

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ СИММЕТРИЧНЫХ КАБЕЛЕЙ к низким отрицательным температурам

В.Андреев, д.т.н., президент ПГУТИ,
И.Алехин, к.т.н., доцент ПГУТИ,
С.Гаврюшин, зав. лабораторией ПГУТИ,
Т.Никулина, к.т.н., доцент ПГУТИ,
Б.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ,
В.Попов, к.т.н., профессор ПГУТИ /inkat@inbox.ru

УДК 621.315.2, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.71.2.14.17

Представлены результаты исследований стойкости симметричных кабелей связи типов МКПпАШп и МКСАШп производства АО "Самарская Кабельная Компания" к циклическим изменениям температуры, а также изгибам при низких отрицательных температурах.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В России сегодня на транспортной сети применяются в основном оптические кабели, тем не менее "оптика" на сетях связи пока встречается не везде. Например, для сетей фиксированного ШПД наблюдается иная ситуация. Не более 10% населения в мире подключено к волокну непосредственно в квартире. Близкую к этой цифре долю использования архитектуры FTTH отмечают аналитики и в России. Связано это в первую очередь с достаточно большими расходами на реализацию FTTH [1]. По этой причине многие операторы связи используют менее затратные технологии FTTB и FTTC, в которых на абонентском участке задействуются медные кабели с применением высокоскоростного оборудования Ethernet и xDSL. Ставку на использование медножильных кабелей при развитии ШПД

продолжают делать сегодня операторы связи большинства стран Западной Европы. Например, в компании Deutsche Telekom затраты на строительство ШПД на основе VDSL2 на 70% ниже, чем по технологии FTTH [2]. Следует также сказать, что симметричные кабели еще достаточно широко применяются на ведомственных сетях связи. Для этих целей кабельной промышленностью, кроме давно известных кабелей связи, разработаны и выпускаются кабели с самой качественной на сегодняшний день пленко-пористо-пленочной изоляцией медных жил.

Все сказанное выше позволяет заключить, что кабели с медными жилами будут работать еще достаточно длительный промежуток времени. Поэтому вопросы обеспечения высокой надежности таких кабелей по-прежнему актуальны. Отметим, что на сетях связи в России сегодня среди медножильных наиболее

широко используются кабели четверочной скрутки типов МКПп и МКСА.

Весьма часто эти кабели прокладываются и эксплуатируются в сложных, а порой и экстремальных природно-климатических условиях. Сильные морозы в продолжительный зимний период с низкими отрицательными температурами осложняют прокладку и эксплуатацию линий связи. Как показывает практика, при монтаже медножильных кабелей связи в районах с низкой отрицательной температурой (в России более 50% территории находится в зоне вечной мерзлоты) кабели чаще всего повреждаются в месте их изгиба.

В этой связи значительный практический интерес представляет проведение экспериментальных исследований стойкости наиболее широко применяемых кабелей связи типов МКПпАШп и МКСАШп к циклическим изменениям температуры, а также изгибам при низких отрицательных температурах. Актуальность подобных исследований подтверждается выпуском в 2015 году ГОСТ по методикам механических испытаний кабелей при низкой температуре [5-7].

В статье приведены результаты исследований, выполненных в заводских условиях с применением климатической камеры, на образцах кабелей МКПпАШп 7×4×1,2+5×2×0,9+1×0,9 и МКСАШп 4×4×1,2 производства АО "Самарская Кабельная Компания". Внешняя защитная оболочка (шланг) накладывается на эти кабели на экструдере с использованием композиции полиэтилена низкой плотности марки 153-10К с добавкой термо- и светостабилизаторов. Температура хрупкости применяемой композиции полиэтилена не выше -120°C (ГОСТ 16336-2013).

Испытания кабелей на стойкость к циклическому изменению температур были выполнены по методике, аналогичной методике испытаний на стойкость к воздействию повышенной и пониженной рабочей температуры окружающей среды, которые описаны в [3, 4]. Изменения в методике выполненных авторами испытаний касались их температурного диапазона. Кабели тестировали при более жестких условиях, выдерживая в климатической камере непрерывно в течение двух циклов изменения температуры от +60° до -60°C (согласно требованиям ТУ кабели МКПпАШп испытываются при +50°C и -50°C [3], а кабели МКСАШп согласно ГОСТ - при +50°C и -30°C [4]).

