

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

УСТРОЙСТВО ЛИНИЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПРОВОДАМИ С ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Каролин БУДИ (Caroline BOUDY)

Блез БОЖЕ (Blaise BEAUGER)

SICAME

В этом номере журнала мы продолжаем цикл статей по книге Блеза Боже и Каролин Буди – инженеров компании SICAME, которые занимаются разработкой арматуры для воздушных защищённых линий (начало – см. №4, 2013 г.). Будут рассмотрены вопросы стандартизации и методики испытаний арматуры для ВЛЗ на базе испытательного центра компании SICAME, проблемы защиты линий от перенапряжений и заземления, предложены рекомендации по монтажу линий с учетом накопленного практического опыта. Специалисты нашей компании готовы оказать консультации в проектировании и строительстве линий такого типа.

Директор ТОВ «СИКАМ Украина» Владимир Дрёмов

1. Вопросы стандартизации

Из предыдущего номера журнала «Электрические сети и системы Вы увидели, что требования к арматуре, используемой в линиях среднего напряжения с проводами с защитным покрытием, отличаются от требований к линиям среднего напряжения с неизолированным проводом или низковольтным линиям (с изолированными либо с неизолированными проводами). Несмотря на сходство различных типов линий, был создан европейский стандарт EN 50397.

В стандарте EN 50397-1 рассматриваются требования к проводам с защитным покрытием напряжением до 36 кВ. Этот стандарт

будет подробнее рассмотрен в этой статье ниже.

Стандартом EN 50397-2 определяются требования и испытания для разработки оборудования (арматуры) для линий среднего напряжения с проводами с защитным покрытием в целях проверки продукции на способность корректной работы в сети. В ходе таких испытаний воссоздаются наихудшие условия, которым может подвергнуться линия (электрическая перегрузка, падение деревьев, накопление снега на проводе, плохие погодные условия, ультрафиолетовое облучение (УФ), короткое замыкание), либо осуществляется проверка арматуры (внешний осмотр, проверка размеров и материалов, проверка горячей гальванизации, проверка затяжки болтов).

«СИКАМ» рекомендует дополнительные испытания к этому стандарту в зависимости от продукции. Предписываемые стандартом испытания, а также требования «СИКАМ» и другие спецификации, рассматриваются далее в этом параграфе.

2. Опоры и оттяжки

По отношению к опорам проводятся расчёты в целях определения максимального усилия, которое опора должна



Рис. 1. Крепление опор оттяжками

выдерживать в течение срока службы. Существуют технические условия для конструирования опор в соответствии с предполагаемым ресурсом. Испытания проводятся путём приложения горизонтального усилия в определённую точку опоры.

Уровень заглубления (нормальная глубина монтажа опор) устанавливается по результатам испытаний. Конструкция опоры может быть рассчитана по формулам (CAN/CSA-015 и A 1430 HQ). Оборудование для опор фирмы «СИКАМ» соответствует стандартам NFC 66427, NFC 66432, NFC 66433 и NFC 66437. За выбор требуемой механической прочности опор и крепления отвечает клиент.

Стандарт EN 50397 не рассматривает опоры и оттяжки.

3. Изоляторы

Размеры, материал и способ монтажа изоляторов в соответствии с напряжением линии определяются несколькими стандартами. Можно упомянуть стандарт IEC 61109 «Композитные изоляторы для систем переменного тока с номинальным напряжением свыше 1000 В», IEC 61952 «Композитные линейные (опорные) изоляторы для систем переменного тока и номинального напряжения свыше 1000 В», EN 62217 «Полимерные изоляторы для наружного и внутреннего использования в сетях высокого напряжения», IEC 61466 «Композитные гирляндные изоляторы для воздушных линий номинальным напряжением свыше 1000 В», IEC 60383 «Изоляторы для воздушных линий электропередачи номинальным напряжением свыше 1000 В». Любые стандарты требуют механических испытаний, электрических испытаний, испытаний на устойчивость к условиям внешней среды и внешних проверок.

В стандарте EN 50397 изоляторы не рассматриваются.

По условиям механической прочности для крепления провода с защитным покры-

тием на подвесных изоляторах (натяжных изоляторах) достаточно их механической прочности 70 кН. «СИКАМ» рекомендует использовать изоляторы, конструкция которых предусматривает определённую длину между точками крепления.

Изоляторы должны пройти следующие испытания:

- Испытания в точках соединения с соединительной арматурой:
 - удельное предварительное напряжение;
 - проверка импульсами напряжения с крутым фронтом.
- Испытания материалов корпуса:
 - жёсткость;
 - ускоренное испытание на воздействие атмосферных условий;
 - испытание на воспламеняемость.
- Испытания материала стержня:
 - испытание на проникновение красителя;
 - испытание на диффузию воды.
- Испытание стержня в сборке на время нагрузки:
 - определение средней разрушающей нагрузки стержня изолятора в сборке;

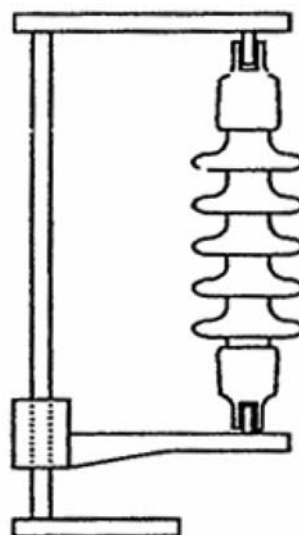


Рис. 2. Схема испытания изолятора

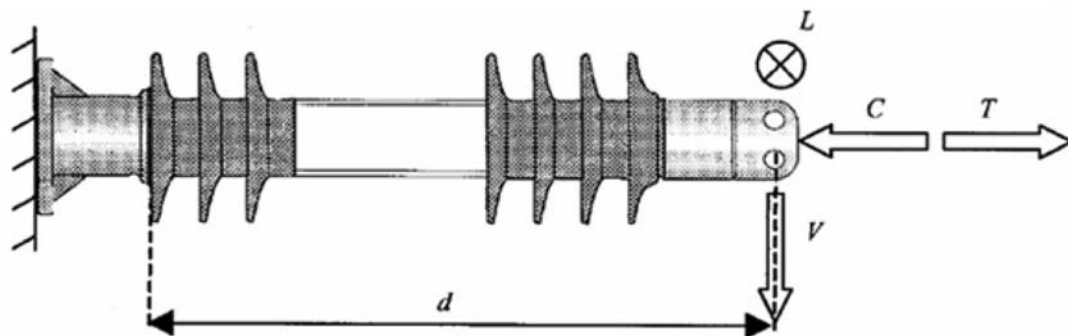


Рис. 3. Испытания изолятора IEC 61 952, 2008 г.

– контроль кривой прочность/время для изолятора.

- Электрические испытания:

– испытание на трекинг и эрозию;

– испытание на выдерживаемое напряжение грозового импульса в сухом состоянии;

– испытание на прочность изоляции напряжением промышленной частоты при смачивании.

4. Анкерное крепление

В стандарте EN 50397-2 к анкерному оборудованию для проводов с защитным покрытием (без зачистки) относятся следующие устройства (не ограничиваясь перечисленным):

- клиновые зажимы конического или винтового типа;

- спиральные зажимы.

Спиральный зажим — приспособление, состоящее из заранее формованных спиральных проволок, обеспечивающих достаточную прочность для удержания провода за счёт самозатягивания.

Анкерный зажим — зажимное устройство, предназначенное для жёсткого крепления провода с защитным покрытием к траверсе и передачи траверсе части механического напряжения провода.

Крепёжное оборудование должно быть способным выдерживать минимальную разрушающую нагрузку (МРН — нагрузка, требуемая покупателем, при которой не должно происходить разрушения), не должно повреждать оболочку и должно быть водонепроницаемым.

Оборудование должно удерживать провод, несмотря на агрессивное воздействие внешней среды (дождь, колебания температуры, УФ и т. д.). EN 50397-2 описывает испытания, которые должно пройти крепёжное оборудование для проверки устойчивости к такому воздействию. Крепление главным образом подвергается механическим испытаниям. EN 50397-2 регламентирует следующие испытания:

- Внешние проверки:

– внешний осмотр;

– проверка размеров и материала;

– проверка перманентной маркировки.

- Механические испытания:

– испытание на предельную нагрузку;

– испытание на растяжение при обычной температуре;

– испытание на растяжение при низкой температуре;

– испытание на растяжение при высокой температуре;

– испытание на затягивание крепёжного болта;

– испытание срывной головки;

– проверка покрытия горячего цинкования;

– испытания на водонепроницаемость.

- Испытания на устойчивость к условиям внешней среды

– коррозионный тест;

– климатические испытания.

При внешней проверке устанавливается внешняя целостность устройства.

Проверяется соответствие устройства всем обязательным требованиям прилагающегося к контракту чертежа.

Проверка размеров и материалов обеспечивает соответствие размеров изделия, прилагающемуся к контракту чертежу, в пределах допустимых погрешностей.

Проверка перманентной маркировки устанавливает читабельность и долговечность маркировки оборудования.

В ходе испытания на растяжение при обычной температуре окружающего воздуха проверяется способность крепёжного устройства выдерживать нагрузку, которая может возникать в ходе эксплуатации, без повреждения самого устройства и провода.

В ходе испытания на растяжение при низкой температуре проверяется, чтобы кабель не проскальзывал в креплении, и чтобы устройство и кабель не повреждались при низкой температуре.

В ходе испытания на растяжение при высокой температуре проверяется, чтобы кабель не проскальзывал в креплении, и чтобы устройство и кабель не повреждались, несмотря на нагрев.

Испытание на затягивание крепёжного болта, проверка работы срывной головки,

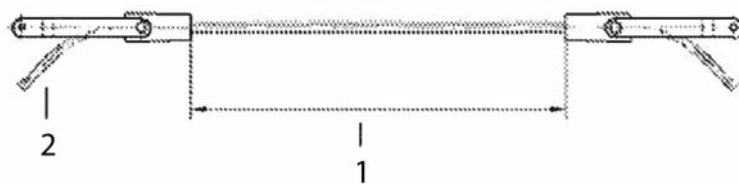


Рис. 4. Испытание на растяжение при обычной температуре (EN 50 397-2, 2010 г.).



