

Технология прокладки кабеля. Так ли важно её соблюдать?

Некоторые вопросы по поводу ошибок при монтаже кабельных линий

Георгий НЕВАР, начальник службы контроля монтажа кабельных линий
ООО «ПО «Энергокомплект», шеф-инженер, Белоруссия, г. Витебск

В процессе эксплуатации кабелей как элементов электрической сети всегда приходится решать задачи, касающиеся условий их работы и технического обслуживания. С момента изобретения кабеля и широкого применения кабельных линий электропередачи актуальными и серьёзными вопросами являются надёжность и долговечность кабелей, а также кабельной арматуры (соединительных и концевых муфт), обеспечивающей длительную работу кабельных линий.

Наличие большого количества подземных инженерных коммуникаций (трубопроводы горячего и холодного водоснабжения, газопроводы и т.п.), наземного и подземного рельсового электротранспорта, линий связи, в том числе и высокочастотных, и т.д. в городских условиях негативно сказывается на работе подземных электрических кабелей традиционной конструкции с металлической оболочкой, а также и на сроке их службы. Кроме этого, высокая химическая и электрохимическая активность грунта в населённых пунктах быстро разрушает защитную оболочку кабеля. Во второй половине XX века исследования показали, что использование масла в качестве изолирующей среды, свинцовой защитной оболочки отрицательно сказывается на экологии.

Конструкция кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) в общем виде унифицирована. Жила кабеля покрывается слоем основной изоляции, поверх которой накладывается электропроводящий концентрический экран, чаще всего в виде медных проволок и фольги. В ряде модификаций на поверхность изоляции жилы накладывается герметизирующий слой из водопоглощающей (водоблокирующей) ленты или огнестойкие и пожаробезопасные элементы. Снаружи кабель покрывается

герметичной, светостабилизированной оболочкой из сшитого полиэтилена или ПВХ-пластиката, не поддерживающего горение.

Сшитый полиэтилен СПЭ (XLPE, в соответствии с обозначением МЭК) отличается хорошими диэлектрическими свойствами и большим запасом термической и механической стойкости, высокой устойчивостью к агрессивным грунтам и блуждающим токам. Для кабелей с изоляцией из СПЭ нет ограничений в прокладке по сложным трассам и вертикальным уровням. Эти качества обусловили преимущественное применение таких кабелей в развитых странах Европы и Америки.

Благодаря своей конструкции, передовой технологии изготовления, постоянному контролю технологического процесса и современным материалам кабели с изоляцией из СПЭ обладают лучшими электрическими и механическими свойствами и более длительным сроком службы по сравнению с другими типами кабелей, выпускаемыми серийно.

Учитывая современный уровень развития технологий и опыт производителей кабельной продукции, говорить об электрических пробоях изоляции кабеля, связанных с производственным браком завода-изготовителя, уже не приходится.

Основными причинами выхода из строя КЛ являются внешние механические повреждения, которые чаще всего происходят или создаются при прокладке кабеля и монтаже кабельной арматуры. Из-за небрежности, а зачастую и недостаточного умения работников СМО, использования изношенного и несоответствующего условиям прокладки оборудования, нарушения технологии прокладки кабеля и монтажа кабельной арматуры происходит наибольшая часть повреждений кабельных линий в процессе эксплуатации. К таким причинам относятся:

- длительное нахождение кабеля без капы (оконцевателя, который служит для герметизации концов кабеля);
- превышение допустимых усилий при протяжке кабеля;
- несоблюдение допустимого радиуса изгиба кабеля;
- перегрев изоляции при монтаже муфты;
- попадание посторонних предметов внутрь муфты;
- наличие жировых следов на жиле и изоляции;
- разрушение оболочки от внешних механических воздействий и электрохимической коррозии.

Технология прокладки и монтажа кабельных линий практически не зависит от конструкции кабеля и материала изоляции. Требование эксплуатирующих организаций применять при прокладке кабеля лебёдку с устройством контроля усилия тяжения кабеля, использования линейных и угловых роликов, направляющих воронок и т.п. абсолютно не противоречит нормативным документам и инструкциям 50—60-х годов XX века.

Прямым подтверждением этому являются кабельные линии 6—10—35—110 кВ, проложенные в эти годы и работающие до настоящего времени. Вскрывая кабельные линии 50-х годов, хочется «снять шляпу» перед теми людьми, которые прокладывали эти кабели. И подсыпка выполнена идеально песком, и присыпан кабель, как положено, и кирпич уложен ровно, местами мел на джутовом покрытии сохранился, а ведь техники в те времена столько не было.

