



БЕЗОПАСНОСТЬ

Предотвращение возгораний в электроустановках

Рекомендации по снижению риска возникновения возгораний в новых
и существующих коммерческих зданиях

se.com

Life Is On

Schneider
Electric

Испытанное и сертифицированное оборудование в сочетании с инновационными решениями Schneider Electric® обеспечивает снижение риска возникновения возгорания в электроустановках новых и существующих зданий.



Содержание

Введение: возгорания в электроустановках	4
01 Низковольтные распределительные щиты: главные, вторичные, конечного распределения и автоматизации	6
Влияние степени защиты IP, изоляционных промежутков и рассеивания тепла	7
Неисправности электрических соединений	9
Обнаружение перегрева	12
02 Главные распределительные сети	14
Повреждение изоляции проводников	15
Защита от нарушения изоляции	16
Мониторинг утечки на землю (система заземления TN)	21
Выбор проводников	22
03 Щиты конечного распределения и шкафы автоматизации	24
Повреждение изоляции проводников	25
Дуговой пробой	27
Неисправности электрических соединений	30
04 Заключение	31
Дополнительные материалы	34

Введение: возгорания в электроустановках

Большинство пожаров в зданиях возникает в результате неисправностей в системе электроснабжения. Ослабление межконтактных соединений и повреждения изоляции — это причины, которые не могут быть предотвращены защитой от перегрузки по току.



Чтобы оценить последствия возгораний электроустановок, ознакомьтесь со следующей глобальной статистикой.

- Согласно данным **Международной ассоциации пожарных и спасательных служб** (CTIF), 35 % всех возгораний в мире, требующих вмешательства пожарных, начинаются в зданиях.
- Некоторые организации, такие как **Европейская пожарная академия** (EFA), а также компании по управлению недвижимостью и страхованию, занимающиеся оценкой повреждений зданий, констатируют, что 25 % возгораний зданий начинаются в электроустановках.
- **Страховая компания AXA Insurance** определила, что половина организаций, пострадавших от пожара, закрываются в следующие пять лет.
- Согласно данным Пожарной администрации США (USFA), примерно 10 % всех возгораний в нежилых зданиях начинаются в электроустановках (15 % в образовательном секторе, 19 % в секторе розничной торговли и офисах, 16,5 % в промышленной сфере). Этот показатель доходит до 30 %, когда речь идет о перегреве электрических нагрузок в промышленном секторе.

- Согласно данным **Германского союза страховщиков**, 31,7 % всех возгораний в Германии связано с электричеством.
- 56 % промышленных катастроф в Индии вызваны сбоями в сетях электроснабжения.

Примеры тяжелых последствий пожаров, связанных с электричеством:

- Железнодорожный вокзал Монпарнас в Париже, 2018 г. ([статья в «Известиях»](#))
- Международный аэропорт Хастфилж-Джексон в Атланте, 2017 г. ([статья в «Ведомостях»](#))
- Аэропорт Фьюмичино, Рим, 2015 г. ([статья в «BBC News»](#))

ВВЕДЕНИЕ: ВОЗГОРАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Возгорание, возникшее из-за неисправной сети электроснабжения, может стать причиной существенного экономического ущерба в здании: простоя предприятия, обесценивания активов компании. Этот ущерб может быть настолько большим, что в результате приведет к краху компании.

Сокращение риска возникновения возгорания в электроустановках из-за перенапряжений, перегрузки по току и перегрева обеспечивается соблюдением всех требований при проектировании электроустановок, включая стандарты IEC и национальные нормы, и применением сертифицированного коммутационного электрооборудования. **Но со временем состояние электрооборудования может ухудшаться**, например, под воздействием таких факторов окружающей среды, как температура и влажность. Кроме того, повреждения могут возникать из-за неправильной эксплуатации или по причине коррозии.

В настоящем руководстве рассматривается риск возникновения возгорания, связанный с электрическими токами, величина которых слишком мала для срабатывания защиты от перегрузки по току.

Основное внимание уделено последним решениям, позволяющим снизить эту опасность как в новых, так и в существующих электроустановках. Даже электроустановки, спроектированные с соблюдением всех норм, подвержены риску возникновения возгорания. На рис. 1.1 изображены области и опасные зоны, в которых могут возникнуть возгорания.

Опасные зоны возникновения возгораний

Уровень 1. Низковольтные главные распределительные щиты

- Влияние степени защиты IP, изоляционных промежутков и рассеивания тепла
- Неисправности электрических соединений

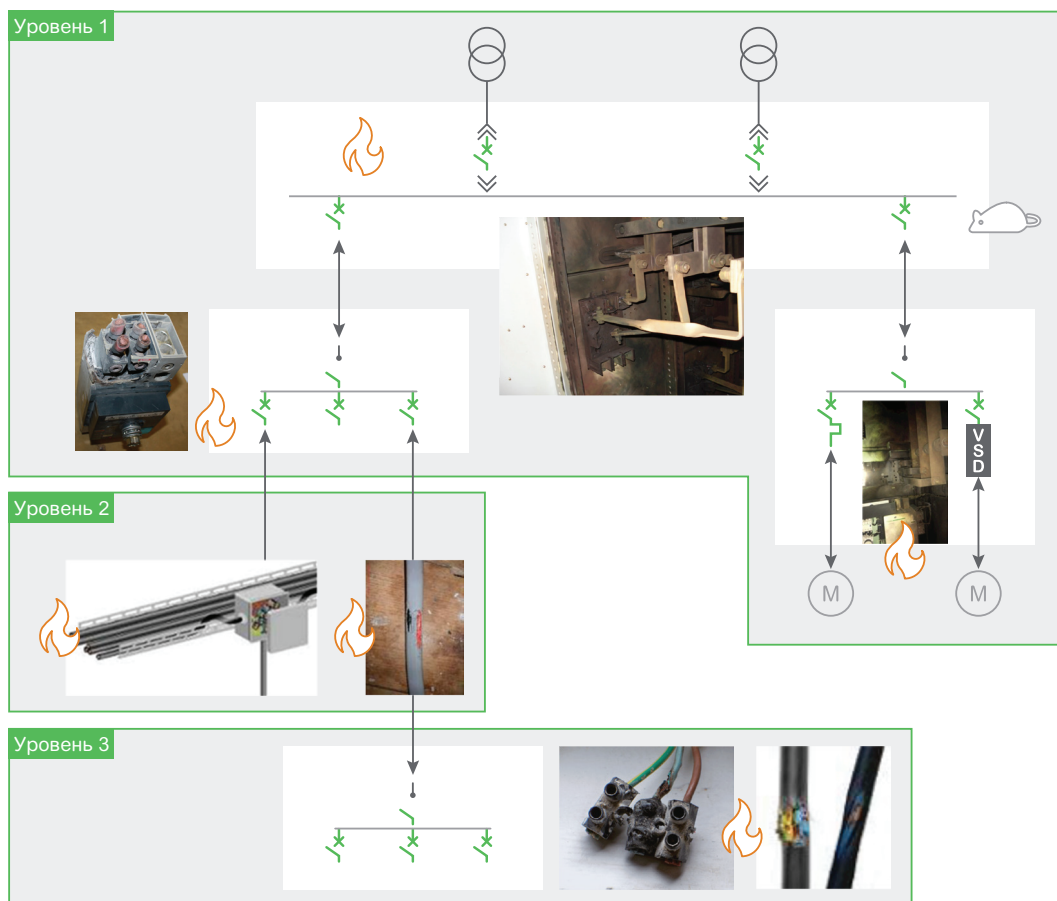
Уровень 2. Щиты вторичного распределения

- Повреждение изоляции проводников
- Неисправности соединителей (распределительные коробки)

Уровень 3. Щиты конечного распределения и шкафы автоматизации

- Повреждение изоляции проводников
- Дуговой пробой
- Неисправности электрических соединений (электромонтажные изделия)

Рис. 1.1. Области и источники опасности



01

Низковольтные
распределительные щиты:
главные, вторичные,
конечного распределения
и автоматизации

Влияние степени защиты IP, изоляционных промежутков и рассеивания тепла

Работа по предотвращению возгораний начинается с соблюдения требований IEC 61439 в процессе проектирования электроустановки и распределительных щитов. Не следует забывать и о других стандартах, таких как IEC/TR 61641 и IEC 60204.

Основными источниками возгораний в главных и вторичных низковольтных комплектных устройствах (НКУ) являются: высокая интенсивность эксплуатации электрооборудования, большие токи короткого замыкания, неисправности межконтактных соединений, возникновение дугового прооя, а также нагрев сборных шин в щитах с формой секционирования 2, 3, 4 (шины установлены в специальных отсеках). В рамках стратегии по минимизации риска возникновения возгорания необходимо принимать меры по устранению этих факторов.

Во избежание возникновения возгораний щиты управления с большим количеством электрических соединений, выключателей и особенно преобразователей частоты, трансформаторов и внешних источников питания должны

быть спроектированы с особой тщательностью.

Соблюдение стандартов IEC 61439 при проектировании распределительных щитов и электроустановок обеспечивает надлежащую степень защиты IP и значительно снижает риск возникновения возгорания вследствие повреждения изоляции или чрезмерного повышения температуры. Стандарт IEC 61439 формулирует определение и устанавливает условия эксплуатации, требования к конструкции, технические характеристики, а также требования к проверке низковольтных комплектных устройств. Из 13 пунктов проверок, показанных на рис 1.2, 8 напрямую касаются риска возникновения возгорания.



