

**Министерство сельского хозяйства**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет**  
**имени Н. И. Вавилова»**

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**краткий курс лекций**

**для студентов 3 курса**

**специальности 20.03.01**

**Техносферная безопасность**

**Саратов 2016**

УДК 614.84:621.3

ББК 31.29

Л 363

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехника», кандидат технических наук, доцент ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» *Трушкин В.А.*

Заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий АПК», доктор технических наук, профессор ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» *В.А. Глухарев*

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК:** краткий курс лекций для студентов 4 курса направления 20.03.01 Техносферная безопасность

Пожарная безопасность / Сост.: М.А.Левин // ФГОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 70 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов специальности 20.03.01 Техносферная безопасность. Краткий курс лекций содержит материал по основам пожарной безопасности применения электроустановок, общие требования к выбору электрооборудования взрыво- и пожароопасных зон, основы безопасности при тушении пожаров в электроустановках. Направлен на формирование у студентов способности анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов.

УДК 614.84:621.3

ББК 31.29

© М.А. Левин., 2016 ©  
ФГОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

## **Введение**

Современное производство характеризуется существенным повышением электровооруженности труда, и поэтому разработка электропожаробезопасных электроустановок, защитных мер и средств, исключающих случаи электротравматизма и пожаров от электроустановок на производстве и в быту, приобретает первостепенное значение.

В условиях повсеместного использования электроэнергии особое значение приобретают автоматические меры защиты, которые предотвращают поражения человека электрическим током и аварийные режимы работы электроустановок либо обеспечивают безопасность при возникновении аварий.

Вопросам обеспечения электропожаробезопасности электроустановок необходимо уделять внимание, как на стадии проектирования, так и при их эксплуатации.

Краткий курс лекций по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 20.05.012 –Пожарная безопасность. Он раскрывает проблемы в области электропожаробезопасности и пути их решения.. Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе глубокого понимания законов функционирования экосистем.

## **Лекция 1 Основы пожарной безопасности применения электроустановок. Классификация производств и помещений по взрывной и пожарной опасности**

### ***Статистика пожаров от применения электроустановок***

Как показывает статистика пожаров [11] на различных объектах народного хозяйства, ежегодно примерно пятая часть всех пожаров в стране, происходит от теплового проявления электрического тока, при этом наиболее часты среди них (табл. ) пожары от короткого замыкания (к. з.).

С одной стороны, это связано с интенсивной электрификацией всех отраслей народного хозяйства и быта, вследствие чего растет частота возникновения самих случаев непредусмотренного теплового проявления электрического тока, а с другой, увеличивается вероятность возникновения пожара при тепловом проявлении электрического тока, поскольку автоматизация и механизация производственных процессов на основе электрификации в определенной мере снижают контролируемость человеком производственных помещений.

Пожары от теплового проявления электрического тока в промышленности возникают при к. з., токовых перегрузках, больших переходных сопротивлениях, касаниях токоведущих частей электроустановок заземленных конструкций (замыканиях на землю).

Статистика пожаров в сельском хозяйстве показывает, что около 35% составляют пожары, которые возникли от к. з. в электрических проводках зданий, 27% —от замыкания в воздушных электрических сетях, 13,4% — от перегрузки электрических двигателей, 8,9%—из-за больших переходных сопротивлений, 6,7%—из-за аварийных режимов в светильниках с лампами накаливания, 4,4%—из-за несоблюдения пожаробезопасного расстояния до светильников с лампами накаливания и 4,4%—из-за касания токоведущих частей электроустановок заземленных конструкций.

Пожары от электрического тока в жилых зданиях возникают чаще всего в результате к. з. в электрических сетях и оставленных без присмотра электронагревательных приборов причем частота пожаров в жилых домах, являющихся личной собственностью, значительно выше, чем в домах государственного фонда [11]. Следовательно, рост электрооруженности народного хозяйства и быта ведет к увеличению числа потенциальных источников пожарной опасности. В связи с этим перед электроэнергетикой стоит важнейшая задача — усиление эффективности и повышение качества профилактической работы в электроустановках с целью предотвращения возникновения пожаров.

### **Понятие пожарной опасности электроустановок и пути ее снижения**

Понятие «пожарная опасность электрических установок» включает в себя способность их при определенных условиях быть причиной зажигания (электрические дуги, искры, нагрев токоведущих элементов и т. п. и способность их распространять горение, например, вдоль электрических проводок и кабелей). Кроме того, некоторые типы электроустановок характеризуются большой пожарной нагрузкой (например, силовые масляные трансформаторы, кабельные потоки и т. п.). Пожарная опасность электроустановок обуславливается также и теми последствиями, которые будут иметь место при выходе их из строя во время пожара.

Очевидная возможность возникновения пожаров от электрического тока создала ложное представление об их неизбежности при аварийных режимах в электроустановках. В действительности же все зависит от того, сложилась ли пожароопасная ситуация в момент аварийного режима, которая, как известно, в присутствии окислителя возникает при совмещении горючих материалов с источниками зажигания, имеющими достаточную для их воспламенения температуру и необходимый запас тепловой энергии.

Возникновение пожара, как правило, является результатом нарушения или несоблюдения мероприятий, направленных на предотвращение пожаров от электрического тока, или несовершенства этих мероприятий. В общем случае пожары в электроустановках можно предотвратить созданием таких условий, при которых исключается возникновение пожароопасных ситуаций, а если пожар все же возникнет, то тушение производится быстро и эффективно без последствий для электрооборудования.

Пути снижения пожарной опасности электроустановок несколько, к ним можно отнести:

- правильный выбор и расчет электрической защиты;
- соответствующее исполнение и размещение электроустановок;
- использование огнезащитных покрытий;
- внедрение высокоэффективных систем извещения о пожарах и загораниях и систем пожаротушения.

Мероприятия по предотвращению пожаров от электроустановок в значительной степени зависят от *проектировщиков, монтажников и эксплуатационников*, которые должны ясно представлять себе суть пожарной опасности обслуживаемых, монтируемых или проектируемых ими электроустановок.

### ***Классификация системы электроснабжения и потребителей электрической энергии.***

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.

Все перечисленные электроустановки, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [1], нормируются на напряжение до 1000 В и напряжение выше 1000 В.

Около 75 % всей вырабатываемой в нашей стране электрической энергии потребляется промышленными электроприемниками, которые по виду потребляемого тока делятся на следующие группы:

- электроприемники трехфазного тока напряжением до 1000 В частотой 50 Гц;
- трехфазного тока свыше 1000 В частотой 50 Гц;
- однофазного тока до 1000 В частотой 50 Гц;
- работающие с иной частотой, питаемые от преобразовательных подстанций и установок;
- постоянного тока, питаемые от преобразовательных подстанций и установок.

Электроустановки напряжением до 1000 В выполняются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью, а установки постоянного тока – с глухозаземленной и изолированной нулевой точками.

Электроустановки с изолированной нейтралью следует применять при повышенных требованиях к безопасности при условии, что в этом случае обеспечивается контроль изоляции сети и целостность изолирующей прокладки пробивных предохранителей, отключение участков с замыканием на землю.

В четырехпроводных сетях переменного тока или трехпроводных сетях постоянного тока глухое заземление нейтрали обязательно.

По требованиям обеспечения надежности электроснабжения электроприемники делятся на три категории. Нарушение электроснабжения электроприемников I категории может вызвать опасность для жизни людей, нанести большой ущерб народному хозяйству, повредить оборудование, привести к массовому браку продукции, а также к трудновосстанавливаемым нарушениям технологического процесса. Электроприемники этой категории должны питаться, по меньшей мере, от двух независимых источников, и обрыв питания допускается только на время автоматического переключения с основного вида на резервный.

К электроприемникам II категории относятся такие, перерыв питания которых приводит к резкому снижению выпуска продукции, длительным простоям механизмов, транспорта. Категория охватывает многочисленную группу электроприемников, которые допускают перерыв в электроснабжении в течение времени, необходимого дежурному персоналу для обеспечения включения резервного питания

К электроприемникам III категории относятся все остальные потребители.

Электроприемники на взрывоопасных и пожароопасных объектах относятся к I или ко II категории. Это нормативное решение обеспечивает более эффективную эвакуацию людей и имущества при пожаре, большую надежность системы водоснабжения, внутрицехового транспорта и другого оборудования промышленного предприятия.

Основным элементом схемы электроснабжения являются электрические сети, которые по конфигурации разделяются на *разомкнутые* и *замкнутые*. Разомкнутые электрические сети делятся на *радиальные* и *магистральные*; замкнутые электрические сети – на *двусторонние*, *кольцевые*, *двойные магистральные*, *сложнозамкнутые*.

По конструкции электросети разделяются на *электропроводки*, *токопроводы*, *кабельные* и *воздушные линии* электропередач.

*Электропроводкой* называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с ПУЭ [1].

*Токопроводом* называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

*Кабельной линией* называется линия для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

*Воздушной линией электропередачи до 1 кВ* называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Электропроводки в электрических сетях до 1000 В бывают *наружными* и *внутренними*, с защищенными и незащищенными изолированными проводами, *открытые* и *скрытые*. Открытые проводки могут быть стационарными, передвижными и переносными. Во всех случаях необходимо полное соответствие типов проводки свойствам среды, особенно химически агрессивной, пожаро- и взрывоопасной.

В зависимости от пожарных свойств и количества веществ или материалов, используемых или образующихся в процессе производства и находящихся в аппаратах, все производства, а также помещения или здания, в которых они размещены, подразделяются на пять категорий в соответствии с нормами технологического проектирования «Определение Категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» Для смесей веществ или материалов категорию определяют по наиболее опасному веществу.

К категории А (взрывопожароопасная) относятся помещения, где в производстве

обращаются горючие газы или ЛВЖ с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа, а также вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или одно с другим и имеющиеся в таком количестве, что в помещении разовьется избыточное давление более 5 кПа. Это, например, производства, в которых используется или хранится достаточно большое количество бензина или металлического натрия.

К категории Б (взрывопожароопасная) относятся помещения, где в процессе производства обращаются горючие пыли, волокна или ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, а также ГЖ в таком количестве, что при воспламенении аэрозоля пыли у паровоздушной смеси, в данном помещении развивается расчетное давление более 5 кПа. Это, например, выбойные и размольные отделения мельниц, крупорушек и мазутное хозяйство котельных.

К категории В (пожароопасная) относятся помещения, где в процессе производства обращаются горючие и трудногорючие жидкости, а также твердые горючие и трудногорючие вещества или материалы, в том числе пыли и волокна, неспособные создавать взрывоопасные смеси с воздухом, но способные гореть, при условии, что данное помещение не относится к категории А или Б из-за других веществ. Сюда относятся, например, помещения, где в закрытых емкостях имеется дизельное топливо, трансформаторное масло (электрические РУ), деревообделочные и комбикормовые цехи и кормокухни, зерносклады и зерноочистительные отделения мельниц, цехи первичной сухой обработки льна.

К категории Г относят помещения с производствами, связанными со сжиганием топлива (в том числе газа) или обработкой негорючих веществ в раскаленном или расплавленном состоянии, выделяющих лучистую энергию. Это котельные, кузницы, мотороиспытательные станции и машинные залы дизельных электростанций при условии, что топливный бак — вне помещения.

К категории Д относятся производства, в которых обращаются только негорючие вещества в практически холодном состоянии. Это, например, водонасосные станции, консервные цехи, теплицы на биологическом или техническом обогреве, кроме тех, где сжигают газ.

От категории помещений зависят меры пожарной безопасности в строительной и технологической части проектов. Категории определяются технологами проектных организаций, которые и рассчитывают давление взрыва по методике, изложенной в тех же отраслевых нормах.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % всей площади или 200 м<sup>2</sup>, однако допускается в случае, если суммарная площадь помещений категории А не превышает 25 % всей суммарной площади здания и не более 1000 м<sup>2</sup>, не относить здание к категории А при условии оборудования помещений категории А установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если оно не относится к категории А и имеют место все те же условия, что выше были указаны для отнесения здания к категории А. Аналогичны условия отнесения здания к категории В, но если в здании вообще нет помещений категории А и Б, то к В оно относится, если помещения категории В занимают более 10 % всей площади здания. Допускается не относить здание к категории В, если помещения этой категории занимают в сумме не более 25 % и 3500 м<sup>2</sup>, при оборудовании помещений категории В автоматическим пожаротушением.

Здание относится к категории Г, если не относится к категориям А, Б, В и суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г более 5 % площади всех помещений данного здания. При оснащении автоматическим пожаротушением помещений с категорией А, Б, В и

Г допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В, Г меньше 5000 м<sup>2</sup>.

Остальные здания относятся к категории Д.

### ***Классификация взрыво-и пожароопасных зон***

С точки зрения требований к конструкции электрооборудования все помещения и наружные установки (или отдельные зоны в них) могут быть и не быть пожаро-или взрывоопасны. ПУЭ распределяют опасные зоны на классы по пожаро- и взрывоопасности. Пожароопасными называются зоны, в которых постоянно или периодически применяются или хранятся горючие вещества. Взрывоопасными называются зоны, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов, паров, пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние. Если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения, то считается, что все оно является взрывоопасным. Если же не превышает 5 %, то взрывоопасной считается зона в пределах 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов, пыли или паров ЛВЖ.

Взрывоопасные зоны класса В-I — это зоны в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары с такими свойствами и в таком количестве, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных режимах работы, например загрузке или разгрузке технологических аппаратов, переливании ЛВЖ в открытых сосудах,

В зонах класса В-1а взрывоопасные смеси газов или паров с воздухом могут образовываться только вследствие аварий или неисправностей. Поэтому здесь опасность несколько меньше. Пример — помещение аккумуляторной при работе батареи по методу заряд—разряд, если нет блокировки, которая прекращала бы зарядку аккумуляторов в случае аварийного прекращения работы приточно-вытяжной вентиляции.

Зоны класса В-Iб отличаются от В-Iа одной из следующих особенностей, дополнительно уменьшающих опасность:

горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом, что позволяет обнаружить неисправность, когда взрыв еще невозможен (машинные залы аммиачных холодильных установок);

при аварии возможна лишь местная взрывоопасная концентрация газообразного водорода только в верхней части помещения. Например, зарядные станции стартерных и тяговых аккумуляторных батарей относятся к категории В-Iб, так как при соблюдении определенных требований к их естественной вентиляции только верхняя 1/3 объема помещения может являться взрывоопасной зоной при аварийном выходе из строя искусственной вентиляции; взрывоопасные зоны в лабораториях или иных помещениях, где ЛВЖ или горючие газы имеются в небольших количествах, достаточных лишь для образования взрывоопасной зоны объемом не более 5 % свободного объема помещения, если работа с ними ведется без применения открытого пламени (если работа с ЛВЖ и газами ведется в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами, то считается, что в помещении нет взрывоопасных зон).

Зоны класса В-1г — это пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, например у надземных или подземных резервуаров с ними, прудов-отстойников с плавающей на поверхности нефтяной пленкой. К ним относятся также пространства у дверных и оконных проемов (кроме заполненных стеклоблоками) помещений с зонами классов: В-I, В-1а и В-II.

Зона В-1г занимает пространство в пределах (по горизонтали и вертикали): 0,5 м от дверных и оконных проемов из помещений с зонами классов В-I, В-1а и В-II; 3 м от закрытого технологического аппарата с ЛВЖ или горючим газом или от вытяжного вентилятора, установленного снаружи здания с взрывоопасными зонами любого класса; 5 м

от устройства для выброса паров ЛВЖ или горючих газов из резервуаров через предохранительные или дыхательные клапаны и от отверстий системы вентиляции для выброса воздуха из помещений со взрывоопасными зонами, а также от открытых проемов окрасочных камер, а при бескамерной окраске — от изделий, которые окрашивают; 8 м от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, а при земляном обваловании резервуаров в пределах всей площади внутри него; 20 м от мест открытого слива или налива ЛВЖ (если применяется закрытый слив или налив, то к взрывоопасным зонам относятся только пространства до 3 м от заправочной арматуры и фланцевых соединений в трубопроводах). Не считаются взрывоопасными с точки зрения требований к электрооборудованию пространства в помещениях или наружных установках на расстоянии до 5 м от мест, где газ или жидкие горючие вещества сжигаются, или технологический процесс ведется с применением открытого огня или раскаленных материалов, или оборудование имеет поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения газа или паров ЛВЖ. Поэтому в котельных, работающих на газе или жидком топливе, надо иметь лишь необходимый минимум взрывозащищенных светильников и электродвигателей, которые включаются в работу до начала работы котлов, и соответствующие по исполнению электропроводки и магнитные пускатели. Кнопки для их включения должны устанавливаться в соседних, невзрывоопасных помещениях. Электрооборудование, включаемое только во время работы котла, может быть невзрывозащищенным.

Зоны классов В-I и В-IIa отличаются от В-I и В-Ia тем, что в первых взрывоопасные смеси с воздухом образуются не газами или парами, а горючими —пылями и волокнами (некоторые помещения мельниц, заводов сеной муки или комбикорма).

Если рядом с зоной любого класса, кроме В-Iб и В-Ia, находится невзрывоопасное помещение, отделенное от взрывоопасной зоны дверью без тамбура, то в этом соседнем помещении считают взрывоопасной, но следующего, менее опасного класса, зону в пределах до 5 м от двери.

### ***Классификация зон по пожарной опасности***

Пожароопасные зоны класса П-I — это зоны, в которых, применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С (при меньшей температуре вспышки зона относится к взрывоопасным). Например, зоны в помещениях с установками для регенерации трансформаторного масла или трансформаторами.

В зонах класса П-II выделяются горючие волокна или пыль, переходящие во взвешенное состояние, но не образующие взрывоопасных концентраций из-за свойств пыли и волокон (влажность, степень измельчения) либо из-за недостаточно большого количества пыли или волокон (например, деревообделочные цехи, зерносушилки, кормоцехи);

К классу П-IIa относятся зоны в производственных и складских помещениях, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества (древесина, ткани), но без образования значительного количества пыли, в частности зоны в помещениях для скота и птицы при использовании опилок или соломы на подстилку, хранении сена на чердаке.

К классу П-III относятся наружные установки, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С (ОРУ или подстанции), а также твердые горючие вещества (открытые склады лесоматериалов, торфа, хлопка).

Если в помещении или наружной установке размещено единичное пожароопасное оборудование, то зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования считается пожароопасной.

Не относится к пожароопасным зонам с точки зрения особых требований к электрооборудованию пространство в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического оборудования, в котором имеются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей или это оборудование имеет поверхности, нагретые до температуры воспламенения горючих паров, пыли

или волокон (в частности, при сжигании топлива).

### ***Классификация электрооборудования взрывоопасных зон***

Электрооборудование называется *взрывозащищенным*, если в нем предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

ГОСТ 12.02.020—76 устанавливает терминологию, классификацию и маркировку взрывозащищенного электрооборудования. В зависимости от области применения оно подразделяется на группы: I — рудничное для подземных выработок и рудников, опасных по газу и пыли, и II — прочее. Оно может иметь 3 уровня взрывозащиты:

- электрооборудование повышенной надежности против взрыва, то есть такое, в котором взрывозащита обеспечивается только в нормальном режиме его работы (в маркировке обозначается первой цифрой 2),

- взрывобезопасное (в маркировке обозначается цифрой 1)

- особо взрывобезопасное (в маркировке первая цифра 0).

Во взрывобезопасном оборудовании взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и признанных вероятными повреждениях.

В особовзрывобезопасном электрооборудовании по сравнению с взрывобезопасным применены дополнительные средства взрывозащиты.

После цифры в маркировке электрооборудования идет знак Ex указывающий, что оно соответствует стандартам на виды взрывозащиты, а далее одна или несколько букв, обозначающих вид взрывозащиты:

d — взрывонепроницаемая оболочка, то есть выдерживающая давление взрыва внутри нее и предотвращающая его распространение в окружающую взрывоопасную среду (пример — асинхронный электродвигатель типа АИР с наружным обдувом);

i — искробезопасная электрическая цепь, то есть выполненная так, что ее нагрев или электрический разряд не может воспламенить взрывоопасную среду;

e — защита, заключающаяся в том, что в электрооборудовании (или его части), не имеющем нормально искрящих частей, принят ряд мер, дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр, дуги;

o — масляное заполнение оболочки;

p — заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением чистым воздухом или инертным газом;

q — кварцевое заполнение (песком).

