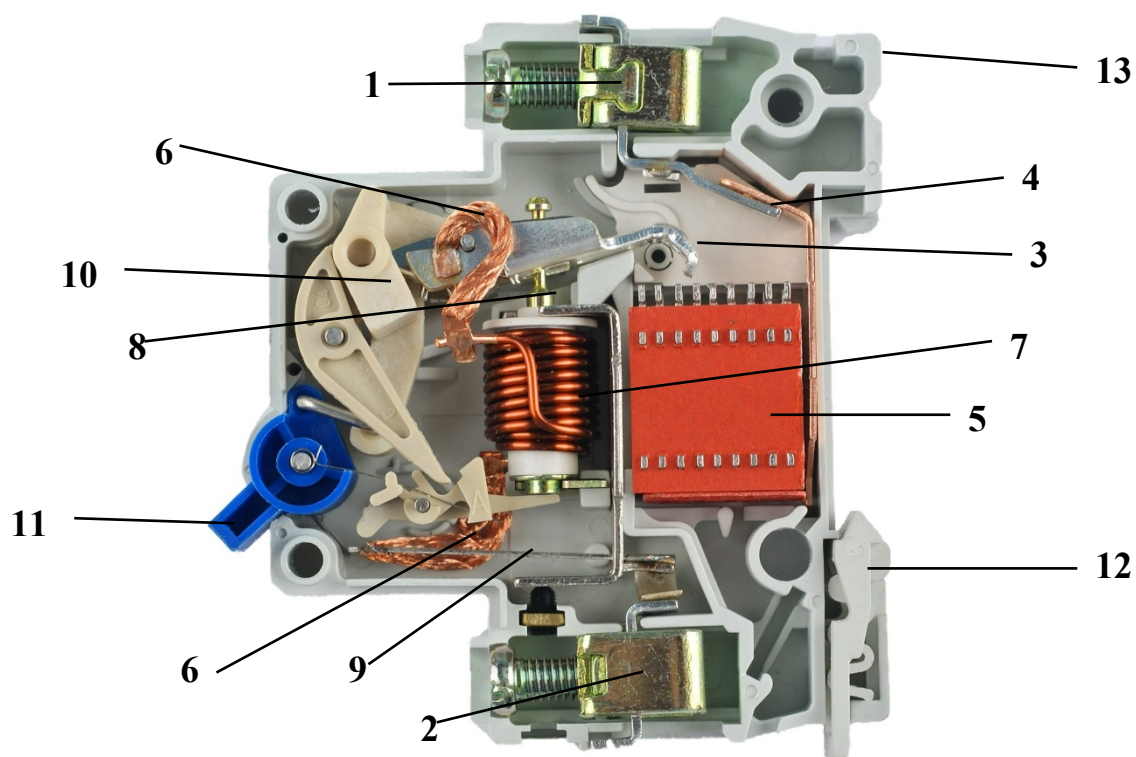


## 6. Описание технических средств предупреждения и профилактики пожаров от электрооборудования

### Автоматические выключатели (АВ)

Автоматический выключатель или проще говоря «автомат» - это коммутационный аппарат, предназначенный для защиты электрической сети от сверхтоков, т.е. от коротких замыканий и перегрузок.

Автоматические выключатели бывают с электромагнитным расцепителем защищающим электрическую цепь от короткого замыкания и комбинированным расцепителем — когда дополнительно с электромагнитным расцепителем применяется тепловой расцепитель, защищающий цепь от перегрузки.



1, 2 – винтовые клеммы для подключения; 3 - подвижный контакт; 4 – неподвижный контакт; 5 - дугогасительная камера; 6 - гибкий проводник (применяется для соединения подвижных частей автоматического выключателя); 7 - катушка электромагнитного расцепителя; 8 - сердечник электромагнитного расцепителя; 9 - тепловой расцепитель (биметаллическая пластина); 10 - механизм расцепителя; 11 - рукоятка управления; 12 - фиксатор (для крепления автомата на DIN-рейке); 13 - корпус.

Рисунок 1. Устройство АВ с комбинированным расцепителем

В соответствии с требованиями главы 3.1 ПУЭ, СП 256.1325800.2016, СП 31-110-2003 бытовые электросети должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузки. Поэтому для защиты электропроводки жилых и общественных зданий следует применять автоматы с комбинированным расцепителем.

В автоматическом выключателе, за защиту цепи от коротких замыканий отвечает электромагнитный расцепитель. Он состоит из катушки с находящимся в ее центре сердечником, установленным на специальной пружине. В нормальном режиме работы, ток, проходя по катушке создает электромагнитное поле, которое притягивает сердечник внутрь катушки. Силы этого электромагнитного поля недостаточно чтобы преодолеть сопротивление пружины, на которой установлен сердечник. При коротком замыкании ток в электрической цепи мгновенно возрастает до величины в несколько раз превышающей номинальный ток АВ, этот ток короткого замыкания, проходя по катушке электромагнитного расцепителя увеличивает электромагнитное поле, воздействующее на сердечник до такой величины, что его силы втягивания хватает на то что бы преодолеть сопротивление пружины, перемещаясь внутрь катушки сердечник размыкает подвижный контакт автоматического выключателя, обесточивая цепь. Электромагнитный расцепитель отключает электрическую цепь за доли секунды.

Защиту электрической цепи от перегрузки обеспечивает тепловой расцепитель автоматического выключателя.

Перегрузка может возникнуть при включении в сеть электрооборудования общей мощностью превышающей допустимую нагрузку для данной сети, что в свою очередь может привести к перегреву проводов разрушению изоляции электропроводки и возникновению пожара.

Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластину, т.е. он состоит из двух спаянных пластин изготовленных из разных металлов, имеющих разный коэффициент расширения при нагреве.

При прохождении по биметаллической пластине тока превышающего номинальный ток АВ пластина нагревается, при этом один металл расширяется быстрее другого. Это приводит к искривлению биметаллической пластины. При искривлении она воздействует на механизм расцепителя, который размыкает подвижный контакт.

Время срабатывания теплового расцепителя зависит от величины превышения протекающего в цепи тока над номинальным током АВ. Чем больше это превышение, тем быстрее сработает расцепитель.

Токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам

электроприемников, но так, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.).

Следует обращать внимание на маркировку и характеристики АВ.

В маркировке указываются:

- модель автоматического выключателя;
- номинальный ток - максимальный ток электрической сети, при котором автоматический выключатель способен длительно работать без аварийного отключения цепи. Стандартные значения номинальных токов автоматических выключателей для сетей жилых и общественных зданий: 10, 16, 25, 32, 40, 63 А;
- номинальное напряжение - максимальное напряжение сети в Вольтах, на которое рассчитан автоматический выключатель;
- предельная отключающая способность автоматического выключателя - максимальный ток короткого замыкания в Амперах, который способен отключить данный АВ сохранив при этом свою работоспособность. В случае превышения током короткого замыкания значения указанной предельной отключающей способности возникает вероятность оплавления подвижных контактов АВ и их приваривания друг к другу, т.е. выхода АВ из строя.
- характеристика срабатывания - определяет диапазон срабатывания электромагнитного расцепителя АВ. Характеристика срабатывания имеет буквенное обозначение. Для защиты электрических сетей жилых и общественных зданий чаще всего применяются АВ с характеристиками В, С, D.



Рисунок 2. Пример маркировки АВ

Диапазоны токов мгновенного расцепления в зависимости от характеристики срабатывания в соответствии с [12] представлены в таблице 1.

Таблица 1

Диапазоны токов мгновенного расцепления

| Характеристика срабатывания<br>(тип АВ) | Диапазон                                |
|---|---|
| В                                       | Свыше $3 I_n$ до $5 I_n$ включительно   |
| С                                       | Свыше $5 I_n$ до $10 I_n$ включительно  |
| Д                                       | Свыше $10 I_n$ до $20 I_n$ включительно |
| $I_n$ - номинальный ток АВ.             |   |

Выбор автоматического выключателя осуществляется по следующим параметрам:

- по количеству полюсов. Одно- и двухполюсные АВ применяются для однофазной сети, а трех- и четырехполюсные АВ - в трехфазной сети;
- по номинальному напряжению. Номинальное напряжение АВ должно быть больше или равно номинальному значению напряжения защищаемой им цепи;
- по характеристике срабатывания. Характеристику срабатывания АВ можно выбрать согласно таблице 1;
- по номинальному току. Определить необходимый номинальный ток АВ можно по мощности или по сечению жил кабеля.