Рис. 5. Испытание на растяжение со спиральным зажимом

проверка горячей гальванизации и испытание на водонепроницаемость проводятся не на всех крепёжных устройствах: гальванизированные металлические зажимы не подвергаются испытанию на затягивание крепёжного болта, проверку работы срывной головки и водонепроницаемости, но проходят проверку горячей гальванизации.

В ходе испытания на затягивание крепёжного болта устанавливают, что гайки и болты не повреждаются под усилием, требуемым для удержания провода с защитным покрытием, и не повреждают провод в ходе эксплуатации.

В ходе проверки работы срывной головки проверяют правильность работы механизма срывной головки в заданном диапазоне крутящих усилий.

При проверке горячей гальванизации осуществляется проверка соответствия толщины гальванического покрытия стандарту EN ISO 1461.

При проверке на водонепроницаемость устанавливают невозможность попадания воды в провод с защитным покрытием.

Испытание на коррозию показывает устойчивость устройства к воздействию коррозионных атмосферных условий. После данного испытания оборудование проходит испытание на растяжение при обычной температуре.

Испытание на климатическое старение, в ходе которого имитируется воздействие УФ, влаги и агрессивных условий внешней среды в течение нескольких лет, проверяет устойчивость изделия к климатическим условиям. После этого правильность работы оборудования проверяется в ходе испыта-

ния на растяжение при температуре окружающего воздуха.

Испытание на трекингостойкость (не описываемое в стандарте EN) может осуществляться для того, чтобы убедиться, что загрязнение при воздействии напряжения не приводит к повреждению крепёжного оборудования. «СИКАМ» рекомендует проводить данное испытание для любого оборудования с напряжением свыше 15 кВ. Данное испытание проводится согласно внутренним техническим условиям, поскольку оно не описывается ни в одном стандарте.

5. Крепление к штыревому изолятору и подвеска

В стандарте EN 50397-2 к оборудованию для подвески проводов с защитным покрытием (без зачистки) относятся следующие устройства (не ограничиваясь перечисленным):

- крепёжное оборудование;
- предварительно формованные спиральные вязки;
- подвесные зажимы согласно стандартам EN 61 284, 11.4.

Крепёжное оборудование включает в себя устройства, при помощи которых провод с защитным покрытием крепится к изолятору на опоре, и которые поддерживают любую указанную механическую нагрузку.

Вязки — это устройства, крепящие провод с защитным покрытием к верхней или боковой части штыревого или опорного изолятора, удерживающие его вес и указанную механическую нагрузку.

Подвесные зажимы — это устройства, крепящие провода с защитным покрытием,

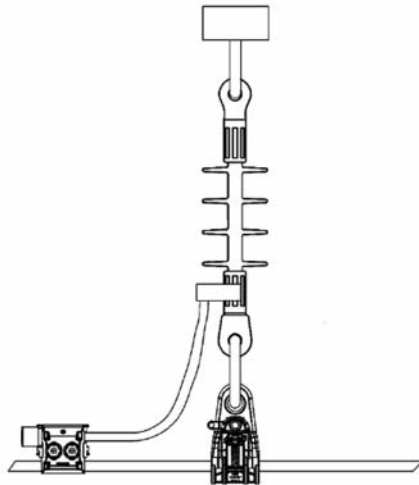


Рис. 6. Подвесной зажим с защитой от трекинга

удерживающие их вес и указанную механическую нагрузку.

Оборудование не должно повреждать оболочку провода, а его конструкция должна предотвращать попадание в кабель влаги в ходе эксплуатации.

Конструкция подвесных зажимов должна сводить к минимуму последствия вибрации как провода с защитным покрытием, так и зажимов, а также избегать локального давления и повреждения проводов с защитным покрытием. При необходимости подвесные зажимы должны выдерживать напряжение и токовые нагрузки в проводе без повреждений (ниже подробнее описываются испытания на трекингостойкость и короткое замыкание).

Устойчивость устройства в сборке к износу должна быть достаточной для предотвращения повреждений в ходе эксплуатации. «СИКАМ» осуществляет проверку такой устойчивости в лаборатории LABEP в соответствии с внутренней спецификацией, поскольку данное испытание не описывается в EN 50397-2.

Крепёжное оборудование, согласно стандарту EN 50397-2, относится к подвесному оборудованию, и потому проходит те же испытания, что и подвесное оборудование. Это следующие испытания:

- Внешняя проверка:
 - внешний осмотр;
 - проверка размеров и материала;
 - проверка перманентной маркировки.

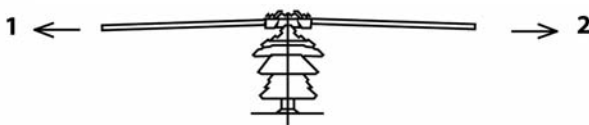


Рис. 7. Схема испытания на проскальзывание

- Механические испытания:
 - испытание на предельную нагрузку;
 - испытание на проскальзывание при обычной температуре;
 - испытание на проскальзывание при низкой температуре;
 - испытание на проскальзывание при высокой температуре;
 - вертикальная и боковая нагрузка;
 - термическое испытание;
 - затягивание крепёжного болта;
 - проверка работы срывной головки;
 - проверка гальванического покрытия;
 - проверка на водонепроницаемость.
 - Испытания на устойчивость к условиям внешней среды:
 - испытание на коррозию;
 - испытание на климатическое старение.
- При внешней проверке изделия проверяется его целостность.

Испытания на предельную нагрузку, проскальзывание, вертикальную и боковую нагрузку, термическое испытание обеспечивают работоспособность оборудования в различных условиях. Испытание на проскальзывание при высокой температуре является необязательным.

В ходе испытания на предельную нагрузку для крепёжного и подвесного оборудования устанавливается, что зажим сохраняет механические свойства до заявленной производителем предельной нагрузки, т. е. способен удерживать нагрузку без необратимой деформации, которая может повлиять на основную функцию оборудования.

Испытание на проскальзывание при обычной температуре позволяет установить, что при приложении нагрузок к проводу с защитным покрытием подвесное оборудование не допустит проскальзывание провода при нагрузке меньше расчётной.

Испытание на проскальзывание при низкой температуре позволяет проверить работоспособность устройства и способность пластиковых деталей выдержать напряжения при сборке и эксплуатации в условиях низких температур.

Испытание на проскальзывание при высокой температуре позволяет установить, что устройство функционирует при максимальной рабочей температуре.

В ходе испытания на вертикальную и боковую нагрузку проверяют способность устройства удерживать провод без повреждения оболочки или проскальзывания, несмотря на приложенную нагрузку.

При термическом испытании устанавливается способность устройства

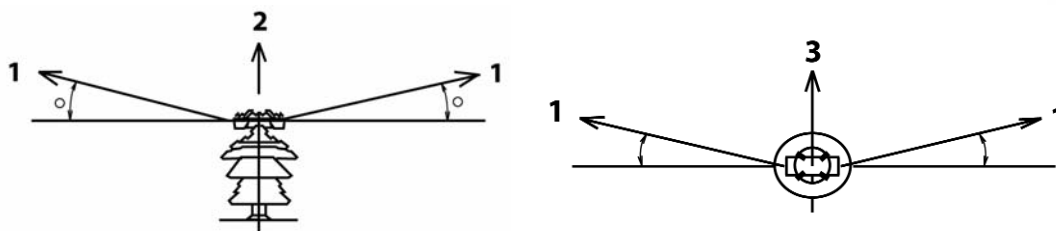


Рис. 8. Схема испытания на вертикальную и боковую нагрузку (EN 50 397-2, 2010)

выдерживать нагрузки при высоких температурах без повреждений.

Испытания на затягивание крепёжного болта и проверка работы срывной головки проверяют только механическое затягивание устройств. Данные испытания определяют, контролируется ли крутящий момент, и не приведёт ли излишнее затягивание к повреждению устройства.

Испытания на устойчивость к условиям внешней среды проверяют работоспособность устройства в неблагоприятных условиях. После каждого испытания работоспособность оборудования проверяется в ходе испытания на растяжение при обычной температуре окружающего воздуха.

Испытание на трекинговость (не описываемое в европейском стандарте) также может осуществляться для того, чтобы убедиться, что загрязнение при воздействии напряжения не приводит к повреждению крепёжного оборудования, провода или изолятора. «СИКАМ» рекомендует проводить данное испытание для любого оборудования с напряжением свыше 15 кВ.

6. Соединение

Согласно EN 50397-2, ответвительные соединители определяются как устройства для электрического соединения металлической жилы ответвительного провода и жилы магистрального провода в промежуточной точке. В линиях среднего напряжения с проводами с защитным покрытием рекомендуется использовать соединение путём прокола изоляции. И действительно, зачистка про-

вода не соответствует принципам линий среднего напряжения с проводами с защитным покрытием, поскольку требует затрат времени, является источником утечек в будущем, и требовательно к персоналу. Данные соединения должны быть способны передавать токовую нагрузку, а при необходимости и ток короткого замыкания (испытание на переходное сопротивление). Соединители должны проходить внешние испытания (внешний осмотр, проверка размеров и материала, проверка перманентной маркировки), механические испытания (проверка работы срывной головки, затягивания крепёжного болта, испытание на механическое повреждение основного провода, проверка на сдвиг ответвительного провода, испытание на сборку при низких температурах), проверка гальванического покрытия, проверка водонепроницаемости, испытание на электрическое старение, испытания на устойчивость к условиям внешней среды (коррозия и климат) и испытание на трекинг.

Внешние испытания проверяют целостность соединителя.

При проверке затягивания крепёжного болта устанавливают, что при затягивании болт обеспечивает электрическое соединение, механическую надёжность и не вызывает механической поломки соединителя с прокалыванием изоляции в ходе монтажа.

В ходе проверки работы срывной головки проверяют правильность работы механизма срывной головки в заданном диапазоне крутящих усилий.