Затем в маркировке идет знак группы оборудования по области применения (I или II) и подгруппы в группе II:— IIА, IIВ, IIС. .[3]

#### ***Подгруппы взрывонепроницаемых оболочек электрооборудования***[3]

Подгруппы устанавливаются при взрывонепроницаемой оболочке или искробезопасной цепи на смеси газов или паров с воздухом, взрыв которых внутри оболочки не передается наружу через Безопасный Экспериментальный Максимальный Зазор между фланцами определенной ширины для каждой подгруппы.

Таблица 1. Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом в зависимости от

размера БЭМЗ.[3]

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0
II	Промышленные газы и пары	То же
IIА	То же	Более 0,9
IIВ	То же	Более 0,5 до 0,9
IIС	То же	Более 0,35 До 0,5

Деление на категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом обусловлено температурой самовоспламенения и подразделяется 6 классов .(Таблица 2)

Таблица 2 Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения. .[3]

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

Наиболее опасны смеси подгруппы С, а оборудование для нее наиболее надежно и пригодно для предыдущих подгрупп. Для оборудования группы II далее указывается еще обозначение одного из 6 температурных классов, установленных по предельной температуре взрывозащиты, то есть температуре поверхностей электрооборудования, еще безопасных по воспламенению окружающей среды, относящейся к этому классу. Для класса T1 предельная температура взрывозащиты составляет 450 °С, в него входит, например, смесь водорода с воздухом. В класс T2 (300 °С) входит, например, смесь ацетилена с воздухом. Для класса T6 эта температура 85 °С. Смесей более высоких классов опаснее, а оборудование для них пригодно и для более низких классов.

Примеры полной маркировки: 2ExdIIBT5;или 1ExpIIT6

Вообще для взрывоопасных зон всех классов, кроме В-Іб и В-Іа, как правило, следует применять взрывозащищенные машины и аппараты

. Для В-Іб и В-Іа (заводы и цехи комбикормов, сеной муки) допускается применять просто пылезащищенное исполнение. Подробные требования к исполнению электрических машин, светильников и аппаратов во взрывоопасных зонах [3].

Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять следующим требованиям

### **Рекомендации по выбору электрооборудования для взрывоопасных зон.**

Применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов,

светильников и т. п.) следует ограничивать случаями, когда их применение необходимо для нормальной эксплуатации.

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

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т. п.).

Электрические машины с защитой вида «е» допускается устанавливать только на механизмах, где они не будут подвергаться перегрузкам, частым пускам и реверсам. Эти машины должны иметь защиту от перегрузок с временем срабатывания не более времени  $t_e$ . Здесь  $t_e$  — время, в течение которого электрические машины нагреваются пусковым током от температуры, обусловленной длительной работой при номинальной нагрузке, до предельной температуры

Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» в средах со взрывоопасными смесями категории ПС должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную в какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

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 категории и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной согласно табл. 7.3.1 и 7.3.2 к менее опасным категориям и группам.[3]

При установке взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного давления, температуры и других параметров, а также должны быть осуществлены все мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.4-78 \* и инструкции по монтажу и эксплуатации на конкретную электрическую машину или аппарат. Кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

1. Конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ.

2. Приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон.

3. Газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей.

4. В вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом-изготовителем машины, аппарата не допускаются.

Электрические аппараты с масляным заполнением оболочки с токоведущими частями допускается применять на механизмах в местах, где отсутствуют толчки или приняты меры против выплескивания масла из аппарата.

Таблица 4. 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-1	Взрывобезопасное
В-1а, В-1г	Повышенной надежности против взрыва
В-1б	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-П	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63)
В-Па	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*

Провода во взрывоопасных зонах прокладывают в стальных герметизированных трубопроводах, которые испытывают определенным давлением в зависимости от класса взрывоопасной зоны.

Бронированные кабели могут прокладываться как скрыто (в земле или блоках), так и всеми видами открытой прокладки. Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной или металлической оболочках могут прокладываться или в стальных трубах в любой зоне, или при отсутствии механических и химических воздействий по стенам и строительным конструкциям на скобах или кабельных кронштейнах, в лотках, на тросах (в зонах классов: В-1б и В-1г и В-Па, то есть, в частности, на заводах комбикорма и сеновой муки для всех сетей, а в зоне В-1а — только для осветительных) или открыто, в коробах (в зонах классов: В-1б и В-1г для силовых сетей, а в зоне В-1а — только для осветительных) или в пылеуплотненных кабельных каналах в полу (покрытых асфальтом), или в каналах, засыпанных песком (в зонах В-П и В-Па для любых сетей, в том числе и напряжением более 1000 В). Применять во взрыво-или пожароопасных зонах провода и кабели с полиэтиленовой изоляцией или защитной оболочкой запрещается из-за горючести полиэтилена.

Во взрывоопасных зонах всех классов нельзя применять неизолированные проводники, а в пожароопасных допускаются только троллеи, если они не находятся над местами расположения горючих веществ, и (только в зонах П-Па) шинопроводы с оболочкой, имеющей степень защищенности не ниже IP-20 (в частности, на заводах комбикормов). Жилы проводов и кабелей в зонах В-1 и В-1а должны быть медными.

Нельзя прокладывать транзитом через взрыво- или пожароопасные зоны всех классов провода и кабели, не относящиеся к технологическим процессам в этих зонах, или даже через пространства ближе 5 м от границы взрывоопасных или ближе 1 м от пожароопасных зон.

Нормируется расстояние от оси ВЛ напряжением до 1000 В с неизолированными проводами до крупных наземных складов горючих веществ (более 1000 т твердых, более 1000 м<sup>3</sup> лесоматериалов, более 3000 м<sup>3</sup> горючих жидкостей): от минимум 17 м в первом климатическом районе по ветру и до минимум 46 м — в седьмом.

Во взрывоопасных зонах, кроме В-1б и В-1г, любые электрические сети, а не только выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводниками, должны быть защищены не только от к. з., но и от перегрузок. Это значит, что расчетная

длительно допустимая токовая нагрузка для проводников должна быть принята на 25 % выше, чем номинальный ток плавкой вставки или ток уставки автоматического выключателя с одними мгновенно действующими максимальными таковыми расцепителями, если изоляция резиновая или пластмассовая, или должна быть равной этому току, если применен кабель с бумажной изоляцией. На ответвлениях к электродвигателям с короткозамкнутым ротором длительно допустимый ток проводки должен быть на 25 % выше номинального тока электродвигателя при любой изоляции и защите. Если защита выполнена автоматом с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой, например АЗ124/4, то допустимая нагрузка должна быть равной номинальному току расцепителя при любой изоляции. Если автомат имеет регулируемую обратозависимую от тока характеристику (как у автоматов серии АВ), то при резиновой изоляции эта нагрузка должна быть равной току трогания расцепителя, а при бумажной изоляции — равной 80 % этого тока.

В любых пожароопасных зонах разрешены все виды электропроводки изолированными проводниками, но расстояние от открыто проложенных кабелей и проводов до мест открыто размещенных горючих веществ должно быть не менее 1 м, а незащищенные изолированные провода с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса можно прокладывать только в трубах или коробах. Рекомендуется применять для прокладки: непосредственно по сгораемым (нештукатуренным) стенам кабели АВРГ, АНРГ; в трубах — АПВ и АПРТО. Осветительная электропроводка, в том числе и выполненная защищенными проводниками или проложенная в трубах, в пожароопасных производственных помещениях должна быть защищена не только от к. з., но и от перегрузки. В отличие от взрывоопасных помещений расчетный допустимый ток проводников с резиновой изоляцией тут должен быть равен номинальному току плавкой вставки без коэффициента 1,25.

Во взрывоопасных помещениях ПУЭ предъявляют более жесткие требования к применению и использованию заземления и зануления (см. 13.3). В этих помещениях занулению подлежит оборудование любого напряжения, в них должен применяться специальный зануляющий проводник и для оборудования, установленного на зануленной металлической конструкции. Нужно применять дополнительную жилу кабеля или провода, а не одни лишь естественные нулевые защитные проводники. В осветительной сети можно использовать в качестве защитного рабочий нулевой провод.

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Характеристика общей схемы электроснабжения потребителей электрической энергии.
2. Сущность и характеристика типовых причин пожаров от электроустановок.
3. Общие принципы профилактики пожаров от электроустановок.
4. Классификация пожаро- и взрывоопасных зон. Общие свойства и характер среды помещений и наружных установок.
5. Взрывозащищенное электрооборудование. Виды и уровни взрывозащиты.
6. Маркировка взрывозащищенного электрооборудования. Степени защиты оболочек электрооборудования.
7. Маркировка электрооборудования общего назначения.
8. Методы выбора электрооборудования для взрыво- пожароопасных зон.
9. Общие требования к выбору, монтажу и эксплуатации электрооборудования.

## Литература

### Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НИЦ ЭНАС»,2004.

2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.

3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ), [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.**

4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме", [Текст]**

5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003, [Текст]: Утв.Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004**

### Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. **Пожарная безопасность электроустановок** [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.

СНиП 3.05.66-85. **Электротехнические устройства.** ВНИИ проект

электромонтаж. 7. ГОСТ 12.2.020.76. **Электрооборудование взрывозащищенное.**

8. ГОСТ 12.1.011-78. **Смеси взрывоопасные.**

9. НПБ 248-97 **«Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».**

10. **Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.** – М.: Химия, 1973.

11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. **Пожарная профилактика электроустановок: Учебник.** – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

12. **Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».**

13. Черкасов В.Н. **Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества.** – М.: Стройиздат, 1993

## Лекция 2. Пожарная опасность внутренних электрических сетей.

Совокупность проводов с относящимися к ним крепежными, поддерживающими и защитными конструкциями, а также другими вспомогательными деталями носит название электрической проводки. По назначению и способу исполнения электрические проводки делятся на: силовые, осветительные и вторичные цепи напряжением до 1000 В переменного и 1500 В постоянного тока. Проводки выполняются, как правило, изолированными установочными проводами всех сечений, а также небронированными силовыми кабелями с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке сечением до 16 мм<sup>2</sup> включительно

Прокладка электрических проводок может осуществляться по наружным и внутренним стенам зданий и сооружений, по потолкам, фермам и т. п. Такой способ прокладки называется открытым.

Прокладка в трубах (металлических, пластмассовых), замкнутых каналах, пустотах строительных конструкций, лазах под штукатуркой, а также путем замоноличивания в строительные конструкции при их изготовлении носит название скрытой прокладки, а сами электропроводки — скрытыми.

С точки зрения пожарной опасности наибольшего внимания заслуживают открытые электрические проводки, так как при их загорании, а также возникновении в них аварийных режимов возможны распространение горения вдоль электрических проводов и появление новых очагов горения, вызванных выбросами искр и частиц расплавленного металла.

Пожарная опасность нагрева токоведущих жил заключается в опасности загорания изоляции, а также горючих конструкций, находящихся в непосредственном контакте с электрической проводкой. Нагрев токоведущих жил может быть локальным, местным и общим. Локальный нагрев — это такой нагрев, когда размером зоны его распространения можно пренебречь, местный — это нагрев, когда он охватывает часть длины проводника, а общий — когда проводник нагревается по всей его длине.[3]

### Локальный нагрев электрических проводов

Локальный нагрев токоведущих жил возникает при коротком замыкании в точке касания их между собой. Локальный нагрев токоведущих жил происходит чрезвычайно быстро и может быть представлен как локальный тепловой удар. в течение весьма малого промежутка времени развивается очень высокая температура, близкая к температуре кипения металла проводника (свыше 2000°С для меди и 1800°С для алюминия).

Учитывая, что температура нагрева токоведущих жил в зоне контакта очень высокая, следует ожидать воспламенения изоляции, находящейся вблизи зоны нагрева.

Для проводов с резиновой изоляцией критическое значение кратности тока, при превышении которого вероятность воспламенения изоляции в месте к.з. будет  $P < 0,01$ , может быть принято равным 45, а проводов с поливинилхлоридной изоляцией — 35 [3].

### Местный нагрев электрических проводов

Местный нагрев электрических проводов возможен при соединении проводов скруткой без опрессовки. В этом случае процессы нагрева, обуславливаемые местным увеличением переходного сопротивления, проходят медленно. Если температура нагрева проводов в месте скрутки превысит температуру самовоспламенения изоляции, то она воспламенится.

### Общий нагрев токоведущих жил проводов

Общий нагрев токоведущих жил проводов происходит при прохождении по ним сквозных токов к. з. или токов перегрузки. Выделяющееся при этом тепло в токоведущих жилах ведет к нагреву изоляции, и при достижении температуры самовоспламенения она воспламенится.

### ***Пожарная опасность электрических проводок в стальных трубах***[11,]

Одним из традиционных способов предотвращения пожаров от аварийных режимов в электрических проводках является прокладка их в металлических трубах (в газовых трубах) и металлорукавах. При этом считается, что эффект предотвращения пожара достигается изоляцией источников зажигания, образующихся при аварийных режимах, от горючих материалов с помощью металлической стенки. Однако на практике при исследовании причин пожаров на месте возникновения иногда обнаруживают остатки металлических труб, в которых были проложены электрические проводки, со следами прожогов, свидетельствующих о воздействии токов аварийного режима. (рис. 30).

Механизм образования прожогов в металлических трубах, в которых проложены электрические провода, связан с возникновением устойчивой электрической дуги между фазным проводом и металлорукавом. Обычная защита в ряде случаев нечувствительна к току замыкания токоведущих частей на заземленные конструкции. Длительное действие слабой электрической дуги приводит к расплавлению стенок металлических труб или металлорукавов. Образуются капли расплавленного металла, зажигающая способность которых очень высока. Причинами возникновения аварийных режимов в металлических трубах и металлорукавах могут быть повреждения изоляции проводов при их протяжке в трубы или металлорукава.

### ***Пожарная опасность электрических кабелей*** [3,4,11]

Пожарная опасность кабелей обуславливается их горючестью и способностью распространять горение, а в случае кабельных потоков или пучков проводов — их пожарной нагрузкой. Горючесть кабеля — это способность его воспламениться и гореть при воздействии внешнего источника зажигания, а распространение горения — это способность кабеля самостоятельно гореть после прекращения действия внешнего источника зажигания. Пожарная нагрузка показывает, какое количество горючих материалов сосредоточивается в единице длины пучка проводов или кабельного потока, а в случае кабельного тоннеля — на единицу площади тоннеля.

Одной из основных причин зажигания кабелей может быть ток утечки [11], возникающий при локальных повреждениях изоляции. Как правило, ток утечки заканчивается током к.з., термический эффект от утечки усиливается термическим эффектом электрической дуги. Поскольку используемые в настоящее время материалы для наружных покрытий и изоляции кабелей, за исключением лишь некоторых, являются горючими, естественно желание использовать и такие материалы, которые являются трудногорючими или вовсе негорючими. Однако это сопряжено с рядом существенных трудностей.

### ***Особенности электропроводок взрывоопасных зон***

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-1 и В-1а 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-1 — иметь уровень «взрывобезопасное электрооборудование» и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;
- б) во взрывоопасной зоне класса В-11 — 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 взрывозащищенными 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-1б 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.

### **Особенности электропроводок пожароопасных зон**

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.

В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов запрещается.

Неразборные контактные соединения шин должны быть выполнены сваркой, а разборные соединения — с применением приспособлений для предотвращения самоотвинчивания. Температура всех элементов шинопроводов, включая ответвительные коробки, устанавливаемые в пожароопасных зонах класса П-1, не должна превышать 60 °С.

Таблица Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах

Кабели и провода	Способ прокладки	Сети выше 1 кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1 кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели	Открыто — по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах; скрыто — в земле (траншеях), в блоках	В зонах любого класса		
Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках	Открыто — при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках, на тросах в каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом) или засыпанных песком	В-1б, В-11а, В-1г -11, В-11а	-1б, В-11а, В-1г -11, В-11а	-1а, В-1б, В-11а, В-1г В-11, В-11а
	Открыто — в коробах	В-1б, В-1г	-1а, В-1б, В-1г	В-1а, В-1б, В-1г
	Открыто и скрыто — в стальных водогазопроводных трубах	В зонах любого класса		
Изолированные провода	То же	То же		

Ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом ответвительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-1 и П-IIa, IP54 и выше для зон класса П-II.

### **Расчет сетей по условиям нагрева. Выбор аппаратов защиты**

**Защита электрических сетей плавкими предохранителями.** При выборе сечения проводников сетей и номинальных токов плавких вставок предохранителей необходимо соблюдение следующих правил.

**Правило 1.** Для осветительных сетей номинальный ток плавкой вставки предохранителя во всех случаях должен быть больше или равен рабочему току, т.е.

$$I_{н.вст} \geq I_p$$

**Правило 2.** Для осветительных сетей, не подлежащих обязательной защите от токов перегрузки, номинальный ток плавкой вставки предохранителя должен быть меньше или равен длительно допустимому току для выбираемого сечения, т.е.

$$I_{н.вст} \leq I_{доп}$$

Для силовых сетей характерны электроприемники со значительными пусковыми токами, превышающими их номинальные токи в 4-8 раз (например, у асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором). Пусковой ток электродвигателя при разгоне ротора падает в течение 10 с до рабочего тока при легком пусковом режиме (электродвигатели металлообрабатывающих станков, вентиляторов, насосов и т.п.) и в течение 40 с – при тяжелом пусковом режиме (электродвигатели центрифуг, дробилок, транспортерных устройств, кранов и т.п.). В то же время плавкий элемент вставки должен, не расплавляясь, выдерживать ток, равный  $(1,3—1,6)I_{н.вст}$  в течение 1 ч.

Таким образом, в силовых сетях выбор  $I_{н.вст}$  следует производить по правилу 3.

**Правило 3.** В силовых или смешанных сетях номинальный ток плавкой вставки должен быть больше или равен максимальному кратковременному току, протекающему через предохранитель, деленному на коэффициент  $\alpha$ , т.е.

$$I_{н.вст} \geq I_{макс}/\alpha,$$

где  $I_{н.вст}$  – расчетная величина номинального тока плавкой вставки, А;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от режима перегрузки предохранителя, его типа и условий пуска электродвигателей. Значения приведены в табл.;  $I_{макс}$  – наибольшая величина кратковременного тока, протекающего через предохранитель (зависит от вида защищаемой сети), А.

Таблица

Типы и марки предохранителей		Материал вставки	Рекомендуемые значения	
			для легких условий пуска электродвигателя и самозапуска его при	для тяжелых условий пуска электродвигателя и самозапуска его
Инерционные	Ц-27, Ц-33 при $I_{н.вст} \leq 35$ А, СПО и ПТ	Свинец Медь	Выбирают только по	3,75
Малоинерционные	ПР-2, П при $I_{н.вст} \leq 35$ А	Цинк Медь	3	2
Безынерционные	Ц-33 при $I_{н.вст} = 60$ А; КП, НПН, НПП, П при	Серебро Медь	2,5	1,6
Быстродействующие	ПНБ-2		По номинальному току	

При отсутствии данных, позволяющих воспользоваться табл. 4.3 для электродвигателей с короткозамкнутым ротором, принимается равным 2,5; для электродвигателей ответственных механизмов (с целью особо надежной отстройки предохранителей от пусковых токов) допускается принимать равным 1,6 (независимо от условий пуска электродвигателя). Для ответвлений к одиночным асинхронным электродвигателям

$$I_{\text{макс}} = I_{\text{пуск}} = I_{\text{н}} K_{\text{п}},$$

где  $I_{\text{пуск}}$  – пусковой ток электродвигателя;  $I_{\text{н}} = P_{\text{н}} 10^3 / \sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{н}} \eta_{\text{н}}$  – номинальный ток электродвигателя;  $K_{\text{п}}$  – кратность пускового тока (для электродвигателей с короткозамкнутым ротором  $K_{\text{п}} = 4-8$ ; с фазным ротором  $K_{\text{п}} = 1,5-2,5$ ).

Для сетей, питающих  $n$  электродвигателей,

$$I_{\text{макс}} = I_{p(n-1)} K_0 + I_{\text{пуск}},$$

где –  $I_{p(n-1)}$  – сумма рабочих токов всех электродвигателей без одного, имеющего наибольший пусковой ток;  $K_0$  – коэффициент одновременности, учитывающий присоединенную мощность фактически работающих электродвигателей;  $I_{\text{пуск}}$  – пусковой ток электродвигателя, имеющего наибольшую его величину.

Рабочий ток электродвигателей определяется по формуле

$$I_{\text{р}} = I_{\text{н}} K_3,$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки электродвигателей, т.е. отношение действительной загрузки электродвигателя к номинальной (при отсутствии сведений о загрузке электродвигателя и для ответвлений к одному электродвигателю  $K_3$  принимается равным 1).