### **Устройства защитного отключения дифференциального тока (УДТ)**

Устройство защитного отключения дифференциального тока или, как часто говорят, «УЗО» - это коммутационный аппарат, предназначенный для защиты электрической цепи от токов утечки.

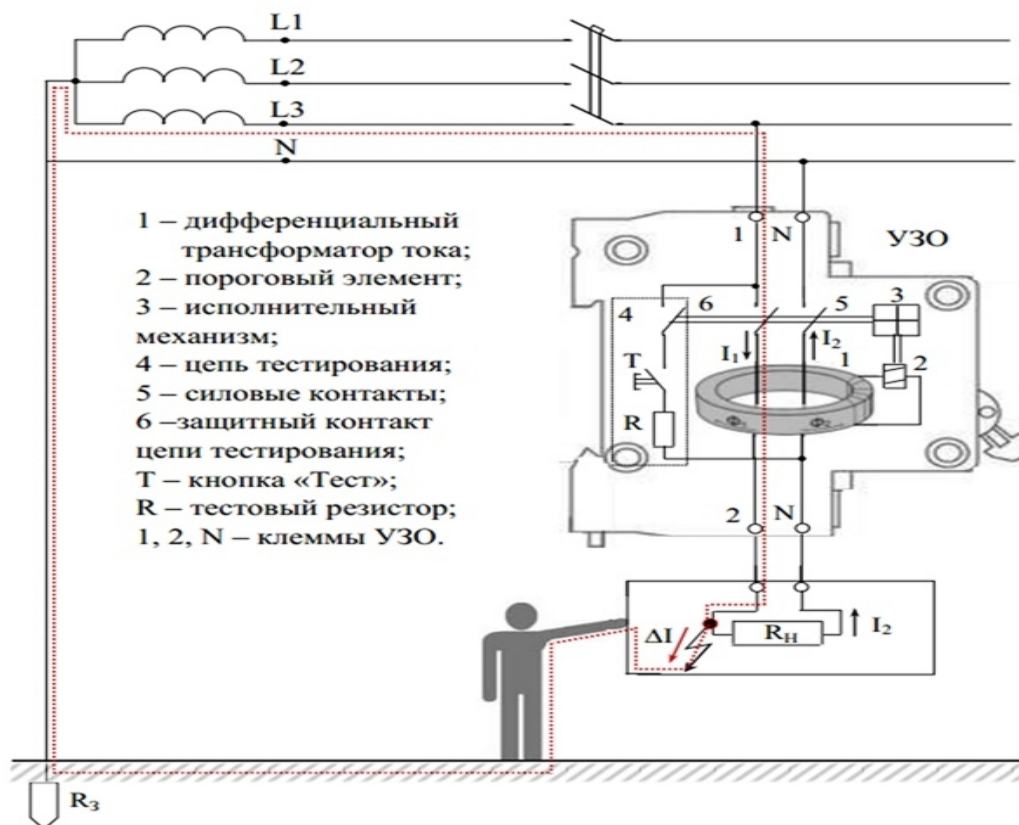


Рисунок 3. Принцип работы УДТ

Ток утечки – это ток, проходящий по нежелательным, в нормальных условиях эксплуатации, проводящим путям.

В нормальном режиме работы электроустановки, электрический ток протекает через проводники внутри нее, как предусмотрено конструкцией. От других токопроводящих элементов конструкции (металлические корпус, рама, каркас), проводники отделены изоляцией, сопротивление которой не позволяет создать электрическую цепь.

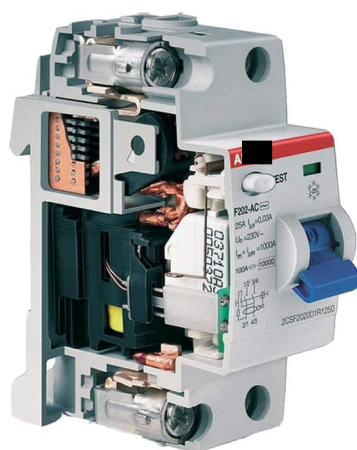


Рисунок 4. Пример конструкции УДТ

Если по какой-то причине (повреждение, влажность, токопроводящая пыль и т.п.) сопротивление изоляции уменьшилось, на корпусе или других токопроводящих элементах установки появляется потенциал. Сам по себе ток утечки не возникнет, необходимо создать цепь, соединяющую электрический прибор с потенциалом на корпусе с землей или нейтралью. Здесь возможно несколько вариантов.

В первом случае, корпус электроустановки, например, бытовой техники, касается металлического проводника, имеющего контакт с землей. В точке касания замыкается цепь, и возникает ток утечки. Если контакт достаточно надежный, то сила тока возрастет до порога срабатывания автоматического выключателя в щитке питания. При слабом контакте может возникнуть искрение, локальный нагрев точки касания, что приводит к оплавлению и дальнейшему повреждению изоляции проводов, возгоранию и пожару.

В другом случае, корпус электроустановки не имеет контакта с заземленными предметами и сам не заземлен. При касании внешних панелей человеком, возникает нагрузка, т.к. тело человека является проводником, и через него протекает электрический ток. Поскольку сопротивление тела человека велико, сила тока недостаточна для срабатывания автоматического выключателя в щитке питания и человек получает электротравму вплоть до летального исхода.

Таким образом, УДТ обеспечивает защиту человека от поражения электрическим током и защиту от пожаров.

Принцип действия УДТ следующий. При нормальном режиме работы цепи, когда подвижные контакты УДТ замкнуты, прямой ток от фазного провода проходит через магнитопровод УДТ, затем через нагрузку, в качестве которой выступают, подключенные электропотребители и возвращается обратно в сеть по нулевому проводнику, так же через магнитопровод УДТ, при этом величина обратного тока равна величине прямого тока.

Прямой ток проходя через магнитопровод УДТ создает в нем магнитный поток, в свою очередь обратный ток так же создает в магнитопроводе магнитный поток такой же величины, но так как направление токов противоположно, то и создаваемые ими магнитные потоки противоположны, т.е. магнитные потоки направлены встречно по отношению друг к другу и соответственно, при равных значениях прямого и обратного токов, уравновешивают друг друга, в результате чего суммарный магнитный поток в магнитопроводе равен нулю. Так как

суммарный магнитный поток в магнитопроводе отсутствует (равен нулю), во вторичной обмотке ток не индуцируется. Подвижные контакты замкнуты, электрическая цепь включена и находится в нормальном режиме работы.

Если в одном из элементов электрической цепи возникает утечка тока, то часть электрического тока начинает протекать по нежелательному проводящему пути. При этом, часть тока электрической цепи, поступающая от фазного провода не будет возвращаться в сеть, а проходя по нежелательному проводящему пути будет уходить в землю. Следовательно, обратный ток, который будет возвращаться в сеть через магнитопровод УДТ по нулевому проводу, будет меньше прямого тока, поступающего в сеть, соответственно и величина прямого магнитного потока станет больше величины обратного магнитного потока, в результате чего в магнитопроводе УДТ суммарный магнитный поток уже не будет равен нулю.

Возникший суммарный магнитный поток индуцирует электрический ток во вторичной обмотке, который проходя через магнитоэлектрическое реле приводит его в работу, а оно, в свою очередь, размыкает подвижные контакты отключая электрическую цепь.

Устройство защитного отключения дифференциального тока имеет в обиходе и другие названия, например, дифференциальный выключатель, автоматический выключатель дифференциального тока, устройство защитного отключения. Также в различных документах встречаются разные аббревиатуры данного устройства, например, АВДТ в ГОСТ ИЕС 61009-1-2020, ВДТ в ГОСТ ИЕС 61008-1-2020; УДТ в СП 256.1325800.2016; УЗО в ПУЭ и СП 31-110-2003.

Основными характеристиками УДТ являются:

- тип. В зданиях могут применяться УДТ типа «А», реагирующие как на переменные, так и на пульсирующие токи утечки, или типа «АС», реагирующие только на переменные токи утечки. Источником пульсирующего тока утечки могут являться стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, персональные компьютеры и др.