Пункт 10. Проверка конструкции	Пункт 11. Контрольная проверка	Пункт проверки	Нейтрализация опасности возгорания
10.2 10.2.3 10.2.3.1		Прочность материалов и частей НКУ <ul style="list-style-type: none"> Свойства изоляционных материалов <ul style="list-style-type: none"> Термостойкость оболочек Устойчивость изоляционных материалов к аномальному нагреву и огню вследствие внутренних электрических процессов 	Предотвращение короткого замыкания и пробоя изоляции, которые могут стать причиной возникновения внутренней дуги в щите
10.3	11.2	Форма секционирования	Благодаря защитным крышкам и разделительным перегородкам, обеспечивающим секционирование до формы 4b, реализуется защита от повреждений, вызванных неправильным использованием инструментов, незакрепленными деталями и проникновением грызунов
10.4	11.3	<ul style="list-style-type: none"> Воздушные зазоры Длина путей утечки 	Устранение опасности короткого замыкания, включая случаи повреждения изоляции, которое, в свою очередь, может стать причиной возникновения дугового пробоя внутри распределительного щита
10.6	11.5	Установка коммутационных устройств и комплектующих элементов	Предотвращение неисправностей электрических соединений и проблем с перегревом
10.7	11.6	Внутренние электрические цепи и межконтактные соединения	
10.8	11.7	Зажимы для подключения внешних проводников	
10.9	11.9	<ul style="list-style-type: none"> Диэлектрические свойства Выдерживаемое напряжение промышленной частоты Выдерживаемое импульсное напряжение 	Предотвращение короткого замыкания и пробоя изоляции, которые могут стать причиной возникновения внутренней дуги в щите
10.10		Пределы повышения температуры (включая испытания)	Контроль рассеивания тепла и пределов повышения температуры предотвращает чрезмерный нагрев, точечный нагрев и возможность возгорания

Рис. 1.2. Перечень проверок на соответствие щитового оборудования стандарту IEC 61439-1

В дополнение к этим требованиям проводятся испытания на дуговой пробой в соответствии с руководством по проведению испытаний при дуговом пробое в результате внутреннего короткого замыкания IEC/TR 61641.

Панели управления и другие оболочки, в которые устанавливается оборудование для управления электродвигателями, должны соответствовать стандартам серии IEC 60204. Этот стандарт определяет требования к работе электродвигателей при коротком замыкании, их защите от перегрева и перегрузок и пр. В ряде случаев следует руководствоваться стандартом IEC 61439. (IEC 60204-1 2016, п. 4.2.2 «Распределительные устройства».)

Особое внимание следует уделять коротким замыканиям в цепях управления электродвигателями. Во избежание опасности возгорания необходима координация контакторов, тепловых реле и устройств плавного пуска с аппаратами защиты от сверхтоков. (IEC 60204-1, п. 7.2.10 «Номинальное значение тока и регулировка устройств защиты от сверхтоков».)

Решение Schneider Electric: Prisma, Okken

Распределительные щиты **Prisma** и **Okken** полностью соответствуют стандарту IEC 61439.



Рис. 1.3. Распределительный щит Prisma



Рис. 1.4. Распределительный щит Okken

Дополнительные материалы:

Более подробная информация об испытаниях щитового электрооборудования и контрольных испытаниях доступна по следующим ссылкам:

- [Распределительные щиты. Справочник по электромонтажу](#)
- [Асинхронные электродвигатели. Справочник по электромонтажу](#)

Неисправности электрических соединений

Неисправности электрических соединений являются существенным источником риска возникновения возгорания. Шины и кабельные системы Linergy, а также клеммы с пружинными зажимами EverLink™ позволяют существенно снизить подобные риски.

Одной из основных причин возгорания в низковольтной электроустановке являются неисправности электрических соединений в местах присоединения кабелей, шин с силовыми выводами выключателя. Неисправность такого присоединения может привести к увеличению сопротивления электрического контакта и, как следствие, к перегреву электроустановки.

В линейку Linergy входят шины, распределительные блоки и блоки подключения питания аппаратов, разработанные и испытанные для совместной работы с соответствующими коммутационными и защитными устройствами, в том числе с выключателями, устройствами плавного пуска и пр.

В линейку также входит широкий ассортимент принадлежностей, упрощающих подключение распределительных элементов системы и повышающих надежность электрических соединений внутри распределительного щита.

Распределительные системы на основе шин

Решение Schneider Electric: Linergy

Schneider Electric предлагает системы распределения и подключения Linergy для низковольтных комплектных устройств и шкафов управления.

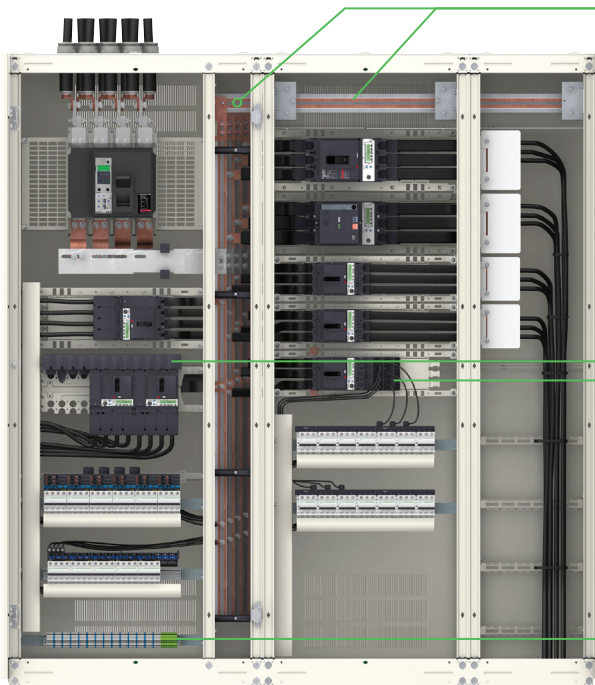
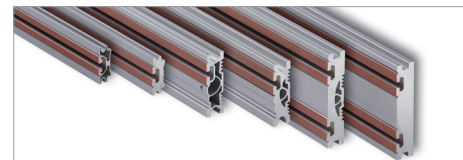


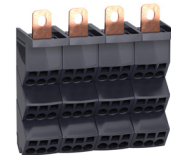
Рис. 1.5. Система Linergy в распределительном щите Prisma



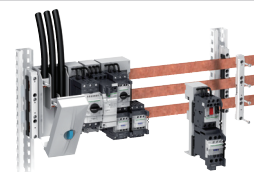
Linergy LGYE (шины) — подключение в любом месте без сверления



Linergy FC (распределительные блоки) — надежное и быстрое подключение выключателей, надежное соединение



Linergy DP (блок подключения питания аппаратов) — надежное и быстрое подключение выключателей, простота в использовании



Linergy BZ: силовые шины для быстрого монтажа пуско-регулирующей аппаратуры и выключателей

Запатентованные клеммы EverLink

Решение Schneider Electric: EverLink™

Технология EverLink предлагает пользователям надежное, долговечное крепление кабелей, обеспечивающее безопасное и надежное присоединение силовых цепей.



Рис. 1.6. Видео о клеммах EverLink

Решение EverLink обеспечивает эффект подпружинивания силового контакта и позволяет реализовать компенсацию текучести, обеспечивая при этом нужный уровень контактного нажатия между кабелем и контактом подключаемого устройства и, соответственно, более низкое сопротивление контакта. Когда кабель начинает «течь», упругий элемент стремится вернуться к своей исходной форме и обеспечивает достаточное усилие, позволяющее избежать нагревания контакта и прочих опасных явлений.

Клеммами EverLink оснащаются следующие аппараты:



Выключатели ComPact NSXm в литом корпусе



Выключатели защиты электродвигателей TeSys GV4

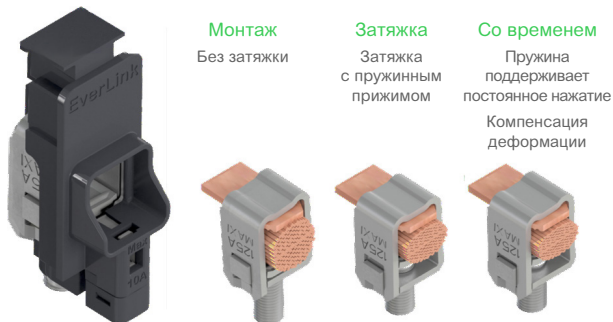


Рис. 1.7. Запатентованная технология EverLink

Дополнительные материалы:

Более подробная информация об EverLink:

- Загрузить технический документ: **Как обеспечить безопасное, надежное и долговечное присоединение силовых цепей в вашей электроустановке**



Непрерывный мониторинг температуры

Непрерывный мониторинг температуры позволяет избежать возгорания благодаря следующим функциям:

Раннее обнаружение неисправных соединений

- Выполняет мониторинг температуры шин, кабелей, трансформаторов и выкатных выключателей
- Обнаруживает выход температуры из рабочего диапазона раньше, чем произойдет повреждение оборудования

Сигнализация и оповещение о превышении температуры для обеспечения оперативного реагирования

- Выдает предупреждения и аварийные сигналы о чрезмерном повышении температуры
- Обеспечивает удобное оповещение о температурном режиме электроустановок

Замена периодических проверок тепловизором

- Непрерывный мониторинг температуры является более экономичным в долгосрочном отношении, чем инфракрасный термографический метод контроля

Решение Schneider Electric: сенсоры Easergy TH110 и ПО EcoStruxure™

Непрерывный мониторинг температуры является частью решения EcoStruxure компании Schneider Electric, включающего в себя беспроводные датчики температуры Easergy TH110 и CL110, а также программное обеспечение для управления периферийным оборудованием. Беспроводные датчики Easergy TH110 (без аккумулятора) и CL110 предназначены для непрерывного мониторинга температуры в критически важных соединениях, в частности в кабельных и шинных.