При расчете ответвлений с короткозамкнутым электродвигателем во взрывоопасных зонах (за исключением В-16 и В-1г) рабочий ток электродвигателя определяется по формуле

$$I_{\text{р}} = 1,25 I_{\text{н}}$$

После определений выбирают  $I_{\text{н.вст}}$  равным или ближайшим большим для данного типа предохранителя. Необходимое сечение провода или кабеля сети определяют по таблицам допустимых длительных токов нагрузок с учетом правила 4.

**П р а в и л о 4.** Допустимый длительный ток провода или кабеля должен быть равен рабочему току электроприемников или большем его, т.е.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}$$

Рабочий ток нагрузки в осветительных и силовых сетях определяется расчетом.

### **Особенности выбора сечений проводников сетей, подлежащих обязательной защите от перегрузки.**

Защите от токов перегрузки подлежат:

сети внутри помещений с открыто проложенными незащищенными проводами с наружными горючими оболочкой или изоляцией, а также выполненные защищенными проводниками, проводниками, проложенными в трубах, несгораемых строительных конструкциях и т.п.

осветительные сети в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях,

служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных зонах;

силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях в случае, когда по условиям технологического процесса или режиму работы может возникать длительная перегрузка проводов и кабелей;

сети всех видов во взрывоопасных зонах (за исключением зон В-1б и В-1г) независимо от условий технологического процесса или режима работы. Во всех остальных случаях сети защищаются лишь от токов КЗ.

Сечения сетей, защищаемых от перегрузки, следует выбирать также по правилу 4. При этом допустимый длительный ток проводников  $I_{\text{доп}}$  должен быть не менее:

а) 125 % номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий (электромагнитный) расцепитель, для проводников с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией. Такой способ определения допустимого тока распространяется на проводники, прокладываемые вне взрывопожароопасных зон промышленных предприятий. Для них применима формула. Это объясняется тем, что плавкие вставки предохранителей, а также электромагнитные расцепители автоматов сравнительно малочувствительны к малым перегрузкам, поэтому сечение проводников приходится выбирать не по рабочему току, а по току, близкому к току срабатывания защиты, т. е.

$$I_{\text{доп}} = 1,25 I_{\text{н.вст}},$$

$$I_{\text{доп}} = 1,25 I_{\text{ср.эл.м}};$$

б) 100 % номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный электромагнитный расцепитель, для кабелей с бумажной изоляцией;

в) 100 % номинального тока теплового расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки) для проводников всех марок, т.е.

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{н.тепл}};$$

г) 100 % тока трогания тепловых расцепителей автомата с регулируемой характеристикой для проводов и кабелей с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

д) 100 % номинального тока электродвигателя для проводников ответвлений к короткозамкнутым электродвигателям в невзрывоопасных помещениях, а также в зонах классов В-1б и В-1г;

е) 80 % тока трогания тепловых расцепителей автомата с регулируемой характеристикой для кабелей с бумажной изоляцией.

Если допустимый длительный ток в проводнике, определенный по пунктам а, б, в, г, д, е, не совпадает с данными таблиц допустимых нагрузок, возможно применение ближайшего меньшего сечения, но не менее, чем это требуется по формуле

**Особенности выбора сечения проводников сетей, защищаемых только от токов КЗ.** Эти сечения выбирают таким образом, чтобы исключался недопустимый их перегрев. Недопустимый перегрев проводников будет тогда, когда номинальные токи плавких вставок предохранителей или уставок автоматов окажутся намного больше допустимых токов проводников. Поэтому номинальные токи плавких вставок предохранителей и уставок в проводниках должны иметь кратность:

при защите предохранителями

$$I_{н.вст} / I_{доп} \leq 3;$$

при защите автоматами только с максимальными электромагнитными расцепителями (отсечка)

$$I_{ср.эл.м} / I_{доп} \leq 4,5;$$

при защите автоматами с тепловыми расцепителями без регулирования тока срабатывания (независимо от наличия или отсутствия отсечки)

$$I_{н.тепл} / I_{доп} \leq 1;$$

при защите автоматами с тепловыми расцепителями, имеющими регулировку тока срабатывания (если у автоматов есть электромагнитные расцепители, кратность их тока срабатывания не ограничивается)

$$I_{ср.тепл} / I_{доп} \leq 1,5.$$

Допускаемое заглубление защиты по последним формулам следует применять в тех случаях, когда в этом есть необходимость, т.е. в таких местах и сетях, в которых воспламенение изоляции не грозит пожаром или взрывом.

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Аппараты защиты, их назначение, виды, номинальные параметры и конструктивные особенности.
2. Аппараты защиты, их назначение, защитные характеристики, номинальные параметры.
3. Предохранители, назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности.
4. Автоматические выключатели, назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности.
5. Устройства защитного отключения назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности
6. Пожарная опасность проводов, кабелей и аппаратов защиты. Обеспечение пожарной безопасности электрических сетей: выбор проводов и кабелей, способов их прокладки;
7. Расчет необходимого сечения проводников; выбор аппаратов защиты.

#### Литература

##### Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС»,2004.

2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.

3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ),** [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.

4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме",** [Текст]

5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003,** [Текст]: Утв.Минэнерго России от 2003-06-30,

Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.

СНиП 3.05.66-85. Электротехнические устройства. ВНИИ проект электромонтаж.

7. ГОСТ 12.2.020.76. Электрооборудование взрывозащищенное.

8. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные.

9. НПБ 248-97 «Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».

10. Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.

11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. Пожарная профилактика электроустановок: Учебник. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

12. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».

13. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

### Лекция 3. Аппараты защиты в электроустановках. Пожарная безопасность силовых электроустановок

Аппараты защиты предназначены для защиты электрических сетей, машин и аппаратов от аварийных режимов, угрожающих сохранности электрооборудования и безопасности персонала. Однако при неправильном монтаже и эксплуатации они сами могут быть причиной аварии, пожара или взрыва, так как во время их работы возникают электрические искры, дуги и прочее.

Наиболее часто применяемыми аппаратами защиты являются плавкие предохранители, воздушные автоматические выключатели (автоматы), тепловые реле, применяемые в магнитных пускателях и устройства защитного отключения (УЗО).

#### Плавкие предохранители

*Плавким предохранителем* называется устройство, в котором при токе, превышающем допустимое значение, расплавляется плавкий элемент плавкой вставки и размыкается электрическая цепь. Плавкий предохранитель состоит из плавкой вставки, поддерживающего ее контактного устройства и патрона (корпуса). Основной частью плавкой вставки является плавкий элемент. Плавкая вставка подлежит замене после срабатывания предохранителя.

. Обычно плавкие вставки находятся внутри патрона, покрытого изоляционной оболочкой, армированной деталями для крепления вставки и подвода к ней тока. По конструкции плавких вставок предохранители бывают *разборными* и *неразборными*. Разборные допускают замену плавких элементов после срабатывания на месте эксплуатации без специального инструмента. У неразборных замене подлежит вся плавкая вставка.

Многие предохранители имеют специальные устройства для гашения дуги, образующейся при расплавлении плавкого элемента вставки. Различают предохранители с *наполнителем*, у которых дуга гасится в порошковом, зернистом или волокнистом веществе (тальк, кварцевый песок и т.д.), и без *наполнителя*, у которых гашение дуги происходит благодаря высокому давлению в патроне или движению газов. Предохранители иногда имеют визуальный указатель срабатывания, позволяющий судить о расплавлении плавкого элемента вставки при срабатывании.

Плавкие предохранители характеризуются следующими параметрами.

*Номинальное напряжение*  $U_{н.пр}$  – напряжение, указанное на предохранителе и соответствующее наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается установка данного предохранителя.

*Номинальный ток предохранителя*  $I_{н.пр}$  – ток, указанный на предохранителе и равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя. На этот ток рассчитаны все токоведущие контактные части предохранителя.

*Номинальный ток плавкой вставки*  $I_{н.вст}$  – ток, указанный на вставке, для которого она предназначена, при длительной работе. Номинальный ток предохранителя всегда должен быть больше или равен номинальному току плавкой вставки, т.е.  $I_{н.пр} \geq I_{н.вст}$ .

*Пограничный ток плавкой вставки*  $I$  – ток, при котором вставка расплавится через промежуток времени, достаточный для достижения ею установившейся температуры. Это время обычно равно 1-2 ч. Ток  $I$  больше  $I_{н.вст}$ .

*Предельный ток отключения предохранителя*  $I_{пр.пр}$  – наибольшее значение тока КЗ сети, при котором гарантируется надежная работа предохранителей, т.е. дуга гасится без каких-либо повреждений патрона.

#### Защитная характеристика предохранителя

Предохранители обладают защитной, или времятоковой характеристикой (рис. 1). Она представляет собой зависимость времени полного отключения  $\tau_{откл}$  от отношения ожидаемого тока в цепи (тока КЗ или перегрузки  $I$ ) к номинальному току плавкой вставки.

В полное время отключения входит время нагревания вставки повышенным током  $I$ , ее расплавление, появление дуги и гашение. Откладывая кратности тока по горизонтальной оси и

время  $\tau_{откл}$  по вертикальной, имеем кривую  $\tau_{откл} = f(I/I_{н.вст})$ .

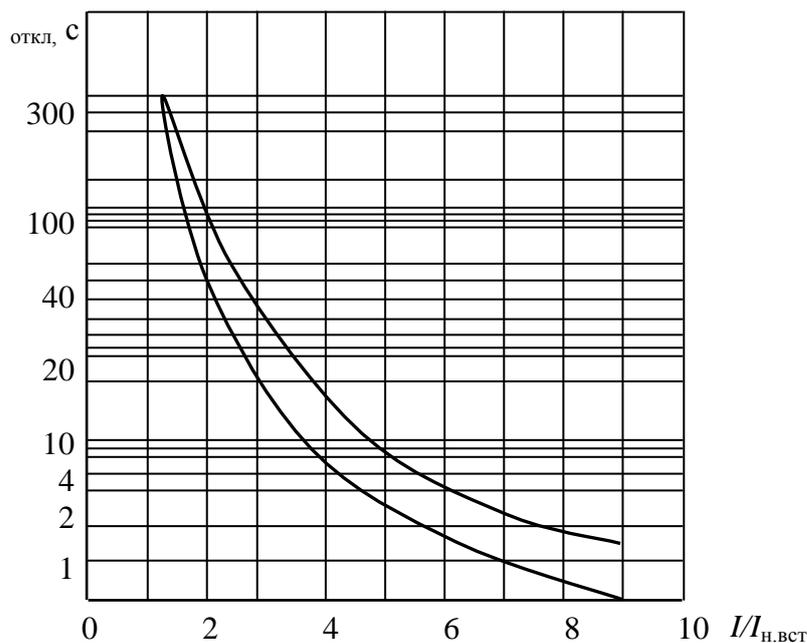


Рис. 3.1. Типовая защитная характеристика предохранителя ПН-2

Характеристика (рис. 1) является типовой, т.е. она относится не к одному предохранителю, а к серии подобных предохранителей на разные номинальные токи  $I_{н.вст}$ . Характеристики отдельных предохранителей отклоняются от средних значений из-за производственных допусков в размере и составе плавких вставок, различного качества и количества контактов, а также старения материала вставок в процессе эксплуатации. Поэтому защитную характеристику изображают не линией, а в виде полосы, в пределах которой лежит возможное время отключения.

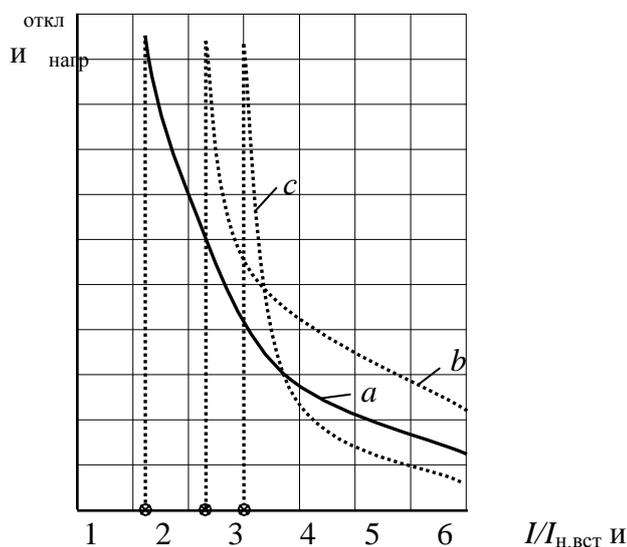


Рис. 3.2. Сопоставление защитных характеристик плавких вставок с тепловой характеристикой защищаемого элемента электроустановки:

$a, c$  – защитные характеристики;  $b$  – тепловая характеристика

Для надежной защиты оборудования необходимо сопоставлять защитную характеристику предохранителя и тепловую характеристику защищаемого элемента

(провода, кабеля, электродвигателя и т.п.).

Тепловая характеристика элемента электрической установки представляет зависимость, температуры нагрева этого элемента  $\tau_{\text{нагр}}$  от отношения фактического тока в нем  $I_k$  номинальному току  $I_n$ , т.е.  $\tau_{\text{нагр}} = f(I/I_n)$

Вставка с характеристикой  $a$  обеспечивает защиту элемента электроустановки с тепловой характеристикой  $b$  при любой кратности тока. Вставка с характеристикой  $c$  может обеспечивать защиту того же элемента только при значительных кратностях, в данном случае при кратности более четырех. При меньших кратностях температура защищаемого элемента может превысить предельно допустимую раньше, чем перегорит вставка, а элемент повредится. Таким образом, условием безопасности и надежности защиты элемента электроустановки предохранителем является соотношение  $\tau_{\text{откл}} \leq \tau_{\text{нагр}}$ .

### Автоматические выключатели (автоматы)

Для более надежной защиты электрических сетей от токов перегрузки и КЗ применяются автоматические выключатели, которые одновременно могут служить для нечастых коммутаций электрических сетей. Поэтому их следует широко использовать в электроустановках пожаро- и взрывоопасных производств.

Автоматы различают по их быстродействию. Ниже рассматриваются только *небыстродействующие* автоматы, получившие большое распространение на промышленных предприятиях, у которых собственное время отключения не менее 10 мс.

### Устройство и принцип работы небыстродействующих автоматов

Автомат состоит из корпуса, подвижных и неподвижных контактов, дугогасительных камер, механизма управления, механизма свободного расцепления и расцепителя.

Основным узлом, обеспечивающим автоматическое срабатывание автомата при ненормальном режиме, является расцепитель. В автоматах наиболее часто используются расцепители максимального тока, которые срабатывают при токе, превышающем ток уставки. В зависимости от встраиваемых расцепителей максимального тока автоматы изготавливаются с электромагнитным расцепителем М, тепловым расцепителем Т и комбинированным расцепителем МТ (т.е. электромагнитным и тепловым).

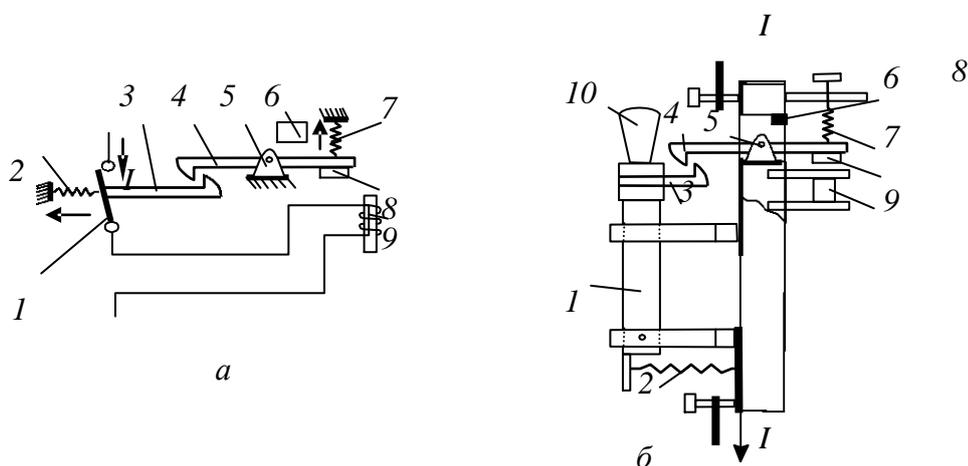


Рис. 3. Принципиальная схема однополюсного автомата с электромагнитным расцепителем максимального тока без выдержки времени:

*a* – электрическая схема; *б* – монтажная схема; 1 – подвижный контакт; 2 – отключающая пружина; 3 – рычаг; 4 – защелка; 5 – ось; 6 – упор якоря; 7 – пружина сцепления; 8 – якорь; 9 – электромагнит; 10 – рукоятка

На рис. 3. представлены автоматы с электромагнитным расцепителем. Во включенном положении автомат удерживает защелка 4, сцепленная с рычагом 3 рукоятки 10. Пружина 7 обеспечивает надежность этого сцепления. При нормальном токе якорь 8 защелки 4 стремится притянуть к сердечнику электромагнита 9, но этому препятствует пружина. Когда ток в защищаемой цепи превышает установленное значение (например, при КЗ), якорь 8 притягивается к сердечнику, защелка поворачивается на оси 5 и освобождает рычаг 3. После этого под действием отключающей пружины 2 и собственного веса подвижного контакта 1 автомат отключается. Положение защелки при отключенном автомате определяется упором якоря 6.

Существенным недостатком автомата, представленного на рис. 3.7, является отсутствие механизма свободного расцепления, автоматически отключающего автомат при КЗ и в том случае, когда по каким-либо причинам подвижный его контакт 1 долгое время удерживается рукой во включенном положении. Этот механизм выполняют в виде системы ломающихся рычагов. Автоматы без механизмов свободного расцепления недостаточно надежны и небезопасны при обслуживании. Применение автоматов без механизма свободного расцепления для защиты электроустановок пожаровзрывоопасных производств недопустимо.

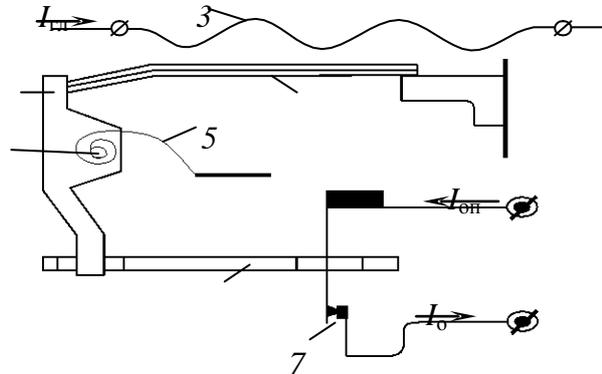


Рис. 4. Схема теплового расцепителя максимального тока косвенного действия:

1 – ось; 2 – защелка; 3 – нагревательный элемент; 4 – биметаллический элемент; 5 – пружина; 6 – тяга; 7 – контакты

На рис. 4. представлены автоматы с тепловым расцепителем. Такой расцепитель действует при помощи биметаллического элемента 4, который представляет собой две механически связанные пластины из металлов с различными температурными коэффициентами расширения. Тепло, выделяемое нагревательным элементом 3, включенным в цепь главного тока  $I_{гл}$  (защищаемую цепь), воздействует на биметаллический элемент. При перегрузке цепи главного тока обе пластины биметаллического элемента, нагреваясь, значительно, но неодинаково удлиняются, вследствие чего биметаллический элемент изгибается вверх и выходит из зацепления с защелкой 2. Последняя под действием

пружины 5 поворачивается вокруг оси 1 по часовой стрелке и изоляционной тягой 6 размыкает контакты 7, прерывая цепь оперативного тока  $I_{оп}$ . Это соответствует нажатию кнопки «Стоп» в схеме магнитного пускателя. Часто в автоматах с тепловым расцепителем нагревательный элемент отсутствует, и ток протекает по биметаллическому элементу. После срабатывания тепловой расцепитель должен остыть, и только потом автомат может быть включен вновь.

Автоматы характеризуются следующими параметрами:

*Номинальное напряжение*  $U_{н.а}$  - напряжение, соответствующее наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается применять данный автомат.

*Номинальный ток*  $I_{н.а}$  - наибольший ток, на который рассчитаны токоведущие и контактные части автомата, равный наибольшему из номинальных токов расцепителя.

*Номинальный ток расцепителя* ( $I_{н.эл.м}$ ,  $I_{н.тепл}$  или  $I_{н.комб}$ ) - наибольший ток, на который рассчитан расцепитель автомата для длительной работы. При этом расцепитель не срабатывает.

