.
11. Задачник по пожарной безопасности электроустановок. Учебное пособие. Черкасов В.Н., Членов А.Н. Буцынская Т.А., Костарев Н.П., Кузнецов В.А., Медяник Ю.М., Морщинов Е.Д./ Ред. В.Н. Черкасов – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – 109 с.
12. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87. / Минэнерго СССР. –М.: Энергоатомиздат, 1989.-56с.
13. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 34.21.122-2003.- М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.-48 с.
14. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 №390.
15. О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Федеральный закон №117-ФЗ от 10.07.2012.
16. ГОСТ 12.1.018-86. Пожарная безопасность. Электростатическая искробезопасность.

17. ГОСТ Р МЭК 60269-1-2010. Предохранители низковольтные плавкие. Часть 1. Общие требования.
18. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
19. СП 31-110-2003. Свод правил. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Таблица 1

Технические данные плавких предохранителей ПР-2

Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавких вставок, А	Предельный ток отключения, А
15	6, 10, 15	4500
60	15, 20, 25, 35, 45, 60	8000
100	60, 80, 100	11000
200	100, 125, 160, 200	11000
350	220, 225, 260, 300, 350	13000

Таблица 2

Технические данные плавких предохранителей ПН и НПН

Тип предохранителя	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавких вставок, А	Предельный ток отключения, А
НПН-15	15	6, 10, 15	10000
НПН-60	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	10000
ПН-2	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	28000
	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	28000
	400	200, 250, 300, 400	28000

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Таблица 1

Технические данные автоматических выключателей с комбинированным расцепителем АП50 -ЗМТ

Номинальный ток расцепителя, А	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А	Предельный ток отключения, А
1,6	11	300
2,5	17,5	400
4	28	600
6,4	45	800
10	70	1500
16	110	1500
25	175	2000
40	280	2000
16	110	1500

Таблица 2

Технические данные выключателей серии А3100

Тип	Обозначение	Номинальный ток автомата, А	Число полюсов	Тип расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Ток отсечки, А
А3160	А3161	50	1	тепловой	15, 20, 25, 30, 40, 50	-
	А3162		2			-
	А3163		3			-
А3110	А3113/1 А3114/1	100	2	комбинированный	15	150
			3		20	200
			25		250	
			30		300	
			40		400	
			50		500	
			60		600	
			80		800	
			100		1000	
	А3113/5 А3114/5	100	2	электромагнитный	15	150
			3		20	200
			25		250	
			30		300	
			40		400	
			50		500	
			60		600	
			80		800	
			100		1000	
А3120	А3123 А3124	100	2	комбинированный	15, 20, 25, 30, 40,50, 60, 80, 100	430
			3			600
			3			800
	электромагнитный		100	430		
			600			
			800			
А3130	А3133 А3134	200	2	комбинированный	120	840
			3		150	1050
			3		200	1400
	электромагнитный		200	840		
			1050			
			1400			
А3140	А3143 А3144	600	2	комбинированный	250	1750
					300	2100
					400	2800
					500	3500
					600	4200

Таблица 3

Коммутационная способность автоматических выключателей серии А3100

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Предельный ток отключения, А при напряжении, В	
		220	380
А3161	15	2500	-
	20	3000	-
	25	3500	-
	30	4000	-
	40	4500	-
	50	5000	-
А3163	15	-	2000
	20	-	2500
	25	-	3000
	30	-	3500
	40	-	4000
	50	-	4500
А3110	15	4000	3200
	20	5000	4000
	25	6500	5000
	30	9000	7000
	40	10000	8500
	50	12000	10000
	60	13000	11000
	80	14000	11500
	100	15000	12000
	120	20000	14000
	150	30000	18000
	200	35000	25000
А3120	15	7000	4000
	20	7500	5000
	25	11000	7000
	30	12000	8000
	40	15000	10000
	50	22000	14000
	60	23000	15000
	80	26000	16000
	100	30000	18000
А3140	250	35000	32000
	300, 400	40000	35000
	500, 600	50000	40000