ПО для управления периферийным оборудованием EcoStruxure Power Monitoring Expert и (или) EcoStruxure Power SCADA Operation выполняет непрерывный мониторинг температуры.

ПО EcoStruxure Asset Advisor позволяет принимать превентивные меры на основании оценки технического состояния активов в ходе непрерывного мониторинга температуры.

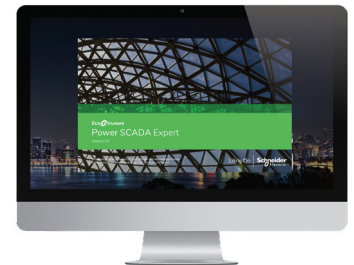
Централизованная система с постоянной регистрацией и отображением данных позволяет зафиксировать момент, когда температура начинает аномально расти в рабочем режиме. Это позволит избежать аварий.



Рис. 1.8. Комплект датчиков Easergy TH110, установленных на 3 фазах электрического соединения



ПО EcoStruxure™ Power Monitoring Expert



ПО EcoStruxure™ Power SCADA Operation

Дополнительные материалы:

- Для получения более подробной информации о непрерывном мониторинге температуры: **Свяжитесь с местной сервисной службой в случае существующих электроустановок**
- Загрузите **Руководство по проектированию систем электроснабжения с цифровой поддержкой для крупных зданий и критически важных объектов**
- Загрузите технический документ **Сравнение эффективности мониторинга температуры и ИК-термографии как средств снижения риска возникновения возгорания**
- Более подробную информацию о непрерывном мониторинге изоляции см. в **Руководстве по цифровым технологиям больших зданий и критически важных сооружений**

Обнаружение перегрева

Нарушение контакта в кабельных соединениях может привести к перегреву электроустановки. Датчики PowerLogic HeatTag обеспечивают своевременное обнаружение потенциальных проблем.

Надежность кабельных соединений с течением времени ухудшается вследствие слабой затяжки или непрерывного воздействия вибрации. В число причин ухудшения входят повреждение поверхностей, коррозия, избыточное давление и чрезмерное трение.

Эти причины усугубляются частыми колебаниями температуры. Суточные температурные колебания и постоянные изменения тока в цепи также негативно сказываются на качестве электрических соединений. Все это способствует ухудшению надежности электрических соединений.

Любое из вышеперечисленных условий может привести к целой последовательности нежелательных событий: рост электрического сопротивления контакта вызывает повышение температуры, что становится причиной повреждения и резкого скачка температуры, влекущего за собой перегрев межконтактных соединений и (или) кабелей.

Решение Schneider Electric: PowerLogic HeatTag

HeatTag не является детектором огня или дыма. Из рис. 1.9 видно, что при воздействии температур в диапазоне от 170 до 200 °С многие используемые в цепях низкого напряжения типовые изоляционные материалы (например, ПВХ, ПЭ-С, СКЭП) подвержены незаметным изменениям. HeatTag обнаруживает такие изменения.

При температуре свыше 200 °С цвет материала изоляции начинает меняться.

При температуре около 300 °С начинается выделение дыма, оплавление изоляционного материала или даже его возгорание. Датчики огня или дыма способны обнаружить подобные события, однако это случается уже после существенных повреждений внутри распределительного щита.

HeatTag способен обнаруживать и анализировать различные газы и частицы в воздухе внутри распределительного щита (14 типов газов и частиц), при помощи комплексного алгоритма определять проблемы и отличать anomalous ситуации, указывающие на перегрев кабеля, от других явлений, а также отправлять аварийные сигналы по электронной почте или SMS.

HeatTag — это инновационный интеллектуальный датчик для анализа газов и частиц в распределительном щите и выдачи аварийного сигнала раньше, чем произойдет задымление и потемнение изоляции.



Рис. 1.9. Диапазон температур, в котором работает датчик HeatTag

Обслуживание распределительных щитов

Обслуживание электроустановки играет важнейшую роль в обеспечении безопасной и эффективной работы распределительных щитов в течение всего срока их службы. Обслуживание силовых электрических соединений (регулярное удаление пыли и грязи, осмотр и термографический контроль) является ключевой частью этого процесса, обеспечивает надлежащие рабочие условия и снижает риск возникновения возгорания.

Электрические соединения выкатных выключателей

Зажимы, обеспечивающие электрическое соединение между выкатным выключателем и шасси (далее — кластеры), требуют особого ухода, так как вкатывание и выкатывание аппарата в шасси усиливает процесс старения. Такие контактные соединения сложно проверять стандартными способами мониторинга температуры, поскольку они находятся внутри шасси. Для повышения надежности электрического соединения необходимо регулярно диагностировать кластеры соединений.

Решение Schneider Electric: Диагностика кластеров

Сервисные инженеры Schneider Electric выполняют специализированную диагностику кластеров, предоставляя менеджерам по обслуживанию необходимую информацию о фактическом состоянии электрических соединений.

Инструмент диагностики кластеров Schneider Electric показывает, не вышло ли состояние кластеров за допустимые пределы. Диагностика предоставляет следующую уникальную информацию:

- Состояние поверхности кластера — это важнейший показатель ранее упомянутого старения.
- Контактное нажатие — измеряется специализированным запатентованным прибором.

Дополнительные материалы:

- Более подробная информация об обслуживании: **[Schneider Electric: профилактическое и ситуационное обслуживание распределительного электрооборудования](#)**



02

Главные распределительные сети

Повреждение изоляции проводников

Дуговой пробой малой мощности представляет реальную опасность во влажной и пыльной среде. Выключатели дифференциального тока способны обнаруживать подобные угрозы раньше, чем они достигнут опасного уровня.

Повреждение изоляции между проводником и землей, например в пыльной и влажной среде, может привести к возникновению дугового пробоя малой мощности, достаточного для возгорания. Проведенные испытания показали, что даже небольшой ток утечки (всего 300 мА) способен вызвать возгорание (см. рис. 2.1).

Загрязненная и влажная поверхность изоляции приводит к появлению небольших электрических разрядов, вызывающих отложение углерода, который, в свою очередь, повышает проводимость. При токе утечки свыше 300 мА углеродные отложения и изоляция могут быстро воспламениться и стать причиной пожара. Выключатели дифференциального тока (ВДТ) обеспечивают эффективную защиту от подобных угроз благодаря возможности обнаружения токов утечки менее 300 мА.

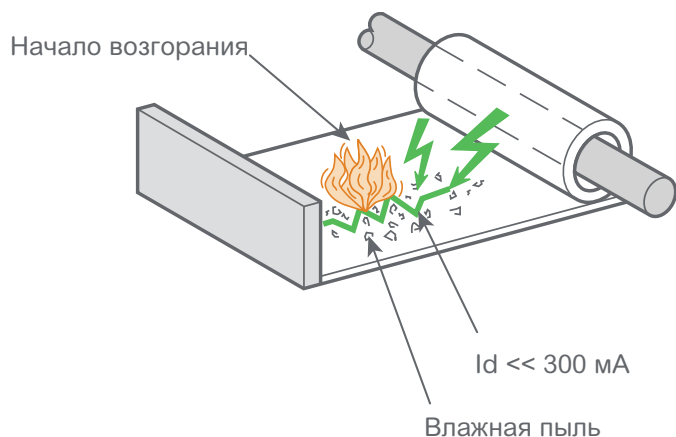


Рис. 2.1. Малое время срабатывания ВДТ с чувствительностью 300 мА обеспечивает эффективную защиту от возгорания, вызванного токами утечки



Защита от нарушения изоляции

Выключатели дифференциального тока (ВДТ) и устройства защиты от замыкания на землю позволяют существенно повысить чувствительность выключателей при перегрузках по току при нарушении изоляции.

Значительное количество пожаров происходит из-за сильного точечного нагрева или из-за электрической дуги, вызванной повреждением изоляции в низковольтных электроустановках. Меры защиты от поражения электрическим током обеспечивают автоматическое отключение питания при нарушении изоляции между силовым проводником и открытой проводящей частью электроустановки. Однако существует вероятность, что ток замыкания на землю окажется ниже порога срабатывания защиты от перегрузки по току.