- номинальный ток - максимальный ток при котором УДТ способно длительно работать, не теряя свою работоспособность. Стандартными, наиболее часто используемыми значениями номинальных токов УДТ, используемых в электроустановках жилых и общественных зданий являются: 10, 16, 25, 32, 40, 63А;

- дифференциальный ток – минимальный ток утечки, при котором УДТ произведет отключение электрической цепи. Дифференциальный ток – это одна из главных характеристик УДТ;

- номинальное напряжение – напряжение сети при котором УДТ способно длительно работать, не теряя свою работоспособность;

- род тока (постоянный или переменный);

- условный ток короткого замыкания – ток который кратковременно может выдержать УДТ до момента пока не сработает автоматический выключатель, установленный для защиты цепи от короткого замыкания.

Выбор УДТ производится по следующим критериям:

- по номинальному напряжению и типу сети. Номинальное напряжение УДТ должно быть больше либо равно номинальному напряжению защищаемой им цепи. Для однофазной сети требуется двухполюсное УДТ, для трехфазной сети – четырехполюсное;

- по номинальному току. Согласно ПУЭ использование УДТ в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту не допускается. Из этого следует, что перед УДТ должен стоять автоматический выключатель или другой аппарат с функцией защиты от сверхтока, по току которого необходимо выбирать номинальный ток УДТ. При этом номинальный ток УДТ должен быть больше либо равен номинальному току установленного до него аппарата защиты (автоматического выключателя или другого аппарата с функцией защиты от сверхтока);

- по дифференциальному току. Стандартными величинами дифференциального тока УДТ являются: 6, 10, 30, 100, 300, 500мА. УДТ с дифференциальным током 100, 300 и 500 мА применяются для защиты от пожаров, с дифференциальными токами 6, 10, 30 мА - для защиты от поражения человека электрическим током.



Рисунок 5. Маркировка УДТ

Применяемые типы УДТ функционально должны предусматривать возможность проверки их работоспособности, проверка УДТ (тестирование) для жилых объектов должна проводиться не реже одного раза в три месяца, о чем должна быть запись в инструкции по эксплуатации предприятия-изготовителя.

Установка УДТ, действующих на отключение, запрещается для электроприемников, отключение которых может привести к опасным последствиям: созданию непосредственной угрозы для жизни людей, возникновению взрывов, пожаров и т.п.

Для санитарно-технических кабин, ванных и душевых рекомендуется устанавливать УДТ с номинальным дифференциальным отключающим током до 10 мА, если для них выделена отдельная линия, в остальных случаях, например, при применении одной линии для санитарно-технической кабины, кухни и

коридора, следует применять УДТ с номинальным дифференциальным отключающим током до 30 мА.

Для многоквартирных домов УДТ с номинальным дифференциальным отключающим током до 30 мА рекомендуется предусматривать для групповых линий, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванные комнаты, душевые и сауны. Для устанавливаемых снаружи штепсельных розеток установка УДТ с номинальным дифференциальным отключающим током до 30 мА обязательна.

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

Как видно из конструкции УДТ (если речь идет не о комбинированном устройстве) в нем отсутствует защита от сверхтоков и при любой схеме его подключения должна быть предусмотрена обязательная установка автоматического выключателя, для защиты, как самой сети, так и УДТ от токов перегрузки и короткого замыкания.

Также необходима периодическая проверка работоспособности УДТ. Стандартами [7, 8] установлено требование по наличию устройства проверки работоспособности УДТ (кнопки). Проверка работоспособности осуществляется нажатием кнопки «ТЕСТ». При ее нажатии в УДТ искусственно создается ток утечки, что должно привести к отключению УДТ.

### **Устройства защиты от дугового пробоя или искрения (УЗДП)**

Дуговой пробой или искрение – один из аварийных пожароопасных режимов в электросетях.

В отличие от коротких замыканий, возникающий при искровых и дуговых разрядах ток, ограничивается сопротивлением нагрузки, на который не реагируют автоматические выключатели, но за счет длительного времени его протекания, может происходить воспламенение изоляции провода.

Одной из главных причин искрения является большое переходное сопротивление (БПС), в обиходе называемое также «плохим контактом».

При БПС на переходе электрического тока с одного проводника на другой образуется последовательная или параллельная электрическая дуга между проводами или контактами.

БПС часто возникает вследствие дефектов и повреждений, произошедших при эксплуатации оборудования. Например:

- повреждения изоляции кабеля гвоздями, шурупами, зажимами или при механическом воздействии другими предметами;
- повреждения изоляции кабелей грызунами и домашними животными;
- излом кабеля (провода) при изгибах или при постоянных механических воздействиях;
- старение изоляции, повреждения от воздействия температуры, влаги, других разрушающих факторов;
- ухудшение контакта из-за ослабления зажимов, старения и окисления проводов и т.д.

В повреждённой жиле возникает малый зазор, пробиваемый рабочим напряжением, поэтому ток по такому кабелю продолжает протекать, и остаётся близок к номинальному значению, а значит, автоматический выключатель на него не реагирует.



Рисунок 6. Возможные причины искрения в электропроводке

В зазоре возникает дуговой разряд, сопровождающийся интенсивным выделением тепла, что приводит к дальнейшему разрушению изоляции кабеля и его возгоранию.

При большом переходном сопротивлении возникает процесс циклического образования и гашения электрической дуги, происходит значительное и длительное выделение тепловой энергии. Возникают длительные и устойчивые тепловые режимы работы электрических цепей, вследствие чего происходит разрушение изоляции и защитных оболочек, а также последующее возгорание.

По механизму возникновения, различают последовательный дуговой пробой, параллельный дуговой пробой и дуговой пробой на землю.

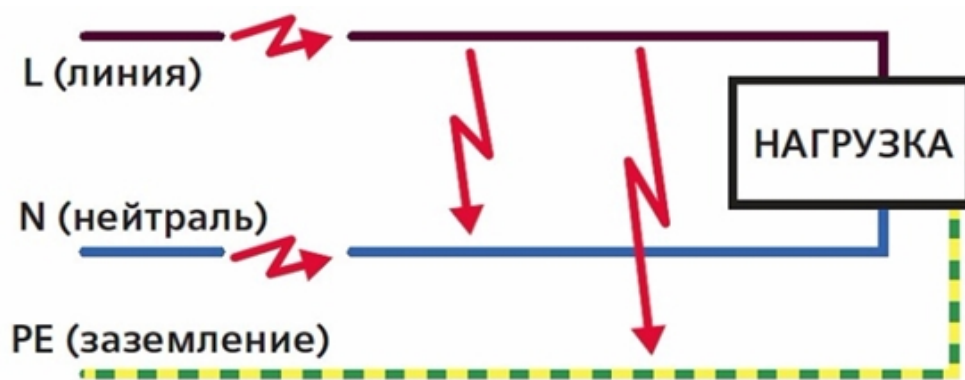


Рисунок 7. Механизм возникновения дуговых пробоев

Под последовательным дуговым пробоем понимается электрический пробой изоляции (или воздушного промежутка), при котором ток протекает через нагрузку цепи, защищаемой УЗДП. Последовательный дуговой пробой возникает, прежде всего, в результате повреждения провода или потери контакта в последовательности с нагрузкой. В этих случаях, величина тока меньше, чем рабочий ток, и автоматические выключатели или выключатели дифференциального тока не способны определить неисправность и отключить защищаемую цепь.

Параллельный дуговой пробой - это пробой, при котором ток протекает между активными проводниками, параллельно цепи нагрузки. Пробой сопровождается появлением электрической дуги, способствующей замыканию проводников. Величина тока при параллельном пробое определяется полным сопротивлением цепи. В зависимости от того, какой номинальный ток имеет автоматический выключатель, происходит (или не происходит) отключение цепи.

При заглубленной уставке тока срабатывания автоматического выключателя отключение цепи происходит с задержкой.

Дуговой пробой на землю – это пробой, при котором ток протекает между активным проводником и землей в результате замыкания фазного проводника на землю или на элемент электрически связанный с землей.

Устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП) – новый класс аппаратов защиты электрической сети, предназначенный, в отличие от других видов электрических защит, исключительно для предупреждения и предотвращения пожаров, возникающих из-за дугового пробоя (искрения).