*Номинальный ток уставки теплового расцепителя* - ток, на который отрегулирован тепловой расцепитель. При этом расцепитель не срабатывает. Например:

для автоматов с регулировкой тока уставки

$$I_{н.уст.тепл} = (0,6-1) I_{н.тепл}; \quad (3.4)$$

для автоматов без регулировки тока уставки

$$I_{н.уст.тепл} = I_{н.тепл}. \quad (3.4a)$$

*Ток срабатывания (уставки) расцепителя*  $I_{ср.эл.м}$ ,  $I_{ср.тепл}$  - наименьший ток, при котором срабатывает расцепитель автомата, например:

для автоматов с электромагнитным или комбинированным расцепителем

$$I_{ср.эл.м} = (7-15) I_{н.эл.м}; \quad (3.5)$$

для автоматов с тепловым расцепителем без регулировки тока уставки

$$I_{ср.тепл} = (1,25-1,45) I_{н.тепл}; \quad (3.5a)$$

для автоматов с тепловым расцепителем с регулировкой тока уставки

$$I_{ср.тепл} = (1,25-1,33) I_{н.уст.тепл}. \quad (3.5б)$$

*Предельный ток отключения при данном напряжении*  $I_{пр.а}$  - наибольшее значение тока КЗ сети, при котором гарантируется надежная работа автомата.

Номинальные параметры автоматов приведены в каталогах или указаны на заводских табличках (щитках) автоматов.

## Защитные характеристики автоматов

Полное время отключения цепи автоматом определяется по формуле

$$t_{откл} = \tau_c + \tau_d, \quad (3.6)$$

где  $\tau_c$  - собственное время отключения (например, для тепловых расцепителей  $\tau_c = \tau_n + \tau_p$ . Здесь  $\tau_n$  - время, необходимое для нагревания биметалла до температуры срабатывания;  $\tau_p$  - время, необходимое для расцепления механизма);  $\tau_d$  - время горения дуги.

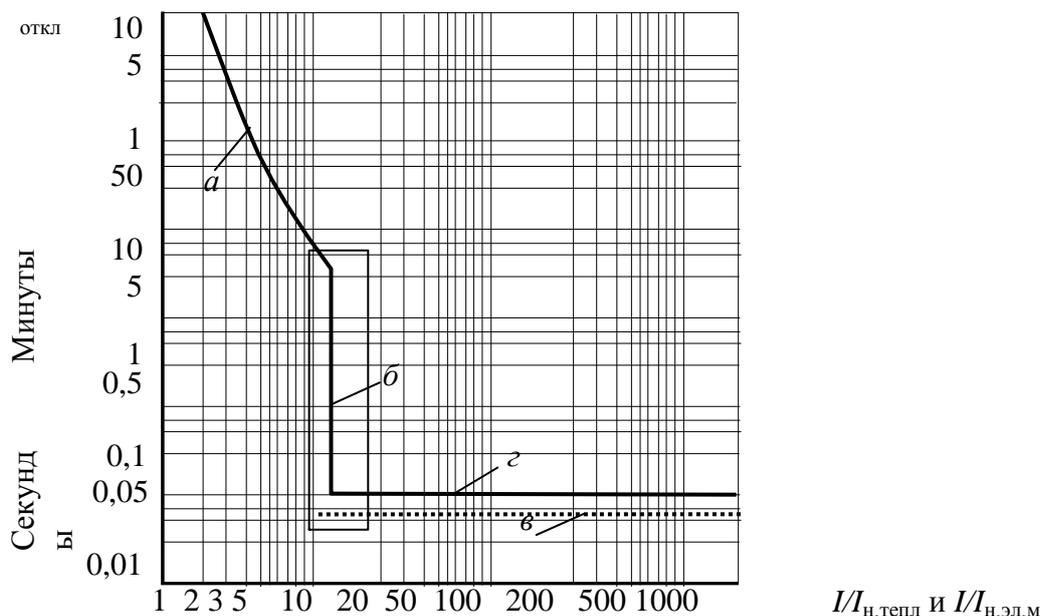


Рис. 5. Защитная характеристика автомата А3120 с комбинированным расцепителем

Зависимость полного времени отключения  $\tau_{откл}$  тока автоматом изображают графически защитной, или времятоковой, характеристикой (рис. 5.).

Защитная характеристика автомата определяет зависимость полного времени отключения цепи от отношения тока в расцепителе к номинальному току расцепителя:

$$\tau_{откл} = f(I/I_{н.тепл/н.эл.м}).$$

На рис. 5. линия *a* определяет зависимость времени отключения от кратности тока перегрузки, отключаемого под воздействием тепловых расцепителей; линия *б* - номинальную кратность тока, при которой уже начинает действовать электромагнитный расцепитель практически без выдержки времени. Фактически эта кратность может оказаться любой в пределах зоны, заштрихованной по обе стороны линии *б*. Линия *в* - время от начала КЗ до момента удара якоря электромагнитного расцепителя по отключающей рейке, после чего автомат отключается независимо от того, продолжается КЗ или нет. Линия *г* обозначает время полного отключения  $\tau_{откл}$  автоматом тока КЗ под действием электромагнитных расцепителей.

Чаще всего используются установочные автоматы типов: А3100, А4100, А3700, ВА, АП-50, АК-63, АБ-25М, А-63, АЕ-20, АЕ-1000, АЕ-2000 и др. Они не рассчитаны для работы в средах, насыщенных токопроводящей пылью или содержащих едкие пары или газы в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, во взрывоопасных средах, а также в местах, не защищенных от попадания воды. Автоматы эти не рассчитаны для работы в местах, подверженных ударам и вибрации.

### Тепловые реле

Тепловые реле обычно применяются для защиты электродвигателей с длительным режимом работы (рабочий период составляет не менее 30 мин) от опасного нагрева при длительных перегрузках.

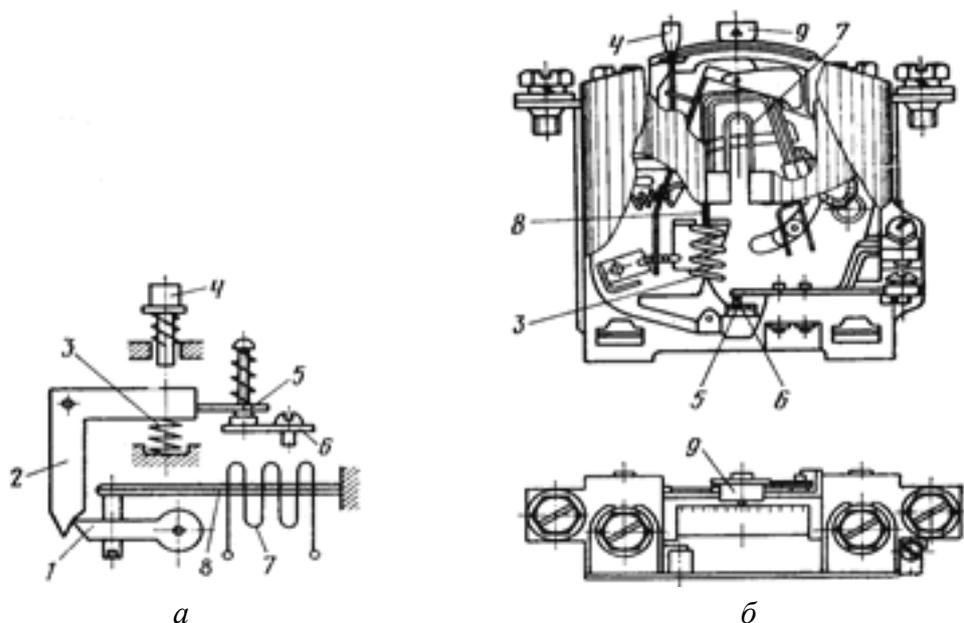


Рис. 6. Схема (а) и конструкция (б) теплового реле типа ТРП:

- 1 – защелка; 2 – рычаг; 3 – пружина; 4 – кнопка;  
 5 и 6 – контакты; 7 – нагреватель; 8 – биметаллическая  
 пластинка;  
 9 – регулировочное устройство

Тепловое реле (рис. 6.) состоит из четырех основных элементов: нагревателя 7, включаемого последовательно в защищаемую от перегрузки сеть; биметаллической пластинки 8 из двух спрессованных металлических пластин с различными коэффициентами линейного расширения; системы рычагов и пружин; контактов 6 и 5. Когда через нагревательный элемент 7 проходит ток, превышающий номинальный ток электродвигателя, выделяется такое количество тепла, что незакрепленный (на рисунке левый) конец биметаллической пластинки изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения (т.е. опускается) и выводит защелку 1 из зацепления. В этот момент под действием пружины 3 верхний конец рычага 2 поднимается, размыкает контакты 6 и 5, разрывает цепь управления магнитного пускателя. Кнопка 4 служит для ручного возврата рычага 2 в исходное положение после срабатывания реле. Для регулирования тока уставки служит специальное устройство 9.

*Номинальное напряжение реле  $U_{н.р}$*  - наибольшее из номинальных напряжений сетей, в которых допускается применять данное реле.

*Номинальный ток реле  $I_{н.р}$*  - наибольший длительный ток, который не вызывает срабатывания реле.

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

*Номинальный ток уставки реле (для реле с регулятором)  $I_{н.уст.р}$*  - наибольший длительный ток, который при данной настройке реле не вызывает срабатывания. Обычно  $I_{н.уст.р} = (0,6-1) I_{н.р(н.нагр)}$ .

*Ток срабатывания теплового реле  $I_{ср.р}$*  - наименьший ток, при котором срабатывает тепловое реле. Обычно  $I_{ср.р} = (1,2-1,3) I_{н.р(н.нагр)}$ .

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.

### Выбор аппаратов защиты

Предохранители хуже, чем автоматы защищают установку от небольших перегрузок, так как у них отношение  $I / I_{н.вст}$  больше, т.е. инерционность выше. При этом и время, необходимое для замены плавких вставок и восстановления питания отключенной установки, достаточно велико. Из-за этого происходят большие простои оборудования, чем при использовании автоматов.

Однако по сравнению с автоматами предохранители имеют и некоторые преимущества. Они дешевы, конструктивно просты и срабатывают при сверхтоках безотказно. Предохранители лучше ограничивают большие токи КЗ и обладают большей разрывной способностью, чем установочные автоматы.

Автоматы рекомендуется применять в тех установках, в которых необходимо быстрое восстановление питания. Автоматы имеют более устойчивые и постоянные защитные характеристики, обеспечивают надежное отключение и селективную защиту от сверхтоков, позволяют сравнительно точно установить определенный ток срабатывания. Они удобны в эксплуатации, надежны и безопасны. Возможность неполнофазных отключений при защите автоматом отсутствует. В зарубежной практике часто используют совместную установку автоматов и токоограничивающих предохранителей, а некоторые фирмы даже встраивают такие предохранители в корпуса автоматов.

### Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО предназначено для обеспечения электро- и пожарной безопасности в бытовых и промышленных электроустановках. Из всех известных средств защиты от электрического тока УЗО является единственным устройством, обеспечивающим защиту человека от поражения током, даже в случае прямого прикосновения к токоведущим частям. УЗО предотвращает возгорания и пожары, возникающие вследствие длительного протекания токов утечки и развивающихся из них токов короткого замыкания. УЗО производит отключение потребителей электрической энергии при возникновении в них токов утечки, величина которых значительно меньше токов короткого замыкания. Поэтому УЗО предупреждают нагрев проводников, обеспечивая также пожарную безопасность.

**Принцип действия УЗО.** Устройство защитного отключения представляет быстродействующий выключатель, автоматически отключающий контролируемую электроустановку от сети при возникновении в ней тока утечки на землю (рис. 7).

Ток утечки может быть вызван прямым прикосновением человека к токоведущим частям в результате повреждения или разрушения изоляции. Срабатывание УЗО происходит за счет использования энергии тока утечки  $I_{ут}$ , вызывающего срабатывание магнитоэлектрической защелки и пружинного расцепителя.

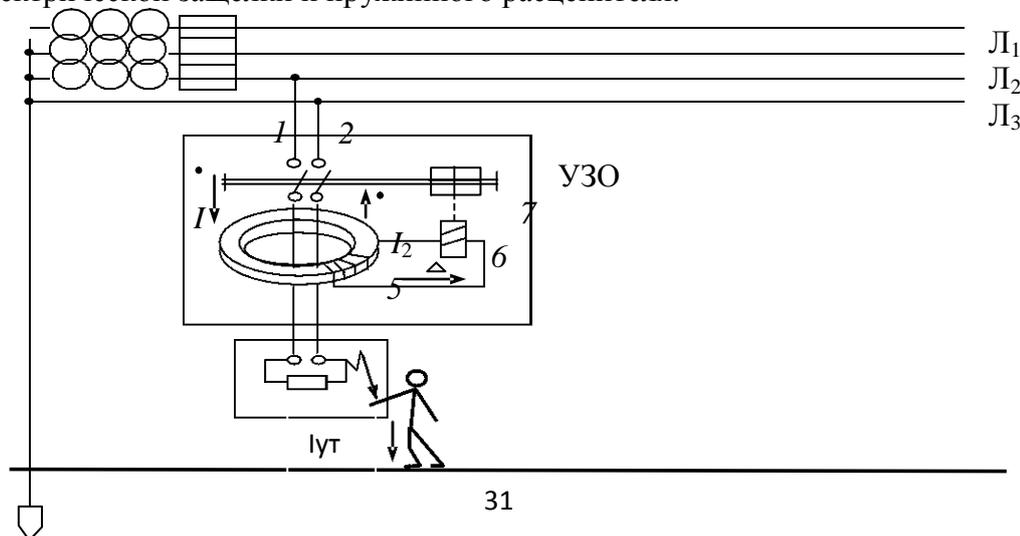
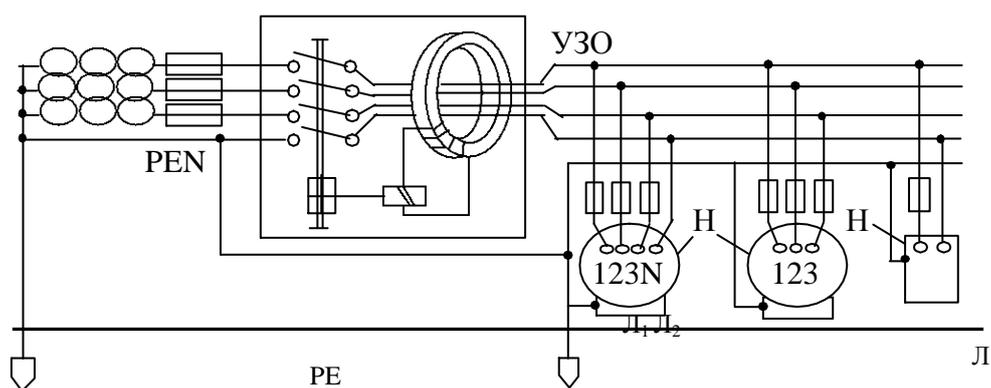


Рис. 7. Схема электроустановки с УЗО:

1, 2 – прямой и обратный проводники; 3 – нагрузка; 4 – магнитный сердечник трансформатора; 5 – вторичная обмотка; 6 – магнитоэлектрическая защелка; 7 – механизм расцепителя; 8 – контактная система;  $L_1, L_2, L_3$  – линейные проводники; N – рабочий и защитный нейтральный (нулевой) проводник

До тех пор, пока ток утечки отсутствует, т.е. нет пробоя или повреждения изоляции электроприемника или нет прямого прикосновения человека к токоведущим частям, токи в прямом  $I_1$  и обратном  $I_2$  проводниках нагрузки 3 равны и наводят в магнитном сердечнике 4 трансформатора тока УЗО равные, но встречно направленные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , в результате чего ток во вторичной обмотке 5 равен нулю и не вызывает срабатывания чувствительного элемента - магнитоэлектрической защелки 6. При возникновении тока утечки, например прикосновения человека к фазному проводнику, баланс токов и магнитных потоков нарушается, во вторичной обмотке появляется ток небаланса  $I$ , который вызывает срабатывание защелки 6, воздействующей, в свою очередь, на механизм расцепителя 7 и контактную систему 8. Электромеханическая система УЗО рассчитывается на срабатывание при определенных значениях - «уставка» тока утечки. Наиболее широко применяются УЗО с уставками 10, 30 и 100 мА.

УЗО успешно выполняют свои защитные функции в сетях с глухозаземленной нейтралью (рис. 8) и в сетях с изолированной нейтралью (рис. 9).



$R_3$  $R_{33}$ 

Рис. 8. Схема электроустановки с нулевым рабочим и защитным  
раздельными проводниками:

$L_1, L_2, L_3$ -линейные проводники; N-нейтральный (нулевой) рабочий проводник; PE-  
защитный нулевой проводник; Н-нагрузка;  $R_3$  - рабочее заземление;  $R_{33}$  - защитное  
заземление; PEN – рабочий и защитный нулевые проводники

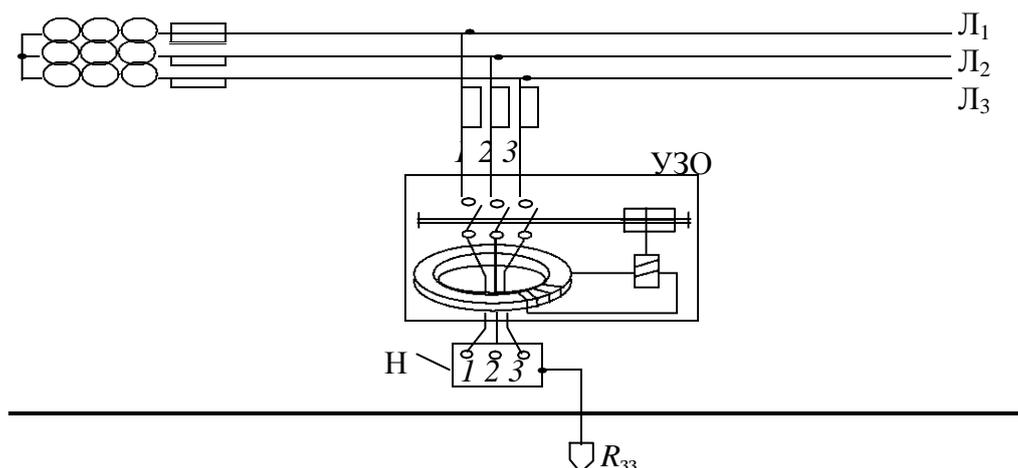


Рис. 9. Схема электроустановки с изолированной нейтралью:  
 $L_1, L_2, L_3$  – линейные проводники; Н – нагрузка;  $R_{33}$  – защитное заземление

### **Рекомендации по использованию аппаратов защиты**

Аппараты защиты должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Не нагреваться сверх допустимой для них температуры в условиях нормальной эксплуатации.

2. Не отключать электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, «пики» токов технологических нагрузок, токи при самозапуске и т.п.).

Для удовлетворения первого условия необходимо выбирать аппарат защиты так, чтобы номинальный ток самого аппарата и плавкой вставки или расцепителей были равны расчетному току сети, т.е. для предохранителей

$$\begin{array}{l} I_{н.пр} \\ I_{н.вс} \end{array} \geq I_p$$

для автоматов и тепловых реле магнитных пускателей

$$\left. \begin{aligned} I_{н.а} &\geq I_p; \\ I_{н.эл.м.н.тепл} &\geq I_p; \\ I_{н.р(н.нагр)} &\geq I_p; \end{aligned} \right\}$$

С учетом практического опыта следует придерживаться рекомендаций:

для автоматов А3120, А3130, А3140, АП-50 и др.  $I_{ср.эл.м} \geq 1,25 I_{макс}$ ;

для автоматов А3110  $I_{ср.эл.м} \geq 1,5 I_{макс}$ .

для автоматов серии А3100, АП-50 и АБ-25, А3700  $I_{ср.тепл} \geq 1,25 I_p$

для тепловых реле магнитных пускателей при легких условиях пуска электродвигателя (длительность пуска до 10 с):  $I_{н.р} \geq I_{н.нагр} = I_n$ ;

для тепловых реле магнитных пускателей при затяжных пусковых режимах электродвигателей  $I_{н.р} \geq I_{н.нагр} = (1,05 - 1,2) I_n$

Здесь  $I_p$  есть рабочий ток в защищаемой сети (в сети, питающей один электродвигатель,  $I_p = I_n$ , где  $I_n$  - номинальный ток электродвигателя).

Коэффициенты 1,25 и 1,5 учитывают неточность в определении максимального кратковременного тока линии  $I_{макс}$  и разброс характеристик электромагнитных расцепителей автоматов.

Технические требования на параметры УЗО приведены в таблице.

