



В.М. Баринов, доцент Петербургского энергетического института повышения квалификации;
А.В. Пронин, заместитель начальника Службы кабельных линий;
Н.Н. Соловьев, заместитель директора – технический директор;
 ПАО «Ленэнерго», филиал «Кабельная сеть»

Входной контроль качества кабельной продукции

Аннотация. Авторы приводят многолетний опыт работы специалистов «Кабельной сети» ПАО «Ленэнерго» по входному контролю качества кабельной продукции. Это мероприятие способствует повышению надежности работы электрических сетей.

Ключевые слова: гуттаперчевая изоляция; входной контроль качества; концевые и соединительные муфты; заводские дефекты; профилактические электрические испытания; приемо-сдаточные испытания; силанольная сшивка; пероксидная сшивка; испытание повышенным постоянным напряжением; испытание повышенным переменным напряжением сверхнизкой частоты.

Abstract. The authors describe the long-term experience of «Cable network» PАО «Lenenergo» specialists related to the incoming quality control of cable products. This measure contributes to the improvement of operational reliability of power grids.

Key words: gutta-percha insulation; incoming quality control; terminations and joints; manufacturing defects; preventive electric testing; acceptance tests; silane cross-linking; peroxide cross-linking; high dc voltage test; high ac low frequency voltage test.

Материал поступил в редакцию 29.12.2016
 Баринов В.М. E-mail: bvm.energo@mail.ru

Как известно, ПАО «Ленэнерго» датой своего основания считает 16 июля 1886 г., когда император Александр III утвердил «Общество электрического освещения 1886 года». Однако первые кабели с гуттаперчевой изоляцией были проложены русскими инженерами еще в 1883 г. при реализации идеи освещения Невского проспекта от Адмиралтейства до Аничкова моста. На проспекте было установлено 32 светильника, а вдоль проспекта проложен кабель.

В настоящее время филиал ПАО «Ленэнерго» «Кабельная сеть» эксплуатирует 20 704 км кабельных линий (КЛ) различных лет прокладки, конструкций и напряжений, в том числе на напряжение 0,4 кВ – 6201 км; на напряжение 6–10 кВ – 14 503 км. Опыт эксплуатации КЛ 0,4–6–10 кВ показывает, что ежегодно около 10 % от всех повреждений КЛ в целом месте (за исключение концевых и соединительных муфт) составляют повреждения по причине заводского дефекта производителя кабеля. Данные дефекты чрезвычайно важно выявить еще на стадии строительно-монтажных работ, до начала включения кабельной линии в работу. Это связано с тем, что невозможно выявить дефекты, связанные с нарушением конструкции кабеля, при проведении профилактических электрических испытаний повышенным постоянным напряжением для кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией и переменным напряжением сверхнизкой частоты для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Кроме того, несмотря на приемо-сдаточные испытания, которые должны проводиться на заводах, входной контроль в разборочном зале «Кабельной сети» выявляет дефекты конструкции. Таким образом, приемо-сдаточные испытания

не могут гарантировать отсутствие дефектов на каждом барабане с кабелем.

Внутренние дефекты конструкции выявляются в процессе длительной эксплуатации: дефект конструкции может развиваться и в конечном итоге привести к электрическому пробоему кабеля. В процессе монтажа, а также при кратковременной эксплуатации внутренние дефекты кабеля выявить практически невозможно. Единственным возможным способом выявления дефектов производителя является проведение входного контроля кабеля – проверка соответствия его конструкции требованиям ГОСТ, ТУ и ЕТУ. Входному контролю подвергаются образцы с каждого барабана прокладываемого кабеля. Такой контроль ведется с середины 30-х годов прошлого столетия по настоящее время и не прекращался даже во время войны, особенно при прокладке пяти подводных кабельных линий 10 кВ через Ладожское озеро осенью 1942 г.

В настоящее время эта деятельность регламентируется п. 5.8.7 ПТЭ и внутренней инструкцией филиала ПАО «Ленэнерго» «Кабельная сеть» № 1-02 «по эксплуатации КЛ напряжением до 35 кВ», а также СТО ПАО «Ленэнерго» «Руководящие указания по выбору, сооружению и технологии эксплуатации КЛ напряжением 6–110 кВ на основе кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена».