Некоторыми разработчиками этих изделий применяется также термин «устройство защиты от искрения» (УЗИс).



Рисунок 8. Примеры устройств защиты от дугового пробоя различных производителей

УЗДП носит исключительно противопожарное назначение.

Основной задачей УЗДП является своевременно распознать возникновение пожароопасного искрения и отключить защищаемую электрическую цепь.

УЗДП сконструировано так, чтобы определить появление дугового (искрового) разряда и прервать контур ещё перед тем, как энергия в месте неисправности достигнет значений, ведущих к возникновению пожара.

УЗДП обеспечивает автоматическую диагностику контролируемой электрической цепи и при возникновении искрения отключает её от общей питающей сети.

Таким образом, цель применения этих устройств – это предупреждение пожаров, возникающих в помещениях, зданиях и сооружениях по причине неисправности электрооборудования, проявляющейся в виде дугового пробоя (искрения).

Большинство УЗДП используют схожие принципы обнаружения пожароопасного искрения в сети. Устройство анализирует совокупность параметров тока и напряжения сети, характерных для искрения: величину, форму, полярность, продолжительность и темп следования скачков. Эти скачки и дают информацию, обрабатываемую модулем обработки сигналов в составе УЗДП. Величина полученного сигнала сравнивается с заданным значением и при каждом превышении этого значения подается импульс регистрируемый накопителем. При достижении в накопителе установленного числа импульсов заданного уровня подряд формируется сигнал, отключающий защищаемую линию.

Важной характеристикой УЗДП, является помехозащищенность, т.е. отсутствие нежелательных (ложных) срабатываний при включении в защищаемую цепь различных электроприборов, например, пылесоса, источника питания с электронной коммутацией, двигателя конденсаторного пуска, электронных регуляторов (тиристорного типа) силы света, флуоресцентных и галогеновых ламп, а также «нормально искрящих» ручных электробытовых инструментов с двигателями коллекторного типа искрение в которых является допустимым, например дрель.

Стоит отметить, что отдельные электрические устройства сами могут генерировать высокочастотные и среднечастотные помехи, которые будут распознаваться УЗДП как источник искрения. Например, тиристорные регуляторы с фазовым управлением без помехоподавляющих фильтров; различные устройства, генерирующие высокочастотные помехи повышенного уровня, существенно превышающие нормы на помехоэмиссию. При наличии перечисленных устройств, приходится либо отказываться от применения УЗДП,

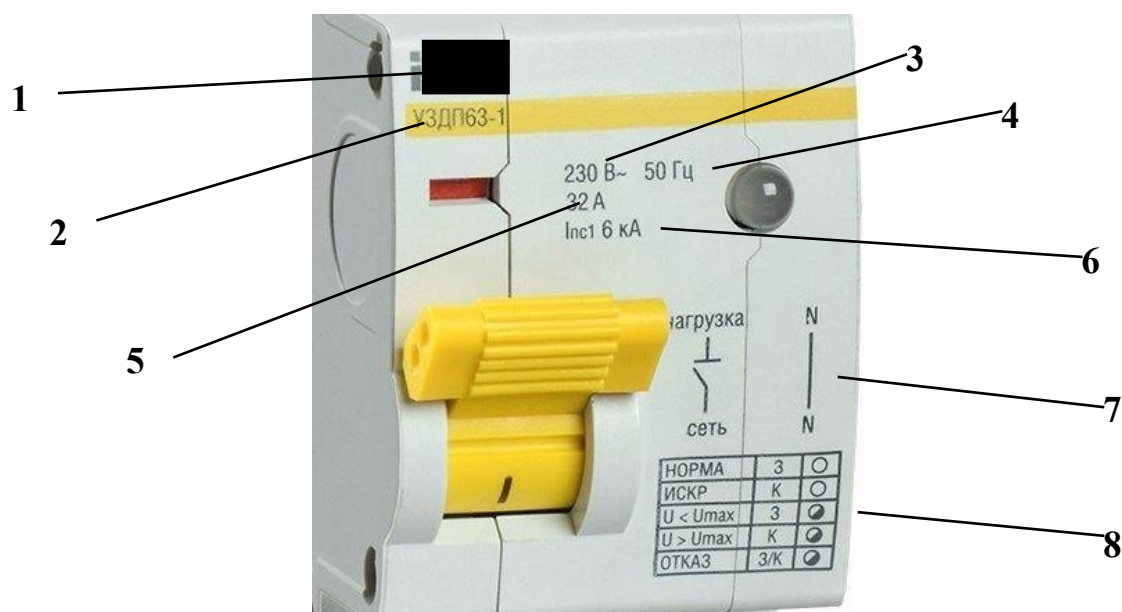
увеличивая риски возгораний от искрения, либо отключать УЗДП на время использования устройств, являющихся генераторами высокочастотных и среднечастотных помех.

Основными характеристиками УЗДП являются:

- номинальный ток – максимальный ток при котором УЗДП способно длительно работать, не теряя свою работоспособность. В основном выпускаются в пяти модификациях, в зависимости от номинального тока: 16, 25, 32, 40, 63А;

- номинальное напряжение – напряжение сети при котором УЗДП способно длительно работать, не теряя свою работоспособность;

- условный ток короткого замыкания – ток который кратковременно может выдержать УЗДП до момента пока не сработает автоматический выключатель, установленный для защиты цепи от короткого замыкания.



1 – изготовитель; 2 – модель; 3 – номинальное напряжение; 4 – частота; 5 – номинальный ток; 6 – условный ток короткого замыкания; 7 – схема подключения; 8 – схема индикации состояния прибора

Рисунок 9. Пример маркировки УЗДП

Выбор УЗДП производится по следующим критериям:

- по номинальному напряжению. Номинальное напряжение УЗДП должно быть больше либо равно номинальному напряжению защищаемой им цепи;

- по номинальному току. УЗДП не защищает электрическую сеть от перегрузки и токов короткого замыкания. Поэтому перед УЗДП должен стоять автоматический выключатель или другой аппарат с функцией защиты

от сверхтока по току которого необходимо выбирать номинальный ток УЗДП. При этом номинальный ток УЗДП должен быть больше либо равен номинальному току установленного до него аппарата защиты (автоматического выключателя или другого аппарата с функцией защиты от сверхтока).

Также при выборе УЗДП следует обратить внимание на наличие функции проверки работоспособности устройства. Некоторые производители оснащают УЗДП кнопкой проверки, отдельные производители в комплекте с устройством поставляют средство контроля в виде автономной вилки, позволяющей имитировать искровые разряды, и таким образом осуществлять контроль функционирования изделия и определение зоны его действия, что является несомненным преимуществом таких аппаратов.



Рисунок 10. Пример УЗДП в комплекте со средством контроля зоны функционирования

Установка УЗДП в групповых сетях питания систем противопожарной защиты и в электроустановках медицинского назначения, поддерживающих жизнедеятельность больных, не допускается.

УЗДП является еще одним видом защиты электрических цепей. Оно не заменяет собой другие аппараты защиты и не отменяет необходимости применения в электрических цепях автоматических выключателей и устройств защитного отключения дифференциального тока.

УЗДП рекомендуется устанавливать в отдельных групповых линиях питания освещения и штепсельных розеток после других аппаратов защиты (АВ, УДТ).

Установка УЗДП запрещается в линиях систем противопожарной защиты, а также электроприемников, отключение которых может привести к опасным последствиям: созданию непосредственной угрозы для жизни людей, возникновению взрывов, пожаров и т.д.

### Устройства защиты от перенапряжения сети (УЗП)

Перепады напряжения в электрической сети являются одной из основных причин выхода из строя электрических приборов, приводящих в отдельных случаях к пожару. Особенно остро вопрос защиты электроприборов от перепадов напряжения стоит в жилых многоквартирных домах старой постройки, а так же частных жилых домах подключенных к старым линиям электропередач.

Устройство защиты от перенапряжения или реле напряжения – это аппарат защиты, осуществляющий непрерывный контроль величины напряжения питающей сети с целью обеспечения отключения нагрузки в случае выхода значения напряжения за установленные пределы.



Рисунок 11. Примеры устройств защиты от перенапряжения различных производителей

Назначение УЗП заключается в защите электрооборудования от перепадов напряжения сети которые могут возникнуть в следствие различных факторов таких как обрыв нуля, перекос фаз и т.д.