№ п/п	Параметр	Номинальное значение
1	Напряжение $U_n$ , В	220, 380*
2	Частота $f_n$ , Гц	50
3	Ток нагрузки $I_n$ , А	16, 25, 40, 63*
4	Отключающий дифференциальный ток (ток утечки) $I_{н}$ , мА	10, 30, 100*
5	Неотключающий дифференциальный ток $I_{т0}$	$0,5 I_n$
6	Включающая и отключающая (коммутационная) способность $I_m$ , А	1500
7	Условный ток короткого замыкания (термическая стойкость) при последовательно включенной плавкой вставке 63 А, кА	10
8	Время отключения при номинальном дифференциальном токе $I_n$ , не более, мс	30
9	Диапазон рабочих температур, С	-25 °С+40 °С
10	Максимальное сечение подключаемых проводников, мм <sup>2</sup>	25
11	Срок службы, не менее: электрических циклов механических циклов	4000 10 000

\* В зависимости от модификации устройства.

Исключение возникновения аварийных режимов является основным средством предотвращения появления упомянутых ранее источников зажигания. Этого можно достигнуть:

-поддержанием сопротивления изоляции токоведущих частей электроустановок не ниже величин, регламентированных ПУЭ (например, сопротивление изоляции каждого участка в

сетях напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу);

-защитой изоляции от механического, теплового и агрессивного воздействий окружающей среды (прокладкой проводов в трубах; созданием теплопреградительных экранов и надежного теплоотвода;

- исключением повреждения изоляции от вибрации, тряски и при движении);

-исключением попадания на открытые токоведущие части посторонних предметов и ошибочных действий при выполнении работ, связанных с обслуживанием электроустановок (устройством ограждений с механическими и электрическими блокировками);

-симметричной нагрузкой фаз;

-исключением обрыва нулевого провода;

-своевременным увеличением пропускной способности стационарных электрических проводов;

-строгим соблюдением категорий мест размещения электрооборудования, а также инструкций и правил при эксплуатации электроустановок .

Установлены следующие категории мест размещения электрооборудования при эксплуатации:

— на открытом воздухе, где они подвергаются воздействию всех природных факторов;

— помещения, в которых отсутствует прямое воздействие атмосферных осадков и солнечных лучей (навесы, палатки и т. д.);

— закрытые помещения с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, солнечного света, воздействие песка и пыли меньше, чем на открытом воздухе (неотапливаемые помещения);

— помещения с искусственно регулируемыми климатическими условиями (производственные помещения закрытые отапливаемые и вентилируемые);

— помещения с повышенной влажностью, в которых возможно длительное нахождение воды или конденсированной влаги, например, неотапливаемые и невентилируемые помещения под землей, в том числе шахты и подвалы..

Электрооборудование по условиям окружающей среды может иметь следующие исполнения, которые указываются в паспортных данных:

для умеренного климата У1— У5,

для холодного и умеренного климата ХЛ1—ХЛ5,  
УХЛ1-УХЛ5,

для тропического климата Т1—Т5.

Электрооборудование необходимо выбирать в соответствии с условиями окружающей среды.

Однако, поскольку количество пожароопасных электроустановок, находящихся в эксплуатации, велико, а также в связи с тем, что число людей, связанных тем или иным образом с их эксплуатацией и не имеющих необходимой подготовки, также велико, полностью исключить случаи аварийных режимов в электроустановках не представляется возможным. В связи с этим все электроустановки должны оборудоваться электрической и иной защитой, которая снижала бы пожарную опасность аварийных режимов. В общем случае защита от аварийных режимов предполагает ограничение тока и продолжительности аварийного режима и изоляцию пожароопасных электроустановок и их пожароопасных элементов от горячей среды.

Последнее обеспечивается специальным исполнением и размещением электроустановок.

Для защиты от токов к. з. и перегрузок все электроустановки оборудуются предохранителями и автоматическими выключателями. Предохранители применяются главным образом для защиты электроустановок от токов к. з. Защита от перегрузок с помощью предохранителей возможна при условии, если защищаемые элементы установки будут иметь запас по пропускной способности на 25% больше номинального тока плавких вставок [11].

Например, если речь идет о защите от перегрузки электрической проводки квартиры, то она обеспечивается, когда

$$I_b = 0,75 I_{\text{дл.доп}}$$

где  $I_b$  — номинальный ток плавкой вставки, А;  $I_{\text{дл.доп}}$  — длительно допустимый ток через электрическую проводку, А.

Выбор предохранителей производится по следующим трем условиям:

а) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше или равным расчетному току нагрузки

$$I_b > I_p,$$

где  $I_b$  — номинальный ток плавкой вставки, А;  $I_p$  — расчетный ток нагрузки, А;

б) предохранитель не должен отключать установку при пусковых токах, свойственных нормальной эксплуатации;

в) при к. з. предохранитель должен отключать аварийную линию за минимальное время.

Однако необходимо учитывать, что защита от тока к. з. полностью не исключает появление источников зажигания. Так, электрические искры при локальных к. з. возникают практически всегда, даже при наличии чувствительной защиты.

### ***Исполнения электрических машин по степени защиты от воздействия окружающей среды***

Под понятием «степень защиты электрических машин» подразумевается защита обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими или вращающимися частями, находящимися внутри машин, и защита от попадания внутрь твердых, посторонних тел и воды. Принятые нормы защиты электротехнического оборудования, в том числе электрических машин, базируются на Публикации МЭК 529, которой соответствует ГОСТ 14254-80.

По этому ГОСТ буквенно-цифровое исполнение состоит из латинских букв IP и двух цифр. Первая цифра характеризует степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или вращающимися частями, находящимися внутри машины, а также степень защиты самой машины от попадания в нее твердых посторонних тел; вторая цифра — степень защиты от проникновения воды внутрь машины.

Установленные стандартом степени защиты приведены в табл. 1 и 2.

Стандарт допускает при необходимости указывать с помощью дополнительной прописной буквы латинского алфавита в ТУ или в ГОСТ на конкретные серии и типы машин, дополнительные данные. Эта буква должна следовать за цифрами в обозначении степени защиты.

Буквы S, M и W должны использоваться только со следующими значениями:

S — испытано на проникновение воды, когда изделие не работает (например, неподвижная машина);

M — испытано на проникновение воды, когда изделие работает (например, вращающаяся машина);

W (следует сразу после букв IP) — изделие с таким обозначением предназначено для использования в особых климатических условиях при осуществлении дополнительных мер защиты в конструкции изделия или при эксплуатации.

Отсутствие дополнительных букв означает, что изделие соответствует данной степени защиты во всех нормальных условиях работы.

Если для изделия требуется указать степень защиты только одной цифрой, то пропущенная цифра заменяется буквой X, например IPX 5. ГОСТ 14254-80 устанавливает также и методы испытаний на соответствие степени защиты.

Применительно к электрическим машинам допустимые степени защиты

установлены ГОСТ 17494-72, стандарт учитывает требования Публикации МЭК 34-5 и является ограничительным по отношению к ГОСТ 14254-80. Допустимые данным ГОСТ для электрических машин степени защиты приведены в табл. 3.

Для отдельных видов электрических машин допускаются степени защиты IP57 и IP58.

Для отдельных видов электрических машин допускаются степени защиты IP57 и IP58. ГОСТ 17494-72 не распространяется на электрические машины, предназначенные для работы во взрывоопасной среде и в особых климатических условиях (например, тропических, для воздействия влажности, инея, химических реагентов, плесневых грибов и т. д.).

Таблица 1. Степени защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями электротехнических изделий и от попадания твердых тел внутрь корпуса

1 цифра условного обозначения	Степень защиты
0	Специальная защита отсутствует
1	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и от проникновения твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т. д. диаметром или толщиной более 2,5 мм и от проникновения твердых тел размером более 1,0 мм
4	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и от проникновения твердых тел размером более 1 мм
5	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью. Однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия
6	Проникновение пыли предотвращено полностью

Таблица  
2.  
Защита

Вторая обозначени	
0	Защита отсутствует
1	<b>Защита от капель воды: капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие</b>
2	Защита от капель воды при наклоне оболочки до 15°: капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделия при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя: дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг: вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй: струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды: вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду: вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду: изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем

электрооборудования от попадания внутрь воды

Степени защиты персонала от соприкосновения и по падания посторонних тел									
									8
0	P00	P01	-	-	-	-	-	-	-
1	P10	P11	P12	P13	-	-	-	-	-
2	P20	P21	P22	P23	-	-	-	-	-
3					-	-	-	-	-
4				P43	P44			-	-
5	-	-	-		P54	P55	P56	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 3. Степени защиты электрических машин

### ***Выбор электрооборудования в пожароопасных зонах***

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты по ГОСТ 17494-72 не менее указанной в табл.4.[3,4]

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции должно быть предусмотрено устройство для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздуховодах.

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

До освоения электропромышленностью крупных синхронных машин, машин постоянного тока и статических преобразовательных агрегатов в оболочке со степенью защиты IP44 допускается применять в пожароопасных зонах класса П-Па машины и агрегаты со степенью защиты оболочки не менее IP20.

Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

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

Вид установки и условия работы	Степень защиты пожароопасной зоны			
	П	П-II	П-IIa	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

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Аппараты защиты, их назначение, защитные характеристики, номинальные параметры.
2. Предохранители, назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности.
3. Автоматические выключатели, назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности.
4. Устройства защитного отключения назначение, конструкция, защитные характеристики номинальные параметры и конструктивные особенности.
5. Электрические двигатели и аппараты управления общего назначения. Классификация.
6. Взрывозащищенные электродвигатели и аппараты управления.
7. Характеристика причин пожароопасных режимов и состояний электродвигателей и аппаратов управления.
8. Обеспечение пожарной безопасности: выбор исполнения, соблюдение требований по монтажу и эксплуатации электродвигателей и аппаратов управления. Нормативные документы..

#### Литература Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС»,2004.
2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.
3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ),** [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.
4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О**

противопожарном режиме", [Текст]

5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003, [Текст]: Утв. Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004

Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.

СНиП 3.05.66-85. Электротехнические устройства. ВНИИ проект электромонтаж.

7. ГОСТ 12.2.020.76. Электрооборудование взрывозащищенное.

8. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные.

9. НПБ 248-97 «Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».

10. Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.

11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. Пожарная профилактика электроустановок: Учебник. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

12. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».

13. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

## **Лекция 4 Пожарная безопасность электрического освещения.**

### ***Виды электрического освещения.***

В наши дни широко используется электрическое освещение зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также рекламное освещение. В производственных помещениях жилых и общественных зданиях, зрелищных предприятиях различают: общее, местное, аварийное и эвакуационное освещение. Общее и местное освещение проектируют из расчета выполнения производственных задач. Аварийное освещение предусматривается, если на предприятии одновременно находится более 50 человек, а эвакуационное освещение.— более 100 человек

Для электроосвещения используются осветительные установки

Осветительной установкой называется электроустановка, состоящая из источника света вместе с арматурой и пускорегулирующей аппаратурой.

Источник света устанавливается в арматуре, имеющей детали его крепления и защиты от внешней среды, защиты глаз человека от прямых лучей света. Совокупность этих деталей составляет светильник. Он также имеет средства крепления.

Источниками света являются лампы накаливания, люминесцентные лампы различной конструкции, дуговые ртутные или натриевые лампы.

Параметрами источников света являются номинальное напряжение, мощность, световой поток.

### ***Пожарная опасность электрических ламп накаливания***

Наибольшую пожарную опасность представляют источники света. Электрические лампы накаливания (ЛН) общего назначения как источник света имеют чрезвычайно широкое применение. Принцип получения световой энергии в них основан на преобразовании подводимой к ним электрической энергии в тепловую. Нагреваемое электрическим током тело накала (вольфрамовая спираль) излучает световую энергию. Коэффициент полезного действия ЛН невысок. Большая часть подводимой электрической энергии излучается в окружающую среду в виде тепла.

Пожарная опасность ЛН складывается из двух составляющих:

из опасности загорания горючих материалов при несоблюдении пожаробезопасного расстояния до их колб;

из опасности появления при аварийных режимах в ЛН источников загорания с высокой зажигательной способностью.

В первом случае пожарная опасность обуславливается высокими температурами нагрева колб. Температура нагрева колб зависит от мощности ЛН, от положения колбы в пространстве и чистоты поверхности колбы. Так, если поверхность колб чистая, то в зависимости от мощности ЛН температура ее нагрева достигает 80—170°С.

Если колбы ламп загрязнены, например, различной производственной пылью (древесной, мучной, травяной и т. п.), то температура нагрева может существенно повыситься

На практике пожары от ЛН нередко возникают в результате использования ЛН повышенной мощности, поскольку вместо рекомендуемой заводом-изготовителем мощности лампы для светильника используют ЛН большей мощности, так как цоколи ламп накаливания в диапазоне от 15 Вт до 300 Вт одинаковы. Поэтому нередки случаи загорания пластмассовых плафонов. Наиболее высокие температуры нагрева на колбе развиваются в местах соприкосновения ее с материалами с низкой теплопроводностью.

При определенных условиях в ЛН возникают дуговые разряды между электродами. В одном случае дуговой разряд может вызвать взрыв колбы, в другом—: проплавление ее частицами никеля, образующимися в результате расплавления дугой электродов. В обоих

случаях аварийный режим сопровождается образованием и выбросом источников зажигания (частиц никеля, раскаленной вольфрамовой спирали и конструктивных элементов, нагретых до высоких температур). Наиболее пожароопасными являются частицы никеля.

Для электрического освещения могут применяться газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, натриевые, ксеноновые). Принцип действия газоразрядных ламп основан на дуговом разряде в парах ртути или инертных газов. Назначением инертных газов является обеспечение надежного загорания лампы и уменьшение распыления катодов. На внутреннюю поверхность лампы наносится слой люминофора, с целью коррекции цветовой температуры лампы для лучшего восприятия цветов. В обозначениях ламп с улучшенной цветностью в конце добавляется буква Ц, например, лампы ЛДЦ.

Достоинства газоразрядных ламп в том, что поверхность колбы остается холодной, недостаток более сложная пусковая аппаратура и более низкая надежность зажигания ламп при снижении напряжения, что очень часто происходит в чрезвычайных ситуациях.

Пожарная опасность электроосвещения дополнительно определяется опасностью электрической проводки и аппаратуры управления.

#### ***Требования к электрической проводке и аппаратуре управления электроосвещением***[3,4]

Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не выше 220 В переменного тока при изолированной нейтрали и постоянного тока.

Для питания отдельных ламп следует применять, как правило, напряжение не выше 220 В. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение допускается для всех стационарных светильников вне зависимости от высоты их установки.

Для питания специальных ламп (ксеноновых, ДРЛ, ДРИ, натриевых, рассчитанных на напряжение 380 В) и пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, имеющих специальные схемы (например, трехфазные, с последовательным соединением ламп), допускается использовать напряжение выше 220 В, но не выше 380 В, в том числе фазное напряжение системы 660/380 В с заземленной нейтралью при соблюдении следующих условий:

1. Ввод в светильник и пускорегулирующий аппарат следует выполнять проводами или кабелем с медными жилами и с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660 В.

2. Должно обеспечиваться одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник. Это требование распространяется также на все случаи, когда в многоламповый светильник с лампами любых типов вводятся провода нескольких фаз системы 380/220 В, за исключением светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности.

3. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на светильники должны быть нанесены хорошо различимые отличительные знаки с указанием применяемого напряжения («380 В»).

4. Ввод в светильник двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В запрещается.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ и натриевыми над полом, или площадкой обслуживания менее 2,5 м необходимо применять светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без применения инструмента (отвертки, плоскогубцев, гаечного или специального ключа и др.), с вводом в светильник подводящей электропроводки в металлических трубах, металлорукавах или защитных оболочек кабелей и защищенных проводов либо использовать для питания светильников с лампами накаливания напряжение не выше 42 В.

Светильники рабочего освещения и светильники аварийного освещения в производственных и общественных зданиях и в зонах работы на открытых пространствах

должны питаться от разных независимых источников. Допускается питание рабочего и аварийного освещения выполнять от разных трансформаторов одной двухтрансформаторной подстанции при питании трансформаторов от разных независимых источников. В общественных зданиях при отсутствии независимых источников питания светильников аварийного освещения допускается осуществлять от трансформатора, не используемого для питания рабочего освещения.

Светильники эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, а также светильники эвакуационного освещения в общественных и жилых зданиях (независимо от наличия или отсутствия в них естественного освещения) должны быть присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения), или при наличии только одного ввода (в здание или в зону работы на открытом пространстве), начиная от этого ввода

Светильники эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения должны быть присоединены к отдельному независимому источнику питания или автоматически на него переключаться, если в нормальном режиме питание эвакуационного освещения предусматривается от источника, используемого для рабочего освещения.

В производственных зданиях без естественного освещения в помещениях, где может одновременно находиться 100 и более человек, независимо от наличия аварийного освещения должно предусматриваться эвакуационное освещение по основным проходам, переключаемое при прекращении его питания на независимый внешний или местный (аккумуляторная батарея, двигатель-генераторная установка) источник, не используемый в нормальном режиме для питания рабочего, аварийного и эвакуационного освещения.

Не допускается использование электросиловых сетей для питания общего рабочего, аварийного и эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения.

Световые указатели эвакуационных или запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования здания.

### ***Выполнение и защита осветительных сетей***

▲ Разрешается прокладка групповых линий рабочего освещения совместно с групповыми линиями аварийного и эвакуационного освещения проводами и кабелями с изоляцией на напряжение не ниже 660 В:

1. В одном коробе, используемом для установки светильников с люминесцентными лампами, при условии, что исключается возможность соприкосновения проводов рабочего освещения с проводами аварийного и эвакуационного освещения.

2. В корпусах светильников, конструкция которых предусматривает возможность прокладки питающих проводов, при условии, что исключена возможность соприкосновения проводов рабочего освещения с проводами аварийного и эвакуационного освещения.

3. При креплении проводов или кабелей к общему тросу. При этом расстояние в свету между проводами или кабелями рабочего освещения и проводами или кабелями аварийного и эвакуационного освещения должно быть не менее 20 мм.

Питание светильников рабочего освещения и аварийного или эвакуационного освещения допускается осуществлять от разных фаз одного осветительного шинпровода при условии подвода к шинпроводу самостоятельных линий питания рабочего освещения и аварийного или эвакуационного освещения.

▲ Защита осветительных сетей должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 3.1 с дополнениями, приведенными в 6.2.2, 6.2.6, 6.2.7, 6.3.5, 6.4.10 и 6.4.11.[3]

При выборе токов аппаратов защиты должны учитываться пусковые токи мощных ламп накаливания и ламп ДРЛ, ДРИ и натриевых.

Аппараты защиты следует располагать по возможности группами в доступных для

обслуживания местах. Рассредоточенная установка аппаратов защиты допускается при питании освещения от распределительных магистралей.

▲ Установка предохранителей, автоматических выключателей и выключателей в нулевых рабочих проводниках запрещается.

### ***Выбор электрических светильников во взрывоопасных зонах***

▲ Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют табл. 1 или являются более высокими.

▲ В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

а) через не открывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;

б) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

в) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

г) в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов следует применять небьющееся стекло;

д) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами.

### ***Выбор электрических светильников в пожароопасных зонах***

— В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в табл. 2.

— Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадание 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.

— Электропроводка внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должна выполняться термостойкими проводами.

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

Таблица 1. Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны по ПУЭ

Таблица. 1 Уровень взрывозащиты или степень защиты светильников

<i>Класс</i>	<i>Уровень взрывозащиты или степень защиты</i>
	<i>Стационарные светильники</i>
<i>B-I</i>	<i>Взрывобезопасное</i>
<i>B-Ia, B-Iг</i>	<i>Повышенной надежности против взрыва</i>
<i>B-Iб</i>	<i>Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53 (или выше)</i>
<i>B-II</i>	<i>Повышенной надежности против взрыва</i>
<i>B-IIa</i>	<i>Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63) Степень защиты IP53(или выше)</i>
	<i>Переносные светильники</i>
<i>B-I, B-Ia</i>	<i>Взрывобезопасное</i>
<i>B-Iб, B-Iг</i>	<i>Повышенной надежности против взрыва</i>
<b>B – II</b>	<i>Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63)</i>
<i>B-IIa</i>	<i>Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований 7.3.63)</i>

Таблица 2. Минимально допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожарной зоны

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

Вопросы для самоконтроля.