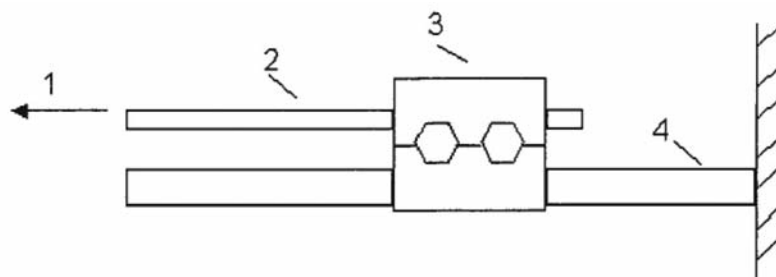


Рис. 9. Схема испытания на выдёргивание ответвительного провода (EN 50 397-2, 2010)

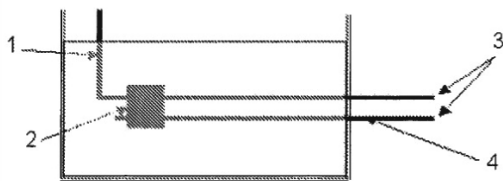


Рис. 10. Схема испытания соединения на водонепроницаемость (EN 50 397-2, 2010)

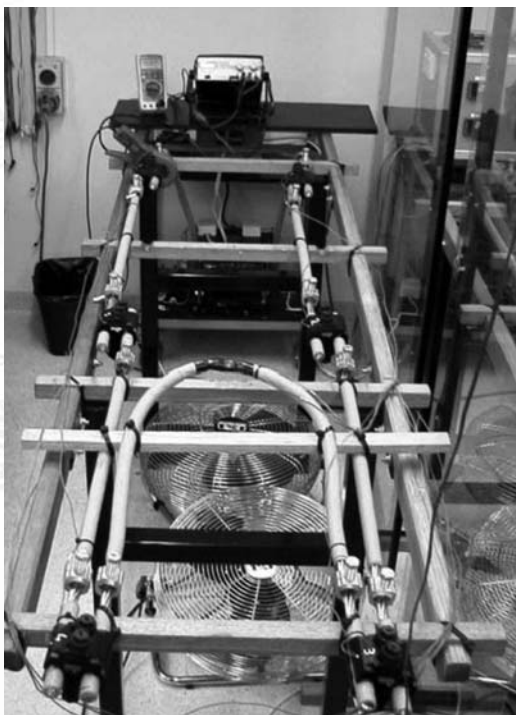


Рис. 11. Испытание на электрическое старение

В ходе испытаний на механическое повреждение основного провода устанавливают, что механическая прочность провода не ухудшается в результате монтажа соединителя с прокалыванием изоляции.



Рис. 12. Дугозащитное устройство в Швеции

Испытание на сдвиг ответвительного провода позволяют проверить, обеспечивает ли соединитель с прокалыванием изоляции механическую прочность ответвительного провода.

При испытании на сборку при низкой температуре проверяют, что при монтаже соединителя с прокалыванием изоляции в условиях холода устанавливается электрический контакт.

При проверке гальванического покрытия осуществляется проверка соответствия толщины гальванического покрытия стандарту EN ISO 1461.

При проверке на водонепроницаемость устанавливают невозможность попадания воды в провод в зоне прокалывания изоляции.

Испытание на электрическое старение позволяет убедиться в том, что соединение способно передавать электроэнергию в течение всего срока службы. Испытание проводится в соответствии со стандартом EN 50483-5 для соединителей класса В (1000 циклов без коротких замыканий).

Испытание на коррозию позволяет убедиться в устойчивости соединителя к коррозионной атмосфере.

Испытание на климатическое старение проверяет устойчивость соединения к климатическим условиям. Для проверки результатов этого испытания проводится проверка водонепроницаемости.

Испытание на трекинговость позволяет убедиться, что соединитель способен без повреждений функционировать в условиях загрязнения при высоком напряжении.

7. Защита от перенапряжений

Согласно стандарту EN 50397-2, устройство дугозащиты определяется как металлическое оборудование, смонтированное на проводе или арматуре для защиты провода от возможного образования электрической дуги. Дугозащитное устройство позволяет вывести из провода повышенное напряжение. Для этого между фазой и заземлением может быть образована дуга.

Устройства дугозащиты — комплект оборудования, включающий в себя изолятор и проводник со всей необходимой для защиты от электрической дуги арматурой. Между двумя дугозащитными рогами, установленными с обеих сторон изолятора создаётся электрическая дуга.

Стандарт требует для дугозащитных устройств внешнюю проверку, испытание на затягивание крепёжного болта, проверку

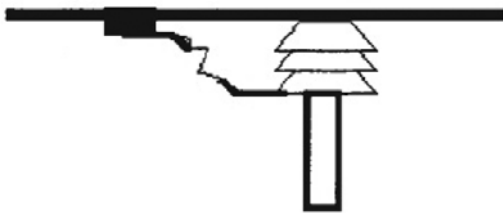


Рис. 13. Схема испытания на короткое замыкание (EN 50 397-2, 2010)

работы срывной головки, проверку на механическое повреждение основного провода, испытание на сборку при низкой температуре, проверку гальванического покрытия, испытание на водонепроницаемость, испытание на короткое замыкание, ток короткого замыкания, испытание на коррозию и испытание на климатическое старение.

Большая часть испытаний аналогична испытаниям соединителей; остальные испытания описаны ниже.

Испытание на короткое замыкание позволяет проверить способность устройства перенести ток короткого замыкания после прикрепления соединителя к дугозащитным рогами и проводу.

Испытание на ток короткого замыкания позволяет проверить способность дугозащитного устройства выдерживать электрическую дугу без повреждения провода.

8. Заземление и короткое замыкание

Согласно определению, устройства заземления — это устройства, установленные на проводе для обеспечения возможности временного заземления.

Стандарт EN 50397-2 требует для устройств заземления внешнюю проверку, испытание на затягивание крепёжного болта, проверку работы срывной головки,



Рис. 14. Испытание устройства заземления на короткое замыкание

испытание на механическое повреждение основного провода, испытание на сборку при низкой температуре, испытание на механическую нагрузку на устройство заземления, проверку гальванического покрытия, испытание на водонепроницаемость, испытание на короткое замыкание, ток короткого замыкания, испытание на коррозию и испытание на климатическое старение. Эти испытания описаны в предыдущих параграфах, за исключением испытания на механическую нагрузку на устройство заземления, которое описано ниже.

Испытание на механическую нагрузку на устройство заземления позволяет убедиться в том, что скоба или заземляющая шина способны выдерживать нагрузки, прикладываемые при монтаже заземляющих устройств и под весом этих устройств. Данное испытание позволяет убедиться в том, что механические свойства зажимов устойчивы к предполагаемым нагрузкам, а провод не повреждается в ходе монтажа и эксплуатации устройств заземления.

9. Монтаж воздушной защищённой линии

В предыдущих разделах мы увидели, что с точки зрения безопасности линии среднего напряжения с проводами с защитным покрытием расцениваются как линии с неизолированными проводами. Поэтому меры безопасности для линий с проводами с защитным покрытием такие же, как и для линий среднего напряжения с неизолиро-



Рис. 15. Дерево, упавшее на линию ВЛЭЗ (воздушная линия электропередач среднего напряжения с проводами с защитным покрытием)

ванными проводами. Основное различие между ними заключается в том, что в линиях с проводами с защитным покрытием уменьшается риск прямого контакта с напряженным проводником, что уменьшает риск пробоя и повреждения электрооборудования в случае такого контакта.

Примером ситуаций, в которых возникает такой риск, является падение ветвей на провода или перемещение животных по изоляторам.

Согласно принципам применения проводов среднего напряжения с защитным покрытием, многие виды оборудования, такие как соединители с прокалыванием изоляции, должны быть водонепроницаемыми для защиты провода от коррозии, возникающей при попадании воды под оболочку. Основным преимуществом защитной оболочки провода является то, что напряжение на поверхности оболочки значительно ниже напряжения в сети. Это позволяет размещать три фазы ближе одна к другой, чем в сети с неизолированными проводами, как и говорилось в Главе 1.

10. Европейские стандарты для проводов с защитным покрытием

Для проводов линий среднего напряжения с защитным покрытием существует несколько стандартов. В Европе стандарт EN 50397-1 является действующим для проводов среднего напряжения с защитным покрытием номинальным напряжением от 1 кВ до 36 кВ. Этим стандартом определяются обозначения проводов. Маркировка проводов с защитным покрытием устанавливается следующим образом:

- CC – тип провода;
- S – полупроводящий слой (при наличии);
- X – для проводов со слоем сшитого полиэтилена;
- T – для проводов со слоем термопластического полиэтилена;
- YY – сечение провода (в мм²) и материал согласно EN 50182;
- W – для водонепроницаемых проводов (герметизация может осуществляться при помощи заполняющего материала между проволоками жилы);
- K – для провода с уплотнённой жилой;
- рабочее напряжение (кВ) с обозначением «кВ».

Примеры:

1. CCX66-AL3 WK 20kV – провод с покрытием из сшитого полиэтилена номинальным напряжением 20 кВ, водонепроницаемый уплотнённый из алюминиевого сплава AL3, номинальным сечением 66 мм².



Рис. 16. Маркировка провода ВЛЗ на барабане

2. CCST 54-AL1/9-ST1A W 24kV – провод с покрытием из полиэтилена высокой плотности с полупроводниковым слоем номинальным напряжением 24 кВ, водонепроницаемый, из алюминиевого сплава со стальным сердечником AL1/9 ST 1 A, номинальным сечением 54 мм².

В стандарте EN 50397-1 определяются следующие параметры для провода и оболочки:

- Диапазон сечений провода из алюминиевого сплава со стальным сердечником (ACSR) – от 50 до 150 мм².
- Диапазон сечений для проводов из алюминиевого сплава – 35 мм²... 240 мм².
- Жила провода может быть уплотнённой или неуплотнённой.
- Жилы провода определяются согласно стандарту EN 50182. Расчёт сечения может производиться с использованием стандарта IEC 60287.
- Оболочка должна иметь состав на основе сшитого полиэтилена или термопластического полиэтилена, который должен соответствовать требованиям EN 50397-1.
- Должно быть возможным снятие оболочки без повреждения проводника.
- Оболочка должна быть устойчива к УФ-излучению.
- Номинальная толщина оболочки должна составлять 11% номинального напряжения и должна быть не менее 2,3 мм.

На поверхности проводов с защитным покрытием должна присутствовать непрерывная маркировка с указанием названия или торговой марки производителя. Маркировка провода должна выполняться методом тиснения и повторяться не реже



Рис. 17. Данные о производителе указаны на проводе путём тиснения

чем каждые 1000 мм. Прочая информация указывается печатью по оболочке. Маркировка должна быть долговечной; её долговечность испытывается.