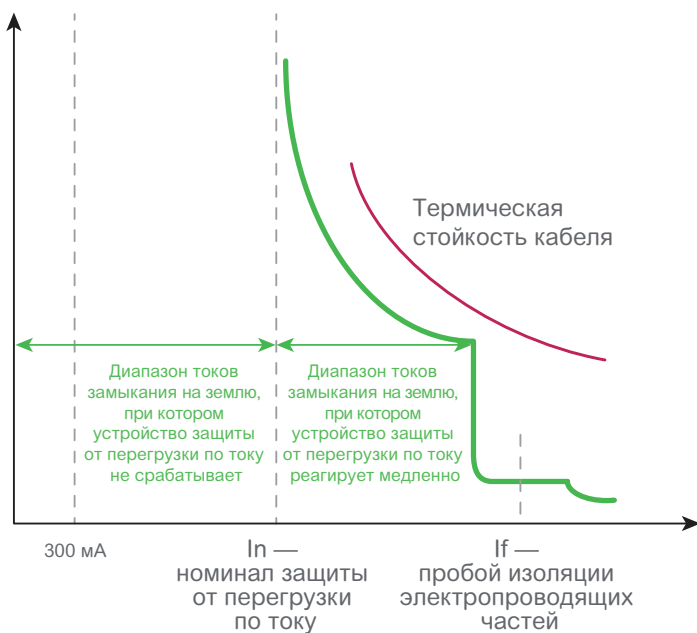


Рис. 2.2. Кривая срабатывания аппарата защиты



Защита с помощью ВДТ (системы заземления TT, TN-S, IT)

Стандарт IEC 60364 предусматривает использование выключателей дифференциального тока (ВДТ) с чувствительностью менее 300 мА для защиты от возгорания из-за тока утечки, вызванного нарушением изоляции. Применение подобных устройств обязательно в следующих случаях:

- Места с повышенной опасностью возгорания, обусловленной свойствами хранимого или перерабатываемого материала и наличием пыли в зернохранилищах, деревообрабатывающих цехах, на бумажных фабриках и пр. (IEC 60364-4-42 2010 422.3)
- Сельскохозяйственные и садоводческие сооружения (IEC 60364-7-705 2006 411 и 422)
- Система заземления TN-C на перечисленных выше объектах неприменима

Решение Schneider Electric: изделия Vigi

Schneider Electric предлагает широкий спектр решений для реализации функции ВДТ в силовых и распределительных цепях:

- Выключатель с функцией защиты от перегрузки и токов утечки
 - » Выключатели в литом корпусе со встроенной защитой от токов утечки на землю: **ComPact NSXm** с MicroLogic Vigi 4.1 и **ComPact NSX** MicroLogic Vigi 4 или 7 и ComPact NS MicroLogic 7
 - » Высокоточный воздушный выключатель, такой как **MasterPact™ MTZ** с блоком управления MicroLogic 7.0X
- Автоматический выключатель **VigiComPact NSX**
- Выключатель с дифференциальным реле **Vigirex**

Все ВДТ компании Schneider Electric имеют единые чувствительность и время срабатывания независимо от того, требованиям какого из стандартов они соответствуют (IEC/EN 61009-1, IEC/EN 60947-2, Приложение В или Приложение М, IEC 61008).

Уставка тока 300 мА модуля срабатывания выключателя дополняет существующие решения по защите от перегрузки и короткого замыкания ComPact NSX. Этот аппарат может измерять ток утечки на землю и позволяет обнаруживать нарушения изоляции.

При использовании отдельного реле оно должно работать совместно с автоматическим выключателем, имеющим отключающую способность, равную максимальному току замыкания на землю в месте его установки.



Рис. 2.3. Отдельное реле утечки Vigirex RH99



Рис. 2.4. Автоматический выключатель в литом корпусе (MCCB) со встроенным расцепителем защиты от тока утечки на землю

Выбор ВДТ

Выключатели дифференциального тока (ВДТ), используемые совместно с аппаратами защиты от перегрузки по току, должны быть согласованы для обеспечения нужной чувствительности. На рис. 2.5 показано, что выбор нужного типа ВДТ (АС, А, В и пр.) для предотвращения возгорания основан на тех же принципах, что и для устройств защиты от поражения электрическим током. См. **критерии выбора ВДТ каждого типа**.

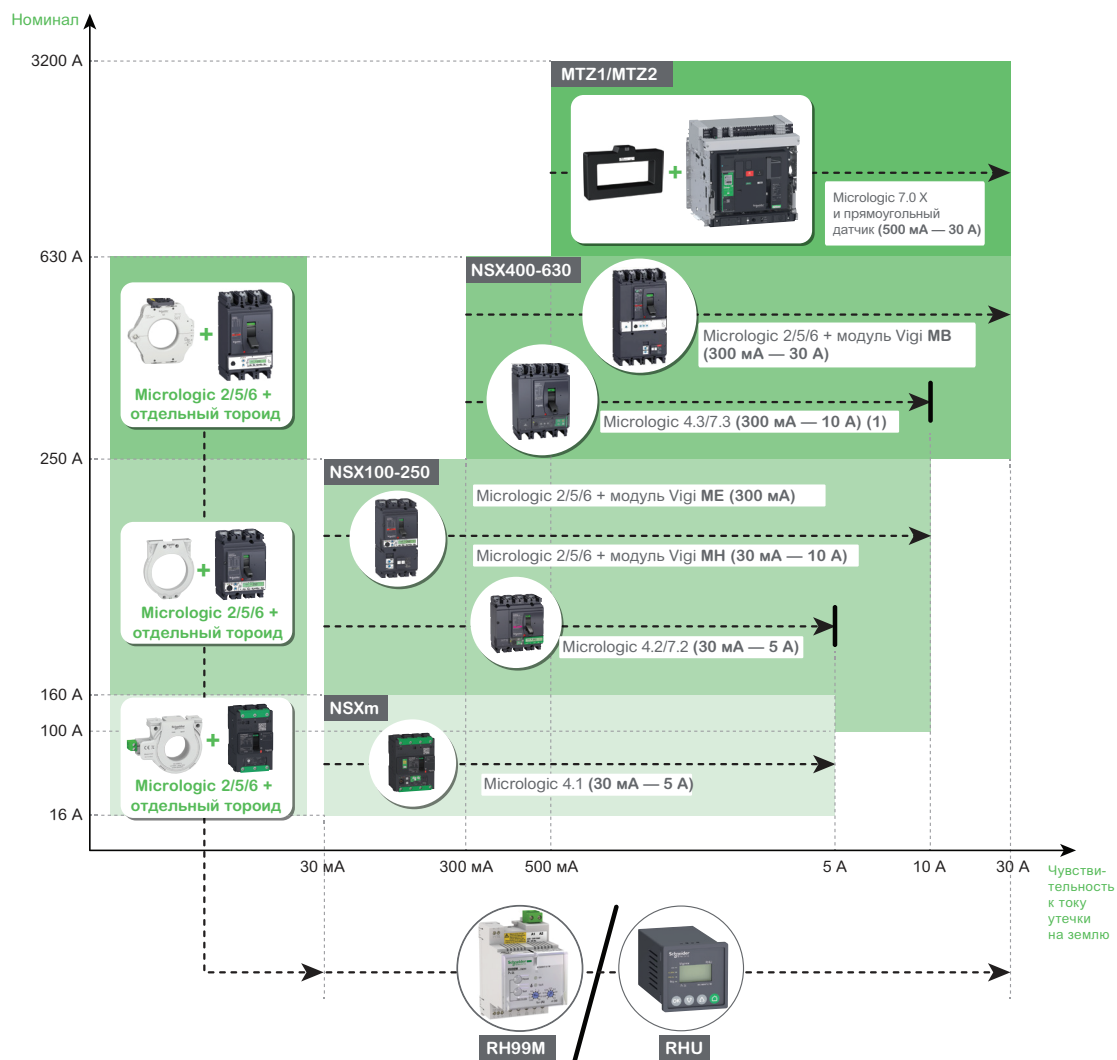


Рис. 2.5. Обзор ассортимента ВДТ компании Schneider Electric для силовых и распределительных цепей

Дополнительные материалы:

- См.: [Согласование устройств дифференциального тока. Справочник по электромонтажу](#)

Устройство защиты от замыкания на землю — (система заземления TN)

В системах заземления TN-S (в частности, при прокладке кабелей в металлическом кабель-канале) хорошим компромиссным решением является устройство защиты от нарушения изоляции с меньшей чувствительностью, чем у ВДТ, но с большей чувствительностью, чем у устройства защиты от короткого замыкания.

Такая защита от замыкания на землю может также использоваться в системах заземления TN-S без отключения нейтрали (3-полюсный выключатель и внешний трансформатор тока защиты нейтрали), когда требование к наличию комплектного ВДТ неприменимо.

В системах заземления TN-C применение ВДТ не допускается, поскольку измерение тока замыкания на землю датчиками вблизи фазных проводников и PEN приведет к постоянным ошибкам измерения и нежелательным срабатываниям. Поэтому рекомендуется использовать защиту от замыкания на землю со значением тока срабатывания, равным номинальному току выключателя.

Такая защита широко используется в Северной Америке и известна как защита от замыкания на землю. Такая защита в обязательном порядке устанавливается на главном вводе электроустановки при токе 1200 А и более.

Различные типы защиты от замыкания на землю (ЗЗЗ)

Применяются различные типы ЗЗЗ, отличающиеся измерительным устройством:

- Возврат тока по заземлителю (ВТЗ). Ток замыкания на землю измеряется в цепи «нейтраль-заземлитель» низковольтного трансформатора. Трансформатор тока всегда устанавливается вне выключателя.
- Разностный ток (РТ). Ток замыкания на землю определяется как векторная сумма токов в трансформаторах тока линии и рабочей нейтрали. Трансформатор тока проводника нейтрали может находиться вне выключателя.