Как правило, УЗП состоит из двух основных блоков: измерительного и исполнительного.

При подаче на УДП напряжения измерительный блок определяет его величину. Если измеренное значение напряжения электросети не выходит за установленный в настройках диапазон значений измерительный блок подает сигнал на исполнительный блок (реле) который замыкает силовой контакт, включая тем самым нагрузку в сеть.

Таким образом, УДП осуществляет непрерывный контроль напряжения электросети. В случае снижения напряжения ниже установленного порога или повышения выше установленного в настройках порога измерительный блок мгновенно подает сигнал на исполнительный механизм (реле) который отключает электроустановку от сети. После восстановления значения напряжения до допустимого значения, измерительный блок через установленную в настройках выдержку времени подает сигнал на исполнительный механизм, который вновь включает нагрузку.

Существуют следующие типы реле напряжений:

- по типу электросети: однофазные и трехфазные;
- по способу установки: стационарные и переносные. При установке УЗП во вводном электрощитке обеспечивается защита всей электросети и всех электроприборов, подключенных к ней. Переносные УЗП применяются, когда его установка в щитке затруднена или необходимо обеспечить особые настройки по напряжению сети для конкретного электрооборудования.

В настоящее время существуют устройства защиты от перенапряжения с комбинированной защитой, так называемые вольт-амперные реле, которые контролируют кроме напряжения сети, еще и ток в сети, защищая тем самым сеть, как от перепадов напряжения, так и от перегрузки, т.е. дополнительно выполняет функцию ограничителя мощности.

Необходимо знать, что вольт-амперное реле не обеспечивает защиту сети от короткого замыкания и не может заменить собой автоматический выключатель.

Важной характеристикой УЗП является номинальный ток.

Номинальный ток — это ток, который УЗП способно пропускать через себя в течение длительного времени сохраняя при этом свою работоспособность. Стандартными, наиболее распространенными значениями номинального тока УЗП являются: 10; 16; 25; 32; 40; 50; 63 А.

Номинальный ток УЗП определяется по суммарному току нагрузки или мощности всех электроприборов, подключаемых в защищаемую сеть.

Получив рассчитанное значение тока, выбираем УЗП с ближайшим большим стандартным значением номинального тока.

Необходимо учитывать, что УЗП не защищает электросеть от токов перегрузки и тока короткого замыкания, поэтому само УЗП должно быть защищено от них установленным последовательно с ним автоматическим выключателем. Поэтому номинальный ток УЗП необходимо принимать исходя из номинального тока автоматического выключателя. При этом номинальный ток УЗП должен быть больше или равен номинальному току установленного до него автоматического выключателя.

УЗП могут иметь несколько настроек:

- установка порога срабатывания УЗП по максимальному значению напряжения ( $U_{max}$ ) - устанавливает максимально допустимое значение напряжения электросети, превышение которого приведет к отключению нагрузки;

- установка порога срабатывания УЗП по минимальному значению напряжения ( $U_{min}$ ) - устанавливает минимально допустимое значение напряжения электросети, снижение напряжения ниже данного значения приведет к отключению нагрузки;

- установка времени задержки включения – время, через которое УЗП, после отключения нагрузки, повторно ее включит при восстановлении значения напряжения сети в установленных пределах. Время задержки включения электроприборов выбирается в соответствии с руководством по эксплуатации.

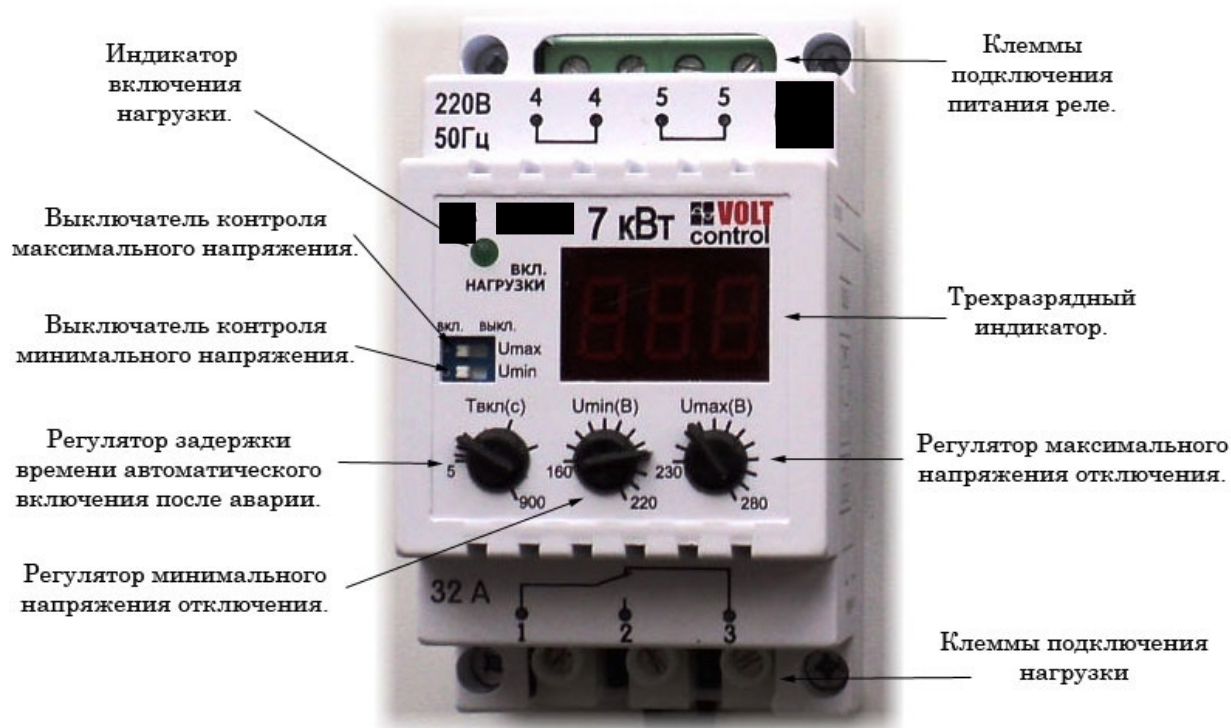


Рисунок 12. Пример маркировки устройства защиты от перенапряжения (реле напряжения)

Количество и способы настройки могут быть различны для разных типов УЗП. Обычно, настройка УЗП осуществляется с помощью поворотных регулировочных ручек.

Сравнение аппаратов защиты электрической сети по отключающей способности

Рассмотрим разницу в работе и возможностях отключения различных аппаратов защиты электрических цепей. В настоящее время, есть много комбинированных устройств защиты электрических сетей, т.е. совмещающих в себе несколько защитных функций. Здесь мы рассмотрим не комбинированные аппараты защиты, выполняющие только одну функцию.

Причинами пожаров от электроустановок могут являться: короткое замыкание, перегрузка, токи утечки, дуговые пробои (искрение), перенапряжение.

Для защиты электрических сетей, в настоящее время, являются обязательными к применению АВ и УДТ. Эти аппараты зарекомендовали себя как надежные и эффективные средства предотвращения пожаров от электроустановок.

АВ защищает электрическую сеть от токов короткого замыкания и перегрузок электрической сети.

УДТ защищает электрическую сеть от пожаров в результате возникновения токов утечки.

Следует отметить, что в настоящее время защиту от многих негативных факторов, вызывающих возгорание в электрических сетях, вместе с применением АВ и УДТ, отчасти решают организационными мероприятиями, производимыми на этапе проектирования электрических сетей, при их монтаже и при эксплуатации. Используются такие меры, как заземление, укладка кабеля в короба, увеличение расстояния между проводниками, применение специальных соединительных устройств (клеммных коробок и др.) и т.д. Для защиты от перегрузок производят правильный расчет электрических сетей и нагрузки.

Однако АВ и УДТ изначально не были предназначены для распознавания искрения и отключения цепи в случае его появления. Искрение не распознается АВ или УДТ, поскольку при искрении не происходит ни увеличение среднего значения тока в цепи, ни его утечка на землю.