Этот стандарт требует, чтобы провода с защитным покрытием проходили следующие испытания:

- Электрические:
 - сопротивления провода;
 - испытание на высокое напряжение;
 - испытание защитного покрытия искровым методом;
 - ток утечки и трекинговость.
 - Конструкция и размеры:
 - соответствие конструкции;
 - толщина покрытия.
 - Конструкция и механические свойства:
 - прочность на разрыв;
 - размеры.
 - Неэлектрические испытания защитного покрытия:
 - старение;
 - содержание промышленного углерода;
 - устойчивость к УФ-лучам.
 - Испытание на совместимость и старение образца продукции.
 - Термические свойства защитного покрытия:
 - испытание на усадку;
 - испытание на тепловую деформацию;
 - испытание давлением при высокой температуре.
 - Прочие испытания защитного покрытия:
 - впитывание воды (водопоглощаемость);
 - твердость по шкале Shore D.
 - Испытание на продольную водонепроницаемость с циклами нагрева и без них.
 - Испытание маркировки и испытания на выскальзывание жилы провода.
- Максимальная рабочая температура провода среднего напряжения с защитным покрытием с оболочкой из сшитого полиэтилена составляет 90 °С, а при использовании оболочки из полиэтилена высокой плотности – 70 °С.

11. Другие страны

Провода российского производства должны соответствовать ТУ 16.К10-017-2003 (требования к проводам на напряжение 35 кВ).

Австралийские провода соответствуют стандарту ASNZS 3675-2005. Стандарт распространяется на провода 66.35/11 (12) кВ и 19/33 (36) кВ. Максимальная температура эксплуатации провода 80 °С. Стандарт распространяется на два типа проводов с защит-

ным покрытием: провода СС и утолщенные провода ССТ. У проводов СС толщина оболочки составляет около 2,3 мм, в то время как толщина защитного покрытия проводов ССТ составляет от 3,4 до 9,3 мм, в зависимости от напряжения линии.

В США на провода с защитным покрытием распространяются стандарты ASTM В230, В231, В232, В398, В399 и В400. Также существуют спецификации ICEA (ассоциация инженеров-специалистов в области изолированных проводов). Во всех технических требованиях используются одни и те же типы испытаний со слегка различными критериями (толщина оболочки, критерии приемы и т.д.).

12. Дополнительное оборудование

12.1 Опоры и оборудование

Защитное покрытие проводов позволяет располагать провода ближе друг к другу. Поэтому траверсы анкерных и промежуточных опор могут быть уже и легче. Стандартное расстояние между двумя опорами на равнинной местности составляет от 80 до 100 м. В зависимости от ландшафта данное расстояние может быть сокращено. Опоры, к которым крепится арматура, могут выполняться из дерева, металла, бетона или стекловолокна. Наиболее, однако, распространены деревянные опоры. Их преимущества:

- высокое электрическое сопротивление;



Рис. 18. Тройное крепление, установленное в Канаде

- разумная стоимость монтажа;
- номинальный срок службы обработанных деревянных опор составляет 25 лет;
- на них удобно подниматься;
- простота монтажа оборудования.

С экологической точки зрения деревянные опоры лучше поддаются повторной переработке. По сравнению с металлическими, они обеспечивают более высокую электрическую безопасность, поскольку высота деревянной опоры удлиняет путь утечки по поверхности в случае дефекта защитного покрытия. Кроме того, деревянные опоры могут быть закреплены при помощи оттяжек, если достаточное заглубление в землю невозможно.

Для крепления к земле группой разработан продукт тройного крепления «СИКАМ Трай-энкор» (Sicame Tri-Anchor).

Если линия подвергается сильному внешнему воздействию (падение деревьев на провода, толстые слои льда на проводах), то для поддержки проводов могут устанавливаться бетонные опоры.

Опоры могут комплектоваться устройством механической защиты. При высоких механических напряжениях провода, устройства регулирования натяжения провода «Альфа» и «Омега» используются для защиты концевой опоры и траверс от излишней нагрузки.

Деформируемое соединение «Омега» состоит из двух плеч, форма которых позволяет открываться при превышении натяжения линии номинального значения открытия. Открытие происходит в два этапа: сначала растягивается одно плечо, а затем второе. Плечи растягиваются в направляющих. Эти направляющие, ограничивают растяжение «Омеги» до установленной длины. После полного растягивания «Омега» подлежит замене. Провисание линии может немедленно быть устранено при использовании временного ремонтного крепления в ожидании замены «Омеги».

Устройство регулирования натяжения провода «Альфа» состоит из корпуса угловой формы и металлического стержня. Линия крепится к одной стороне металлического стержня. При превышении натяжения линии более номинального значения стержень деформируется, проходя через угловой корпус. После растягивания устройства «Альфа» провисание линии увеличивается, и устройство «Альфа» подлежит замене.

Выбор оборудования осуществляется в соответствии с требованиями к механическим, геометрическим параметрам, рабочему



Рис. 19. Деформируемое соединение «Омега» во Франции

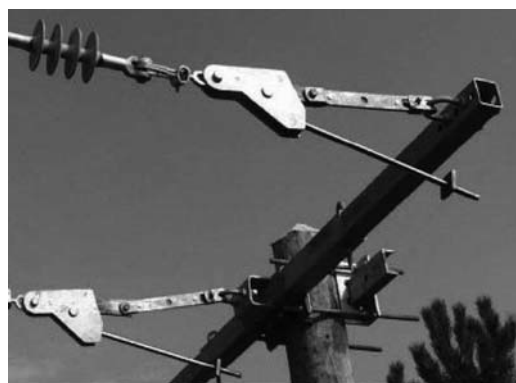


Рис. 20. Деформируемое соединение «Альфа» во Франции

напряжению и внешней нагрузке, в том числе с требованиями по защите птиц. Арматура бывает трёх типов: промежуточные траверсы, концевые траверсы и рама подвески.

Индексы промежуточных траверс в продукции «СИКАМ» — TAL B 10 G, TAL B 14 G (индекс G означает изделие с гальваническим покрытием). Для двойных опор к индексу продукта прибавляется «J1» (напр., TAL B 10 J1 G или TAL B 14 J1 G.). Расстояние между фазами для TAL B10

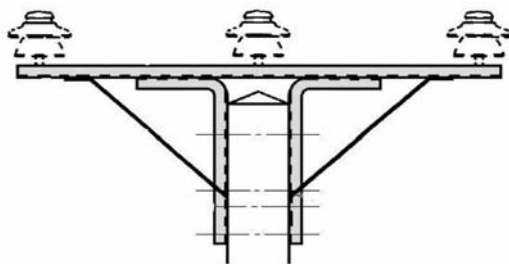


Рис. 21. Промежуточная траверса

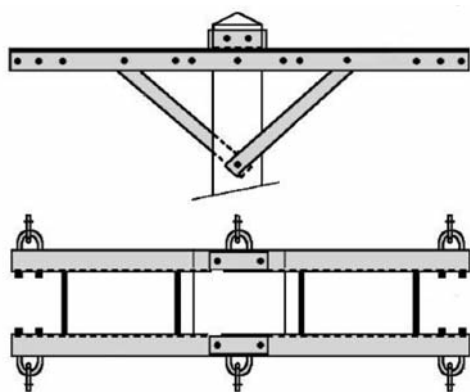


Рис. 22. Концевая траверса

составляет 500 мм, а для TAL B14 — 700 мм. Промежуточные траверсы комплектуются укрепленными штырями (TR25-200-80, TR 25-240-80 или TR 25-285-80), на которые накручиваются изоляторы.

Концевые траверсы могут быть одинарными (с одной стороны опоры, индекс TAS) или двойными (с двух сторон опоры, индекс TAD). TAS B10 2R G или TAD B10 2R G используются при расстоянии между фазами 500 мм, а TAS B14 2R G или TAD B14 2R G используются при расстоянии между фазами 700 мм. Концевые траверсы оснащаются арматурой для крепления изоляторов. Арматура может представлять собой сферическое/овальное гнездо (BS11A или BS 16O1), сферическое гнездо с круглым отверстием (OR1, OR2, OR16 или OR16O) или скобы (E14-70-120, E14-70-200, E16-70-120, E16-70-200, E14-70-350, E14-70-400, E14-70-450 или E14-70-500).

12.2. Оттяжки

Мы не рекомендуем сверлить отверстия в деревянных опорах и опорах с оттяжками в целях сохранения их механических свойств. Предпочтительнее использовать хомуты CNV для опор круглого сечения (обыкновенный хомут для цилиндрической опоры), универсальный хомут с расширением для цилиндрических опор CUPBR или хомут CNV J1 для двухлинейных опор. Для бетонных или металлических опор «СИКАМ» предлагает широкий ассортимент винтов и пластин для крепления оттяжек к опорам. На противоположном конце оттяжки предусмотрен штырь для крепления в грунте. Штырь может иметь разную длину и соединяется с крепёжной пластиной или раздвижным якорем, закапываемым в землю.