Защита от замыкания на землю может как входить в состав выключателя, так и выполняться в виде отдельного реле. Во всех случаях выключатель, управляемый устройством (отдельным или встроенным) защиты от замыкания на землю, должен иметь уставку, равную максимальному току утечки в месте установки.

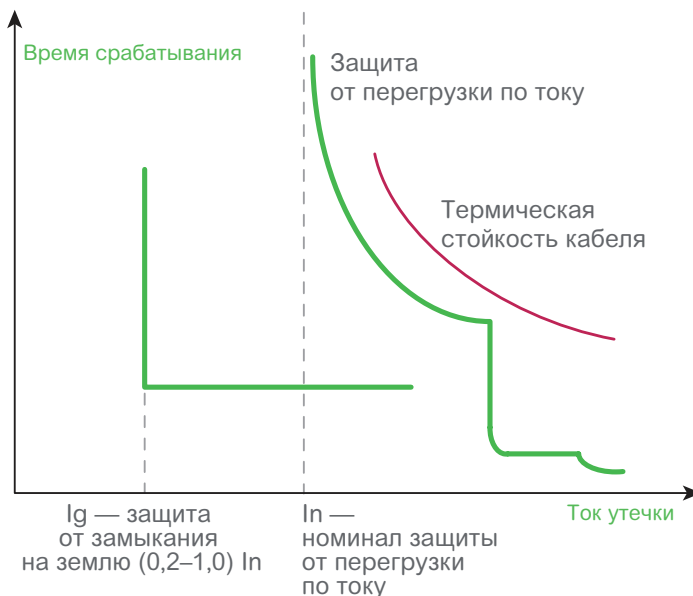


Рис. 2.6. Пример кривой срабатывания устройства защиты от замыкания на землю

Решение Schneider Electric: MicroLogic 6 и TeSys GV4

Решения **ComPact NSX**, **ComPact NS**, **MasterPact** с блоками управления MicroLogic типа «6» и выключателями **TeSys GV4** РЕМ включают защиту от замыкания на землю с регулируемой уставкой. Выключатель TeSys GV4 Р оснащен защитой от замыкания на землю с фиксированной уставкой.



Рис. 2.7. Пример ComPact NSX630 со встроенным расцепителем MicroLogic 6.3E с защитой от замыкания на землю и измерениями и внешним трансформатором тока защиты нейтрали

Защита с устройством мониторинга сопротивления изоляции (система заземления IT)

Огромное преимущество систем заземления IT — при первом коротком замыкании они гарантируют возможность дальнейшей эксплуатации оборудования и защиту от поражения электрическим током. Однако вследствие этого нарушения система более не является гальванически развязанной и работает как система заземления TN.

Поэтому устройство мониторинга сопротивления изоляции является обязательным в обеспечении основных преимуществ систем заземления типа IT. При нарушении изоляции выдается сигнал тревоги, что позволяет обслуживающему персоналу быстро устранить неисправность и вернуть систему в работоспособное состояние.

Устройства мониторинга сопротивления изоляции обеспечивают:

- Постоянное измерение сопротивления изоляции и токов утечки
- Предупредительный сигнал при снижении сопротивления изоляции ниже порогового

Решение Schneider Electric: ПО VigiloHM и EcoStruxure Локализатор повреждения изоляции в составе устройства сокращает время поиска неисправностей благодаря следующим функциям:

- Постоянное измерение сопротивления изоляции и токов утечки в каждой отдельной линии
- Аварийная сигнализация снижения сопротивления изоляции ниже порогового значения для принятия корректирующих мер
- Постоянный мониторинг состояния изоляции системным программным обеспечением, отображающим такие показатели, как суммарный ток утечки (А) и сопротивление изоляции (кОм), в виде графиков, трендов и отчетов



Рис. 2.8. Устройство мониторинга Schneider Electric: VigiloHM IM400

Постоянный мониторинг осуществляется программным обеспечением **EcoStruxure™ Power Monitoring Expert**:

- Отображение в реальном времени состояния изоляции и значения сопротивления (Ом)
- Генерирование событий и аварийных сигналов о нарушении изоляции, локализация нарушения (конкретного фидера или группы разъемов), выявление повреждений трансформаторов (перегрузка, перегрев)
- Отчеты, включая отчеты об отключении участков сети

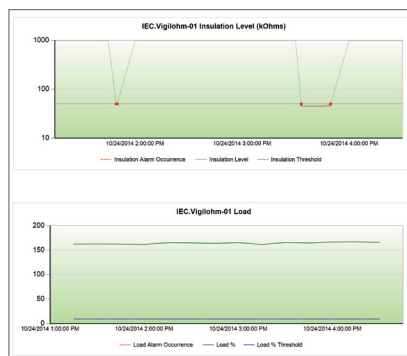


Рис. 2.9. График отключений

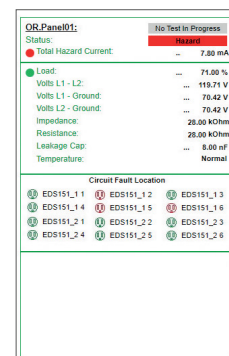


Рис. 2.10. Отчет об отключении участков сети (IEC)

Мониторинг тока утечки на землю (система заземления TN)

Постоянный мониторинг сопротивления изоляции и токов утечки на землю обеспечивает раннее выявление ухудшения качества изоляции.



Повышение чувствительности системы защиты снижает риск возникновения возгорания, но может привести к ложным отключениям, не вызванным реальными авариями. Мониторинг утечки на землю без отключения питания — отличный способ обеспечить баланс между высокой чувствительностью системы и недопустимостью перерывов в работе электроустановки.

Мониторинг утечки на землю и аварийная сигнализация обеспечивают:

- Раннее обнаружение ухудшения изоляции
- Выявление аномальных токов утечки

Постоянный мониторинг утечки на землю осуществляется программным обеспечением EcoStruxure™ Power Monitoring Expert:

- Отображение действующих значений и трендов изменения тока утечки на землю
- Генерация событий и аварийных сигналов при нарушении изоляции

Решения Schneider Electric: ComPact NSX, TeSys T и TeSys island



Рис. 2.11. Выключатель в литом корпусе (MCCB) на 250 А с устройством мониторинга тока утечки на землю, с функциями измерения тока и аварийной сигнализацией (ComPact NSX MicroLogic 7.2AL)

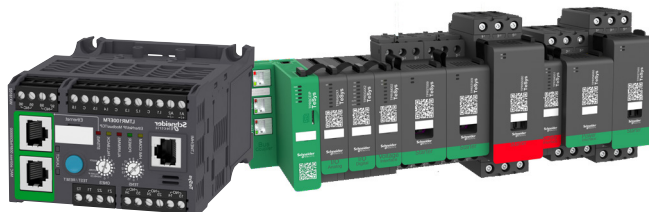


Рис. 2.12. Пример интеллектуальной системы управления электродвигателями TeSys T с мониторингом замыкания на землю или утечки на землю. Эта система — пример пускорегулирующей аппаратуры с цифровым управлением в решении TeSys island с защитой от замыкания на землю

Выбор проводников

Правильный выбор сечения проводников и аппаратов защиты от перегрузки по току — важнейшее условие снижения риска возникновения возгорания электроустановок. Шинопроводы по сравнению с кабелем имеют меньшую вероятность возгорания.

Выбор сечения проводников и аппаратов защиты

Выбор сечения проводников и аппаратов защиты от перегрузки по току — один из ключевых этапов проектирования электроустановок. Кабели с недостаточным сечением перегреваются и деформируются при протекании сверхтоков: первое короткое замыкание может приводить к разрушению изоляции проводников, а второе — к механическому повреждению проводников и электрических соединений.

Если в сети присутствуют нелинейные потребители, генерирующие третьи и кратные трем гармоники, особое внимание следует уделять выбору сечения проводника рабочей нейтрали.

Решение Schneider Electric: EcoStruxure™ Power Design
Для расчета диаметров проводников в электроустановках используется ПО **EcoStruxure Power Design** (ранее: Ecodial Advance Calculation). С его помощью конструкторы оптимизируют выбор оборудования с учетом кривых срабатывания и сечения проводников. Кроме того, оно учитывает требования стандарта IEC 60364, многочисленных национальных стандартов, а также технического отчета CENELEC TR50480.

Шинопровод или кабель?

Как правило, к распределительным щитам необходимо подключить большое количество кабелей. При применении кабелей отверстия под кабельные вводы приходится сверлить по месту, уделяя особое внимание их правильному размещению, чтобы избежать попадания в места электрических соединений мелкой металлической стружки, которая может стать причиной короткого замыкания. Для прокладки силовых кабелей и защитных проводников приходится монтировать кабельные лотки лестничного типа. Для выполнения этих работ требуется специальная бригада монтажников. Кабели приходится связывать в жгуты, пропускать внутрь оболочки через кабельные муфты, а разделку кабеля выполнять уже в щите. Каждая из этих операций связана с опасностью повреждения изоляции и жил кабелей, а некачественная разделка кабелей повышает опасность возгорания



в процессе эксплуатации. В сравнении с кабелем монтаж шинопроводов выполнять гораздо проще.

Одна секция шинопровода заменяет несколько параллельных линий кабелей и лотков.