При последовательном искрении полное сопротивление «плохого контакта» уменьшает ток нагрузки и держит этот ток ниже порога отключения АВ. Соответственно, эти средства защиты от негативного действия высокого значения тока не срабатывают. При параллельном искрении между фазой и нейтральным проводом ток ограничен полным сопротивлением цепи и срабатывание АВ и УДТ зависит от степени искрения, однако в полной мере не гарантируется.

Соответственно, решение задачи распознавания искрения и обеспечения защиты от пожаров, вызванных искрением, должно обеспечиваться новым типом устройств, функционально и технически ориентированными на такую задачу. Таким устройством является УЗДП.

УЗДП защищает электрическую сеть от пожароопасного проявления дугового пробоя (искрения).

Еще одним фактором, который может привести к пожару от электроустановок, являются колебания напряжения электрической сети. Причем, опасность может нести как повышенное напряжение, так и понижение напряжения.

АВ, УДТ, УЗДП не защищают электрическую сеть от опасных колебаний напряжения сети. Эту задачу выполняет УЗП.

УЗП защищает электрическую сеть от колебаний напряжения, которые могут привести к выходу из строя электроприборов и их возгоранию.

### Функциональные возможности аппаратов защиты электрических сетей.

Таблица 2

Функциональные возможности аппаратов защиты электрических сетей

| Аварийный режим                 | Аппарат защиты  |  |   |   |
|---------------------------------|---|--|---|---|
|                                 | Автоматический выключатель (АВ)   | Устройство защиты дифференциального тока (УДТ)   | Устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП) | Устройство защиты от перенапряжения (УЗП) |
| Короткое замыкание              | <b>Обеспечивает защиту</b>  | Не обеспечивает защиту   | Не обеспечивает защиту                      | Не обеспечивает защиту                    |
| Перегрузка                      | <b>Обеспечивает защиту</b>  | Не обеспечивает защиту   | Не обеспечивает защиту                      | Не обеспечивает защиту                    |
| Утечка тока                     | Не обеспечивает защиту  | <b>Обеспечивает защиту</b>   | Не обеспечивает защиту                      | Не обеспечивает защиту                    |
| Дуговой пробой последовательный | Не обеспечивает защиту  | Не обеспечивает защиту   | <b>Обеспечивает защиту</b>                  | Не обеспечивает защиту                    |
| Дуговой пробой параллельный     | Не в полной мере обеспечивает защиту. Может сработать слишком поздно (при ограниченном токе КЗ) | Не обеспечивает защиту   | <b>Обеспечивает защиту</b>                  | Не обеспечивает защиту                    |
| Дуговой пробой на землю         | Не в полной мере обеспечивает защиту. Может сработать слишком поздно (при ограниченном токе КЗ) | Не в полной мере обеспечивает защиту. Может не сработать (при импульсном характере искрения) | <b>Обеспечивает защиту</b>                  | Не обеспечивает защиту                    |
| Перепады напряжения             | Не обеспечивает защиту  | Не обеспечивает защиту   | Не обеспечивает защиту                      | <b>Обеспечивает защиту</b>                |

Из таблицы 2 видно, что ни один из аппаратов защиты не защищает электрическую сеть от всех возможных аварийных режимов. Для обеспечения максимальной защиты электрической сети целесообразно использовать аппараты

защиты, работающие на обнаружение разных признаков неисправности электрической сети.

Применение УЗДП и УЗП не отменяет необходимости использования АВ и УДТ.

Таким образом, если рассмотреть вариант использования всех видов защиты электрической сети отдельными устройствами (выполняющими только одну функцию), то необходимо установить четыре разных аппарата защиты: АВ, УДТ, УЗДП, УЗП.

В настоящее время распространены комбинированные аппараты защиты, которые объединяют в одном корпусе несколько устройств. Например, дифференциальные автоматы, которые объединяют функции автоматического выключателя и устройства защиты дифференциального тока. Комбинированные устройства позволяют оптимизировать и упростить проектирование и монтаж электрических щитков.

### **Термоиндикаторы**

Одной из наиболее распространенных причин пожаров от электроустановок является перегрев контактных соединений и других элементов. Пожароопасные режимы возникают вследствие большого переходного сопротивления, а также перегрузок.

Термоиндикаторные материалы предназначены для визуального или фотографического контроля и измерения температуры, т.е. результаты измерений можно представить в визуализированном виде.

При достижении максимальной температуры термоиндикаторный материал расплавляется и необратимо меняет свой цвет.

Термоиндикаторы можно использовать как доказательство факта достижения определенной максимальной температуры, т.к. результаты измерения являются необратимыми.

Метод измерения температуры с помощью термоиндикаторных материалов отличается простотой, экономичностью, малой трудоемкостью, возможностью оперативного получения достаточно полной информации о тепловом режиме элементов электрооборудования.

Термоиндикаторы имеют несколько исполнений: термоиндикаторные наклейки и термоиндикаторные краски.

Контрастность цветового перехода обеспечивает легкое распознавание аварийного перегрева.

Термоиндикаторы сохраняют свой цвет и маркировку на протяжении всего срока службы.

Термоиндикаторные наклейки представляют собой подложку на самоклеящейся основе с нанесенным термоиндикаторным покрытием. Материалом подложки могут быть бумага, фольга или полимерная пленка. Для предохранения термоиндикаторного покрытия от внешних воздействий поверхность изделия покрывают защитной пленкой.

При достижении заданной температуры индикатор необратимо меняет свой цвет.

Термоиндикаторные наклейки могут быть различного размера и формы, в зависимости от задачи иметь разный порог срабатывания, иметь несколько термочувствительных меток с разным пределом срабатывания.

Термоиндикаторные наклейки могут быть однопозиционными, т.е. имеют одну индикационную метку и многопозиционными – имеющие несколько индикационных меток, настроенных на разные температуры.

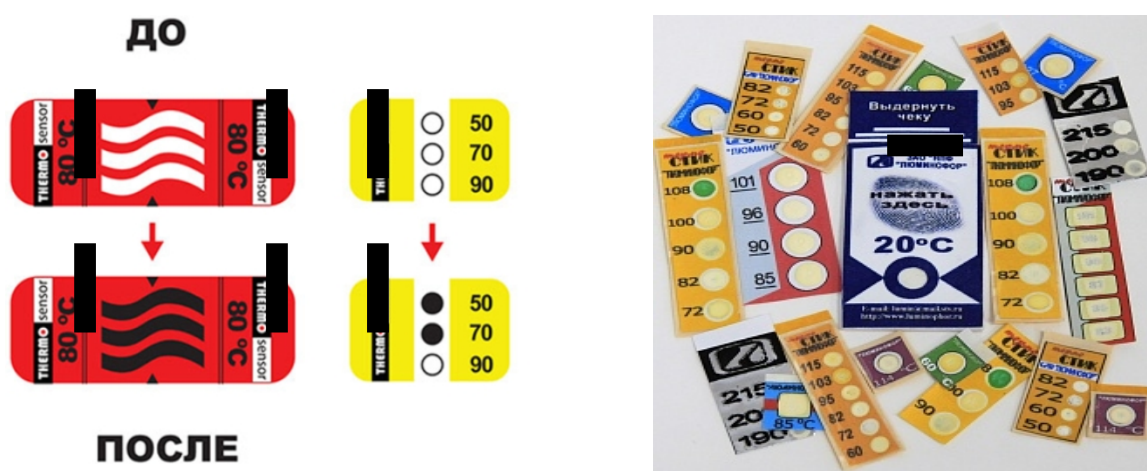


Рисунок 13. Примеры термоиндикаторных наклеек различных производителей

Применение однопозиционных термоиндикаторных наклеек позволяет контролировать максимальную температуру на элементе электрооборудования.

Применение многопозиционных термоиндикаторных наклеек позволяет определять температуру элемента электрооборудования как среднеарифметическое между последней меткой, изменившей цвет, и первой – не изменившей.

Термоиндикаторные краски, в отличие от термоиндикаторных наклеек, можно нанести на поверхности или элементы электрооборудования, недоступные для установки термоиндикаторных наклеек, например,

при сложной конфигурации или ограниченном пространстве внутри электрических щитков. Краски можно нанести на поверхность контролируемого элемента более тонким слоем, в результате чего возрастает скорость срабатывания.



Рисунок 14. Пример исполнения термоиндикаторных красок

Термоиндикаторы применяются для контроля теплового режима элементов электроустановок.

