

УДК 621.3.04

КАБЕЛИ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Копылов Е.А., Забелло И.В., Качук А.В.

Научный руководитель – м.т.н., ст. преп. Гецман Е.М.

В настоящее время на рынке СНГ (в частности на рынке РБ) кабельно-проводниковой продукции наблюдается стабильное увеличение производства-потребления кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Белорусское и российское обозначение этих кабелей СПЭ, английское — XLPE, немецкое — VPE, шведское — PEХ.

Преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена

Отметим основные преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-кабелей) перед кабелями с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ-кабелями):

- в зависимости от условий прокладки пропускная способность СПЭ-кабелей в 1,2—1,3 раза больше благодаря более высокой допустимой длительной температуре,
- термическая стойкость СПЭ-кабелей при токах короткого замыкания (КЗ) выше благодаря большей предельной температуре, удельная повреждаемость СПЭ-кабелей в 10—15 раз ниже, чем у БПИ-кабелей,
- большой срок службы СПЭ-кабеля (по данным заводов-изготовителей более 50 лет),
- более легкие условия монтажа СПЭ-кабелей (рисунок 2), обусловленные меньшими массой, диаметром, радиусом изгиба, отсутствием тяжелой свинцовой (или алюминиевой) оболочки,
- СПЭ-кабели можно прокладывать при отрицательных температурах (до -20 °С) без предварительного подогрева благодаря использованию полимерных материалов для изоляции и оболочки,
- отсутствие в конструкции СПЭ-кабелей жидких компонентов уменьшает время и снижает стоимость монтажа,
- СПЭ-кабели высоко экологичны благодаря отсутствию утечки масла и загрязнения окружающей среды при повреждении,
- гигроскопичность конструктивных элементов СПЭ-кабеля значительно меньше, чем БПИ-кабеля, высокие диэлектрические свойства изоляции,
- СПЭ-кабели не имеют ограничений по разности уровней кабельной трассы.

Устройство кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена

Основной особенностью СПЭ-кабелей является их принципиально новая изоляция — сшитый полиэтилен (рисунок 1). Полиэтилен как изоляция известен достаточно давно. Но обычному термопластичному полиэтилену присущи серьезные недостатки, главным из которых является резкое ухудшение характеристик при температурах, близких к температуре плавления. Изоляция из термопластичного полиэтилена начинает терять форму, электрические и механические характеристики уже при температуре 85 °С.



Рисунок 1. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена

Изоляция из сшитого полиэтилена сохраняет форму, электрические и механические характеристики даже при температуре 130 °С.



Рисунок 2. Прокладка СПЭ-кабеля

Термин «сшивка» или «вулканизация» подразумевает обработку полиэтилена на молекулярном уровне. Поперечные связи, образующиеся в процессе сшивки между макромолекулами полиэтилена, создают трехмерную структуру, которая и определяет высокие электрические и механические характеристики материала, меньшую гигроскопичность, больший диапазон рабочих температур.

В мировой кабельной промышленности при производстве силовых кабелей используются две технологии сшивки, принципиальное различие которых заключается в реагенте, с помощью которого происходит процесс сшивки полиэтилена.

Наибольшее распространение получила технология пероксидной сшивки, когда сшивка полиэтилена происходит с использованием специальных химических веществ — пероксидов в среде нейтрального газа при

определенных температуре и давлении. Такая технология позволяет получить достаточную степень сшивки по всей толщине изоляции и обеспечить отсутствие воздушных включений. Помимо хороших диэлектрических свойств, это и больший, чем у других кабельных изоляционных материалов, диапазон рабочих температур, и отличные механические характеристики. Пероксидная технология применяется при производстве кабелей среднего и высокого напряжений.

Одним из главных преимуществ пероксидной сшивки является то, что она делается при помощи катализатора – перекиси дикумила. При механической обработке, например, снятии или просто распиливании изоляции у такого кабеля, сразу появляется резкий специфический запах.

Этот запах не переносят ни грызуны, ни насекомые. А значит, такой кабель из сшитого полиэтилена, можно спокойно выбирать для прокладки в подвальных помещениях. При этом не боясь, что его погрызут мыши или крысы.