Допустимые повышения температуры и стойкость шинопровода к коротким замыканиям известны заранее и не зависят от способа монтажа. Шинопроводы испытаны и сертифицированы согласно IEC 61439-6. Кроме того, проведенные совместные испытания автоматических выключателей и шинопроводов компании Schneider Electric гарантируют оптимальный выбор исполнений и защиту от коротких замыканий.

Несколько параллельных кабелей силовых цепей могут оказаться неравномерно нагруженными и стать причиной чрезмерного повышения температуры. Стандарт на электроустановки низкого напряжения IEC 60364 (раздел 5.523.6) рекомендует заменять параллельные кабели при их числе более 4 на системы сборных шин (шинопроводы). Во Франции это требование является обязательным согласно стандарту UTE C 15–105, раздел В.6.2.

Еще одно преимущество шинопровода — применение отводных блоков вместо распределительных коробок. Встроенные в отводные блоки шинопровода аппараты распределения и защиты позволяют подключать отходящие линии и нагрузки. В отводные блоки могут устанавливаться выключатели в литом корпусе и модульные выключатели. Их номинальные характеристики соответствуют стандартам

и не зависят от способа монтажа, а отводные блоки отличаются удобством монтажа и сохраняют высокое качество электрических контактов в процессе эксплуатации.

Механическая защита проводников и прочность шинопроводов значительно снижают вероятность нарушения изоляции под действием таких внешних факторов, как грызуны, влага и загрязнение. Стандарт IEC 60364-4-42 2010 422.3 декларирует, что шинопровод не требует применения ВДТ с уставкой 300 мА даже при прокладке шинопровода в местах с повышенным риском возникновения возгорания, так как он не подвержен возгоранию по причине нарушения изоляции.

Решение Schneider Electric: шинопровод Canalis

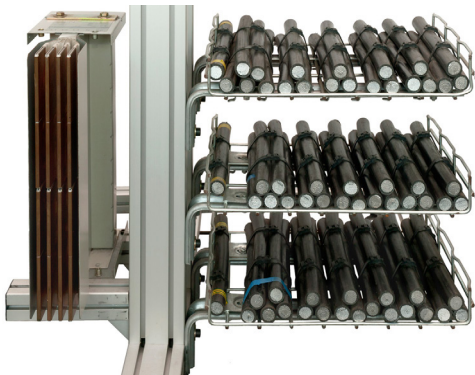


Рис. 2.13. Магистрально-распределительный шинопровод Canalis

Дополнительные материалы:

- Для получения дополнительной информации о системе EcoStruxure Power Design [загрузите техническое руководство](#)

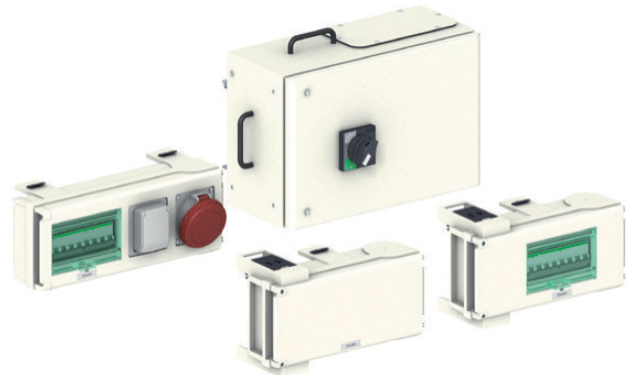


Рис. 2.14. Отводные блоки шинопроводов Canalis



03

Щиты конечного распределения и шкафы автоматизации

Повреждение изоляции проводников

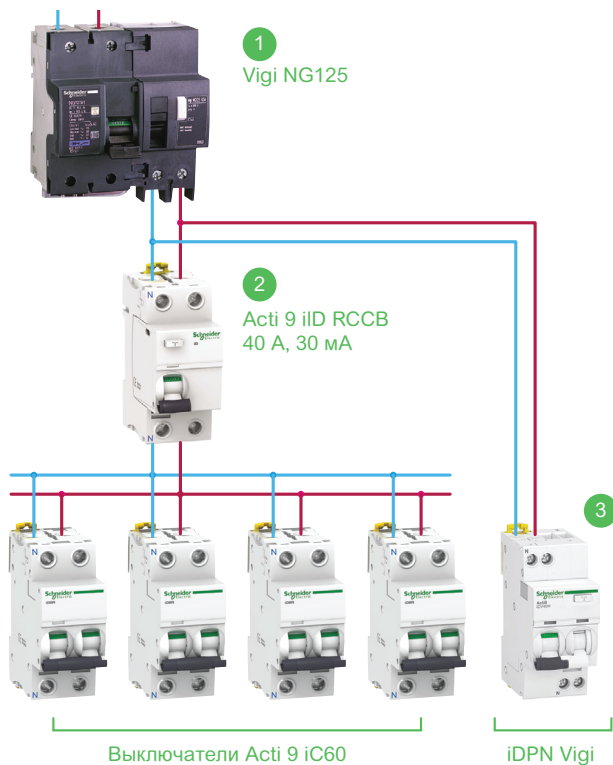
Оконечные цепи следует защищать от нарушения изоляции столь же надежно, как и силовые, и распределительные цепи.

Вероятность возгорания в щитах конечного распределения зависит от количества электрических контактных соединений, способов присоединения силовых кабелей к выводам аппаратов, типа и сечения подключаемых проводников.

Стандарт МЭК 60364 признает эффективность ВДТ в обеспечении защиты от возникновения пожара, требуя использовать ВДТ с уставкой не более 300 мА для защиты оборудования и персонала от токов утечки, возникающих по причине нарушения изоляции проводников.

Решения Schneider Electric: Vigi NG и Acti 9

Существуют три категории ВДТ, применяемых в щитах вторичного и конечного распределения.



Международные и местные стандарты признают использование ВДТ с чувствительностью менее 300 мА для защиты от тока утечки на землю в качестве эффективной защиты от пожаров, возникающих из-за повреждения изоляции.

Для щитов конечного распределения обязательна защита с помощью высокочувствительных ВДТ 30 мА (например, розетки и цепи, питающие ванную комнату). В таком случае потребители защищены от потенциальной опасности, связанной с нарушением изоляции.

Уставка ВДТ должна соответствовать требованиям селективности и учитывать все токи утечки на землю на нижерасположенных участках сети. Необходима координация работы ВДТ и устройств защиты от КЗ.

Выбор выключателей дифференциального тока должен выполняться согласно требованиям безопасности.

Дополнительные материалы:

- [Дуговой пробой в кабелях и в местах присоединений цепей конечного распределения. Справочник по электромонтажу](#)
- [Координация выключателей дифференциального тока. Справочник по электромонтажу](#)
- [Типы ВДТ. Справочник по электромонтажу](#)

Рис. 3.1. Три категории ВДТ

1. Модуль Vigi — самое гибкое ВДТ. Устройство работает в комбинации с выключателем. (В примере Vigi NG125)
2. Выключатели с ВДТ без встроенной защиты от перегрузки по току (RCCB). (В примере Acti 9 iID)
3. Выключатели с ВДТ и встроенной защитой от перегрузки по току (RCBO). (В примере Acti 9 iDPN Vigi)