Таблица 4

Технические данные автоматических выключателей АЕ20 и АЕ20М

Тип выключателя	Номинал. ток выключателя I_n , А	Номинальные токи расцепителей $I_{н.расц}$	Число полюсов при U , В		Тип расцепителя
			220	380	
АЕ2023	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	-	3	эл.магн.
АЕ2026			-	3	комбинир.
АЕ2043	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	-	3	эл.магн.
АЕ2044			1	-	комбинир.
АЕ2046			-	3	комбинир.
АЕ2043М		0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	-	3	эл.магн.
АЕ2046М			-	3	комбинир.
АЕ2053М		100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	-	3
АЕ2056М	-			3	комбинир.
АЕ2063М	160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	-	3	эл.магн.
АЕ2066М			-	3	комбинир.

Степень защиты автоматических выключателей АЕ2020 и АЕ2040 – IP00 и IP20.

Степень защиты автоматических выключателей АЕ2040М, АЕ2050М и АЕ2060 – IP00, IP20 и IP54

Уставка по току срабатывания в зоне токов короткого замыкания (ток отсечки) – $12 \cdot I_{н.расц}$.

Таблица 5

Коммутационная способность автоматических выключателей АЕ20 и АЕ20М

Тип выключателя	Степень защиты выключателя	Номинальные токи расцепителей $I_{н.расц}$	Предельный ток отключения, А при переменном токе и напряжении, В	
			220	380
АЕ2020	IP00	0,3 – 1,6	-	700
	IP20	2 - 6	-	1000
		8 - 16	-	2000
АЕ2040	IP00	10 - 12,5	2000	2000
	IP20	16 - 25	3000	3000
		31,5 - 63	6000	6000

Продолжение таблицы 5

AE2040M	IP00	0,6 – 1,6	-	5000	
		IP20	2 -12,5	-	1500
	IP54	0,6 – 4	-	800	
		5 – 12.5	-	1500	
	IP00	16 - 63		-	4500
				-	
-				2400	
AE2050M	IP00	10 – 12.5	-	2400	
					IP20
	IP54	16 - 25	-	3500	
		IP00	31,5 - 100	-	6000
	IP20			-	
	IP54	-	5000		
AE2060M	IP00	16 - 25	-	3500	
		31,5 - 40	-	6000	
		50 - 100	-	9000	
		125 - 160	-	11500	
	IP54	16 - 25	-	3500	
		31,5 - 160	-	7000	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Таблица 1

Технические данные электромагнитных пускателей серии ПМЛ

Величина пускателя	Маркировка пускателя	Номинальный ток пускателя I_n , А	Номинальные токи тепловых элементов реле $I_{н,р}$, А	Максимальная мощность электродвигателя, кВт
1	ПМЛ1220	10	0,14; 0,21; 0,32; 0,52; 0,8; 1,27; 2,05; 3,4; 4,9; 6,75; 8,5	4
2	ПМЛ2220	25	6,75; 8,5; 11,75; 16; 21,5	11
3	ПМЛ3220	40	16; 21,5; 27,5; 35,5	18,5
4	ПМЛ4220	63	27,5; 35,5; 45; 55,5	30

Приведены данные нереверсивных пускателей с тепловыми реле РТЛ, с кнопками «Пуск-Стоп», напряжение втягивающей катушки 380 В переменного тока, степень защиты IP54.

Диапазон регулирования тока несрабатывания тепловых реле пускателей $(0,75 - 1,25) \cdot I_n$ тепловых элементов.

Таблица 2

Технические данные электромагнитных пускателей серии ПМА

Величина пускателя	Маркировка пускателя	Номинальный ток пускателя I_n , А	Тип теплового реле	Номинальные токи тепловых элементов реле $I_{н.р}$, А	Максимальная мощность электродвигателя, кВт
3	ПМА3240	40	ТРН-40М	5; 8; 12,5; 20;32	18,5
3	ПМА3240	40	РТТ-141	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	18,5
3	ПМА3240	40	РТТ-211	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40	18,5
4	ПМА4240	63	РТТ-2П	32; 40; 50; 63	30
4	ПМА4240Д	80	РТТ-2П	40; 50; 63; 80	37
5	ПМА5240	100	РТТ-3П	50; 63; 80; 100	45
6	ПМА6240	160	РТТ-3П	80; 100; 125; 160	75

Приведены данные нереверсивных пускателей с встроенными тепловыми реле, с кнопками «Пуск-Стоп», напряжение втягивающей катушки 380 В переменного тока, степень защиты IP54.