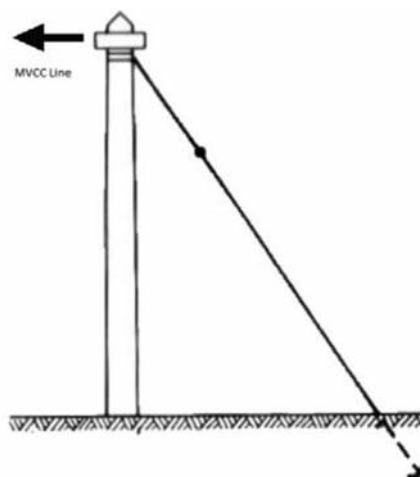


Рис. 23. Схема опоры с оттяжкой

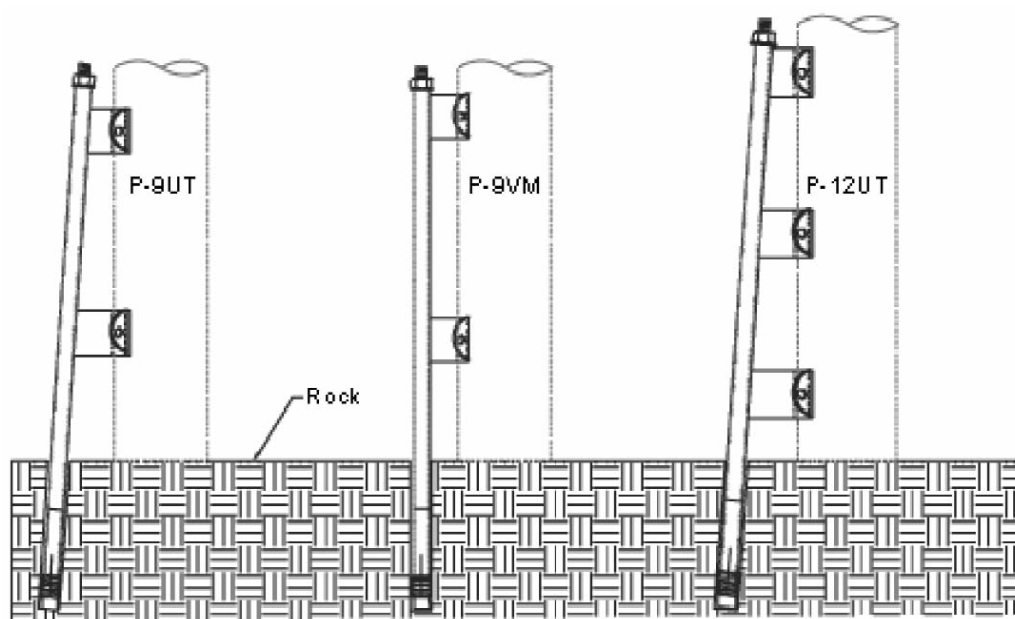


Рис. 24. Модели крепления Tri anchor

Универсальное крепление (Tri Anchor) состоит как минимум из трёх (в зависимости от диаметра опоры) частей, соединённых болтами. Tri Anchor используется при монтаже опор на твёрдой породе.

12.3. Изоляторы

В линиях среднего напряжения с проводами с защитным покрытием необходимо применение изоляторов, поскольку остаточное напряжение на оболочке провода может привести к сбоям. Кроме того, при повреждении покрытия провода изоляторы предотвратят возникновение коротких замыканий. Поэтому конструкция изоляторов имеет значение, а правильный выбор размера изоляторов уменьшает проблемы трекинга и износа оборудования, количество сбоев в сети и повышает качество услуг. Основным параметром при выборе конструкции изолятора является напряжение линии; также необходимо принимать во внимание механи-

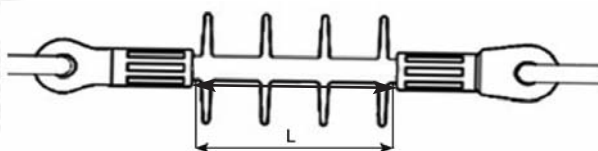


Рис. 25. Изоляционное расстояние

ческие свойства, рабочую нагрузку, геометрическое напряжение и внешнюю нагрузку.

Изоляторы выполняются главным образом из композитных материалов, фарфора или стекла. Изоляторы из фарфора более хрупки. Изоляторы из композитных материалов менее подвержены трекингу благодаря своему гидрофобному покрытию. Поэтому «СИКАМ» рекомендует ряд правил по выбору конструкции изоляторов из композитных материалов.

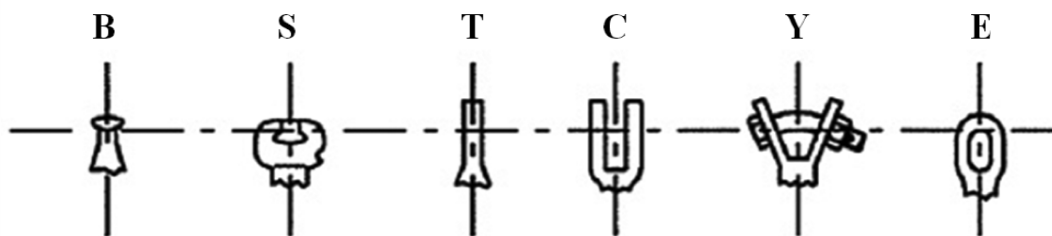


Рис. 26. Существующие оконцеватели изоляторов

В электрической конструкции учитываются две характеристики: изоляционное расстояние и расстояние утечки. Изоляционное расстояние — это минимальное расстояние между двумя проводящими

концами изолятора (через изоляционные материалы). Это расстояние должно быть пропорционально напряжению. В табл. 1 стандарта IEC 61466-2 указываются минимальные дуговые промежутки в зависимости от напряжения. Соотношение составляет примерно 10 мм/кВ. Например, изолятор в линии 12 кВ должен иметь минимальный дуговой промежуток от 100 до 160 мм.

Длина натяжного изолятора определяется длиной крепления со стороны опоры, прибавленной к изоляционному расстоянию и длине крепления со стороны провода. Производятся оконцеватели креплений в форме сферического соединения (В) / гнезда (S), скобы (С) / захвата (Т) или проушины (Е). Индексы натяжных изоляторов «СИКАМ» — PSI 15/24 (в зависимости от номинального напряжения; по запросу могут быть поставлены варианты под другое напряжение) Y (Y — код соединения изолятора с опорой, варианты В, S, С, Т или Е) Z (Z — код соединения изолятора с проводом, варианты В, S, С, Т или Е).

Длина пути тока утечки — расстояние, проходимое дугой по поверхности изолятора от одного конца к другому. Опыт показывает работоспособность соотношения 43 мм/кВ (испытание проводилось в тоннеле в течение 10 лет без сбоев, а стандарт для изоляторов требует не менее 34,6 мм/кВ). Верный выбор размера изолятора позволяет избежать тока утечки и снижает угрозу воздействию трекинга.

Для штыревого или опорного изолятора высота не обязательно зависит от этих расстояний (расстояния утечки и изоляции).

Существуют три основных способа крепления провода к штыревому изолятору на промежуточной опоре: сбоку изолятора, сверху обычного изолятора и сверху изоля-

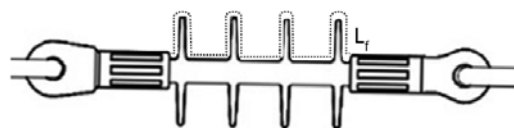


Рис. 27. Длина пути тока утечки



Рис. 28. Промежуточные штыревые изоляторы тора с желобом в головке (с опцией поддержки монтажа). Эти способы рассматриваются ниже в соответствующем разделе. Индексы штыревых изоляторов — PSI 15 RF, PSI 15 RD, PSI 24 RF или PSI 24 RD. RF. Головка изолятора RF выполнена согласно стандартам ANSI 53, 55, 56, или 57 для крепления сбоку или сверху, головка изолятора RD имеет желоб для монтажа провода в направлении изолятора. 15 или 24 обозначают максимальное напряжение (кВ) линии, в которой устанавливается изолятор (в наличии изоляторы под другое напряжение).

12.4. Анкерное крепление

Анкерное крепление провода среднего напряжения с защитным покрытием может осуществляться различными способами: прессуемый концевой зажим, конический клиновой зажим, металлические спиральные зажимы и коленчатый зажим.

Прессуемый концевой зажим — способ крепления линий среднего напряжения с неизолированным проводом, например во Франции, где этот способ используется для крепления линий среднего напряжения с неизолированными проводами. Однако при отсутствии защитного кожуха возможен контакт с напряжением провода. Индексы данной продукции «СИКАМ» следующие: AT (или АВ для прессуемого концевого зажима с обходной перемычкой), XX (XX — эквивалентное сечение провода, варианты 34, 54, 75, 93, 117, 148, 185 или 228), GYY (YY соответствует толщине оболочки провода: 28 от 2 до 3 мм или 45 от 2,8 до 4,5 мм).

Использование клиновых зажимов распространено в изолированных линиях низкого напряжения. Они также часто используются в линиях среднего напряжения с проводами с защитным покрытием. Основным преимуществом этих зажимов является быстрота и лёгкость монтажа вручную. И

действительно, после раскрытия клина провод вводится в открытое гнездо, после чего в корпус вжимаются клинья, зажимающие между собой провод. Если провод потянуть, клинья втягиваются в корпус, а их прижимная сила увеличивается. Диапазон допустимых сечений провода для данного типа зажимов обычно ограничен (менее 150 мм²). Если механическое напряжение на зажиме и оболочке провода слишком велико, провод выскользнет из зажима, и последний не будет удовлетворять критериям европейского стандарта. Для того чтобы соответствовать критериям европейского стандарта при большем сечении провода (более 150 мм²), корпус зажима пришлось бы сделать слишком большим, чтобы он мог удержать провод. Следует отметить, что показатели, требуемые европейскими стандартами, большинство деревянных опор выдержать не могут.

Металлические детали этих клиньев под-

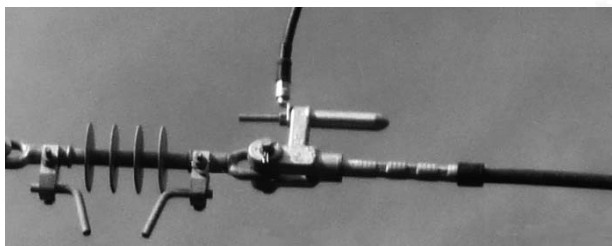


Рис. 30. Изделие АВ, смонтированное в Малайзии

вержены электрическому трекингу, воздействию на зажим, поскольку его корпус обычно выполнен из металла (если корпус выполнен из пластикового материала, конец изолятора или петля зажима могут создать электростатическое напряжение). Если корпус не соединён с проводом под напряжением (в таком случае говорят о плавающем потенциале), напряжение линии достаточно высоко (свыше 15 кВ), а уровень загрязнения окружающей среды достаточно высок, электростатическое напряжение может вызвать поверхностный ток утечки или дугу, которые приведут к повреждению оболочки провода и перейдут через пластиковые



Рис. 31. Зажим РА для линий ВЛЗ

клинья на конец металлического корпуса. Это явление называется трекинговой дугой. В ассортименте продукции «СИКАМ» существуют варианты с индексом «Р», подводящие напряжение проводника к металлическим частям зажима. Это можно сделать при помощи соединителя с прокалыванием изоляции провода. Таким образом, устраняется электростатическое напряжение, однако при этом под напряжением окажутся отдельные детали.

«СИКАМ» рекомендует защиту концевых зажимов под напряжением. Вокруг клиновых зажимов может быть установлена защита от птиц, предотвращающая случайное касание деталей зажима под напряжением ветвями или птицами.