Термоиндикаторы применяются для обнаружения и регистрации перегревов элементов электрооборудования или электропроводки, в первую очередь, вблизи электрических контактов, контактных соединений.

Термоиндикаторы не требуют специального технического обслуживания.

Защите подлежат элементы электрооборудования, для которых нормативно-техническими документами установлены наибольшие допустимые температуры нагрева, а также элементы электрооборудования, перегрев которых может привести к аварии или возгоранию (независимо от наличия требований нормативных документов).

Термоиндикаторы наносят на элементы электрооборудования, подлежащие контролю теплового состояния.

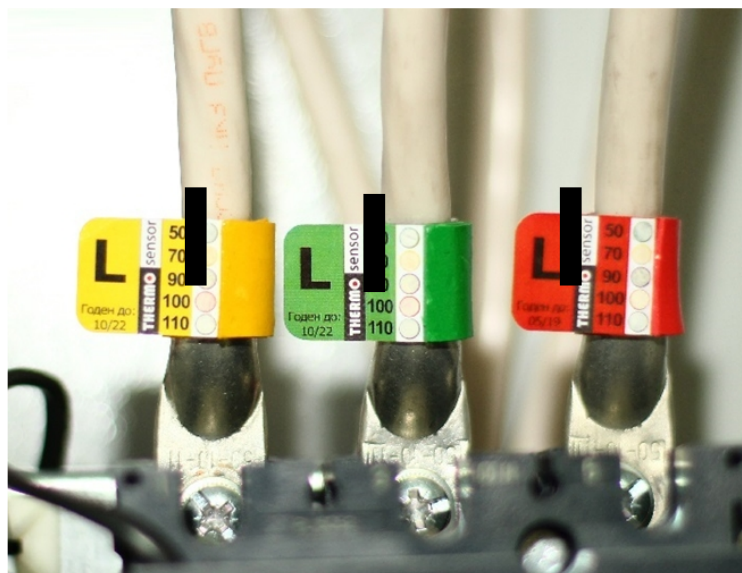


Рисунок 15. Пример использования термоиндикаторных наклеек для контроля температуры контактных соединений

Порог срабатывания термоиндикаторов выбирается исходя из требований нормативно технической документации для конкретного элемента электрооборудования, технических характеристик и режимов работы электрооборудования.

Так как термоиндикаторы не являются восстанавливаемыми изделиями, после регистрации ими перегрева сработавшие термоиндикаторы подлежат замене на новые.

Необходимо контролировать срок использования термоиндикаторов. При истечении срока использования, термоиндикаторы необходимо заменить на новые. После замены сделать отметку в журнале.

Термоиндикаторы являются невосстанавливаемыми и неремонтопригодными изделиями (покрытиями). При срабатывании термоиндикатора, его следует удалить и заменить на новое изделие (покрытие). Окрашивание термоиндикаторных меток в результате воздействия температуры необратимо.

### **Термосистемы**

Термосистемы предназначены для раннего автоматического обнаружения пожароопасных ситуаций, возникающих вследствие перегрева элементов электроустановок: контактных соединений, проводов, кабелей (в т.ч. концевой арматуры) и шин, электрических аппаратов, вводных распределительных

шкафов, щитов с электрооборудованием, иного электрооборудования и их элементов, где возможно превышение температуры оборудования в штатном режиме работы или при появлении дефекта.

Системы осуществляют непрерывный контроль температуры нагрева с сигнализацией о превышении установленных порогов и передачей информации на пульт централизованного наблюдения, где осуществляется прием тревожных извещений об обнаруженных перегревах с датчиков, отображение (индикация) состояния и регистрация событий.

Термосистемами могут быть оборудованы электроустановки, для которых нормативными документами установлены наибольшая допустимая температура нагрева, а также элементы электрооборудования и электропроводки, перегрев которых может привести к аварии или возгоранию.



Рисунок 16. Пример системы, состоящей из термоактивируемой газовыделяющей наклейки и специализированного газового датчика

В качестве устройств обнаружения превышения температуры в разных системах могут выступать различные датчики. Например, термоактивируемые газовыделяющие наклейки, при нагревании которых до определенной температуры выделяется сигнальный газ, улавливаемый специализированным газовым датчиком, передающим сигнал о перегреве на контрольно-приемное устройство; бесконтактные инфракрасные датчики; датчики температуры, устанавливаемые непосредственно на контролируемый элемент электрооборудования.

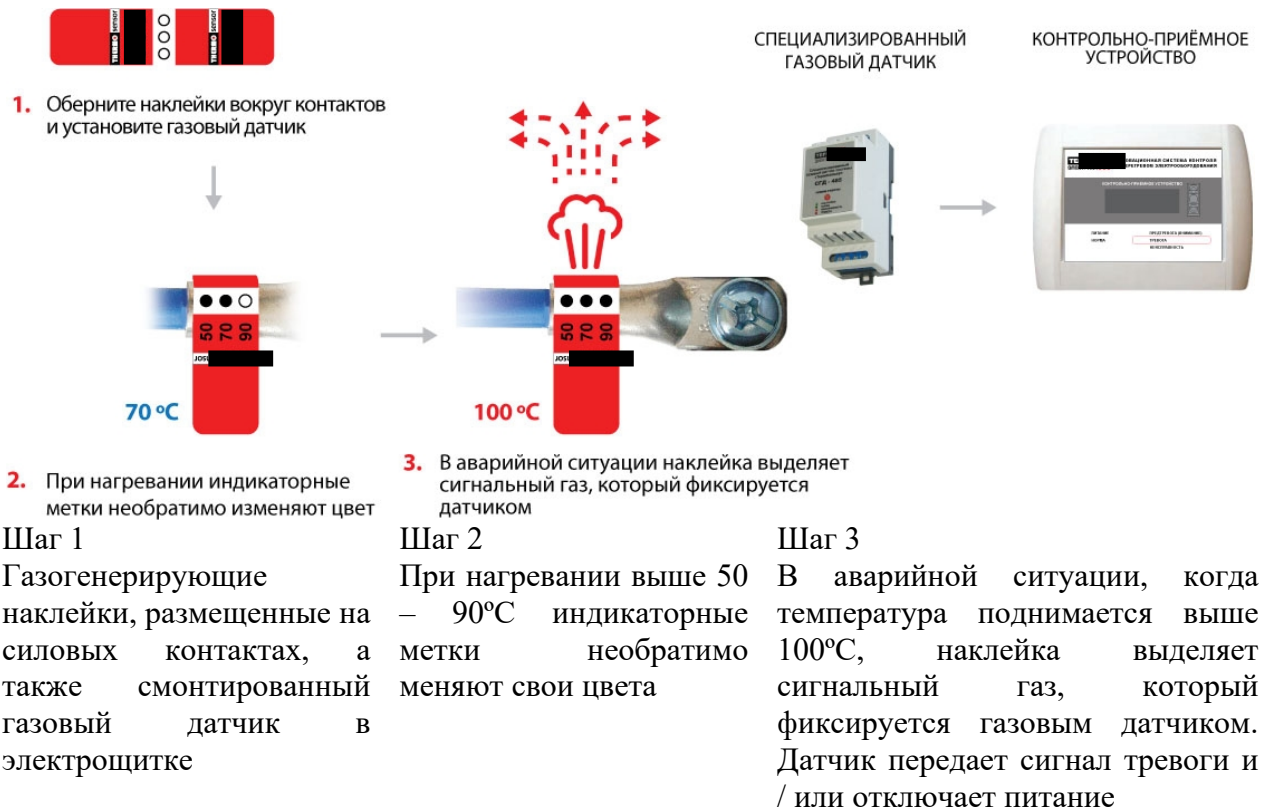


Рисунок 17. Пошаговая схема работы системы непрерывного контроля температуры на основе термоактивируемой газовыделяющей наклейки и специализированного газового датчика

Кроме того, термосистемы можно использовать как системы мониторинга пожарной безопасности электроустановок, за счет раннего обнаружения точек чрезмерного нагрева, задолго до начала термической деструкции изоляции в местах установки датчиков.