Существуют два варианта исполнения СПЭ-кабелей — трехжильный и одножильный. В основном СПЭ-кабели выпускаются в одножильном исполнении (рисунок 3).

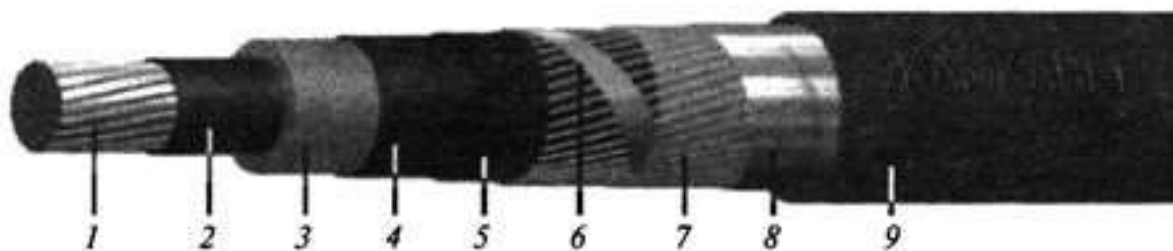


Рисунок 3. Внешний вид одножильного СПЭ-кабеля:

1 — круглая многопроволочная уплотненная токопроводящая жила, 2 — экран по жиле из полупроводящего сшитого полиэтилена, 3 — изоляция из сшитого полиэтилена, 4 — экран по изоляции из полупроводящего сшитого полиэтилена, 5 — разделительный слой из полупроводящей ленты или полупроводящей водоблокирующей ленты, 6 — экран из медных проволок, скрепленных медной лентой, 7 — разделительный слой из двух лент крепированной бумаги, прорезиненной ткани, полимерной ленты или водоблокирующей ленты, 8 — разделительный слой из алюмополиэтиленовой или слюдосодержащей ленты, 9 — оболочка из полиэтилена, ПВХ-пластиката

Отличительной особенностью трехжильного исполнения СПЭ-кабеля является наличие экструдированного междуфазного наполнителя из полиэтилена или поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката.

Применение одножильных СПЭ-кабелей позволяет обеспечить прежде всего повышенную надежность электроснабжения за счет резкого снижения вероятности междуфазных коротких замыканий (таблица 1). Вероятность одновременного разрушения в одном месте изоляции двух конструктивно не связанных между собой одножильных кабелей (соединительных или концевых муфт) соответствует вероятности междуфазных повреждений ошиновки с изолированными шинами, т.е. очень мала.

Таблица 1 – Анализ повреждаемости СПЭ-кабеля в распределительной сети 10 кВ в филиале «Витебские электрические сети» РУП «Витебскэнерго»

КЛ со свинцовой и алюминиевой оболочкой			КЛ с пластмассовой оболочкой		
Протяжённость, км	Количество повреждений/ в т.ч. концевых муфт, шт	Средняя удельная повреждаемость КЛ/ концевых муфт, откл./100 км	Протяжённость, км	Количество повреждений/ в т.ч. концевых муфт, шт	Средняя удельная повреждаемость КЛ/ концевых муфт, откл./100 км
73,7	70/6	9,4/0,8	53	9/1	1,7/0,2

Вероятность однофазных замыканий на землю при применении одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена намного меньше, чем при использовании трехжильных БПИ-кабелей. Это достигается как самой конструкцией одножильных СПЭ-кабелей, так и лучшими диэлектрическими свойствами изоляции.

Одножильное исполнение СПЭ-кабелей позволяет выполнять сечения токоведущих жил до 800 мм. Кабели с таким сечением способны успешно конкурировать с токопроводами, применяемыми в системах электроснабжения энергоёмких предприятий.

Экранирование элементов кабеля необходимо для электромагнитной совместимости кабеля с различными внешними цепями и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жилы кабеля и, следовательно, для создания более благоприятных условий работы изоляции. Внутренние экраны выполняются из полупроводящей пластмассы, внешний экран — из медных проволок и лент.