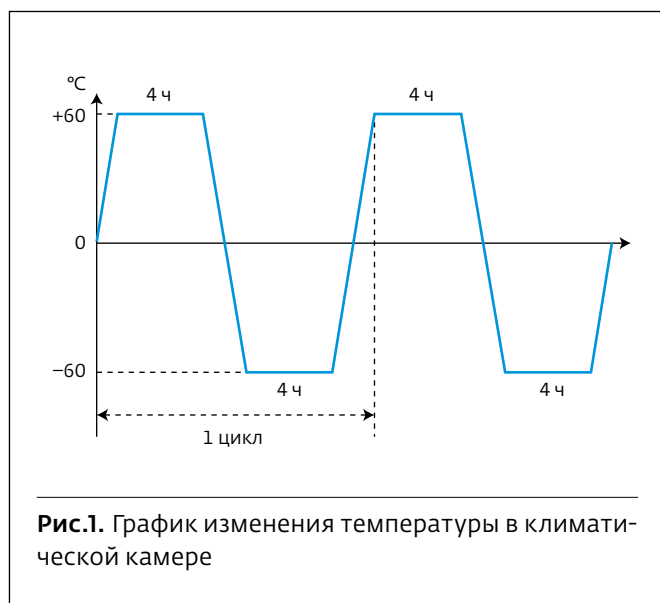
Анализ нормативно-технической документации относительно испытаний на стойкость кабелей к изгибам при низких температурах [3-8] показал, что согласно [3, 4] испытания кабелей проводятся на образцах, предварительно изогнутых на оправках при нормальной температуре (20-25°C) и затем помещенных в климатическую камеру. Вместе с тем

в стандартах [4-8] рекомендуется сначала выдерживать кабели в распрямленном состоянии при отрицательной температуре и лишь затем выполнять изгиб. Общеизвестно, что жесткость кабеля увеличивается при понижении температуры и, как следствие, возрастает вероятность его повреждения при изгибе. Чтобы смоделировать условия, наиболее приближенные к реальным условиям работы с кабелем при отрицательных температурах, было решено проводить испытания по методике ГОСТ 17495-80 для кабелей с диаметром выше 12,5 мм [8]. Поэтому в настоящей работе для оценки стойкости кабелей к изгибам перед проведением испытаний образцы выдерживались в распрямленном состоянии в течение 4 ч при температуре -60°C. Затем проводились испытания на оправках диаметром, равным 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке, согласно требованиям [3, 4]. После проведения испытаний, помимо внешнего визуального осмотра, выполнялось также испытание образцов высоким напряжением.

Результаты испытаний кабелей МКПпАШп и МКСАШп на стойкость к циклическим изменениям температуры

Испытания кабелей связи на стойкость к циклическим изменениям температуры проводились в соответствии с требованиями ТУ 16.К17-034-2003 и ГОСТ 15125-92 для кабелей МКПпАШп и МКСАШп соответственно. При этом учитывались также требования ГОСТ 20.57.406-81 [9], согласно которому климатическая камера должна поддерживать испытательные режимы с отклонением температуры от заданного значения не более ±2°C.

Испытания проводились в следующем порядке. Образцы кабелей длиной 2 м и диаметрами по алюминиевой оболочке, равными 26 мм для кабеля МКПпАШп и 19 мм для кабеля МКСАШп, выдерживались при нормальной температуре окружающей среды в течение 2 ч. Затем при той же температуре образцы плотно наматывались на оправки диаметрами, равными 30 диаметрам кабелей по алюминиевой оболочке. Для кабеля МКПпАШп диаметр оправки составлял 700 мм (не превышает 780 мм, что равно 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке), а для кабеля МКСАШп - 550 мм (не превышает 570 мм, что равно 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке). Концы образцов кабелей при этом герметично заделывались. Намотанные на оправки образцы затем помещались в климатическую камеру марки EXCAL 7723HE и выдерживались два цикла климатических испытаний (рис.1). За цикл испытаний принималось: понижение температуры до -60°C



и выдержка в течение 4 ч, повышение температуры до +60°C и выдержка в течение 4 ч.

Затем образцы кабелей извлекались из камеры и выдерживались в нормальных климатических условиях в течение 2 ч. После этого выполнялся визуальный осмотр образцов на отсутствие растрескиваний на внешней полиэтиленовой оболочке. Затем осуществлялась проверка кабелей напряжением в соответствии с требованиями ТУ.

Испытательное напряжение величиной 2 кВ с частотой тока 50 Гц подавалось между всеми токопроводящими жилами, соединенными вместе, и металлической оболочкой в течение 2 мин. Визуальный осмотр образцов кабелей МКПпАШп и МКСАШп и проверка их напряжением показали, что они полностью прошли испытания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ МКПпАШп И МКСАШп НА СТОЙКОСТЬ К ИЗГИБАМ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Два образца кабелей с внешним диаметром 30 мм для МКПпАШп и 22 мм для МКСАШп помещались в распрямленном состоянии в климатическую камеру. Затем образцы выдерживались в ней при отрицательной температуре, равной -60°C, в течение 4 ч.