До 2003 г. в филиале «Кабельная сеть» в сети 0,4–6–10 кВ применялся исключительно кабель с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) со свинцовой оболочкой. В 2003 г. согласно указанию № 117 от 30.06.2003 г. в «Кабельной сети» ПАО «Ленэнерго» приступили к опытному применению при новом строительстве кабелей с изоляцией

из сшитого полиэтилена (СПЭ) на напряжение 1–10 кВ. С 2004 г. начинается широкое применение этих кабелей в Санкт-Петербурге. В «Кабельной сети» применяются 4-х жильные кабели с силанольной сшивкой изоляции на напряжение 0,4 кВ и одножильные кабели с пероксидной сшивкой изоляции на напряжение 6–10 кВ. Применение кабельной продукции каждого завода изготовителя согласовывается отдельным документом после изучения образцов кабеля и технической документации. На сегодняшний день в «Кабельной сети» согласовано применение кабельной продукции с изоляцией из СПЭ напряжением 1–10 кВ для 15 заводов изготовителей.

Входным контролем занимается персонал разборочного зала структурного подразделения – Службы кабельных линий (СКЛ). В разборочном зале СКЛ филиала «Кабельная сеть» производится входной контроль всех силовых кабелей напряжением 0,4–6–10 кВ. Выполняется проверка на соответствие следующим ГОСТ и ТУ:

- ГОСТ 18410–73 для кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией;
- ГОСТ 53769–2010 на кабель с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66, 1 и 3 кВ, ТУ 16.К71-277–98 и ТУ 16-705.499–2010 для кабелей 0,4 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена;
- ГОСТ 55025–2012 на кабель с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно и ТУ 16.К71-335–2004 для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 10 кВ.

Серьезным подспорьем являются действующие «Методические указания по разборке, осмотру и определению причины отказа кабельной арматуры, установленной на кабелях с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 1–10 кВ». К сожалению, при внедрении кабелей с изоляцией из СПЭ и соответствующей арматуры такой документ не появился.

Как же организован входной контроль? Перед прокладкой кабеля напряжением 0,4–10 кВ подрядная строительномонтажная организация сдает в разборочный зал образцы кабеля с каждого кабельного барабана, предназначенного для строительства КЛ. Кабель, образец которого берется для вскрытия и осмотра, должен иметь сертификат соответствия. Сертификат на кабель поступает вместе с образцом кабеля. Образцы кабеля, не имеющего сертификата, на разбор и проверку не принимаются. Образец кабеля, отрезаемый от строительной длины, не должен иметь наружных повреждений. Оба конца кабеля надежно изолируются. Длина образца для кабелей напряжением до 10 кВ должна быть не менее 0,8 м. Каждый образец снабжается биркой, на которой указывается:

- наименование организации, направляющей образец кабеля;
- марка и сечение кабеля;
- номер барабана, длина кабеля на барабане;
- должность и фамилия лица, подготовившего образец кабеля.

Специалистами разборочного зала производится последовательное вскрытие и разделка каждого элемента конструкции кабеля с проведением измерений геометрических размеров элементов при помощи механических измерительных приборов (штангенциркуль, микрометр и т.п.), а также визуальный осмотр конструкции с целью выявления различных дефектов.

В связи с высокой коррозионной активностью грунтов Санкт-Петербурга согласно ЕТУ в «Кабельной сети» применяется кабели с бумажно-пропитанной изоляцией

с двойным слоем водоблокирующих лент (в маркировку вводится обозначение «2л»): АСБ2л, СБ2л и т.п. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена применяются с двойной герметизацией алюмополимерной лентой, сваренной с оболочкой, для защиты от проникновения влаги, в сочетании с продольной герметизацией водонепроницаемыми лентами (в маркировку вводится обозначение «2г») и усиленной оболочкой из полиэтилена («Пу»): АПвПу2г, ПвПу2г и т.п.

При входном контроле кабелей с БПИ проверяются:

- соблюдение геометрических размеров жил: диаметра круглых жил; высоты, ширины, угла сектора для секторных жил;
- отсутствие дефектов конструкции жил – задиров, заусенцев, вмятин и т.п.;
- толщина фазной и поясной изоляции, отсутствие складок, разрывов и совпадений лент изоляции, отсутствие осушения изоляции, стекания пропиточного состава; однородность изоляции, полупроводящих слоев; отсутствие выпадения межфазных заполнителей;
- толщина, отсутствие спиралеобразных вспучин и повреждений свинцовой оболочки;
- толщина, отсутствие зазубрин, грубых заусенцев, задиров или загибов на броне из круглых проволок, стальных или оцинкованных лент;
- толщина подушки защитного покрова;
- отсутствие зазоров в наружном покрове кабеле;
- однородность покрытия битумным составом свинцовой оболочки.

При входном контроле кабелей с изоляцией из СПЭ проверяются:

- соблюдение геометрических размеров жил;
- отсутствия дефектов конструкции жил – задиров, заусенцев, вмятин и т.п.;
- толщина изоляции, отсутствие воздушных включений;
- геометрические размеры, отсутствие дефектов, количество проволок и качество намотки медного экрана;
- качество и правильность намотки водоблокирующих алюмополимерных и лавсановых лент;
- толщина, отсутствие механических повреждений, плотность прилегания пластмассового защитного шланга.