1. Электроосвещение. Виды освещения (рабочее, аварийное и эвакуационное) и требования к ним.
2. Электрические светильники, виды, назначение и устройство. Светильники общего назначения и взрывозащищенные.
3. Пожарная опасность электрических светильников с лампами накаливания и люминесцентными лампами.
4. Обеспечение пожарной безопасности: выбор светильников по исполнению, соблюдение требований по монтажу и эксплуатации электроосветительных установок. Нормативные документы

#### Литература Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС»,2004.
2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.
3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ),** [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.
4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме",** [Текст]
5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003,** [Текст]: Утв.Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004

#### Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.
7. СНиП 3.05.66-85. Электротехнические устройства. ВНИИ проект электромонтаж.
7. ГОСТ 12.2.020.76. Электрооборудование взрывозащищенное.
8. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные.
9. НПБ 248-97 «Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».
10. Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.
11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. Пожарная профилактика электроустановок: Учебник. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.
12. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».
13. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

## Лекция 5 Заземление и зануление электроустановок.

### *Назначение, принцип действия, область применения заземления*

Защитное заземление это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.) [3, 4, 10]

Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залегании и т. п. Назначение защитного заземления — устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, рабочего заземления и заземления молниезащиты.

Рабочее заземление — преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов, дугогасящих аппаратов, реакторов поперечной компенсации в дальних линиях электропередачи, а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п. [10, 11]

Заземление молниезащиты — преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

Принцип действия защитного заземления — снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования) [11].

Рассмотрим два случая. Корпус электроустановки не заземлен. В этом случае прикосновение к корпусу электроустановки также опасно, как и прикосновение к фазному проводу сети.

Корпус электроустановки заземлен (рис.1) . В этом случае напряжение корпуса электроустановки относительно земли уменьшится и станет равным:

$$U_3 = I_3 R_3.$$

Напряжение прикосновения и ток через тело человека в этом случае будут определяться по формулам:

$$U_h = I_3 R \alpha_i$$

где  $\alpha_i$  - коэффициент напряжения прикосновения.

$$I_h = I_3 R \alpha_i / (R_h)$$

Уменьшая значение сопротивления заземлителя растеканию тока можно уменьшить напряжение корпуса электроустановки относительно земли, в результате чего

уменьшаются напряжение прикосновения и ток через тело человека.

Заземление будет эффективным лишь в том случае, если ток замыкания на землю  $I_3$  практически не увеличивается с уменьшением сопротивления заземлителя. Такое условие выполняется в сетях с изолированной нейтралью (типа IT) напряжением до 1 кВ, так как в них ток замыкания на землю в основном определяется сопротивлением изоляции проводов относительно земли, которое значительно больше сопротивления заземлителя (рис.1).

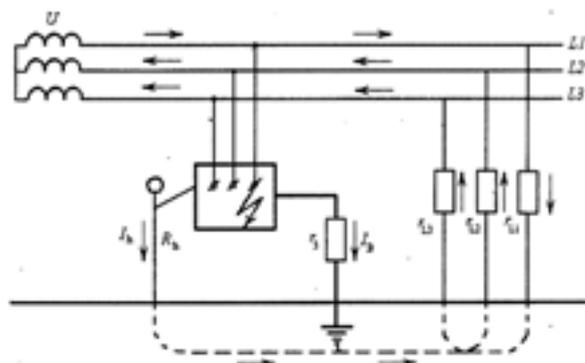


Рис.1. Схема сети с изолированной нейтралью (типа IT) и защитным заземлением электроустановки

В сетях переменного тока с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ защитное заземление в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении не применяется, т.к. оно не эффективно (рис.2).

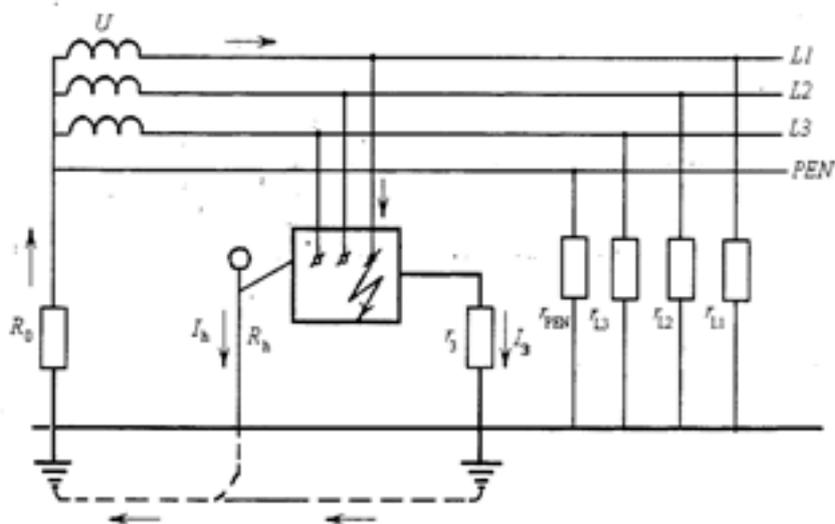


Рис.2. Схема сети с заземленной нейтралью и защитным заземлением потребителя электроэнергии.

Область применения защитного заземления:

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных трехпроводных сетях переменного тока с изолированной нейтралью (система IT);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных двухпроводных сетях переменного тока изолированных от земли;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в двухпроводных сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока (система IT);
- электроустановки в сетях напряжением выше 1 кВ переменного и постоянного тока с любым, режимом нейтрали или средней точки обмоток источников тока.

Типы заземляющих устройств. Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

Выносное заземляющее устройство (рис. 3) характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки. Поэтому выносное заземляющее устройство называют также сосредоточенным

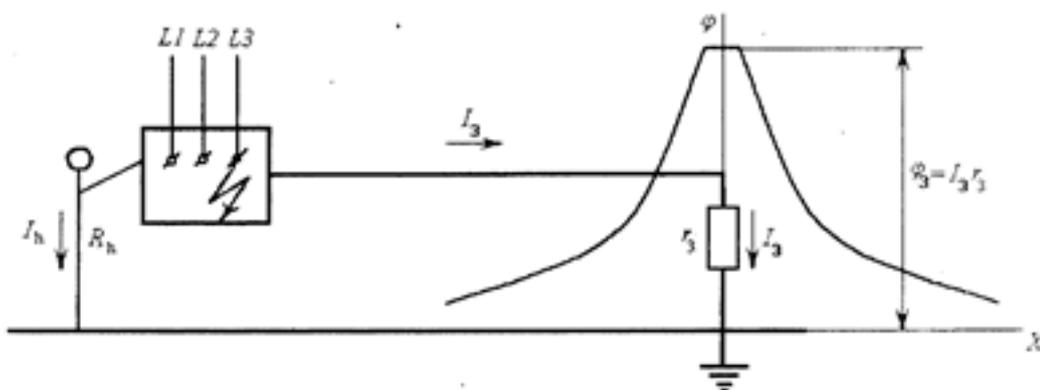


Рис.3. Выносное заземляющее устройство

Существенный недостаток выносного заземляющего устройства - отдаленность заземлителя от защищаемого оборудования; вследствие чего на всей или на части защищаемой территории коэффициент прикосновения  $\alpha \leq 1$ . Поэтому заземляющие устройства этого типа применяются лишь при малых токах замыкания на землю, в частности в установках до 1000 В, где потенциал заземлителя не превышает значения допустимого напряжения прикосновения  $U_{пр доп}$  (с учетом коэффициента

напряжения прикосновения, учитывающего падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек,  $\alpha_2$ ):

$$\phi_3 = I_3 r_3 \leq \frac{U_{пр доп}}{\alpha_2},$$

где  $I$  - ток, стекающий в землю через заземляющее устройство;  $r_3$  - сопротивление

растеканию тока заземляющего устройства.

Кроме того, при большом расстоянии до заземлителя может значительно возрасти сопротивление заземляющего устройства в целом за счет сопротивления заземляющего проводника. Достоинством, выносного заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта (сырой, глинистый, в низинах и т. п.). Необходимость в устройстве выносного заземления может возникнуть в следующих случаях:

- при невозможности по каким-либо причинам разместить заземлитель на защищаемой территории;
- при высоком сопротивлении земли на данной территории (например, песчаный или скалистый грунт) и наличии вне этой территории мест со значительно лучшей проводимостью земли;
- при рассредоточенном расположении заземляемого оборудования (например, в горных выработках) и т. п.

Контурное заземляющее устройство (рис. 4.) характеризуется тем, что электроды его заземлителя размещаются по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, а также внутри этой площадки. Часто электроды распределяются на площадке по возможности равномерно, и поэтому контурное заземляющее устройство называется также распределенным.

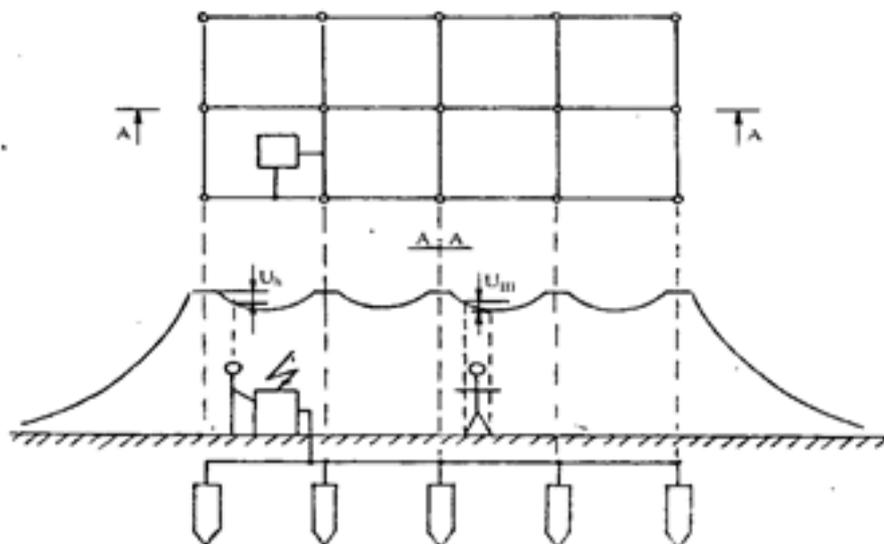


Рис. 4. Контурное заземляющее устройство

Безопасность при распределенном заземляющем устройстве может быть обеспечена не только уменьшением потенциала заземлителя, но и выравниванием потенциалов на защищаемой территории до таких значений, чтобы максимальные напряжения

прикосновения и шага не превышали допустимых. Это достигается за счет соответствующего размещения одиночных заземлителей на защищаемой территории.

### ***Назначение, принцип действия, область применения зануления***

Зануление - это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой 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.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

Нулевым защитным проводником (РЕ - проводник в системе TN - S) называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего и PEN - проводников. Нулевой рабочий проводник (N - проводник в системе TN - S) - проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока. Совмещенный (PEN - проводник в системе TN- C) нулевой защитный и нулевой рабочий проводник - проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Область применения зануления:

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система TN - S; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

Принцип действия зануления. При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя (рис. 5) образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

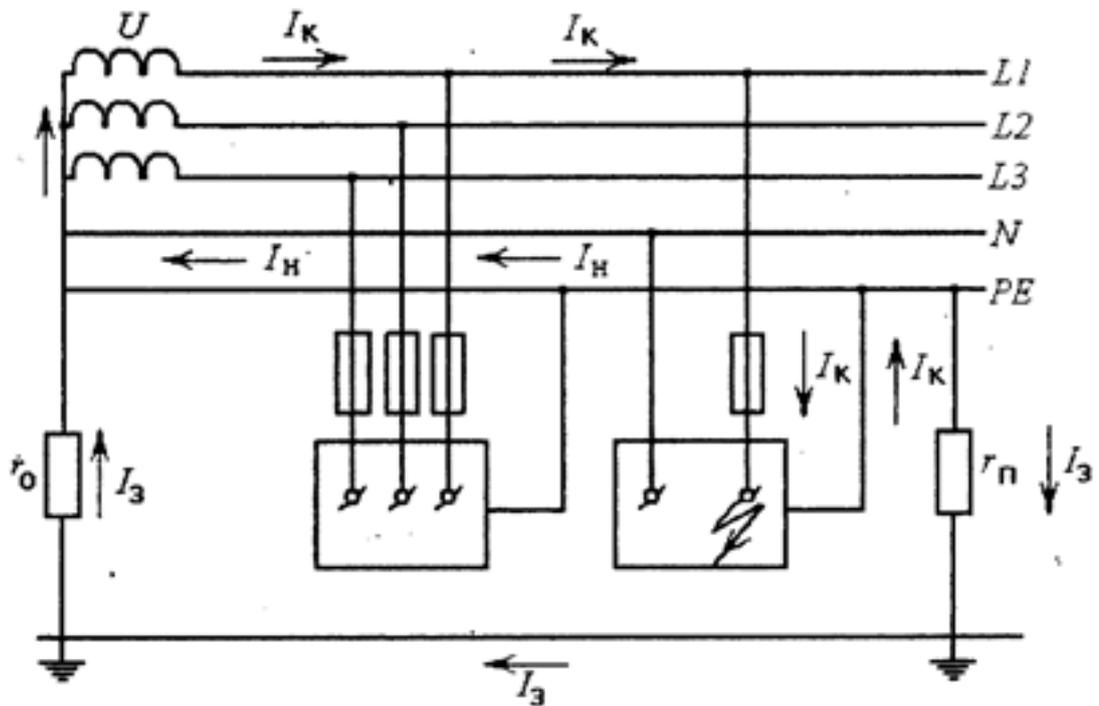


Рис. 5 Принципиальная схема зануления в системе TN - S

1 - корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.); 2 - аппараты защиты от токов КЗ (предохранители):  $r_0$  – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;  $r_n$  - сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_k$  - ток КЗ;  $I_n$  - часть тока

КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_3$  часть тока КЗ, протекающего через землю - корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.); 2 аппараты защиты от токов КЗ (предохранители):  $R_0$  сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;  $r_n$  -сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника:  $I_{кз}$  – ток КЗ;  $I_n$  - часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_3$  -часть тока КЗ, протекающего через землю. - корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.);

Следовательно, зануление обеспечивает защиту от поражения электрическим током при замыкании на корпус за счет ограничения времени прохождения тока через тело человека и за счет снижения напряжения прикосновения.

В качестве максимальной токовой защиты, обеспечивающей быстрое отключение электроустановки в аварийном режиме могут использоваться плавкие предохранители и автоматические выключатели, устанавливаемые для защиты от токов короткого замыкания, магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, контакторы в сочетании с тепловыми реле, осуществляющие защиту от перегрузки, автоматы с комбинированными расцепителям и, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и перегрузки и др.

Назначение отдельных элементов схемы зануления. Из рис 5 видно, что для схемы зануления необходимы нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали

источника тока и повторное заземление нулевого защитного проводника.

Рассмотрим назначение этих элементов применительно к наиболее распространенным электрическим сетям - трехфазным переменного тока.

Назначение нулевого защитного проводника в схеме зануления - обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного короткого замыкания путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

Назначение заземления нейтрали обмоток источника тока, питающего сеть до 1 кВ предназначено для снижения напряжения зануленных открытых проводящих частей (а следовательно, нулевого защитного проводника) относительно земли до допустимой значения при замыкании фазного провода на землю.

Повторное заземление нулевого защитного проводника практически не влияет на время отключения электроустановки от сети. Однако, при эксплуатации зануления могут возникнуть такие ситуации, когда повторное заземление нулевого защитного проводника необходимо, например, при обрыве нулевого защитного проводника. При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление РЕ - и PEN -проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления нулевых защитных проводников следует в первую очередь использовать естественные заземлители. В этом случае сопротивление растеканию тока заземлителя повторного заземления не нормируется. Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

Повторному заземлению подвергаются нулевые рабочие провода воздушных линий которые одновременно используются как нулевые защитные проводники (PEN - проводники). При этом в соответствии с ПУЭ повторные заземления выполняются на концах линий или ответвлений длиной более 200 м. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений.

Надежность зануления определяется в основном надежностью нулевого защитного проводника. В связи с этим требуется тщательная прокладка нулевого защитного проводника, чтобы исключить возможность его обрыва. Кроме того, в нулевом защитном проводнике запрещается ставить выключатели, предохранители и другие приборы, способные нарушить его целостность.

При соединении нулевых, защитных проводников между собой должен обеспечиваться надежный контакт. Присоединение нулевых защитных проводников к частям электроустановок, подлежащих занулению, осуществляется сваркой или болтовым соединением, причем, значение сопротивления между зануляющим болтом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью электроустановки которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом. Присоединение должно быть доступно для осмотра.

Нулевые защитные провода и открыто проложенные нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону желтые полосы.

В процессе эксплуатации зануления сопротивление петли "фаза-нуль" может

меняться следовательно, необходимо периодически контролировать значение этого сопротивления. Измерения сопротивления петли "фаза-нуль" проводят как после окончания монтажных работ, то есть при приемо-сдаточных испытаниях, так и, в процессе эксплуатации в сроки, установленные в нормативно технической документации, а также при проведении капитальных ремонтов и реконструкций сети.

Расчет зануления имеет целью определить условия, при которых оно надежно выполняет возложенные на него задачи - быстро отключает поврежденную установку от сети и в то же время обеспечивает безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. В соответствии с этим зануление рассчитывают на отключающую способность. При этом в соответствии с ПУЭ должны выполняться следующие требования.

В системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в таблице.

Таблица 6

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения питания

Номинальное фазное напряжение U, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные в таблице значения времени отключения питания считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе и в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие, щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

Допускаются значения времени отключения более указанных в таблице, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитков или щитов при выполнении одного из следующих условий:

1) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, —  $50 \cdot Z_{\text{ц}} / U$  (Ом)

где  $Z_{\text{ц}}$  - полное сопротивление цепи "фаза - нуль", Ом; U - номинальное фазное напряжение сети, В; 50 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В.

2) к шине РЕ распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Расчет зануления на отключающую способность заключается в определении параметров нулевого защитного проводника (длина, сечение, материал) и максимальной токовой защиты, при которых ток однофазного короткого замыкания, возникающий при

замыкании фазного провода на зануленный корпус, вызвал бы срабатывание максимальной токовой защиты за время, указанное в таблице.

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Заземление и зануление электроустановок.
2. Опасность поражения людей электрическим током. Пожарная опасность выноса напряжения на корпусе электрооборудования.
3. Сущность защитного заземления и зануления электроустановок. Требования к защитному заземлению и занулению.
4. Методика расчета заземлителей. Эксплуатация заземляющих и зануляющих устройств. Нормативные документы.

#### Литература

##### Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС», 2004.

2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.

3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ),** [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.

4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме"**, [Текст]

5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003,** [Текст]: Утв. Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004

##### Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.

СНиП 3.05.66-85. Электротехнические устройства. ВНИИ проект электромонтаж.

7. ГОСТ 12.2.020.76. Электрооборудование взрывозащищенное.

8. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные.

9. НПБ 248-97 «Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».

10. Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.

11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. Пожарная профилактика электроустановок: Учебник. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

12. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».

13. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

## **Лекция 6 Молниезащита и защита от статического электричества**

### ***Взрыво-и пожароопасность воздействия молнии.***

При прямом ударе молнии возможны поражения людей и животных, а также пожары от разрядов, которые происходят из-за атмосферных перенапряжений во внутренней электропроводке, связанной с ВЛ. Перенапряжения проникают по проводам внутрь здания или при ударе молнии в ВЛ, или во время грозового разряда около ВЛ. Для снижения перенапряжений до сравнительно безопасного уровня необходимо на ВЛ напряжением до 1000 В, проходящих по открытой местности или по улице с одно-двухэтажной застройкой, заземлять крюки или штыри фазных проводов и нулевой провод не реже чем через 200 м

При появлении грозовых перенапряжений на проводах ВЛ изоляторы перекрываются по поверхности электрическим разрядом на заземленные крюки, а в дома проникают только сравнительно небольшие перенапряжения.

Для предохранения от передачи атмосферных перенапряжений с одной ВЛ на другую необходимо заземлять крюки ВЛ до 1000 В на опорах, ограничивающих пролет пересечения с другими ВЛ, в частности телефона и радиотрансляции, и на всех опорах с совместной подвеской линий.

Грозозащитные заземления на ВЛ делают чаще, чем повторные заземления нулевого провода. Его заземление на грозозащитный заземлитель можно считать повторным заземлением этого провода, когда допускается сопротивление повторного заземления 30 Ом и более.

### ***Классификация зданий и сооружений по молниезащите.***

Прямой удар молнии в здание или разряды от электростатической и электромагнитной индукции внутри здания могут не только поражать людей, но и вызывать пожары и взрывы, разрушения каменных и бетонных сооружений, расщеплять деревянные опоры ВЛ и повреждать изоляцию. Защита от атмосферного электричества ОРУ электростанций и подстанций и электрических линий осуществляется по особым правилам. Все прочие сооружения и здания защищаются в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [14].