Наружная защитная оболочка предохраняет внутренние элементы кабеля от попадания влаги и механических повреждений при его монтаже и эксплуатации (рисунок 4). Наружные оболочки СПЭ-кабелей изготавливаются из полиэтилена или ПВХ-пластиката повышенной прочности.



Рисунок 4. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена АПвПг

Условные буквенно-цифровые обозначения (маркировка) кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена:

- «А» — алюминиевая токоведущая жила, нет обозначения — медная токоведущая жила,
- «Пв» — материал изоляции — сшитый (вулканизированный) полиэтилен,
- «П» или «В» — оболочка из полиэтилена или ПВХ-пластиката,
- «у» — усиленная полиэтиленовая оболочка увеличенной толщины,

- «нг» — оболочка из ПВХ-пластиката пониженной горючести,
- «нгд» — оболочка из ПВХ-пластиката пониженного дымогазовыделения,
- «г» — продольная герметизация экрана водоблокирующими лентами,
- «1» или «3» — количество токоведущих жил,
- 50—800 — сечение токоведущей жилы, мм²,
- «гж» — герметизация токоведущей жилы, 2 16—35 — сечение экрана, мм,
- 1—500 — номинальное напряжение, кВ.

Пример обозначения: АПвПг 1х240/35—10 — кабель с алюминиевой жилой (А), СПЭ-изоляцией (Пв), полиэтиленовой оболочкой (П), герметизацией экрана (г), одножильный (1), сечение жилы 240 мм, сечение экрана 35 мм, номинальное напряжение 10 кВ.

К основному недостатку кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена относится более высокая относительная стоимость, а также затраты на прокладку и ремонт (таблица 2).

Таблица 2 – Затраты на прокладку и ремонт кабелей КЛ-10 кВ

Стоимость, тыс. руб.	СПЭ-кабель	БПИ-кабель
Прокладка КЛ-10 кВ в период с 2010 по 2019 г.г.	4690,5 (53км)	4107,5 (73,7км)
Стоимость КЛ-10кВ (1 метр)	Марка АПВПЗ-50,0 р. Марка АПВП-20,0 р.	Марка АСБл 3х240-30,22 р.
Прокладка 1 км КЛ-10 кВ	77,5	65
Затраты на ремонт в период с 2010 по 2019 г.г.	5,14 (9 ремонтов)	46,41 (70 ремонтов), в том числе в гарантийный период – 20,35 (30 ремонтов)
Прокладка и ремонт в период с 2010 по 2019 г.г.	4695,6	4174,2
Затраты на прокладку и ремонт с 2010 по 2019 г.г. на 1 км КЛ-10кВ	88,5	56,6

Из-за высокой стоимости кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена километраж введённого в эксплуатацию СПЭ-кабеля на территории Республики Беларусь невелик (таблица 3).

Таблица 3 – Количество кабельных линий 10 кВ в ГПО «Белэнерго»

РУП Облэнерго	Всего КЛ	В том числе КЛ СПЭ
РУП «Гмельэнерго»	2887	181
РУП «Гродноэнерго»	2472	205
РУП «Минскэнерго»	9187	905
РУП «Могилёвэнерго»	2952	167
РУП «Витебскэнерго»	2126	118
РУП «Брестэнерго»	3144	122

Исходя из всех вышеперечисленных фактов, можно сделать вывод, что СПЭ-кабель, несмотря на свою высокую стоимость, имеет ряд преимуществ перед БПИ-кабелем, в том числе более высокую надёжность, что позволяет утверждать, что применение СПЭ-кабеля более экономически целесообразно.

Литература

1.Electricalschool. Главная/ Кабели// Молниезащита// Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена [Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://electricalschool.info/main/kabel/1286-kabeli-s-izoljaciejj-iz-sshitogo.html> - Дата доступа: 10.05.2020

2.Domikelectrica./Технические характеристики кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена[Электронный ресурс] –Режим доступа: <https://domikelectrica.ru/texnicheskie-karakteristiki-kabelya-s-izolyaciej-iz-sshitogo-polietilena/> - Дата доступа: 10.05.2020