Следует отметить, что в последнее время в «Кабельной сети» Санкт-Петербурга ведется прокладка кабелей преимущественно с изоляцией из СПЭ.

В период с 2004 г. по июнь 2016 г. силами персонала разборочного зала был произведен разбор свыше 10 280 образцов кабеля напряжением 1–10 кВ. В результате входного контроля было установлено:

- 8362 образцов КЛ напряжением 10 кВ (в том числе 6401 образцов кабеля с изоляцией из СПЭ марки АПвПу2г) не имели отклонений от требований ТУ; 285 барабанов, из них 124 образца АПвПу2г, не прошли входной контроль – имелись различные дефекты конструкции;
- 1543 образца КЛ напряжением 1 кВ (в том числе 969 образцов кабеля с изоляцией из СПЭ марки ПвБШп) не имели отклонений от требований ТУ; 58 барабанов, из них 50 образцов АПвБШп не прошли входной контроль.

Среди наиболее распространенных заводских дефектов были выявлены следующие:

- отсутствие проволок токопроводящей жилы и несоответствие геометрических параметров элементов конструкции кабеля (рис. 1), в том числе медных экранов (на кабеле с изоляцией из СПЭ);
- поврежденная поверхность токопроводящей жилы, с вмятинами, зазубринами и заусенцами, острыми кромками (рис. 2);



Рис. 1. Отсутствие проволоки токопроводящей жилы и несоответствие геометрических параметров элементов конструкции кабеля



Рис. 2. Поврежденная поверхность токопроводящей жилы, с вмятинами, зазубринами и заусенцами, острыми кромками



Рис. 3. Обрыв и сварка проволок токопроводящей жилы



Рис. 4. Перехлест медных проволок экрана



Рис. 5. Разделительный слой из водоблокирующей ленты наложен с зазором более 4-х мм

- обрывы, сварка или перекручивание проволок токопроводящей жилы (рис. 3);
- перехлест проволок экрана, обрыв медной ленты экрана (на кабеле с изоляцией из СПЭ) (рис. 4);
- неравномерное нанесение изоляции или полупроводящих слоев;
- пересушенная изоляция кабеля;
- плохая намотка фазной и поясной изоляции;
- механические повреждения водоблокирующей ленты;
- разделительный слой из водоблокирующей ленты имеет зазор более 4-х мм (рис. 5);
- несоответствие номинальным значениям толщины изоляции, оболочки, подушки и наружного покрова кабеля;
- посторонние включения и вмятины на металлической оболочке;
- отсутствие адгезии алюмополимерной ленты к оболочке (на кабеле с изоляцией из СПЭ);
- отсутствие межфазных заполнителей.

После прохождения входного контроля строительномонтажная организация получает протокол о соответствии конструкции кабеля ГОСТ и ТУ. Кабель, имеющий дефекты конструкции, не допускается к прокладке.

Большинство заводских дефектов, по-видимому, происходят из-за недостаточного контроля технологического процесса, а также из-за не настроенного должным образом оборудования. Кроме того, часто встречаются случаи несоответствия представленного образца предъявленному сертификату.

Подводя итоги, можно отметить:

- введение входного контроля качественной продукции повышает надежность работы электрических сетей;
- заводам-изготовителям силовых кабелей для повышения качества выпускаемой продукции необходимо усилить контроль за соблюдением технологического и производственного процессов, а также за состоянием оборудования;
- организациям, эксплуатирующим кабельные линии, необходимо предусматривать, чтобы строительномонтажные организации, прокладывающие кабели, проводили входной контроль;
- при обнаружении дефектов необходимо оформлять претензии и направлять их заводам-изготовителям для компенсации материального ущерба и повышения качества продукции;
- работа по входному контролю качества кабелей с изоляцией из СПЭ затруднена из-за отсутствия единых методических указаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косовский А.А. Анализ профилактических испытаний кабелей 35–6 кВ в Ленинградской кабельной сети // Эксплуатация кабелей и кабельных сетей. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1949. – С. 158–181.
2. Трост Л.Е. Методические указания по разборке, осмотру и определению причины отказа кабельной арматуры, установленной на кабелях с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 1–10 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 80 с.
3. Баринов В.М., Онищенко В.Д. Входной контроль качества кабельной продукции в Кабельной сети АО «Ленэнерго» // Городские электрические сети в современных условиях: материалы Всероссийской научно-технической конференции. (Санкт-Петербург, 1998). – С-Пб.: 1998. – С. 44–45.
4. Единые технические указания по выбору и применению электрических кабелей. (Кабели силовые). – М.: 1977. – 12 с.