В действующих нормативных документах имеются конкретные указания по правилам проектирования кабельных линий и электропроводок, выполняемых с применением кабелей и проводов без указания конкретных видов изоляции. Ссылки на отсутствие нормативов по кабелям с изоляцией из СПЭ не обоснованы, что говорит о недостаточной компетенции персонала проектных, электромонтажных, а зачастую и эксплуатирующих организаций. Это приводит к затруднениям при проектировании, прокладке и монтаже внешних кабельных линий и электропроводки внутри помещений и внешних электрических сетей, их эксплуатации и не позволяет в ряде случаев принимать технически обоснованные решения. В какой-то части эти вопросы отражаются в инструкциях заводов-изготовителей кабелей и кабельно-проводниковой продукции.

Невыполнение регламента прокладки кабеля в этих случаях может привести по крайней мере к двум негативным явлениям — термическому разрушению кабеля при его эксплуатации в номинальном режиме либо локальному снижению электрической прочности изоляции на некотором «особом» участке кабеля. Деградация изоляции при комбинирован-

ном воздействии электрического и теплового полей больше сказывается на снижении её электрической прочности при высокочастотных импульсных перенапряжениях, которые, например, могут инициировать коммутационные перенапряжения. Таким образом, неправильное проектирование, нарушения технологии прокладки и монтажа кабельной линии с любым видом изоляции на «особых участках» могут с течением времени спровоцировать аварийную ситуацию, связанную с тепловым разрушением изоляции кабеля или его электрическим пробоем.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ В ЗЕМЛЕ

Прокладка и монтаж кабелей должны выполняться специализированной монтажной организацией, имеющей соответствующее оборудование, приспособления, инструмент, материалы и квалифицированных специалистов, прошедших специальное обучение. Монтаж кабелей должен выполняться по проекту производства работ (ППР) с учётом требований инструкции завода-изготовителя, а также действующих нормативных документов: СНиП 3.05.06-85 «Строительные нормы и правила. Электротехнические устройства» и «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ).

Прокладку кабелей разрешается начинать только при наличии проектной документации на кабельную линию и проекта производства работ (ППР).

К началу работ по прокладке кабелей должны быть полностью закончены строительные работы по сооружению туннелей, каналов, эстакад, колодцев, включая установку закладных частей для крепления кабельных конструкций, выполнены отделочные работы, смонтированы электроосвещение, вентиляция, а также системы пожаротушения и водоудаления.

Траншеи и блоки для прокладки кабелей к началу работ должны быть полностью подготовлены.

Тяжение кабелей во время прокладки должно производиться тяговой лебёдкой при помощи проводочного кабельного чулка, установленного на оболочке кабеля, или клинового захвата, закрепляемого за токопроводящую жилу. При протяжке кабеля через трубы применение клинового захвата недопустимо, так как в трубе может быть вода. Усилия тяжения кабеля P , возникающие при прокладке, не должны превышать величин, рассчитанных по формуле:

$$P = \sigma \cdot S$$

где P — усилие тяжения, Н (кГс);

S — площадь поперечного сечения жилы кабеля, мм²;

σ — предельно допускаемое при растяжении механическое напряжение в жиле кабеля, равное:

- 50 Н/мм² (5 кГс/мм²) — для кабелей с медной жилой;

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ

Рис. 1. Крепление «чулка» на кабеле с помощью банджа



Рис. 2. Повреждение оболочки кабеля при протяжке через трубу без воронки



- 30 Н/мм² (3 кгс/мм²) — для кабелей с алюминиевой жилой.
- Тяговая лебёдка должна иметь специальные устройства, позволяющие:
- контролировать усилие тяжения кабеля;
 - производить запись этого усилия на диаграмму в течение всего процесса тяжения кабеля;
 - осуществлять автоматическое отключение тяговой лебёдки, если усилие тяжения превысит заданную величину;

Рис. 3. Элемент повреждённого от перегрева кабеля



- трос тяговой лебёдки должен быть снабжён противозакручивающим устройством.

Усилия тяжения кабеля при прокладке должны быть рассчитаны при проектировании кабельной линии и учтены при заказе строительных длин кабеля.

При подготовке к тяжению проволочным чулком или концевым захватом необходимо их закреплять так, чтобы не повредить защитную капу на конце кабеля. Для предотвращения сползания чулка (концевого захвата) с кабеля он должен быть забандажирован тонкой проволокой и липкой ПВХ-лентой (рис. 1).

Не допускается протяжка кабеля по поверхности земли, по дну траншеи, по конструкциям эстакад и кабельных каналов без применения роликов и других специальных приспособлений, причём расстояние между роликами и их количество должно исключать касание кабелем поверхности и конструкций при прокладке (протяжке) во избежание повреждения верхних покровов кабеля (рис. 2).