Индексы клиновых зажимов «СИКАМ» имеют вид RA XX (XX — толщина защитного покрытия провода, 28 — от 1,5 до 3 мм или 45 — от 2,8 до 4,5 мм), YYY (YYY — сечение провода, крепление которого осуществляется). Существуют варианты 35, 50, 70, 95 и 150. Размер 150 подходит для сечений 120 и 150), Р (с защитой от трекинга).

В странах Скандинавии распространённой практикой для крепления проводов среднего напряжения с защитным покрытием являются металлические спиральные зажимы. Во многих странах они часто используются для линий среднего и высокого напряжения с неизолированными проводами. Спиральный зажим состоит из дуги, из которой тянутся две параллельные спиральные ветви. Принцип работы данного изделия заключается в наматывании обеих ветвей вокруг провода и монтажа дуги в проушину наконечника. Наматывание двух ветвей спиральной вязки осуществляется на одном и том же участке провода. При натяжении провода изолятор соединяется с креплением проушины, спирального зажима. Удлинение витков при натяжении провода и зажима приводит к сжиманию спирали, что увеличивает усилие захватывания провода. Кроме того, внутрь ветвей спирали добавляется абразивный материал, уменьшающий вероятность выскальзывания провода из спирали.

Металлические спиральные зажимы соответствуют механическим требованиям



Рис. 32. Металлический спиральный зажим

европейского стандарта для всех сечений проводов с защитным покрытием, используемых в линиях среднего напряжения. Однако металлические спиральные зажимы не имеют электрического контакта с проводом и создают электростатическое напряжение на защитном покрытии провода. Электростатическое напряжение на проводе с защитным покрытием, в сочетании с достаточно высоким напряжением (свыше 15 кВ) и в загрязнённой среде может привести к образованию тока утечки сквозь защитное покрытие или электрической дуге, и пробить защитное покрытие. Это — явление трекинга. Чтобы избежать таких повреждений, на металлические спиральные зажимы должно подаваться напряжение провода — это позволит избежать электростатического напряжения. Зажимы могут подключаться к искровому зазору с оконцевателем изолятора при помощи соединителя с прокалыванием изоляции с шунтирующим соединением.

Индексы металлических спиральных зажимов «СИКАМ» — GDG XXX D (гальванизированные зажимы для сетей распределения, XXX соответствует диапазону проводов с диаметром от 015 до 023; D соответствует правостороннему направлению витков спирали).

Монтаж клиновых зажимов осуществляется проще и быстрее. Металлические спиральные зажимы монтируются быстро и просто, однако их длина больше, чем у клиновых зажимов, что может усложнить процесс монтажа. Монтаж прессуемых концевых зажимов требует специального оборудования и занимает больше времени. Спиральные зажимы могут использоваться в линиях низкого напряжения или районах с низким уровнем загрязнения, однако при высоком напряжении (свыше 15 кВ) или в условиях загрязнённой среды возникает необходимость в дополнительном оборудовании, подводящем напряжение провода к деталям с плавающим потенциалом.

Что касается подходящего диапазона сечений провода, всё оборудование должно соответствовать механическим требованиям европейского стандарта для проводов до 150 мм², однако только прессуемые концевые зажимы и спиральные зажимы соответствуют таким требованиям при сечениях свыше 150 мм². Если механические напряжения ниже, чем предусмотрено европейским стандартом, например, как в бразильском CPFL, а натяжение провода ниже 400 Н, клиновой зажим отлично подходит для любых участков такой линии.

12.5. Подвесные крепления

Для проводов среднего напряжения с защитным покрытием редко используются подвески. Для подвешивания провода на траверсе монтируется натяжной изолятор. На свободном конце изолятора монтируется подвесной зажим. Изоляторы, используемые в таких случаях, часто комплектуются креплением с шаровым гнездом для сопровождения колебаний провода. Некоторые подвесные зажимы обеспечивают протягивание провода в корпусе, что упрощает и ускоряет монтаж. Затем, по окончании монтажа, зажим затягивают, чтобы предотвратить проскальзывание провода. Некоторые зажимы не позволяют осуществлять монтаж линии. После монтажа провод закрепляется в подвесном зажиме. Подвесные зажимы главным образом используются в линиях высокого напряжения и часто содержат устройство защиты от трекинга. Подвесные зажимы соединяются с металлическим оконцевателем изолятора. Если на этот конец не подаётся напряжение провода, электростатическое напряжение может повредить покрытие провода и подвесного зажима. Индексы подвесных зажимов «СИКАМ» следующие:

PSQ XX (XX соответствует толщине защитного покрытия провода: либо 28 – от 1,5 до 3 мм, либо 45 – от 2,8 до 4,5 мм) YY (YY соответствует сечению провода, подходящему для зажима; возможные варианты 70 или 120) P (вариант с защитой от трекинга). Данный зажим не позволяет монтаж провода.

PSP 122 TR или PSP 123 TR (возможно использование проводов сечением 35–157 мм² и 70–241 мм² соответственно). Данный зажим не позволяет монтаж провода.

GPQS (возможно использование проводов сечением 50–120 мм²). Данный зажим позволяет монтаж провода.

12.6. Крепление на штыревых изоляторах

Крепление на штыревых изоляторах распространено в Европе в сетях с напряжением ниже 15 кВ. В случае с трёхпроводной системой проводов, штыревой или опорный изоляторы могут монтироваться вертикально или горизонтально. После этого провод прикрепляется к верхней части изолятора металлическими или пластиковыми спиральными вязками. Провод может крепиться как сверху изолятора, так и сбоку, либо внутри желоба головки изолятора. Одна и та же металлическая вязка может использоваться



Рис. 33. Подвесные зажимы «СИКАМ» PSQ и PSP

в различных конфигурациях. Пластиковые вязки подбираются к каждой системе крепления.

Использование пластиковых вязок с полупроводящим внешним слоем может наблюдаться в случае с линией низкого напряжения (ниже 15 кВ); выше 15 кВ полупроводящий слой действует как плавающий потенциал и повышает вероятность электрической эрозии защитного покрытия (трекинг). На линиях напряжением выше 15 кВ мы рекомендуем использовать изолированные пластиковые вязки или металлические вязки, на которые подаётся напряжение проводника.

Индексы пластиковых вязок «СИКАМ» имеют форму PL (пластик) X (X – тип способа монтажа, D, S, T или V) T (вязка) X (X – допустимый размер провода) Y (Y – размер используемого изолятора, C, F или J).

Металлические вязки «СИКАМ» имеют следующие индексы:

GSTT (сдвоенные боковые вязки с гальваническим покрытием) XXX (XXX соответствует размеру используемого провода) DJ (размер изолятора J).

Данный способ крепления на штыревых изоляторах также используется в системах с распоркой. Несущий трос надёжно крепится к опоре, а фазные провода крепятся на опоре при помощи изоляторов. В случае с дистан-



Рис. 34. Пластиковая вязка на штыревом изоляторе



Рис. 35. Сдвоенные боковые вязки с гальваническим покрытием

ционными распорками изолятор, поддерживающий провода в горизонтальном положении, и скоба, удерживающая несущий кабель, выполнены не из изолирующего материала, поскольку несущий кабель имеет то же напряжение, что и земля. Таким образом, энергия разряда молнии может быть отведена при помощи небольшого провода и штыря заземления.

12.7. Соединения

Соединение между проводами может достигаться двумя различными способами: стык и отпайка.

Стык заключается в соединении одного конца кабеля с другим таким образом, чтобы соединение было водонепроницаемым. Провода могут соединяться под механической нагрузкой (например, в пролете при помощи гильз для соединения) или без нагрузки (в анкерной петле, когда провод не испытывает растягивающей нагрузки). В случае монтажной нагрузки соединительное устройство должно выдерживать те же уровни нагрузки, что и провод, не теряя своих качеств. В случае соединения без нагрузки требуемые механические показатели очень низки. В обеих схемах ток должен передаваться с минимальным нагревом, а соответственно и с минимальными потерями и повреждениями оборудования и провода. Хороший электрический контакт должен быть гарантирован в течение всего срока службы. Электрический контакт может обеспечиваться двумя способами: зачисткой провода (под механической нагрузкой или без неё) либо с прокалыванием защитного покрытия провода (только без механической нагрузки). Соединение с монтажной механической нагрузкой осуществляется при помощи соединительных гильз. Гильза может быть автоматической или прессуемой. При монтаже новой линии используются только прессуемые гильзы. Автоматические гильзы используются для быстрого ремонта. Однако ресурс автоматической гильзы на линии очень низок (несколько месяцев). Ремонт на

долгий срок осуществляется при помощи прессуемых гильз. Данные решения требуют зачистки провода. В случае соединения без нагрузки могут также использоваться вышеописанные гильзы, однако также возможно использование соединителей. Это могут быть соединители с прокалыванием изоляции или соединители для неизолированных проводов. При использовании соединителей для неизолированных проводов провод необходимо зачистить. Поскольку коррозионный слой на поверхности алюминия ухудшает электрический контакт, главным образом, используется алюминиевый или медный провод, зачищенные щёткой. Оксидный слой защищает от агрессивных условий окружающей среды, однако имеет низкую проводимость. Зачистка провода не соответствует принципам применения проводов среднего напряжения с защитным покрытием, поскольку вода может попасть в жилу.

Отпайка означает отвод новой линии от существующей. Для этого новый провод, называемый ответвлением, соединяется с существующим проводом, который называют магистральным. Отпайка выполняется при помощи соединителя. Данная операция осуществляется без нагрузки на линии ответвления. Электроэнергия должна передаваться на ответвление с минимальным нагревом, а значит с минимальными потерями и повреждениями. Электрический контакт может обеспечиваться двумя способами: зачисткой провода или прокалыванием защитного покрытия.

Для отпайки с зачисткой провода используются соединители, которые используются в линиях с неизолированными проводами. Однако медь и алюминий быстро подвергаются коррозии, и провод необходимо зачистить щёткой для удаления подвергнувшегося коррозии слоя непосредственно перед монтажом соединителя. После этого необходимо восстановить водонепроницаемость защитного покрытия, чтобы предотвратить попадание воды в провод и защитить детали,



Рис. 36. Соединение при помощи MJPT в Чехии



Рис. 37. Отпайка при помощи TTDC в Бразилии

находящиеся под током, в целях уменьшения риска аварии в сети. Эти операции увеличивают ресурс линии и повышают качество услуг. В случае отпайки без зачистки используются соединители с прокалыванием изоляции. В таком случае нет необходимости зачищать провод и беспокоиться о его окислении. Однако провод необходимо защитить от попадания воды, т.е. соединитель должен быть герметичным.