Диапазон регулирования тока несрабатывания тепловых реле пускателей $(0,85 - 1,15) \cdot I_n$ тепловых элементов.

Таблица 3

Технические данные электромагнитных пускателей серии ПМЕ

Величина пускателя	Маркировка пускателя	Номинальный ток пускателя I_n , А	Тип теплового реле	Номинальные токи тепловых элементов реле $I_{н.р}$, А	Максимальная мощность электродвигателя, кВт
1	ПМЕ112	10	ТРН-10Т	0,5;0,63; 0,8; 1;1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8;10	4
2	ПМЕ212	25	ТРН-25Т	5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	10

Диапазон регулирования тока несрабатывания тепловых реле пускателей $(0,85 - 1,15) \cdot I_n$ тепловых элементов.

Таблица 4

Технические данные электромагнитных пускателей серии ПА

Величина пускателя	Маркировка пускателя	Номинальный ток пускателя I_n , А	Тип теплового реле	Номинальные токи тепловых элементов реле $I_{н.р}$, А	Максимальная мощность электродвигателя, кВт
3	ПА312	40	ТРН-32	16; 20; 25; 32; 40	17
4	ПА412	60	ТРП-60	25; 30; 50; 60; 80	28
5	ПА512	150	ТРП-150	50; 60; 80; 100	55

Диапазон регулирования тока несрабатывания тепловых реле пускателей $(0,75 - 1,3) \cdot I_n$ тепловых элементов для ТРН-32 и $(0,75 - 1,25) \cdot I_n$ для ТРП-60 и ТРП-150.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 1

Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А для проводов проложенных					
	открыт	в одной трубе				
		двух одножил ьных	трех одножил ьных	четырёх одножил ьных	одного двухжил ьного	одного трехжил ьного
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	123	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

Таблица 2

Допустимый длительный ток для проводов с алюминиевыми жилами с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А для проводов проложенных					
	в одной трубе					
	двух одно- жильных	трех одно- жильных	четырёх одно- жильных	одного двух- жильного	одного трехж ильно го	
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	215	165	140	150	135
95	255	245	200	175	190	165
120	295	275	220	200	230	190

Таблица 3

Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385

*Токи относятся к кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица 4

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной или резиновой оболочке, бронированных небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, для кабелей				
	однопровольных	двухпроводных		трехпроводных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295

Таблица 5

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	одно-проводных до 1 кВ	двух-проводных до 1 кВ	трехпроводных напряжением, кВ			четырех-проводных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	-	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	-	380	340	310	345
240	675	-	440	390	355	-

Таблица 6

Расчетное полное сопротивление трансформатора току короткого замыкания на корпус (землю)

Мощность трансформатора, кВ·А	Первичное напряжение, кВ	$Z_{T(1)}$, Ом
25	6 и 10	3,110
40	6 и 10	1,949
63	6 и 10	1,237
	20	1,136
100	6 и 10	0,779
	20 и 35	0,764
160	6 и 10	0,487
	20 и 35	0,478
250	6 и 10	0,312
	20 и 35	0,305
400	6 и 10	0,195
	20 и 35	0,191
630	6 и 10	0,129
	20 и 35	0,121

Таблица 7

Значение коэффициента для определения (по упрощенной формуле) сечений проводников и потери напряжения в электропроводках

Напряжение приемника, В	Система сети и род тока	Коэффициент C для проводов	
		медных	алюминиевых
500	Трехфазная	132	80
660	Трехфазная	231	138
380/220	Трехфазная с нулевым проводом	77	46
380/220	Двухфазная с нулевым проводом	34	20
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	12,8	7,7
220/127	Трехфазная с нулевым проводом	25,6	15,6
220/127	Двухфазная с нулевым проводом	11,4	6,9
127	Двухпроводная переменного или постоянного тока	4,3	2,6
110	Двухпроводная переменного или постоянного тока	3,2	1,4