Не менее важна (ответственна) и технология подсыпки и присыпки кабеля грунтом. Присыпка и засыпка кабелей даже просеянными грунтами, в основе которых глинозёмы, приводят к ухудшению условий охлаждения кабеля как в рабочем, так и в послеаварийном режиме (рис. 3).

На рис. 3 представлен участок кабельной линии 10 кВ, повреждение которой произошло вследствие перегрева токопроводящей жилы (ТПЖ) из-за неправильного выбора сечения (при расчёте не были учтены условия прокладки). На рисунке чётко видны на правой части кабеля «припекшиеся» к его оболочке частицы глинозёма, которым был засыпан кабель. В левой части рис. 3 на оболочке кабеля нет следов грунта, так как песчано-гравийная смесь просто ссыпалась при извлечении кабеля из грунта.

На рис. 4 показана укладка кабелей в траншее со стяжкой пластиковыми хомутами, а на рис. 5 — укладка кабелей со стяжкой медной проволокой.

При монтаже кабельных линий в земле [2, 3, 8] кабели с изоляцией из СПЭ прокладываются в траншеях и должны иметь снизу подсыпку, а сверху — засыпку из песчано-гравийной смеси (песок с размером зёрен не более 2 мм и гравий с размерами частиц до 5 мм в соотношении 1:1). Окончательная засыпка траншеи выполняется естественным грунтом без строительного мусора, растительных остатков и т.п.

Для защиты кабеля от механических повреждений служат прежде всего полнотелый кирпич и неармированные бетонные плиты. В настоящее время появились пластиковые плиты, армированные стекловолокном. Такие плиты-листы размером 1000x500 мм активно используются в Западной Европе и соответствуют британскому стандарту BS 2484 и немецкому DIN 54841-5. Применение так называемых сигнально-защитных лент допустимо только в качестве дополнительного средства, сигнализирующего о наличии вблизи кабельной линии. По опыту эксплуатации определено, что экскаватор при зацепе такой ленты выдергивает её из грунта на 20—30 м. Проводить раскопки и восстанавливать эту ленту ни одна организация не будет.

В ряде случаев проектные организации не учитывают разделы инструкций заводов-изготовителей, в которых подробно расписана методика расчётов допустимых токов на кабели с учётом условий прокладки и эксплуатации. Согласно [1, 8] номинальное сечение ТПЖ выбирается по длительно допустимому току, скорректированному с учётом условий прокладки и эксплуатации кабеля, при помощи поправочных коэффициентов, то есть при различных способах прокладки требуются разные сечения кабеля для передачи одной и той же мощности. Поправочные коэффициенты должны быть приняты для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, длина которого превышает 10 м.

ТРУБНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Однофазная конструкция кабеля с изоляцией из СПЭ накладывает определённые ограничения на способы их прокладки в отличие от кабелей традиционных трёхфазных конструкций с бумажно-пропитанной изоляцией. Например, в [3, 4, 8] оговариваются допустимые температурные условия эксплуатации кабеля при различных способах его прокладки, а в [7] подчёркиваются особенности прокладки кабеля с изоляцией из СПЭ в местах, требующих их механической защиты с помощью труб: при пересечении инженерных сооружений, естественных препятствий и т.п. В ряде проектов на определённых участках кабельной трассы (зачастую под автодорогами и железнодорожными насыпями) предполагается пофазная прокладка кабелей в металлических трубах, что запрещено в инструкциях

Рис. 4. Укладка кабелей в траншее (стяжка пластиковыми хомутами)



Рис. 5. Укладка кабелей в траншее (стяжка медной проволокой)



всех заводов-изготовителей. При такой прокладке дополнительным источником тепла являются токи Фуко, протекающие по металлической трубе. Нагрев самой трубы вызывает дополнительный нагрев заключённого в трубу кабеля, тем самым снижая его пропускную способность.

Трубные переводы должны выполняться либо асбоцементными трубами, либо трубами ПНД, стыки труб должны быть соединены герметично. Стыки АЦ-труб необходимо забетонировать, а стыки труб ПНД — сваривать. Трубные переводы, выполненные АЦ-трубами, обязательно проверяются «на про-

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ

Рис. 6. Смазка кабеля мыльным раствором для снижения трения



Рис. 7. Герметизация труб с кабелем монтажной пеной



свет». Перед протяжкой кабеля трубы необходимо прочистить, а при необходимости — промыть водой под напором. При затяжке в трубу тягового троса через неё необходимо протянуть поршень-калибр, диаметр которого на 5 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Для трубных переходов длиной до 10 м диаметр трубы должен быть не менее 1,5 диаметра кабеля, для труб длиной более 10 м — не менее 2 диаметров кабеля.