Попадание воды под оболочку провода может привести к разрушению жилы коррозией, поскольку вода остаётся под защитным покрытием и не может испариться. После того, как провод достаточно ослабнет, оболочка разрывается, и провод падает на землю. Это приводит к аварии в сети и оголению провода, находящегося под напряжением. Такая ситуация крайне опасна, и её определённно следует избегать. Поэтому в случае с зачищенным проводом необходимо герметизировать зачищенную его часть. Могут использоваться упругие насадки, термоусаживающиеся муфты или пломбы. Таким образом, соединитель с зачисткой изоляции может оснащаться пломбами, предотвращающими попадание воды под защитное покрытие провода, а гильзы для сращивания должны иметь герметизирующие части либо термоусаживающуюся муфту на защитном покрытии провода. Концы ответвлений герметизируются резиновыми насадками. Иногда изделия покрывают герметизирующими составами. Их недостаток заключается в том, что герметизирующие составы не устойчивы к климатическим условиям (УФ, смена температур, кислотный дождь или снег и т. д.) Герметизирующие составы также со временем разрушаются, и линия остаётся оголённой. Такого решения всегда следует избегать.

Соединители с прокалыванием изоляции обычно состоят из двух жёстких деталей,

крепящихся к металлическим контактным элементам (прокалывающие элементы). Эти детали механически соединяются при помощи болта. С их движением происходит прокалывание оболочки провода, в результате которого между проводом и прокалывающими элементами устанавливается электрический контакт. Эти винтовые устройства выполняются из металла. Если на них не подаётся напряжение провода, то они могут выступать деталями с плавающим потенциалом и создавать электростатическое напряжение. При высоком (свыше 15 кВ) напряжении и достаточно загрязнённой внешней среде это напряжение может привести к повреждению изолирующих деталей между прокалывающими элементами винтов.

В линии среднего напряжения с защитным покрытием части провода, находящиеся под током, не должны быть доступны для попадания растений или животных. Лист или ветка, касающиеся жилы провода, или птица, касающаяся жил двух проводов, могут привести к аварии на линии.

Поэтому соединители с прокалыванием изоляции должны быть изолированы таким образом, чтобы внешние элементы не касались частей провода, находящихся под током. Необходимо закрыть корпус соединителя для того, чтобы предотвратить аварию в сети.

Соединительные муфты также должны иметь защитное покрытие. Покрытие может быть интегрировано в корпус, а насадки предотвращают попадание воды на части под напряжением на стыке между муфтой и защитным покрытием провода.

Контроль и повторяемость устройства важны для обеспечения надёжности линии. Винты с срывной головкой – лучший способ обеспечить оптимальное затягивание соединителя. Срывная головка ломается, когда приложенное к винту крутящее усилие достигает значения, заданного производителем, что обеспечивает оптимальную передачу тока без повреждения проволок и снижения прочности жилы провода. Линейный рабочий также может быть уверен в результате сборки без динамометрического ключа (который требует регулярной калибровки). Срывная головка всегда осуществляет скручивание при нужном крутящем усилии. Значение силы скручивания пластиковых головок меняется в зависимости от температуры. При низких температурах пластик становится твёрже, и крутящее усилие скручивания выше, чем при обычной температуре. Покрытие провода (также выполненное из



Рис. 38. Конструкция срывной головки

пластика) при низкой температуре также становится твёрже. Крутящий момент, необходимый для оптимального контакта, чуть выше, чем при обычной температуре. И наоборот, при высокой температуре пластик срывной головки становится мягче. Оболочка провода, соответственно, более гибкая и легче прокалывается. Крутящий момент скручивания срывной головки снова подстраивается для того, чтобы обеспечить наилучший электрический и механический контакт соединителя с проводом.

Пластиковая срывная головка адаптируется к температуре и всегда гарантирует наилучший электрический и механический контакт. В отличие от неё, металлическая срывная головка более стабильна и не адаптируется к температуре. «СИКАМ» рекомендует использовать пластиковые срывные головки со всеми соединителями с прокалыванием изоляции на проводах среднего напряжения с защитным покрытием.

Соединитель с прокалыванием изоляции может использоваться для соединения проводов без натяжения; в таком случае он оснащается двумя герметизирующими насадками. Первая насадка герметизирует магистральный провод, а вторая – провод ответвления.

«СИКАМ» предлагает широкий ассортимент соединителей с прокалыванием изоляции. Линия изделий TTDC позволяет одновременное прокалывание изоляции магистрального провода и провода ответвления. Эти изделия могут использоваться на линиях среднего напряжения напряжением до 52 кВ. Диапазон сечений провода – от 16 мм² до 241 мм². Изделия закрывают и герметизируют находящиеся под током части соединителя. Прокалывающие элементы и герметизирующие части адаптированы к толщине защитного покрытия и к сечению провода. Соединители оснащены герметизирующими насадками, предотвращающими попадание воды в провод, и пластиковыми срывными головками, обеспечивающими оптимальное крутящее усилие в зависимо-

сти от температуры. Цветные защитные колпачки винтов позволяют быстро определить соответствие соединителя толщине защитного покрытия провода. Маркировка на соединителе содержит информацию о допустимых сечениях и диаметрах магистрального провода и провода ответвления, а также название изделия, схему, отметку об устойчивости к погодным условиям, крутящее усилие, при котором головка осуществляет скручивание при комнатной температуре, размер головки болта и толщину оболочки.

Линия изделий NTDC соединяет неизолированный магистральный провод с проводом ответвления с защитным покрытием. Неизолированный магистральный провод может быть выполнен из алюминия или меди. Эти изделия, как и TTDC, применимы для напряжения до 52 кВ. Изделия серии NTDC предназначены для проводов сечением 50–240 мм². Герметизирующие накладки обеспечивают водонепроницаемость вокруг прокалывающих элементов провода ответвления. Прокалывающие элементы и герметизирующие части адаптированы к толщине защитного покрытия и к сечению провода. Соединители оснащены герметизирующими насадками, предотвращающими попадание воды в провод, и пластиковыми срывными головками, обеспечивающими оптимальное крутящее усилие в зависимости от температуры. Цветные защитные колпачки винтов позволяют быстро определить соответствие соединителя толщине защитного покрытия



Рис. 39. Прокалывающий зажим TTDC 45501 FA

провода. Маркировка на соединителе содержит информацию о допустимых сечениях и диаметрах магистрального провода и провода ответвления, а также название изделия, схему, отметку об устойчивости к погодным условиям, крутящее усилие, при которых головка осуществляет скручивание при комнатной температуре, и размер головки болта.



Рис. 40. NTDC, смонтированный на неизолированном медном проводе

На NTDC нанесена длинная белая отметка со стороны главного провода. Белая отметка позволяет рабочему и проверяющему моментально проверить, верно ли смонтирован соединитель.

Индексы «СИКАМ» указаны на схеме в каталоге.

12.8. Защита от перенапряжений

Защита сетей важна, поскольку линии среднего напряжения с проводами с защитным покрытием чувствительны к скачкам напряжения. Избавиться от скачка напряжения в проводе с оболочкой сложно. Под действием таких скачков часто оказывается оболочка провода возле изоляторов. Если импульс высокого напряжения не погаснет, то могут быть повреждены трансформаторы и другое линейное оборудование. Скачки напряжения бывают различных типов, и способы защиты от них различны:

Скачок напряжения из-за молнии.

Это наиболее сильное воздействие, которое может испытать линия. Энергия дуги может повредить жилу и оболочку провода вблизи изоляторов (высоким электростатическим напряжением). Прошивание оболочки вместе с термическим расширением позволяет воде проникнуть через оболочку провода. Прожиг дуги через оболочку провода следует избегать. Соединители с прокалыванием изоляции, оснащенные роговым разрядником, позволяют вывести дугу из провода. Разряд может произойти между фаза-

ми или между фазой и землей. Устройства защиты от дуги TNDC XXXXX ECL, TNDC XXXXX ECLSA или TNDC XXXXX ECLT (XXXXX – диапазон допустимых сечений и толщины оболочки) состоят из соединителя с прокалыванием изоляции со стороны главного провода и дугозащитного рога со стороны ответвления. Дугозащитный рог со стороны ответвления монтируется перед заземленным рогом (скобой) в случае защиты от дуги между фазой и землей. На натяжных изоляторах используются дугозащитные рога ECLPSI. Одна сторона находится под тем же напряжением, что и провод, а другая сторона заземлена. Расстояние между двумя концами пары разрядников составляет 60–80 мм для сетей 15 кВ и 120–140 мм для сетей 24 кВ. «СИКАМ» рекомендует промежуток около 5 мм/кВ, учитывая напряжение U_0 в сети. Это примерное значение является относительным, поскольку в нём должна учитываться диэлектрическая прочность воздуха в зависимости от погодных условий. Системы с искровым промежутком ненадежны в случае небольшого скачка напряжения, однако при больших превышениях напряжения, как, например, при молниях, такие системы эффективны.