Выбор подходящего выключателя дифференциального тока

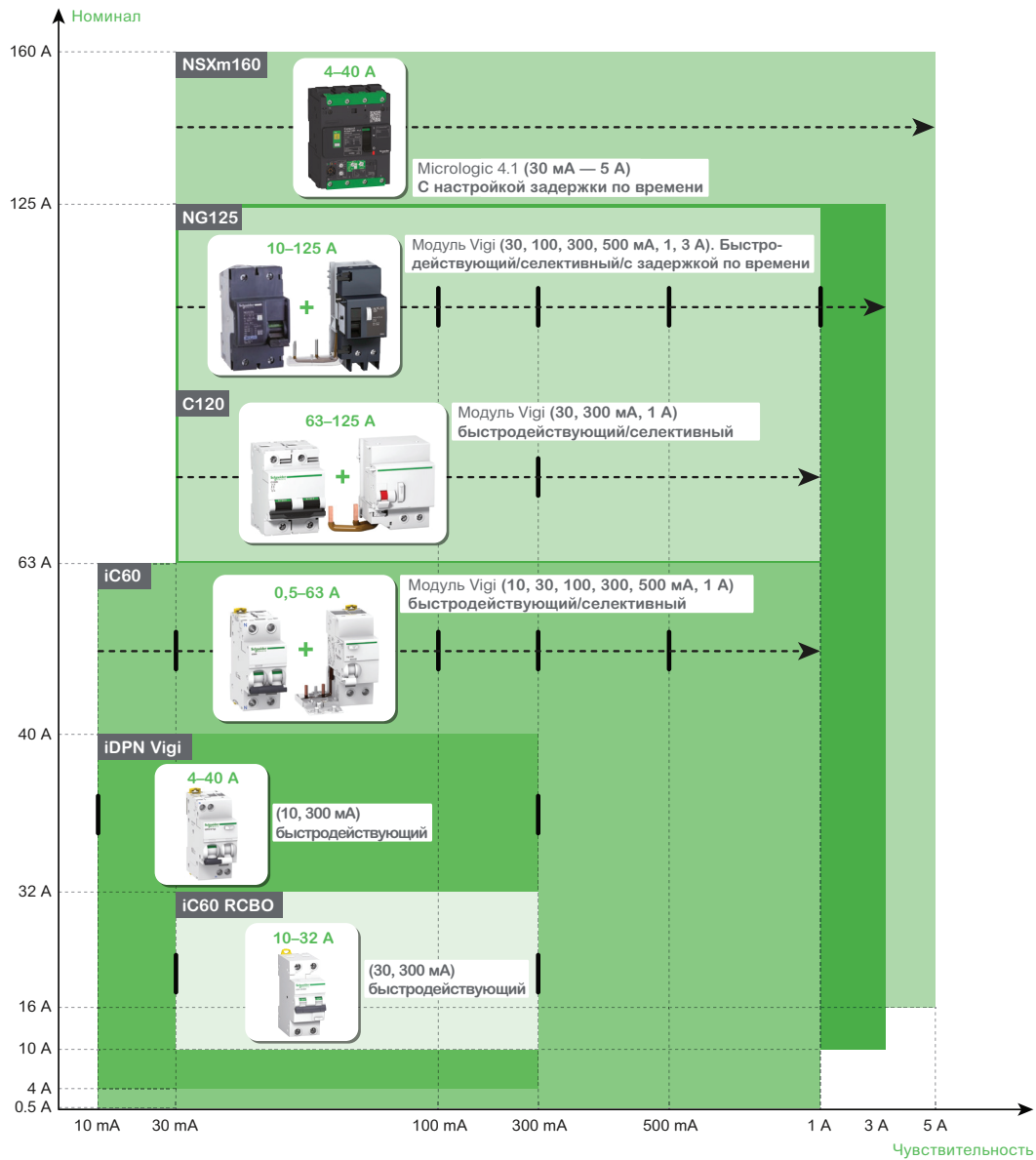


Рис. 3.2. Обзор выключателей дифференциального тока Schneider Electric для низковольтных цепей конечного распределения

Дуговой пробой

Недостаточное сечение проводников, плохая механическая защита, большое количество межконтактных соединений повышают риск повреждения проводников в цепях конечного распределения.

При повреждении проводника или ослаблении межконтактного соединения возникают два явления, способные вызвать возгорание из-за возникновения электрической дуги:

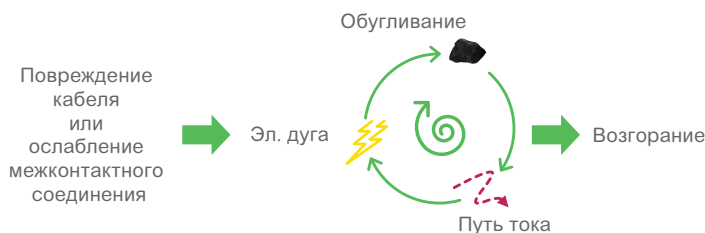


Рис. 3.3. Образование дугового пробоя

Обугливание

При каждом повреждении проводника или не должным образом затянутом соединении возникает место с плохим контактом, которое начинает сильно греться (тепловое действие тока), вследствие повышения температуры изоляционные материалы в непосредственной близости от этого места обугливаются. В месте обугливания образуется углерод, который является проводящим материалом.

Поскольку углерод образуется неравномерно, а ток стремится течь по пути с наименьшим сопротивлением, то по пути тока возникают электрические дуги. Каждая возникающая дуга усиливает обугливание изоляционных материалов, и этот процесс происходит до тех пор, пока количество углерода не станет достаточным для самопроизвольного возгорания.

Короткое замыкание

При повреждении изоляции и соприкосновении двух проводников может возникнуть короткое замыкание, но уровень тока этого замыкания может быть настолько мал, что автоматический выключатель или устройства защитного отключения не реагируют на его появление. Такой ток не обнаруживается устройствами дифференциального тока, так как он утекает не на землю.

Ток течет по пути наименьшего сопротивления, а в местах нахождения изоляции возникают небольшие электрические дуги, которые постепенно превращают изоляционные материалы в углерод (происходит обугливание).

Вследствие обугливания изоляционных материалов их сопротивление уменьшается, а значит увеличиваются токи замыкания между двумя проводниками. Возникает цепная реакция, увеличивающая значения тока дуги, и, как следствие, увеличивается количество обугленной изоляции, и так продолжается до возникновения первого очага возгорания.

Общее для этих двух явлений — воспламенение дугой углерода, образующегося в местах повреждения изоляции и ослабления контактного соединения. Поэтому обнаружение электрической дуги является наиболее эффективным методом предотвращения возгорания.

Обнаружение электрической дуги — один из способов предотвращения возгорания.

Устройство защиты от дугового пробоя

Устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП) повышает уровень защиты электроустановок.

Подобные устройства успешно эксплуатируются в США с начала 2000-х гг., а их установка является обязательной в соответствии с национальными правилами по эксплуатации электроустановок. В 2013 г. УЗДП были включены в международный стандарт IEC 62606.

Решение Schneider Electric: Acti 9

Большая скорость срабатывания устройства очень важна, так как электрическая дуга способна превратиться в искру и воспламенить горючие материалы, тем самым вызвав пожар. Согласно IEC 62606, УЗДП при дуговом пробое должны срабатывать быстро и отключать цепь за указанное время (см. рис. 3.4). Эти замыкания по уровню столь малы, что не обнаруживаются ни ВДТ, ни автоматическими выключателями, ни предохранителями.



Рис. 3.4. УЗДП Schneider Electric Acti 9 iDPN N Arc

Установка устройств защиты от дугового пробоя

Устройства защиты от дугового пробоя (см. рис. 3.5) снижают риск возгорания при возникновении дуговых пробоев в оконечных цепях фиксированных электроустановок. Они размещаются в электрораспределительных щитах для защиты цепей питания электрических розеток и освещения. При модернизации настоятельно рекомендуется их устанавливать.

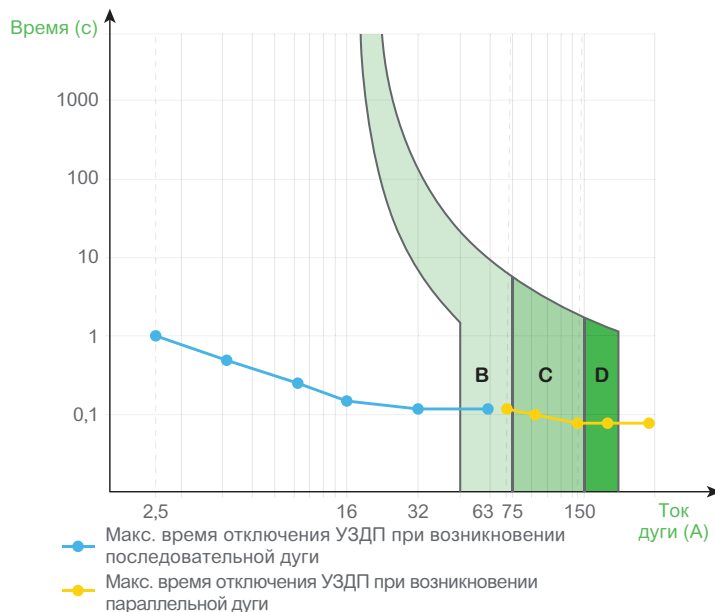


Рис. 3.5. Кривая срабатывания модульного автоматического выключателя на 16 А согласно IEC 60898. Кривая срабатывания УЗДП согласно IEC 62606

Начиная с 2014 г. международный стандарт IEC 60364 «Электрические установки зданий» (часть 4–42) содержит следующие рекомендации по монтажу и областям применения УЗДП в жилых и коммерческих зданиях:

- В зданиях со спальными помещениями (например, в отелях, частных лечебницах, спальнях жилых домов)
- В помещениях с повышенным риском возникновения возгорания из-за наличия большого количества горючих материалов (зернохранилища, деревообрабатывающие цеха, склады с горючими материалами)
- В зданиях, построенных из горючих строительных материалов (например, в деревянных домах)
- В сооружениях с высокими мерами пожарной безопасности (например, в высотных зданиях)
- В местах хранения объектов культурного наследия (например, в музеях)

Рекомендуется устанавливать УЗДП на вводах распределительных щитов конечного пользования (например, в распределительном щите электроустановки).

03 ЩИТЫ КОНЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ШКАФЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Настоятельно рекомендуется устанавливать УЗДП для защиты цепей с высоким риском возникновения возгорания, таких как:

- Незакрепленные кабели (опасность перекручивания)
- Наружные кабели (высокая опасность повреждения изоляции)
- Незащищенные кабели в изолированных помещениях (например, в кладовых)
- Старая, изношенная проводка или части сети, находящиеся на недоступных для обслуживания участках

Дополнительные материалы:

- Дополнительная информация об устройствах защиты от дугового пробоя представлена в техническом документе **Как устройства защиты от дугового пробоя снижают опасность возгорания электроустановок**

Скорость срабатывания очень важна, так как дуговые разряды провоцируют возникновение искры, которая может привести к возгоранию. Устройство iDPN N Arc снижает риск пожаров электрического происхождения.



Неисправности электрических соединений

Большое количество подключенных выключателей, розеток и других устройств повышает риск возникновения пожара. Решения, не требующие применения инструментов для обслуживания электрических присоединений, снижают риск перегрева и возгорания.