В зависимости от наличия и класса пожаро- или взрывоопасных зон в данном здании с точки зрения требований к конструкции электрооборудования требуется одна из трех категорий молниезащиты или необязательна молниезащита вообще.

Молниезащита категории I (наиболее совершенная) применяется для зданий с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II.

Молниезащита категории II используется для производственных зданий с зонами классов В-Iа, В-Iб, и В-IIа (при условии, что они занимают не менее 30 % объема на всех этажах, а если менее, то либо все здание защищают по категории III, либо часть по категории II, а часть — по категории III), а также для защиты открытых установок В-Iг, которая обязательна на всей территории СССР, в то время как молниезащита категории II для зданий требуется только в местностях, где бывает не менее десяти грозовых часов в год. Молниезащиту категории II на селе устраивают, например, для аммиачных холодильников, мельниц, заводов или цехов по производству комбикормов, сенной муки, складов некоторых удобрений, химикатов. Для остальных производственных, жилых и общественных зданий нужно сооружать молниезащиту категории III или не обязательно сооружать ее в зависимости от назначения и характера здания, степени его огнестойкости, количества грозовых часов в год в данной местности (как правило, если оно не менее 20), и также и от ожидаемого количества прямых ударов молнии в здание за год. Это количество определяют по формуле

$$N_M = [(A + 6h_M)(B + 6h_M) - 7,7h_M^2] n_M \cdot 10^{-6},$$

где  $A$  — длина защищаемого здания;  $B$  — его ширина;  $h_M$  — наибольшая высота здания;  $n$  — среднее количество поражений молнией одного квадратного километра земной поверхности в год, зависящее от количества гроз в данной местности

Количество грозových часов в год	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	>100
Среднее число поражений на 1 кв.км - $n$	1	2	4	5,5	7	8,5

Если в здании нет не только взрыво-, но и пожароопасных зон, то здания I и II степеней огнестойкости не требуют молниезащиты, а здания III..V степеней требуют при  $N_M > 0,1$ .

Если же в здании есть пожароопасные зоны, то здания I и II степеней огнестойкости требуют молниезащиту III категории при  $N_M > 0,1$ , а здания III..V степеней — при  $N_M > 0,02$ .

При этом здание должно помещаться хотя бы в пределах зоны молниезащиты Б, в которой защита обеспечивается с вероятностью 95 %

Если же  $N_M > 2$ , здание должно входить в зону А, где вероятность защиты — 99,5 %. Эти зоны для одиночного стержневого молниеотвода показаны на рисунке. Они представляют собой круговые конусы: А — поуже и пониже, Б — шире и выше (при одной и той же высоте молниеотвода  $H$ ).

Для многих объектов необходимость молниезащиты определяют независимо от количества ожидаемых прямых ударов молнии (при 20 и более грозových часов в год). Молниезащиту категории III (зона Б) сооружают в следующих случаях: для наружных установок класса П-III (склады ГСМ без бензина, угля, лесоматериалов); для зданий степеней огнестойкости III..V — детских садов, яслей, школ и интернатов, спальных корпусов и столовых пионерских лагерей и домов отдыха, больниц, а также клубов, кинотеатров; для вертикальных вытяжных труб котельных или промышленных предприятий, водонапорных и силосных башен при высоте более 15 м от земли; в местностях с количеством грозových часов не менее 40 в год молниезащита категории III требуется для животноводческих и птицеводческих зданий степеней огнестойкости III..V, но достаточно крупных: коровников, телятников и свинарников не менее чем на 100 голов всех возрастов и групп животных, конюшен на 40, овчарен на 500 и птичников на 1000 голов (всех возрастов); для отдельно стоящих жилых домов на селе — только при высоте более 30 м.

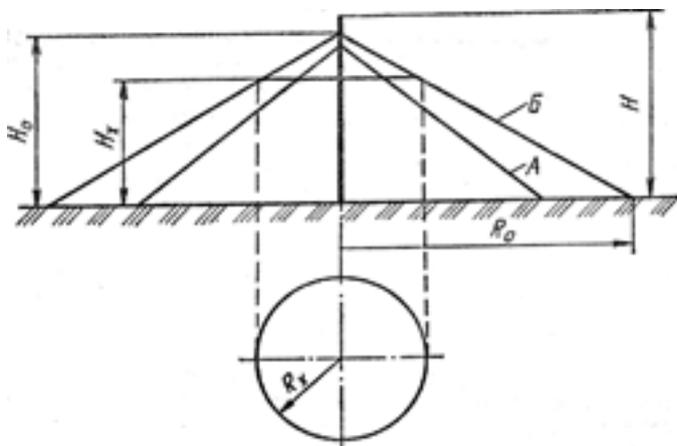


Рис. 1. Зоны защиты А и Б одиночного стержневого молниеотвода

Согласно ПУЭ-86 здания закрытых подстанций и ЗРУ следует защищать от прямых ударов молнии в районах с количеством грозových часов в год более 20. Если на территории подстанции имеются вспомогательные здания, например трансформаторная башня, маслохранилище или резервуары с маслом, их следует защищать (при соответствующих  $N$ ) в соответствии с [3].

Кроме того, расположенные в сельской местности со средней продолжительностью гроз за год 20 ч и более небольшие строения подлежат защите от прямых ударов молнии и при  $N_m < 0,02$ , но упрощенными способами в сравнении с молниезащитой категории III при III..V степенях огнестойкости, в том числе при наличии в них пожароопасных помещений.

### Молниезащита категории III.

Молниезащита этой категории защищает от прямого удара молнии и от заноса высоких потенциалов в здание через воздушные электрические линии (и через другие надземные металлические коммуникации (эстакадные трубопроводы, подвесные железные дороги). Эти коммуникации при вводе в здание присоединяют к заземлителям электроустановок или молниеотводов.

Для защиты от прямого удара молнии часто применяют стержневые или тросовые молниеотводы. Стержневой молниеотвод представляет собой вертикальный стальной стержень любого профиля, укрепленный на опоре, стоящей поблизости от защищаемого объекта, или на его крыше. Расстояние от отдельно стоящего молниеотвода и его заземлителя до защищаемого здания не нормируется. Сечение стального стержня, называемого молниеприемником, должно быть не менее  $100 \text{ мм}^2$ , а длина — не менее 200 мм. Его соединяют с заземлителем с помощью токоотвода из стальной катанки диаметром не менее 6 мм (в земле — не менее 10 мм).

Тросовый молниеприемник — это стальной многожильный канат сечением  $35 \text{ мм}^2$ . При установке стержневой или опор тросового молниеотвода на коньке крыши от каждого стержня или опоры должны отходить по два токоотвода: по каждому скату крыши. В качестве токоотводов можно использовать металлоконструкции защищаемых зданий и сооружений со сваркой их сочленений: пожарные лестницы, направляющие лифтов. При прокладке по наружной стене токоотводы располагают не ближе чем в 3 м от входов в здание, а на фермах КРС — в 5 м.

Сопrotивление заземлителей молниезащиты в явной форме не нормируется. Установлены лишь требования к конструкциям и минимальным размерам заземлителей, сооружаемых специально для молниеотводов. Вместо них можно использовать любые заземлители электроустановок. Когда невозможно использовать заземлители электроустановок или железобетонные фундаменты, сооружают искусственный заземлитель на каждый токоотвод. Он должен состоять минимум из двух вертикальных электродов диаметром 10...20 мм и длиной не менее 3 м, отстоящих один от другого не менее чем на 5 м, объединенных под землей на глубине не менее 0,5 м горизонтальным электродом из полосовой стали сечением не менее  $40 \times 4 \text{ мм}$ .

При защите объектов стержневыми молниеотводами обычно достаточно обеспечить защиту с зоной Б. Соотношения, характеризующие эту зону у одиночного стержневого молниеотвода следующие: вершина зоны  $H_0 = 0,92H$ . Радиус на уровне земли  $R_0 = 1,5H$ . Радиус  $R_x$  круга горизонтального сечения зоны защиты на высоте  $H_x$  равен:  $R_x = 1,5(H - H_x/0,92)$ , где  $H$  — высота молниеотвода. Если же надо определить  $H$ , зная  $H_x$  и  $R_x$ , то

$$H > 2R_x/3 + H_{xc}/0,92.$$

Два стержневых молниеотвода высотой  $H$ , расположенных на расстоянии  $L$ , имеют слившуюся зону защиты двойного стержневого молниеотвода (рис. 2) при  $L \leq 6H$ . В ней величины  $Y_0$ ,  $R_0$  и  $R_x$  определяются так же, как

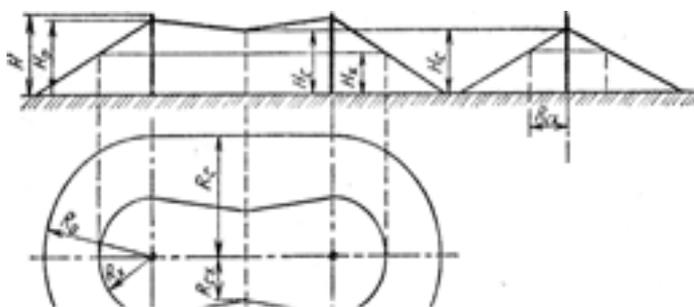


Рис. 2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода при

для одиночного молниеотвода, а размеры зоны посередине между стержнями, образующими двойной стержневой, следующие.

Если  $L > H$ , то: на уровне земли  $R_c = R_0 = 1,5 H$ ,  $H_c = H_0 = 0,92H$ ; на высоте  $H_x$  имеет место  $R_{cx} = R_x$ , то есть зона двойного молниеотвода в этом случае не имеет ни сужения в плане посередине между стержнями, ни снижения границы зоны в профиль, и значение  $H$  определяют по той же формуле, что и для одиночного стержневого молниеотвода.

Если  $L > H$ , то  $R_c = R_0 = 1,5 H$ , но  $H_0 = 1,06H - 0,14L$ ;  $R_{cx} = R_0 (1 - H_x/H_c)$ ; а если заданы  $R_{cx}$  и  $H_x$  и надо найти  $H$ , то оно должно быть принято наибольшим из определенных по трем формулам: первая — как для одиночного молниеотвода (для обеспечения зоны защиты левее левого и правее правого стержня); вторая (при  $L > H$ ):  $H > 0,943H_c + 0,132L$ , для обеспечения высоты зоны защиты  $H_c$  на линии, соединяющей стержни), третья:  $H > 2R_{cx}/3 + 0,943H_x + 0,132L$  (для обеспечения ширины зоны защиты  $R_{cx}$  посередине между стержнями).

Если двойным стержневым молниеотводом защищается прямоугольное в плане здание, а стержни расположены по коньку крыши, то при расположении стержней на некотором расстоянии от конца конька по первой формуле надо вычислить  $H$  дважды: считая  $R_x$  равным этому расстоянию, а  $H_x$  — высоте конька над землей, а затем приняв  $R_x$  равным расстоянию до угла в плане, а  $H_x$  — высоте этого угла (приблизительно — высоте стены). При использовании второй формулы для  $H$  надо подставлять в качестве  $H_c$  высоту конька или высоту над землей верхушки вентиляционных или дымовых труб, если они выше конька и расположены вблизи него недалеко от середины расстояния между стержнями. На  $H$  влияют и те трубы, которые не превышают высоты конька, но расположены на значительном расстоянии от него. Однако в первом приближении здесь они не учитываются. В третьей формуле  $R_{cx}$  — это половина ширины крыши в плане (приблизительно — ширины здания), а в качестве  $Y_{ж}$  подставляется высота стены. Вместо двух длинных стержней можно установить на коньке несколько расположенных ближе один к другому и поэтому обычно более коротких. Каждая соседняя пара стержней образует двойной стержневой молниеотвод, если  $L < 6H$ ,

Если три стержневых молниеотвода расположены по углам треугольника, то можно считать защищенной площадь внутри треугольника на высоте  $H_x$ , если  $K_{cx} > 0$  для всех попарно взятых молниеотводов.

Наружные установки класса II-III, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров более  $61\text{ }^\circ\text{C}$ , защищают от прямого удара молнии так: корпуса этих установок или отдельных емкостей при толщине металла крыши менее 4 мм защищают молниеотводом (отдельно стоящим или установленным на защищаемом сооружении), причем пространство над газоотводными и дыхательными трубами может не входить в зону защиты молниеотвода. Если толщина металла крыши больше 4 мм или независимо от толщины крыши объем отдельных емкостей составляет менее  $200\text{ м}^3$ , то их достаточно присоединить к заземлителям той же конструкции, как указывалось выше (два

вертикальных электрода длиной минимум по 3 м и диаметром 10...20мм, расположенные не ближе 5 м один от другого). Высота тросового молниеотвода  $H_T$  считается равной габариту троса (разности высоты его опоры  $H_{оп}$  и стрелы провеса принимаемой 2 м при  $L < 120$  м и 3 м при  $L = 120...150$  м, то есть  $H_T = H_{оп} - Fn$ ). Считается, что  $H_T$  неизменно вдоль всего пролета между опор тросового молниеотвода, как и  $R_{сх.} = R_x$ . Причем и за пределами тросового пролета  $R_x$  определяется высотой  $H_T$ , а не  $H_{оп}$ ;  $H_0 = 0,92H_T$ ;  $R_0 = 1,7H_T$ ;  $R_{сх.} = R_x = 1,7(H_m - H_x/0,92)$ .

Зная  $R_{сх}$  и  $H_x$ , можно определить  $H_T = (Я_x + 1,85H_x)/1,7$ .

### **Особенности молниезащиты категории II.**

Молниезащита категории II обеспечивает не только защиту от прямого удара молнии и заноса высоких потенциалов через надземные коммуникации, но и через подземные, а также защиту от электростатической и электромагнитной индукции, то есть от наведения различных потенциалов в незамкнутых металлических контурах при протекании тока молнии, отчего может быть искрение в местах сближения этих контуров. Защита от электростатической индукции обеспечивается заземлением или занулением металлических корпусов или металлоконструкций по соображениям электробезопасности, а для защиты от электромагнитной индукции устраивают металлические перемычки между протяженными металлическими предметами (трубами, оболочками кабелей) в местах их сближения на расстояние 10 см и менее не реже чем через 30 м. В стыках трубопроводов перемычки не требуются при условии нормальной затяжки не менее четырех болтов на каждый фланец.

Воздушные вводы электрических линий, телефона и радиотрансляции не допускаются: должна быть кабельная вставка длиной не менее 50 м с металлической оболочкой или броней или без них, но с прокладкой кабеля в металлической трубе. Эта труба или оболочка кабеля на вводе в здание и последней опоре ВЛ заземляется на отдельные для этих концов заземлители: на вводе — на заземлитель молниеотвода, железобетонный фундамент или искусственный заземлитель, состоящий минимум из трех вертикальных стержней. На последней опоре ВЛ напряжением до 1000 В крюки изоляторов заземляют на тот же заземлитель, что и кабель, и включают между жилами кабеля и его броней низковольтные вентильные разрядники, например типа РВН-0,5. Искусственный заземлитель здесь тоже должен иметь минимум 3 стержня.

Если заземлитель молниезащиты выполняется в виде горизонтального контура вокруг здания, то добавлять по одному стержню в местах присоединения к нему токоотводов требуется уже при 500 Ом-м, если площадь здания менее 250 м<sup>2</sup>, а при  $\rho > 500$  Ом-м и площади менее 900 м<sup>2</sup> надо в каждом таком узле присоединять два электрода: вертикальный и горизонтальный длиной 2...3 м. Эстакадные трубопроводы заземляют на вводе как кабель, а на последней опоре либо присоединяют к ее подземной железобетонной части, либо к стержню длиной не менее 5 м. Когда помещения В-1а, В-1б, В-1а занимают менее 30% объема здания и оно все защищается по категории III, все подземные и надземные внутрицеховые коммуникации у вводов в эти помещения надо присоединять к внутрицеховому заземлителю.

Если здание, требующее молниезащиты категории II, защищено сеткой, то размеры ее ячеек должны быть не более 6X6 м<sup>2</sup>, а не 12X12 м<sup>2</sup>. Газоотводные и дыхательные трубы, а также пространство над ними на высоту 2,5 м с радиусом защиты на этой высоте 5 м должны входить в зону защиты молниеотводов, которые обычно до пускается устанавливать прямо на этих трубах. В остальном установки В-1г в сельском хозяйстве защищаются так же, как установки II-III.

Заземление металлических резервуаров с нефтепродуктами необходимо не только для молниезащиты, но и для защиты от статического электричества, которое образуется из-за трения частиц нефтепродуктов при их сливе и наливе и может быть причиной искр. Для борьбы с накоплением зарядов заземляют и автоцистерны, а также металлические

трубопроводы (через каждые 200 м длины); между звеньями трубопровода припаивают металлические перемычки; поплавки указателей уровня в резервуарах соединяют гибким проводником с корпусом резервуара; на резиновые шланги для перекачки навивают проволоку, соединяющую наконечник с заземленным металлическим трубопроводом.

### **Защита от разрядов статического электричества.**

#### **Образование статического электричества и его пожарная опасность.**

Ряд производственных процессов с участием твердых, жидких или газообразных диэлектрических сред сопровождается статической электризацией, т.е. возникновением и разделением положительных и отрицательных зарядов. В производствах, связанных с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов с наличием горючих пылей и волокон, искровые разряды статического электричества могут вызвать взрыв и пожар.

Возникновение статического электричества – сложный процесс, зависящий от множества факторов, и в настоящее время нет еще единой теории, объясняющей это явление. Наиболее распространена гипотеза о контактной электризации веществ и материалов. Согласно этой гипотезе, электризация возникает при соприкосновении двух разнородных веществ, обладающих различными атомными и молекулярными силами притяжения на поверхности соприкосновения. Одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала. При этом происходит перераспределение электронов или ионов веществ, образующее двойной электрический слой с зарядами противоположных знаков.

Контактная разность потенциалов не одинакова 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. В ряде технологических процессов потенциал относительно земли (или проводящих металлических тел, связанных с землей) при статической электризации достигает десятков киловольт. Ниже приведены потенциалы от электрического поля статического электричества, кВ.

В кинофотопленочной промышленности	15 и выше
На предприятиях резиновой промышленности и искусственной кожи	10-15
В производствах, связанных с размолотом, тонким добавлением и т.д.	10-15
При разбрызгивании красок	10
При трении целлулоида	40
При движении резиновой ленты транспортера (со скоростью 4 м/с)	45
При фильтрации смеси бензина с асфальтом через шелк	335

Статическое электричество может накапливаться и на людях, особенно если на человеке обувь с непроводящими электричество подошвами, одежда и белье из шерсти, шелка и искусственного волокна, а также при движении по токонепроводящему полу и при 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.

#### **Воспламеняющая способность искр статического электричества**

Реальная воспламеняющая способность электрической искры зависит от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси. Условием воспламенения

(взрыва) такой смеси от искры статического электричества является следующее:

$$W_{и} > W_{мин},$$

где  $W_{и}$  – энергия разряда статического электричества с заряженного материала (зависит от свойств материала, конструкции аппарата, технологического процесса и др.);  $W_{мин}$  – минимальная энергия зажигания горючей смеси, образование которой возможно в данном технологическом процессе (зависит только от свойств горючей смеси и является характеристикой чувствительности ее к воспламенению), определяется экспериментально.

Обычно минимальная энергия, необходимая для воспламенения пылевоздушных взрывоопасных смесей, выше энергии, воспламеняющей паровоздушные взрывоопасные смеси. При разности потенциалов 3 кВ искровой разряд может воспламенить почти все горючие газы, а при 5 кВ также большую часть горючих пылей.

Таким образом, статическое электричество может вызвать воспламенение взрывоопасной смеси при совокупности следующих условий:

- наличии источника статических электрических разрядов;
- накоплении значительных зарядов на контактирующих поверхностях;
- достаточной разности потенциалов для электрического пробоя среды;
- наличии достаточной запасенной электрической энергии;
- возможности возникновения электрических разрядов.

Отсутствие любого из условий исключает пожаровзрывоопасные последствия статического электричества.

Условие безопасности от статического электричества может быть выражено неравенством

$$W_{и} > 0,4W_{мин}$$

В пожаро- и взрывоопасных производствах реальную опасность представляет «контактная» электризация людей, работающих с движущимися диэлектрическими материалами (при прорезинивании тканей, покрытии резиной кордов на каландрах, обработке синтетических тканей и нитей, полимерных пленок и т.д.). На человеке накапливается статическое электричество, которое при соприкосновении человека 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. Так как ток при этом незначителен, уколы и удары непосредственную опасность для человека не представляют.