Таблица 8

Допустимая потеря напряжения в осветительных и силовых сетях

Мощность трансформатора, кВА	Коэффициент загрузки трансформатора	Коэффициент мощности суммарной нагрузки				
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
		Допустимая потеря напряжения, %				
160-250	1,0	5,7/8,2	4,1/6,6	3,6/6,1	3,4/5,9	3,1/5,6
	0,9	5,9/8,4	4,4/6,9	4,0/6,5	3,8/6,3	3,5/6,0
	0,8	6,1/8,6	4,7/7,2	4,4/6,9	4,2/6,7	3,9/6,4
	0,7	6,3/8,8	5,0/7,5	4,8/7,3	4,6/7,1	4,3/6,8
400	1,0	6,1/8,6	4,3/6,8	3,8/6,3	3,5/6,0	3,2/5,7
	0,9	6,2/8,7	4,6/7,1	4,2/6,7	3,9/6,4	3,6/6,1
	0,8	6,3/8,8	4,9/7,4	4,6/7,1	4,3/6,8	4,0/6,5
	0,7	6,4/8,9	5,2/7,7	5,0/7,4	4,7/7,2	4,4/6,9
630-1000	1,0	6,2/8,7	4,0/6,5	3,3/5,8	3,0/5,5	2,5/5,0
	0,9	6,3/8,8	4,3/6,8	3,7/6,2	3,4/5,9	3,0/5,5
	0,8	6,4/8,9	4,6/7,1	4,1/6,6	3,8/6,3	3,5/6,0
	0,7	6,5/9,0	4,9/7,4	4,5/7,0	4,2/6,7	4,0/6,5
1600	1,0	6,4/8,9	4,2/6,7	3,4/5,9	3,0/5,5	2,6/5,1
	0,9	6,5/9,0	4,5/7,0	3,8/6,3	3,4/5,9	3,1/5,6
	0,8	6,6/9,1	4,8/7,3	4,2/6,7	3,8/6,3	3,6/6,1
	0,7	6,7/9,2	5,1/7,6	4,6/7,1	4,2/6,7	4,1/6,6

В числителе указаны допустимые потери напряжения при отклонении напряжения у наиболее удаленных ламп на 2,5 % ниже номинального, в знаменателе – на 5 % (а также у силовых сетей).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

Значение повышающего коэффициента, учитывающего состояние грунта

Тип заземлителей	Глубина залегания, м	Повышающие коэффициенты		
		k_1	k_2	k_3
Поверхностный	0,5	6,5	5,0	4,5
То же	0,8	3,0	2,0	1,6
Углубленный (труба, уголок, стержень)	0,8	2,0	1,5	1,4

k_1 – грунт перед замером сопротивления влажный;

k_2 – грунт перед замером сопротивления средней влажности;

k_3 – грунт перед замером сопротивления сухой

Таблица 2

**Коэффициенты использования вертикальных заземлителей
и горизонтальных соединительных полос**

Количество вертикаль- ных зазем- лителей	Отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине					
	1		2		3	
	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$
При расположении полос по периметру замкнутого контура						
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
При расположении полос в ряд						
3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92
5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,87	0,90
6	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

Таблица 3

**Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников,
проложенных в земле**

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	16	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	100	4
	Угловой	-	100	4
	Трубный	32	-	3,5

Продолжение таблицы 3

Сталь оцинкованная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	12	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	75	3
	Трубный	25	-	2
Медь	Круглый	12	-	-
	Прямоугольный	-	50	2
	Трубный	20	-	2
	Канат многопроволочный	1,8*	35	

-
- Диаметр каждой проволоки.

Учебное издание

Тимофеева Светлана Семеновна
Малов Владислав Владимирович

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Учебное пособие

Авторская редакция

Компьютерная верстка В.В.Малов