Молния имеет высокую интенсивность и причиняет повреждения путём нагрева проводов. Молния может привести к взрыву ограничителя перенапряжения на основе оксидов металлов. Важно быстро от неё избавиться. «СИКАМ» также рекомендует монтаж дугозащитных рогов через каждые три опоры (около 250 м) на одной фазе в регионе со стандартным уровнем вероятности возникновения молний ($N_g < 2,5$ ударов/км²). В районах с очень низким количеством молний устройства монтируются через каждые 6 опор (около 500 м). В районах с высокой вероятностью возникновения молний ($N_g > 2,5$), «СИКАМ» рекомендует монтаж роговых разрядников на каж-

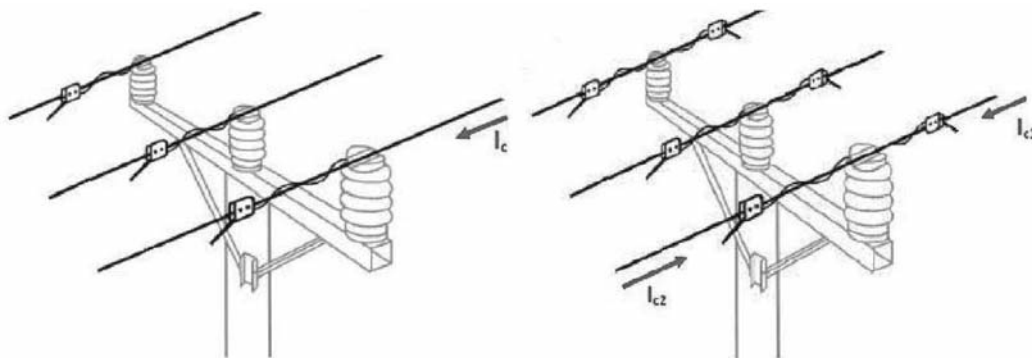


Рис. 41. Схема размещения APD в зависимости от направления тока

дой фазе (около 80 м). Когда молния ударяет в фазу, между фазами (а также между фазой, в которую ударила молния, и землёй) образуется разница потенциалов, превышающая нормальную. Диэлектрическая плотность воздушного промежутка между дугозащитными рогами уменьшается, и между ними возникает электрическая дуга. Образовавшаяся дуга рассеивает большое количество энергии (в форме тепла). Эта энергия рассеивается в воздухе. К двум дугозащитным рогам может быть последовательно подключён ограничитель перенапряжения на основе оксидов металлов. Таким образом повышается надёжность дугозащитных рогов и уменьшается вероятность повреждения ограничителя, поскольку большая часть энергии рассеивается в воздухе до попадания в ограничитель. Преимуществом данного метода является то, что дуга исчезает сама по себе. Нет необходимости отключать сеть для того, чтобы погасить образовавшуюся дугу.

Дуга, возникшая между фазами или между фазой и землёй, не устраняется сама собой. Необходимо отключить подачу тока и восстановить напряжение в линии. Автоматический выключатель может быстро отключить подачу электроэнергии. При этом происходит перебой в энергоснабжении.

Угловой дугозащитный рог срабатывает очень хорошо. Его основным недостатком является быстрый износ (10 лет) в районах с умеренной вероятностью возникновения молний ($N_g \approx 2,5$). Была разработана новая форма дугозащитного рога с вертикальным стержнем. Такой разрядник монтируется с заземлённым штырём. При этом дуга образуется между фазой и землёй.

Важно, чтобы дугозащитные рога монтировались непосредственно после изолятора (относительно направления тока). Если ток может двигаться в обоих направлениях, то необходимо симметрично установить на опоре два разрядника.

Скачки напряжения из-за работ на линии или электромагнитной индукции.

Скачки напряжения из-за работ на линии или электромагнитной индукции имеют намного меньшую энергию по сравнению со скачками из-за ударов молний. Решение с дугозащитными рогами в случае таких слабых скачков ненадёжно. Кроме того, повреждение проводов такими скачками не имеет большого значения. Они более вредны для трансформаторов, электродвигателей и другого оборудования среднего напряжения. Для защиты оборудования от повреждения такими слабыми скач-

ками напряжения, «СИКАМ» рекомендует применять ограничители перенапряжения на основе оксидов металлов. Эти устройства действуют в качестве изолятора, когда напряжение в сети ниже порогового. Если в проводе происходит скачок и напряжение в нём становится выше порогового, ограничитель срабатывает как провод заземления. Один конец ограничителя соединён с землёй, а другой – с фазой. Поэтому в случае скачка напряжения в проводе избыточное напряжение отводится в землю. Порог срабатывания ограничителя очень точен и обеспечивает наилучшую защиту для оборудования среднего напряжения.

12.9. Заземление и короткое замыкание

При работах на линиях среднего напряжения с проводами с защитным покрытием необходимо соблюдать те же правила безопасности, как и при работах на линиях среднего напряжения с неизолированными проводами. Поэтому рабочий должен иметь возможность проверить наличие заземления на участке линии. Поскольку прямой доступ к напряжению провода с защитным покрытием невозможен, для работы на проводах среднего напряжения с защитным покрытием необходимо устанавливать оперативные ответвительные зажимы со скобой. Временное заземление выполняется при помощи подключения скобы на каждой фазе к устройству временного заземления. При этом, учитывая необходимую длину кабеля и высоту опор, целесообразно использовать соединение трёх заземляющих проводов от каждой фазы в один общий заземляющий спуск. Данное решение состоит из медного



Рис. 42. Устройство заземления ВЛЗ

провода, соединённого с земляющей струбциной, с одной стороны, и с винтовым соединителем для скобы на фазном проводе, с другой стороны. Такой соединитель может быть установлен на линии при помощи штанги для работы под напряжением.

13. Группа «СИКАМ» — ведущий разработчик оборудования для ВЛЗ. Опыт работы во многих странах мира

Группа «СИКАМ» удовлетворяет запросы энергетических компаний по всему миру при помощи сети представительств во многих развитых странах. В 23 странах мира работают 56 компаний группы.

Деятельность в области воздушных линий электропередач ведут 18 предприятий группы, среди которых «СИКАМ Франция» в г. Помпадур является ведущим предприятием по части исследований, разработки, менеджмента, производства и монтажа продукции. Её работу поддерживает собственный учебный центр «Академия Сикам».

Вся продукция для воздушных линий среднего и низкого напряжения разрабатывается подразделениями группы. Выпускаемая продукция соответствует требованиям стандартов и адаптируется к сетям каждой страны. Деятельность по разработке продукции сопровождается активным производством прототипов.

Группа «СИКАМ» в г. Помпадур, Франция, располагает разнообразными производственными мощностями, обеспечивающими холодное и горячее формование, машинную обработку, резку, обработку поверхностей, инъекцию пластика, инъекцию резины, сборку и т. д.

Кроме того, Группа «СИКАМ» осуществляет поддержку и мониторинг своих клиентов для того, чтобы определить, какая продукция соответствует их потребностям и техническим требованиям, предъявляемым энергетическими компаниями.

Группа «СИКАМ» работает с множеством энергетических компаний по всему миру. «СИКАМ» ежедневно принимает участие в монтаже линий среднего напряжения с проводами с защитным покрытием путём предоставления необходимого оборудования для креп-

ления, подвески, подключения и защиты линий во многих странах.

14. Испытательная база и подтверждение на соответствие продукции требованиям стандартов

Группа «СИКАМ» занимается проектированием и разработкой продукции, соответствующей новейшим европейским стандартам. Для описания своей продукции Группа оборудовала на своих дочерних предприятиях лаборатории, располагающие новейшими технологиями испытаний.

Лаборатория LABEP в г. Помпадур является основным испытательным центром. В лаборатории имеется оборудование для проведения испытаний:

- стенд для испытания на разрыв;
- климатические камеры;
- камера SO₂ и солевого тумана;
- испытание на диэлектрическую прочность;
- испытание на электрическое старение;
- генератор высокой мощности для испытаний на короткое замыкание;
- низкотемпературная камера;
- мониторинг качества болтов;
- испытание на удар молнии;
- клетка Фарадея – частичный разряд;
- имитация подземного монтажа;
- стенд испытания на стойкость к высоким температурам;
- испытание на циклические механические нагрузки.

Многие дочерние предприятия также располагают собственной испытательной



Рис. 43. Компании группы «Сикам» по всему миру



Рис. 44. Камера SO₂ и солевого тумана



Рис. 45. Испытание на диэлектрическую прочность

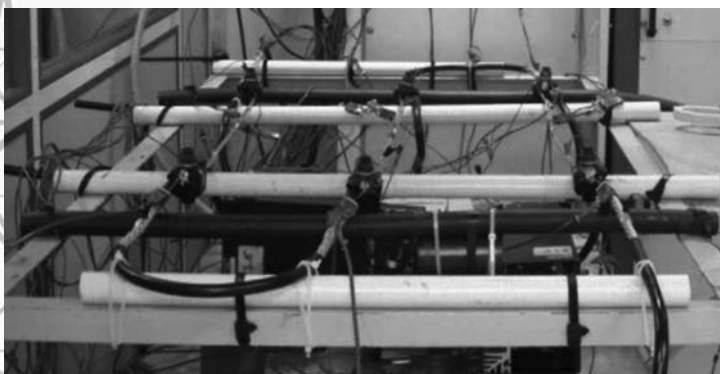


Рис. 46. Испытание на электрическое старение

базой. У группы есть несколько лабораторий во Франции: на предприятиях DERVAUX, SATU; в Европе: Италия, Англия, Германия, Испания; и в других странах мира: Тунис, ЮАР, Индонезия, Канада, Китай, Индия, Аргентина, Россия и Австралия.

Некоторые из этих лабораторий осуществляют испытания по другим технологиям, например:

- испытания на вибрацию;
- испытание на электрическое старение с погружением в холодную воду.

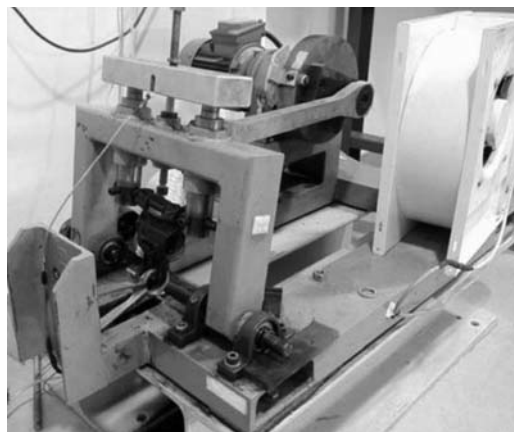


Рис. 47. Испытание на циклические механические нагрузки



Благодаря широкой испытательной базе, LABEP является лабораторией, аккредитованной Французской комиссией по аккредитации (Cofrac): она способна осуществлять стандартизированные испытания и проводить калибровку испытательного оборудования. Она также может определять соответствие продукции согласно стандартам и французской процедуре ASEFA.

15. Представительства для обслуживания клиентов по всему миру

Над удовлетворением потребностей энергетических компаний в группе «СИКАМ» работает более 2000 человек по всему миру. Наши представительства состоят из менеджеров, готовых встречаться с клиентами для предоставления помощи и определения оборудования, соответствующего ситуации на местах. Наши инженеры и техники готовы разработать требуемую продукцию для ваших условий.