Чтобы исключить формирование воспламеняющих разрядов с человека, необходимо обеспечить быструю утечку зарядов. С этой целью уменьшают сопротивление обуви и пола. В производствах, где существует опасность воспламенения взрывоопасных смесей разрядом с человека, необходимо обеспечивать работающих электропроводящей (антистатической) обувью (например, с кожаным верхом и подошвой из электропроводящей резиновой пластины).

Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между электродом в форме стельки, находящимся внутри обуви, и наружным электродом меньше  $10^7$  Ом.

Покрытие пола считается электропроводящим из бетона толщиной 3 см, спецбетона или пенобетона, ксилолита, настила из антистатической резины и т.д.

Особое внимание устранению электрического заряда с человека следует уделять при выполнении некоторых ручных операций (промывка, чистка, протирка, проклеивание, прорезинивание) с применением бензина, бензола, ацетона, резинового клея и т.п.

### ***Способы устранения опасности статического электричества***

Согласно действующим правилам [4], защита от разрядов статического электричества

должна осуществляться во взрыво- и пожароопасных производствах с наличием зон классов В-I, В-Ia, В-II, В-IIa, П-I и П-II, в которых применяются и вырабатываются вещества с удельным объемным электрическим сопротивлением, превышающим  $10^5$  Ом м. В остальных случаях защита осуществляется лишь тогда, когда статическое электричество представляет опасность для обслуживающего персонала, отрицательно влияет на технологический процесс или качество продукции. Основными способами устранения опасности от статического электричества (в соответствии со степенью эффективности и частотой применения) являются:

заземление оборудования, коммуникаций, аппаратов и сосудов, а также обеспечение постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;

уменьшение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления путем повышения влажности воздуха или применения антистатических примесей;

ионизация воздуха или среды, в частности, внутри аппарата, сосуда и т.д.

Кроме этих способов прибегают к дополнительным, дающим в конкретных случаях нужный эффект при операциях с жидкими, газообразными и сыпучими материалами и веществами: предотвращение образования взрывоопасных концентраций, ограничение скорости движения жидкости, замена ЛВЖ на негорючие растворители и т.д.

Практический способ устранения опасности от статического электричества выбирается с учетом эффективности и экономической целесообразности.

**Заземление.** Заземление – наиболее часто применяемая мера защиты от статического электричества, его целью является устранение формирования электрических разрядов с проводящих элементов оборудования. Поэтому все проводящие части оборудования и электропроводные неметаллические предметы подлежат обязательному заземлению, независимо от того, применяются ли другие способы защиты от статического электричества. Заземлять следует не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании, но и все другие, так как они могут зарядиться по законам электростатической индукции. Во многих случаях индуцированные заряды более опасны, чем заряды, которые являются причиной их образования.

В случаях, когда оборудование выполнено из проводящих электрический ток материалов, заземление является основным и почти всегда достаточным способом защиты. Особенно эффективно заземление токопроводящих частей оборудования при переработке веществ с удельным сопротивлением не более  $10^8$  Ом м для жидкостей и  $10^7$  Ом м для твердых тел. Если же на внешней поверхности или внутренних стенках металлических аппаратов, резервуаров и трубопроводов образуются отложения непроводящих веществ (смолы, пленки, осадки), заземление становится неэффективным и создается ложное впечатление о надежности и безопасности. Заземление не устраняет опасности и в случае применения аппаратов с эмалированными и другими неэлектропроводящими покрытиями.

Неметаллическое оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока на землю с любых точек его внешней и внутренней поверхности не превышает  $10^7$  Ом при относительной влажности воздуха не выше 60 %. Такое сопротивление обеспечивает необходимое значение постоянной времени релаксации в пределах десятой доли секунды в невзрывоопасной и тысячные доли секунды во взрывоопасной среде. Постоянная времени релаксации связана с сопротивлением  $r$  заземления предмета или оборудования и его емкостью  $C$  соотношением  $\tau = rC$ .

Если емкость  $C$  мала, сопротивление растеканию тока может быть выше  $10^7$  Ом. С учетом этой величины рассчитываются максимально допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств.

Трубопроводы наружных установок (на эстакадах или в каналах), оборудование и трубопроводы, расположенные в цехах, должны представлять на всем протяжении непрерывную электрическую цепь и присоединяться к заземляющим устройствам.

Считается, что электрическая проводимость фланцевых соединений трубопроводов и аппаратов, соединений крышек с корпусами аппаратов и т.п. достаточно высока (обычно не более 10 Ом) и не требуется установки специальных параллельных перемычек.

Каждая система аппаратов и трубопроводов в пределах цеха должна быть заземлена не менее чем в двух местах. Все резервуары и емкости вместимостью более 50 м<sup>3</sup> и диаметром более 2,5 м заземляют не менее чем в двух противоположных точках. На поверхности горючих жидкостей в резервуарах не должно быть плавающих предметов.

Наливные стояки эстакад для заполнения железнодорожных цистерн и рельсы железнодорожных путей в пределах сливноналивного фронта должны быть электрически соединены между собой и надежно заземлены. Автоцистерны, наливные суда, самолеты, находящиеся под наливом или сливом горючих жидкостей и сжиженных газов, должны также заземляться. Контактные устройства (без средств взрывозащиты) для присоединения заземляющих проводников должны быть установлены за пределами взрывоопасной зоны (не менее 5 м от места налива или слива [1]). При этом проводники вначале присоединяются к корпусу объекта заземления, а затем к заземляющему устройству. Применяемые для этих целей зажимы, розетки, магниты и другие примитивные устройства и приспособления не отвечают требованиям электростатической искробезопасности и не имеют соответствующих разрешительных документов (лицензии, свидетельство об электростатической искробезопасности и взрывозащите, сертификаты качества и т.д.) на право их изготовления и применения во взрывоопасной зоне.

Кроме того, имеют место существенные конструктивные различия устройств для заземления автоцистерн (АЦ) на нефтебазах и автозаправочных комплексах (АЗК) от аналогичных на автозаправочных станциях (АЗС) общего пользования и ведомственных пунктов заправки топливом.

Таким образом, применяемые до сих пор для этих целей заземляющие устройства не обеспечивают требуемого уровня пожаровзрывобезопасности технологии налива или слива топлива и других ЛВЖ.

Заземление не всегда решает проблему защиты от статического электричества. Так, заземление резервуара, заполняемого наэлектризованной жидкостью, лишь исключает накопление заряда (натекающего из объема жидкости) и на его стенках, но не ускоряет процесс рассеяния заряда в жидкости. Это объясняется тем, что скорость релаксации зарядов статического электричества в объеме диэлектрической жидкости нефтепродуктов определяется постоянной времени релаксации. Следовательно, в заполняемом наэлектризованными нефтепродуктами резервуаре в течение всего времени закачки жидкости и в течение времени, приблизительно равном  $T$ , после ее окончания существует электрическое поле зарядов независимо от того, заземлен этот резервуар или нет. Именно в этот промежуток времени может существовать опасность воспламенения паровоздушной смеси нефтепродуктов в резервуаре разрядами статического электричества.

Особую опасность, в свете указанного, представляет собой забор проб из резервуара сразу после его заполнения. Однако через промежуток времени, примерно равный  $T$ , после окончания заполнения заземленного резервуара заряды статического электричества в нем практически полностью релаксируют, электрическое поле исчезает и проведение каких-либо манипуляций по забору проб жидкости становится безопасным. Поэтому в целях исключения разрядов при заполнении стационарных резервуаров или железнодорожных цистерн на пробоотборник при отборе проб через люк из резервуара или на наливную трубу в процессе ее извлечения из цистерны необходимо выдержать промежуток времени, равный [3]

$$T = 3K,$$

где  $T$  - постоянная времени релаксации нефтепродукта, с;  $K$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени релаксации за счет поверхностного заряда нефтепродукта.

Для светлых нефтепродуктов, имеющих низкий уровень электропроводности (при  $\rho$ ,

$10^{11}$  Ом м), необходимое время выдержки  $T$ , обеспечивающее безопасность дальнейших операций, должно быть не менее 10 мин после успокоения жидкости. Заземление резервуара и выдержка необходимого времени после заполнения не дадут нужного эффекта безопасности в случаях, когда в резервуаре имеются плавающие на поверхности жидкости изолированные предметы, которые могут приобрести заряд статического электричества в ходе заполнения резервуара и сохранять его в течение времени, значительно превышающем 3 . В этом случае приближение к плавающему предмету заземленного проводящего тела может сопровождаться опасным искрообразованием.

**Уменьшение объемного и поверхностного удельных электрических сопротивлений.** Снижением объемного и поверхностного сопротивлений обеспечивается соответствующая электропроводность и способность диэлектрика отводить заряды статического электричества. Устранение опасности статической электризации диэлектриков этим способом является весьма эффективным и может быть достигнуто повышением влажности воздуха, химической обработкой поверхности, применением электропроводных покрытий и антистатических веществ (присадок).

**Повышение относительной влажности воздуха.** Большинство пожаров от искр статического электричества происходит обычно зимой, когда относительная влажность воздуха низка. При относительной влажности воздуха выше 65-70 %, как показывают исследования и практика, число вспышек и загораний становится незначительным.

Ускорение стекания электростатических зарядов с диэлектриков при высокой влажности воздуха связывают с тем, что на поверхности гидрофильных диэлектриков адсорбируется тонкая пленка влаги, содержащая обычно большое количество ионов из загрязнений и растворенного вещества, за счет которых обеспечивается достаточная поверхностная электропроводность электролитического характера. Электропроводность адсорбированной пленки влаги при прочих равных условиях определяется ее толщиной и в связи с этим в значительной степени зависит от относительной влажности воздуха. Чем она выше, тем толще пленка. Водные пленки толщиной  $10^{-5}$  см визуально нельзя обнаружить, однако они увеличивают поверхностную электропроводность диэлектрика и способствуют утечке зарядов. Поэтому поверхностное сопротивление диэлектрика уменьшается. Однако если материал находится при более высокой температуре, чем та, при которой пленка может удерживаться на поверхности, указанная поверхность не может стать проводящей даже при очень высокой влажности воздуха. Эффект также не будет достигнут, если заряженная поверхность диэлектрика гидрофобна (сера, парафин, масла и другие углеводороды) или скорость ее перемещения больше, чем скорость образования поверхностной пленки. Таким образом, способ увлажнения воздуха не всегда эффективен.

Увеличение влажности воздуха достигается распылением водяного пара или воды, циркуляцией влажного воздуха, а иногда свободным испарением с поверхности воды.

В некоторых случаях желаемый эффект достигается местным увлажнением паров или охлаждением электризуемой поверхности до температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  ниже температуры окружающей среды.

**Химическая обработка поверхности, электропроводные покрытия.** Снижение удельного поверхностного сопротивления полимерных материалов может быть достигнуто химической обработкой поверхности кислотами (например, серной или хлорсульфоновой). В результате этого поверхности полимера (полистирол, полиэтиленовые и полиэфирные пленки) окисляются или сульфированы. При этом удельное поверхностное сопротивление снижается до  $10^6$  Ом при относительной влажности воздуха 75 %.

Положительный эффект достигается и при обработке изделий из полистирола и полиолефинов погружением образцов в петролейный эфир при одновременном воздействии

ультразвуком. Методы химической обработки эффективны, но требуют точного соблюдения технологических условий.

Иногда необходимый эффект достигается нанесением на диэлектрик поверхностной хорошо проводящей пленки. Например, металлические тонкие пленки получают распылением, разбрызгиванием или испарением в вакууме или наклеиванием металлической фольги. Пленки на углеродной основе получают распылением углерода в жидкой среде или порошка (частицы меньше 1 мкм).

**Применение антистатических веществ.** Большинство горючих и легковоспламеняющихся жидкостей характеризуется высоким удельным электрическим сопротивлением. Поэтому при некоторых операциях, например с нефтепродуктами, происходит накопление зарядов статического электричества, которое не только препятствует интенсификации технологических операций, но и служит источником многочисленных взрывов и пожаров на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях.

Движение жидких углеводородов относительно твердого, жидкого или газообразного тела может привести к разделению электрических зарядов на поверхности соприкосновения. При движении жидкости по трубе слой находящийся на поверхности жидкости зарядов уносится ее потоком, а заряды противоположного знака остаются в трубе и, если металлическая труба заземлена, стекают в землю. Если металлический трубопровод изолирован или изготовлен из диэлектрических материалов, он приобретает положительный заряд, а жидкость – отрицательный.

Степень электризации нефтепродуктов зависит от состава и концентрации содержащихся в них активных примесей, физико-химического состава нефтепродуктов, состояния внутренней поверхности трубопровода (коррозии и т.д.) или технологического аппарата, диэлектрических свойств, вязкости и плотности жидкости, а также от скорости движения жидкости, диаметра и длины трубопровода. Так, присутствие 0,001 % механических примесей превращает инертное углеводородное топливо в электризуемое до опасных пределов.

Один из наиболее эффективных методов, позволяющих устранить электризацию нефтепродуктов, - введение специальных антистатических веществ.

Положительные результаты достигаются при использовании антистатических веществ на предприятиях по переработке синтетических волокон. Наиболее важным свойством антистатических веществ является способность увеличивать ионную проводимость и тем самым снижать электрическое сопротивление волокнистых материалов. Обработку волокнистых материалов антистатическими веществами производят до процесса либо непосредственно в процессе их изготовления.

## **Ионизация воздуха**

Сущность этого способа заключается в нейтрализации или компенсации поверхностных электрических зарядов ионами разного знака, которые создают специальные приборы, называемые нейтрализаторами. Ионизация воздуха осуществляется двумя способами: электрическим полем с высокой напряженностью  $E$  и радиоактивным излучением.

Принцип работы нейтрализаторов состоит в том, что они создают вблизи наэлектризованного диэлектрика положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие полярность, противоположную полярности зарядов наэлектризованного материала, под действием электрического поля оседают на поверхности диэлектрика, нейтрализуя его.

Ионизация воздуха электрическим полем с высокой напряженностью получается от нейтрализаторов двух типов: индукционных и высоковольтных.

## Дополнительные способы уменьшения опасности от статической электризации

Рассмотренные способы уменьшения опасности статической электризации могут оказаться иногда малоэффективными или неприемлемыми во взрывоопасных производствах. Поэтому может возникнуть необходимость создания условий, исключающих образование взрывоопасных концентраций, например, применение в резервуарах плавающих крыш, заполнение свободного пространства в аппаратах азотом или углекислотой, применение постоянно действующей вентиляции с высокой кратностью обмена воздуха, а также автоматическое включение аварийной вентиляции и т.п.

Иногда удовлетворительное уменьшение скорости потока  $v$ . Эффективность этого способа объясняется тем, что при ламинарном потоке степень электризации пропорциональна скорости движения и не зависит от диаметра трубопровода  $D_t$ , а при турбулентном потоке она пропорциональна скорости жидкости  $v$  в степени 1,75 и диаметру трубопровода в степени 0,75. При этом статическое электричество более интенсивно возникает в трубопроводах с шероховатой поверхностью.

Для транспортировки жидкостей со скоростью не менее 1,5 м/с рекомендуется применять релаксаторы (например, горизонтальные участки трубы увеличенного диаметра) непосредственно у входа в приемный резервуар.

При использовании релаксаторов в современных крупнотоннажных производствах необходимо иногда увеличивать скорость жидкости в трубопроводе до 4-5 м/с. Поэтому для увеличения эффективности релаксатора рекомендуется применять их с

заземленным и струнами или иглами. Это позволяет использовать эффект увеличения электропроводности органических жидкостей в сильном электрическом поле.

### Вопросы для самоконтроля

1. Классификация зданий и сооружений по молниезащите. Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов.
2. Требования к молниезащитным устройствам зданий и сооружений различных категорий. Эксплуатация молниезащитных устройств.
3. Образование статического электричества и его пожарная опасность
4. Воспламеняющая способность искр статического электричества
5. Устранение опасности статического электричества путем заземления
6. Устранение опасности статического электричества уменьшением объемного и поверхностного удельных электрических сопротивлений
7. Устранение опасности статического электричества повышением относительной влажности воздуха.
8. Устранение опасности статического электричества химической обработкой поверхности электропроводными покрытиями
9. Устранение опасности статического электричества применением антистатических веществ и ионизацией воздуха

### Литература

#### Основная

1. **Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.** РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и

дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС», 2004.

2. **Технический регламент о требованиях пожарной безопасности** [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.

3. **Правила устройства электроустановок (ПУЭ)**, [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.

4. **Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме"**, [Текст]

5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003**, [Текст]: Утв. Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004

Дополнительная

6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. **Пожарная безопасность электроустановок** [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.

СНиП 3.05.66-85. **Электротехнические устройства**. ВНИИ проект

электромонтаж. 7. ГОСТ 12.2.020.76. **Электрооборудование взрывозащищенное**.

8. ГОСТ 12.1.011-78. **Смеси взрывоопасные**.

9. НПБ 248-97 **«Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний»**.

10. **Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности**. – М.: Химия, 1973.

11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. **Пожарная профилактика электроустановок: Учебник**. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.

12. **Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах»**.

13. Черкасов В.Н. **Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества**. – М.: Стройиздат, 1993

## Библиографический список

1. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153.-34.0-03.301-00.(ВППБ 01-02-95\*) [Текст]; (Издание третье с изменениями и дополнениями) Москва : «Издательство НЦ ЭНАС»,2004.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст]: — Москва : Проспект, 2013.—112с. ISBN 978-5-392-10379-9.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), [Текст]: – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 675 с.
4. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме", [Текст]
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003, [Текст]: Утв.Минэнерго России от 2003-06-30, опубликован ЦПТИиТО ОРГРЭС № 2004
6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: Учебник, - Академия ГПС МЧС России, 1997. – 367 с.  
СНиП 3.05.66-85. Электротехнические устройства. ВНИИ проект электромонтаж.
7. ГОСТ 12.2.020.76. Электрооборудование взрывозащищенное.
8. ГОСТ 12.1.011-78. Смеси взрывоопасные.
9. НПБ 248-97 «Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности . Методы испытаний».
10. Правила защиты от статического электричества в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.
11. Черкасов В.Н., Шаровар Ф.И. Пожарная профилактика электроустановок: Учебник. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1987.
12. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».
13. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

## Содержание

Введение .....	3
Лекция 1 Основы пожарной безопасности применения электроустановок. Классификация производств и помещений по взрывной и пожарной опасности .....	4
Статистика пожаров от применения электроустановок .....	4
Понятие пожарной опасности электроустановок и пути ее снижения .....	4
Классификация системы электроснабжения и потребителей электрической энергии. ....	5
Классификация взрыво-и пожароопасных зон.....	8
Классификация зон по пожарной опасности.....	9
Классификация электрооборудования взрывоопасных зон .....	10
Подгруппы взрывонепроницаемых оболочек электрооборудования.....	10
Рекомендации по выбору электрооборудования для взрывоопасных зон.....	11
Лекция 2. Пожарная опасность внутренних электрических сетей.....	16
Пожарная опасность электрических проводок в стальных трубах .....	17
Пожарная опасность электрических кабелей .....	17
Особенности электропроводок взрывоопасных зон .....	18
Особенности электропроводок пожароопасных зон.....	18
Расчет сетей по условиям нагрева. Выбор аппаратов защиты.....	19
Лекция 3. Аппараты защиты в электроустановках. Пожарная безопасность силовых электроустановок .....	24
Рекомендации по использованию аппаратов защиты.....	33
Исполнения электрических машин по степени защиты от воздействия окружающей среды .....	36
Выбор электрооборудования в пожароопасных зонах .....	38
Лекция 4 Пожарная безопасность электрического освещения.....	41
Виды электрического освещения.....	41
Пожарная опасность электрических ламп накаливания.....	41
Требования к электрической проводке и аппаратуре управления электроосвещением .....	42
Выполнение и защита осветительных сетей .....	42
Выбор электрических светильников во взрывоопасных зонах.....	43
Выбор электрических светильников в пожароопасных зонах .....	43
Лекция 5 Заземление и зануление электроустановок.....	47
Назначение, принцип действия, область применения заземления .....	47
Назначение, принцип действия, область применения зануления.....	51
Лекция 6 Молниезащита и защита от статического электричества .....	56
Взрыво-и пожароопасность воздействия молнии.....	56
Классификация зданий и сооружений по молниезащите .....	56
Молниезащита категории III.....	58
Особенности молниезащиты категории II.....	60
Защита от разрядов статического электричества.....	61
Образование статического электричества и его пожарная опасность.....	61
Способы устранения опасности статического электричества .....	62
Библиографический список .....	69