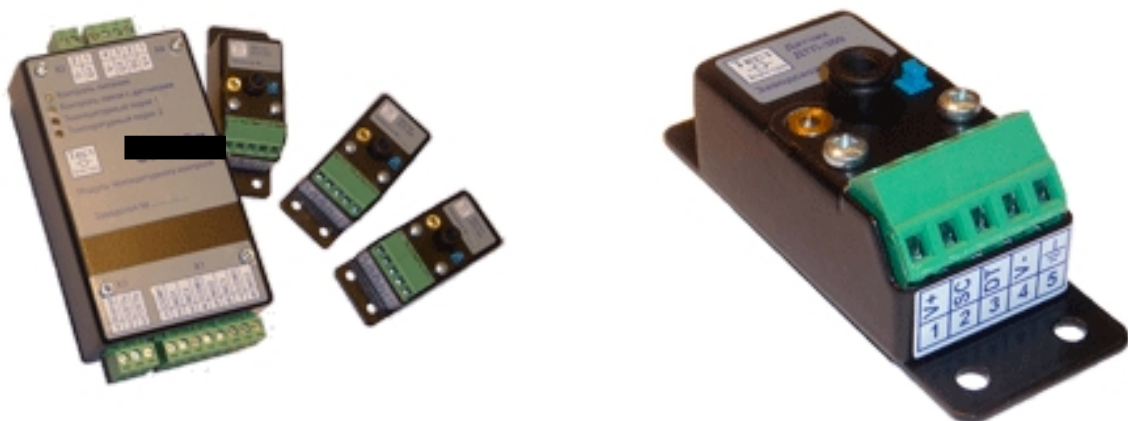


Рисунок 18. Пример системы многоканального бесконтактного температурного контроля на основе бесконтактных пирометрических датчиков

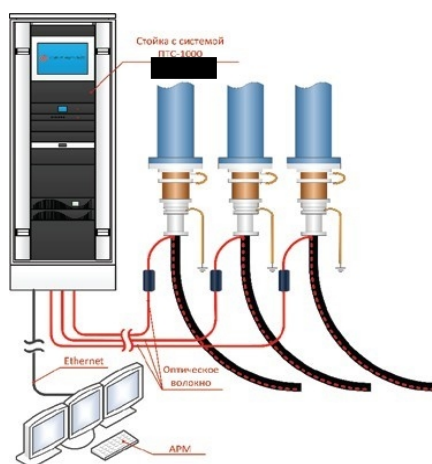


Рисунок 19. Пример интеллектуальной системы контроля температуры высоковольтных кабельных линий на основе распределенного датчика температуры

### Тепловизионная диагностика

В основе тепловизионной диагностики лежит тепловой метод неразрушающего контроля, т.е. тепловизионные обследования с целью выявления пожароопасных участков и узлов в электрооборудовании и электропроводке.

В качестве технического средства тепловизионной диагностики применяется тепловизор. Тепловизор – это оптико-электронный измерительный прибор, работающий в инфракрасной области электромагнитного спектра.



Рисунок 20. Пример проведения тепловизионного контроля электрошкафа

Кратко метод тепловизионной диагностики пожарной безопасности эксплуатируемого электрооборудования можно описать следующим образом. Каждый объект имеет температуру, причем в разных точках она разная. Как правило, отклонение температуры в ту или иную сторону свидетельствует о

какой-то неоднородности, дефекте. Тепловизор как видеокамера охватывает всю панораму объекта, выводит на экран и фиксирует в памяти весь спектр его температур, преобразуя в термограмму, т.е. картинку температур, которая напоминает негатив цветной фотографии, где каждый оттенок цвета соответствует определенной температуре.

Неоспоримыми преимуществами тепловизионного обследования являются: объективность и точность получаемых данных, безопасность (применяется бесконтактный метод), не требуется отключение электрооборудования и подготовки рабочего места. Однако, для более точного теплового контроля необходима нагрузка на электрооборудования не менее 70%, и не менее 1 часа работы. При этом метод высокопроизводителен, к тому же он дает возможность практически мгновенно, «с первого взгляда», указать место дефекта, предварительно определить степень дефектности. Кроме этого метод отличается простотой документирования дефектов и возможностью определения дефектов на ранней стадии развития. Он позволяет с достаточной степенью точности диагностировать состояние не только открытых элементов электрооборудования, таких как контактные соединения в электрических щитках и вводных щитах, но и состояние розеток и выключателей, которые закрыты корпусами, а также электрических проводок, выполненных различными способами.

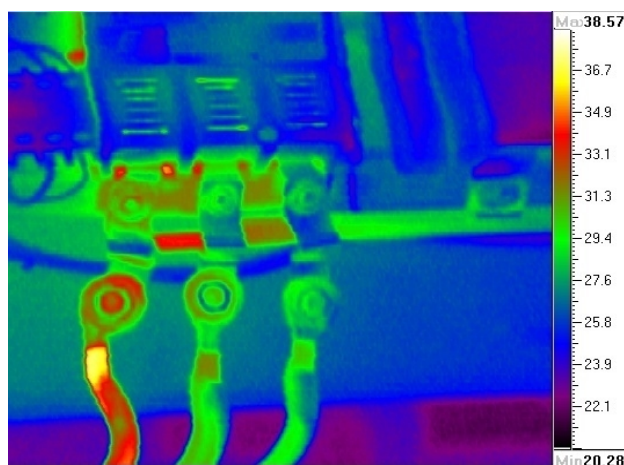


Рисунок 21. Пример термограммы контактных соединений с температурной шкалой

Суть тепловизионной диагностики заключается в бесконтактной регистрации температурного поля на поверхности объекта измерительной аппаратурой, построении и анализе термограмм с использованием ЭВМ для обнаружения и классификации дефектов и принятия решения. Наличие

дефекта при такой диагностике характеризуется аномальным повышением температуры в дефектной зоне по сравнению с исправными областями.

Условия и порядок проведения тепловизионной диагностики эксплуатируемого электрооборудования жилых и общественных зданий устанавливают методические рекомендации [6]. Они направлены на профилактику пожарной безопасности электрооборудования жилых и общественных зданий и позволяют контролировать и оценивать состояние пожарной безопасности элементов электрооборудования, которые ранее не могли быть обследованы, таких как: розетки, выключатели и электрические проводки выполненных различными способами, что является актуальным моментом в области обеспечения пожарной безопасности жилых и общественных зданий.

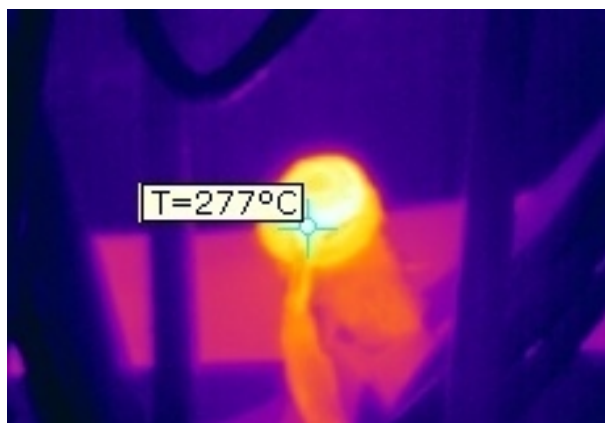


Рисунок 22. Пример обнаружения пожароопасного разогрева болтового контактного соединения

С помощью тепловизионной диагностики выявляются конкретные дефектные места, где зачастую достаточно затянуть, зачистить, заменить болтовое соединение или перераспределить нагрузку и дефект будет устранен.

Допускается использовать другие методики тепловизионной диагностики, если область их применения соответствует области применения настоящих методических рекомендаций.

В качестве критериев оценки пожарной безопасности электрических изделий может быть принято значение температуры или превышения температуры, установленное в стандартах на конкретное изделие. Кроме того, критерии оценки пожарной безопасности при тепловизионной диагностике приведены в методических рекомендациях [6].

Диагностика электрооборудования тепловым методом неразрушающего контроля (тепловизионная диагностика) должна проводиться бригадой не менее 2 человек. Все члены бригады должны быть аттестованы по тепловому методу неразрушающего контроля. Хотя бы один работник должен быть аттестован не ниже, чем по II квалификационному уровню по тепловому контролю в системе Ростехнадзора.

Для проведения тепловизионной диагностики могут привлекаться сторонние организации, аккредитованные в установленном порядке на тепловой метод неразрушающего контроля.