После выдержки в камере холода образцы подвергались трем циклам изгиба вокруг оправок в противоположных направлениях (рис.2) со скоростью один изгиб в течение 3 с на специально изготовленной в соответствии с требованиями [8] установке. Образец изгибался под углом 90°. За один цикл принимались: изгиб вправо, выпрямление, изгиб влево, выпрямление. Радиусы оправок составляли 390 мм для кабеля МКПпАШп и 285 мм для МКСАШп, что



Рис.2. Установка для испытаний с изогнутым кабелем

соответствовало 30 диаметрам кабелей по алюминиевой оболочке, согласно требованиям [3, 4].

Чтобы выполнить три цикла изгиба, каждый образец кабеля извлекался из климатической камеры и изгибался за ее пределами на установке. Время после извлечения кабеля и выполнения трех циклов изгиба не превышало 3 мин. После выполнения трех циклов изгиба выполнялся визуальный осмотр кабеля на наличие или отсутствие повреждений. Затем образцы выдерживались при нормальной температуре 2 ч и выполнялись испытания напряжением. Образец кабеля считался выдержавшим испытания, если на его поверхности отсутствовали визуально различимые повреждения (трещины) и он выдерживал испытание напряжением.

После трех циклов изгиба был выполнен визуальный осмотр кабелей. Повреждений на оболочке кабелей не было. Затем образцы выдерживались в течение 2 ч при температуре +20°C. Далее была выполнена подготовка образцов к испытаниям напряжением, которые проводились в соответствии с ТУ 16.К17-034-2003 для МКПпАШп и ГОСТ 15125-92 для МКСАШп. В течение 2 мин испытательное напряжение величиной 2 кВ с частотой тока 50 Гц подавалось между всеми токопроводящими жилами, соединенными вместе, и металлической оболочкой. Оба образца кабелей выдержали испытание напряжением.

Таким образом, по результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы: кабели МКПпАШп и МКСАШп при температуре -60°C выдерживают изгибы с радиусом кривизны, равным 30 диаметрам кабеля по алюминиевой оболочке:

на алюминиевой и полиэтиленовой оболочках трещин не наблюдалось и образцы выдержали испытания напряжением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных экспериментальных исследований сводятся к следующему:

- Симметричные высокочастотные кабели связи МКПпАШп с пленко-пористо-пленочной полиэтиленовой изоляцией и симметричные высокочастотные кабели связи с кордельно-полистирольной изоляцией МКСАШп обладают высокой стойкостью к циклическим изменениям температуры в диапазоне от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$.
- Показана высокая холодостойкость наружной полиэтиленовой оболочки кабелей к изгибам: они выдержали испытания при изгибе радиусом 30 диаметров кабелей по алюминиевой оболочке при температуре -60°C , что является более жестким условием по сравнению с требованиями нормативных документов.
- Для обеспечения высокой стойкости симметричных кабелей связи типа МКПпАШп и МКСАШп к низким отрицательным температурам необходимо использовать для наложения оболочек композиции полиэтилена, стойкие к термоокислительному и фотоокислительному старению, и экструдеры, оборудованные средствами термомониторинга и термостабилизации с точностью регулирования температур $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маззарес Д. Влияние увеличения пропускной способности на структуру оптоволоконной сети // Первая миля. 2016. №6. С. 72-74.
2. Спрайт П., Ванхастел С. Векторизация 2.0: G.fast становится еще быстрее. Первая миля. 2015. №1. С. 62-65.
3. ТУ 16.К17-034-2003. Кабели связи симметричные высокочастотные с пленко-пористой полиэтиленовой изоляцией. 28 с.
4. ГОСТ 15125-92. Кабели связи симметричные высокочастотные с кордельно-полистирольной изоляцией. 27 с.
5. ГОСТ IEC 60811-504-2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 504. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на изгиб при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
6. ГОСТ IEC 60811-505-2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 505. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на удлинение при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.
7. ГОСТ IEC 60811-506-2015. Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 504. Механические испытания. Испытания изоляции и оболочек на удар при низкой температуре. – М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
8. ГОСТ 17491-80. Кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией и оболочкой. Методы испытания на холодостойкость. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
9. ГОСТ 20.57.406-81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2005. 132 с.