Для снижения трения кабеля в трубе необходимо использовать смазку. В качестве смазки можно применять технический вазелин или мыльный раствор (рис. 6).

Трубные переходы должны выполняться прямыми, повороты — плавными (не более 3°), так как при больших углах возможно заклинивание тягового троса. Повороты с большими углами необходимо выполнять открытыми длиной не менее 3 м, с возможностью установки угловых роликов.

Применение гофрированных труб недопустимо, так как из-за их низкой механической прочности при протяжке троса стенки труб им прорезаются и при прохождении захвата типа «чулок» по разрезанной трубе она разрушается.

КАБЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Кабельная арматура (КА) содержит неотъемлемые элементы линии электропередачи, предназначенные для соединения и оконцевания кабелей и объединения в единое целое всех элементов линии с целью обеспечения длительной и бесперебойной работы кабельной линии как единой системы. Современная КА позволяет сократить время монтажа линии и упростить его в стеснённых и неблагоприятных условиях, а также свести до минимума влияние человеческого фактора на качество конечного продукта — кабельной линии.

Оконцевание и соединение участков кабелей являются наиболее сложными операциями в кабельных работах. При этом данные операции выполняются чаще всего в полевых условиях и при различной погоде. Подготовка рабочего места, разделка кабеля, монтаж концевых и соединительных муфт должны выполняться специально обученным персоналом, имеющим сертификаты и инструмент, так как технология монтажа у различных изготовителей КА может значительно отличаться.

После прокладки кабеля, подготовки котлованов производится монтаж соединительных и концевых муфт. Тип КА определяется проектом в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя кабеля.

ИСПЫТАНИЕ ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СПЭ

Оболочка кабелей после прокладки в земле должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ,

приложенным между металлическим экраном и заземлителем в течение 5 мин. С целью своевременного обнаружения возможных повреждений рекомендуется проводить испытания оболочек сразу после прокладки строительных длин на участках между колодцами (муфтами) до засыпки траншеи. После прокладки строительной длины кабеля необходимо удалить из траншеи инструменты и оборудование, произвести присыпку кабеля песчано-гравийной смесью толщиной не менее 100 мм.

Во время испытания следует следить за тем, чтобы никто из присутствующих на испытании и случайных людей не мог прикоснуться к оболочке кабеля на всём протяжении испытываемого участка.

В случае если оболочка кабеля не выдержала испытаний, нужно определить и открыть для осмотра место повреждения (МП) и произвести ремонт оболочки. Определить МП можно индукционным и акустическим способами или методом накладной рамки.

Ремонт оболочки кабеля должен производиться обученным персоналом. Для ремонта оболочки рекомендуется применить термоусаживаемые манжеты с подмоткой герметизирующими материалами (рис. 7).

После проведения ремонта необходимо засыпать кабель песчано-гравийной смесью толщиной не менее 100 мм и провести повторные испытания оболочки кабеля.

Если при испытаниях оболочек были вскрыты концы кабелей, закрытые капами, то после проведения испытаний на данных концах должны быть сразу же смонтированы новые капы.

Для исключения повреждения основной изоляции жил кабеля категорически запрещается прожигание места повреждения оболочки кабеля (рис. 8).

После полного монтажа кабеля, концевых и соединительных муфт необходимо провести повторное испытание оболочки кабеля.

ВЫВОДЫ

Причиной 40% повреждений кабелей как при прокладке, так и во время эксплуатации является невыполнение заказчиком, СМО и эксплуатирующей организацией в полном объеме технологии монтажа кабелей и КА, а также ошибки проектирования, технадзора за строительством и периодического надзора за кабельными линиями эксплуатирующими организациями.

Рис. 8. Повреждение основной изоляции кабеля при дожигании МП оболочки



ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 640 с.
2. СНиП 3.05.06-85 «Строительные нормы и правила. Электротехнические устройства».
3. Кабели силовые для стационарной прокладки. Общие технические условия. ГОСТ 24183-80.
4. Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10, 20, 35 кВ. Технические условия. ТУ 16.К71-335-2004 (ОАО ВНИИКП).
5. Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий. 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 288 с.
6. Бачелис Д.С., Белорусов Н.И., Саакан А.Е. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник. — М.: Энергия, 1971. — 704 с.
7. Кабели и провода. Основы кабельной техники/ А.И. Балашов, М.А. Боев, А.С. Воронцов и др. Под редакцией И.Б. Пешкова. — М.: Энергоатомиздат, 2009. — 470 с.
8. Инструкция по прокладке кабелей силовых с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6—35 кВ. — Витебск, ПО «Энергокомплект», 2010. — 47 с.
9. Невар Г.А. Об эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, «КАБЕЛЬ-news», № 3, 2011, с. 40—44.