В цепях конечного распределения подключается большое количество электрооборудования (выключатели, розетки, реле и пр.). В этой связи высок риск перегрева и возгорания. Применение пружинных и безвинтовых клемм снижает вероятность ошибочного монтажа и дает уверенность в надежном и долговечном присоединении силовых цепей.

Решения Schneider Electric: Linergy и Unica



Рис. 3.6. Распределительный блок **Linergy DX** с пружинными зажимами



Рис. 3.7. Выключатель с быстрозажимными клеммами **Unica New**

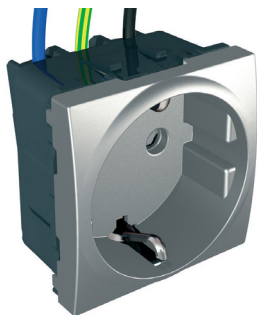


Рис. 3.8. Розетка с быстрозажимными клеммами **Unica New** (вид спереди)

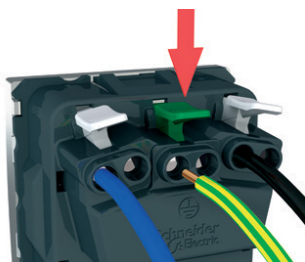


Рис. 3.9. Розетка с быстрозажимными клеммами **Unica New** (вид сзади)



04

Заключение

Как модернизировать электроустановку в зависимости от системы заземления

Система заземления	Стандартная защита	Дополнительные устройства для повышения степени защиты от возгорания
Силовые цепи, TT	AB + ВДТ	
Цепи конечного распределения, TT	AB + ВДТ	+ УЗДП
Силовые цепи, TN	AB	+ ВДТ (или 33З)
Цепи конечного распределения, TN	AB	+ ВДТ + УЗДП
Силовые цепи, IT	AB + Vigilohm	+ ВДТ
Цепи конечного распределения, IT	AB + Vigilohm	+ ВДТ + УЗДП

+

Защита распределительных щитов от возгорания

IEC 61439
+
HeatTag
+
Linergy
+
Непрерывный мониторинг температуры

Таблица 4.1.	УЗДП: устройство защиты от дугового пробоя
AB: автоматический выключатель (в т. ч. выключатель защиты электродвигателя)	33З: устройство защиты от замыкания на землю
ВДТ: выключатель дифференциального тока	Vigilohm: устройство мониторинга сопротивления изоляции

Важнейшие меры по предотвращению возгораний в электроустановках

Помимо соблюдения правил электромонтажа с целью защиты от перегрузок, коротких замыканий и перенапряжения для снижения опасности возгорания:	Действующая электроустановка	Новая электроустановка или крупная модернизация объекта
Выбирайте распределительный щит, соответствующий стандарту IEC61439.		X
Выбирайте распределительные устройства и аксессуары присоединений одного производителя для установки в распределительный щит и щит управления.		X
По возможности выбирайте такие устройства, силовые клеммы которых обеспечивают высокое качество контакта (с учетом диапазона ожидаемых значений тока).		X
Выполняйте обслуживание выключателей и распределительных щитов в соответствии с рекомендациями производителя.	X	X
Устанавливайте выключатели дифференциального тока на 300 мА в распределительных цепях с высоким риском возникновения возгорания и на объектах с высокими требованиями пожарной безопасности. ВДТ должно соответствовать стандартам IEC/EN 61009-1, IEC/EN 60947-2, прил. В или прил. М, IEC 61008. Там, где установка ВДТ неприменима, рассмотрите возможность установки устройства защиты от замыкания на землю.	X ¹	X
Устанавливайте систему контроля утечки на землю для защиты электроустановок от возгорания.	X ¹	X
Устанавливайте УЗДП, соответствующее стандарту IEC 62606, в распределительных сетях конечного распределения с высоким риском возникновения возгорания и в местах с высокими требованиями пожарной безопасности.	X ¹	X
В местах с высоким риском возникновения возгорания применяйте вместо кабелей шинопроводы, соответствующие IEC 61439-6.		X
Для распределенных нагрузок в цепи используйте не распределительные коробки, а шинопровод с отводными блоками, соответствующими стандарту IEC 61439-6.		X
Устанавливайте в распределительных щитах системы раннего обнаружения повышения температуры на основе анализа состава газов и частиц, выделяемых при повреждении изоляции.	X	X
Устанавливайте в распределительных щитах системы непрерывного мониторинга температуры.	X	X

Таблица 4.2. ¹ Выключатели ComPact NSX с электронными расцепителями Micrologic 4.*/*6.*/*7.* имеют габариты базового выключателя ComPact NSX; в предыдущей версии VigiComPact с функцией защиты от утечки требовалась установка дополнительного блока Vigi. Оптимизация габаритов VigiComPact упрощает замену обычных выключателей на дифференциальные при модернизации действующей электроустановки. Также функциональные возможности электроустановки могут быть расширены применением дифференциального реле Vigiex.

Обзор устройств для предотвращения возгораний в электроустановках

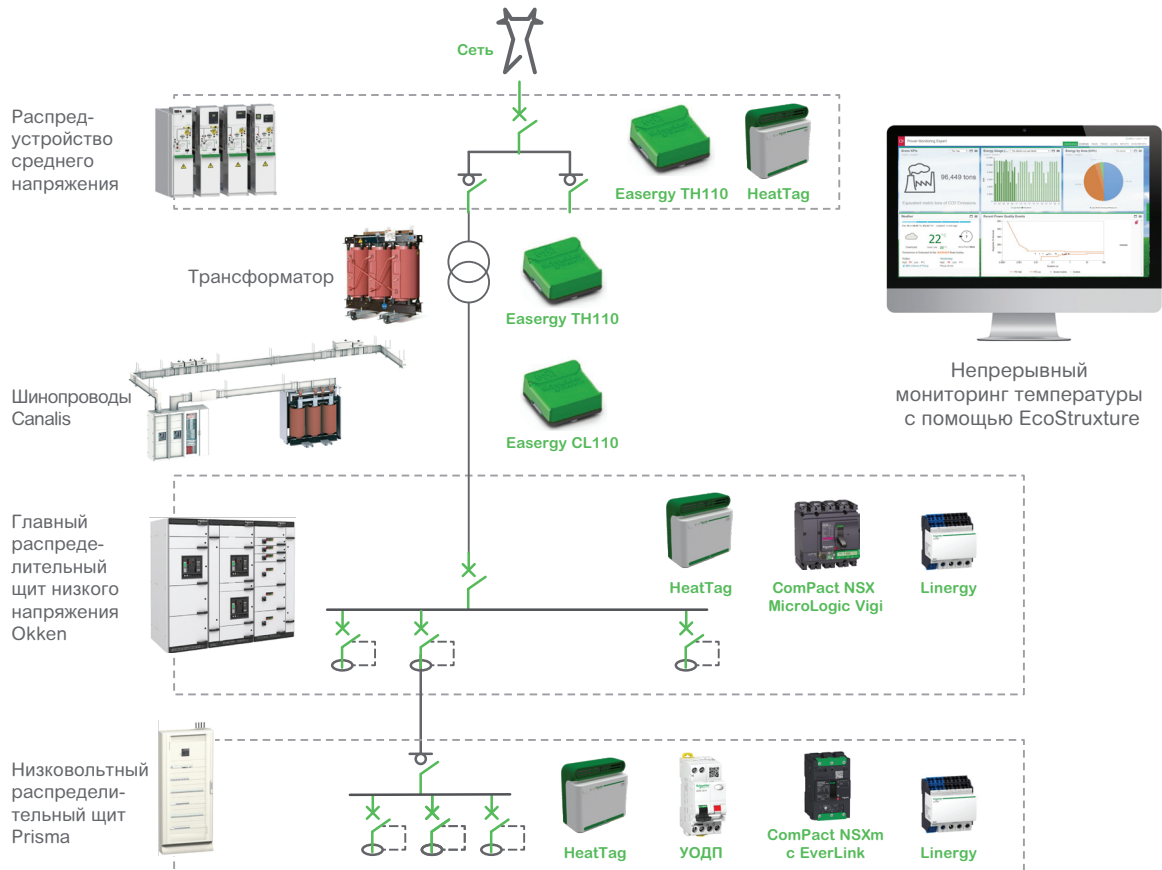


Рис. 4.3. Обзор оборудования Schneider Electric

Дополнительные материалы

Форум

- Продолжите обсуждение на форуме по предотвращению возгорания в электроустановках. [Это сообщество оказывает поддержку профессионалам, участвующим в проектировании или монтаже распределительных сетей.](#)

Технические документы

- [Как обеспечить надежное и долговечное электрическое соединение в электроустановке](#)
- [Сравнение эффективности мониторинга температуры и ИК-термографии как средств снижения риска возникновения возгорания](#)
- [Как устройства защиты от дугового пробоя снижают опасность возгорания электроустановок](#)
- [Почему следует выбирать защиту от утечки на землю типа В для надежной и эффективной защиты людей](#)

Руководство по проектированию

- [Руководство «Системы электроснабжения с цифровой поддержкой»](#)

Блоги

- [Блог, посвященный обсуждению темы по предупреждению возгораний в электроустановках](#)

Справочник

- [Правила устройства электроустановок](#)

se.com

Life Is On

Schneider
Electric

Schneider Electric Industries SAS
35, rue Joseph Monier — CS 30323
F92506 Rueil-Malmaison Cedex