

УДК 621.315

КАБЕЛИ СПЭ -КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА SPE CABLES - DESIGN AND PRODUCTION TECHNOLOGY

Б.И. Сачевичик, А.П. Волохонович

Научный руководитель – М.Л. Протасеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
protasenia@bntu.by

B.I. Sachevichik, A.P. Volokhonovich

Scientific supervisor -M. Protasenya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: показано, что в Беларуси началось освоение технологий по изготовлению кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, а также технология «сшивки», конструкция и технические характеристики кабелей СПЭ.

Abstract: It is shown that Belarus has begun to develop technologies for manufacturing cables with cross-linked polyethylene insulation. The technology of "crosslinking", design, technical characteristics (SPE).

Ключевые слова: кабели; сшитый полиэтилен, изоляция, сшивка.

Keywords: cables; cross-linked polyethylene, insulation, cross-linking.

Введение

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) (иначе вулканизированного полиэтилена) начали производить более 20 лет назад. Сейчас они приходят на замену кабелям с бумажно-пропитанной изоляцией. В Европе уже практически все новые линии монтируются именно из СПЭ. При этом кабельные линии со свинцовой броней вообще запрещены, и их даже нельзя оставлять в земле, т.е. при ремонте линий такие кабели обязательно извлекают из грунта и утилизируют.

Одно из интересных изобретений создала компания B.F. Goodrich. Она выпустила первую коммерческую марку полиуретана Эстан (Estane) рисунок 1.



Рисунок 1 –Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена

Основная часть

Белорусская компания «Энергокомплект» освоила производство силовых кабелей для питания электродвигателей с частотным регулированием, и в 2017 году Белорусским национальным техническим университетом была научно

доказана эффективность применения таких кабелей на напряжениях 6–110 кВ [1]. С 2018 г. освоен выпуск силовых кабелей среднего напряжения (10–35 кВ) с изоляцией из этиленпропиленовой резины. В 2020 году электротехническая лаборатория ООО «ПО «Энергокомплект» получила право на применение комбинированного знака I LAC MRA, особый статус, признаваемый во всем мире аккредитованными лабораториями.

Структура сшитого полиэтилена, в отличие от обычного полиэтилена, - это монолитная конструкция с измененными электрическими и физическими характеристиками (рисунок 2).

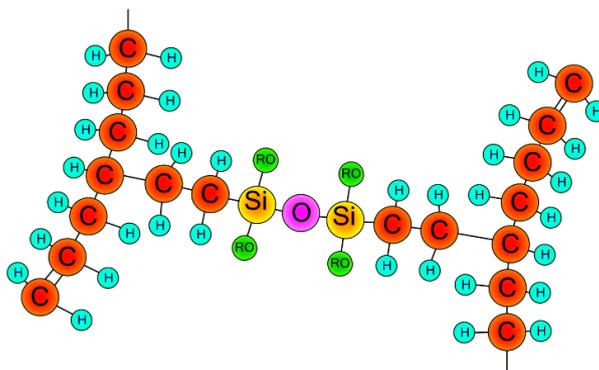


Рисунок 2–Структура сшитого полиэтилена

Например, температуры плавления - у обычного полиэтилена 142,5°C, у сшитого - 250 °С. У такой изоляции диэлектрическая проницаемость в 15 раз меньше, чем у бумажно-пропитанной. Кроме этого, СПЭ очень твердый материал, который уступает по твердости стали всего лишь 5 единиц.

Технология изготовления инновационной кабельной продукции

Сшивание полиэтилена, используемого для изоляции кабелей, происходит на молекулярном уровне. Технология моделирует макромолекулярные связи, образующие трехмерную структуру, которая обеспечивает высокие механические и электротехнические качества материала. За счет сшивки молекул улучшаются и другие эксплуатационные свойства - уменьшается гигроскопичность и увеличивается температурный диапазон эксплуатации.

Сшивание полиэтилена осуществляют несколькими способами, и технологию изготовления изоляционного материала выбирают в зависимости от будущего предназначения кабеля – либо химическим, либо радиационным – облучением жесткими гамма-лучами.

Химический способ в свою очередь также делится на 2 вида:

- пероксидная сшивка;
- силановая.

Самый эффективный способ — это облучение. Но после него в кабеле находится большое количество остаточной радиации, и поэтому для обычной эксплуатации такой кабель опасен.

Силановая сшивка происходит после наложения изоляции на токоведущую жилу, путем помещения в раствор солей кремниевой кислоты. А при пероксидной - наложение изоляции и сшивка происходят одновременно.

Пероксидная сшивка производится при помощи катализатора – перекиси дикумила, который выступает в качестве инициатора полимеризации. Этот процесс происходит в жестких условиях – в среде азота при температуре 300-400°C и давлении 4,5 атм. Его применение придает изоляции резкий специфический запах, который не переносят ни насекомые, ни грызуны. Это позволяет уберечь кабели от порчи живыми организмами. После сшивки, в изоляции находится метан, поэтому кабель выдерживают в специальной камере под давлением с температурой 70-80 градусов, чтобы полностью их удалить. Газы необходимо удалять, чтобы они не возгорались при монтаже соединительных муфт, т.к. там используется открытое пламя.

Силановая сшивка подходит, если кабельное оборудование будут эксплуатировать при напряжении до 10 кВ. Для кабелей, которые планируют эксплуатироваться при более высоких напряжениях, изоляционный материал изготавливают при помощи сшивания при помощи пероксидов (рисунок 3).

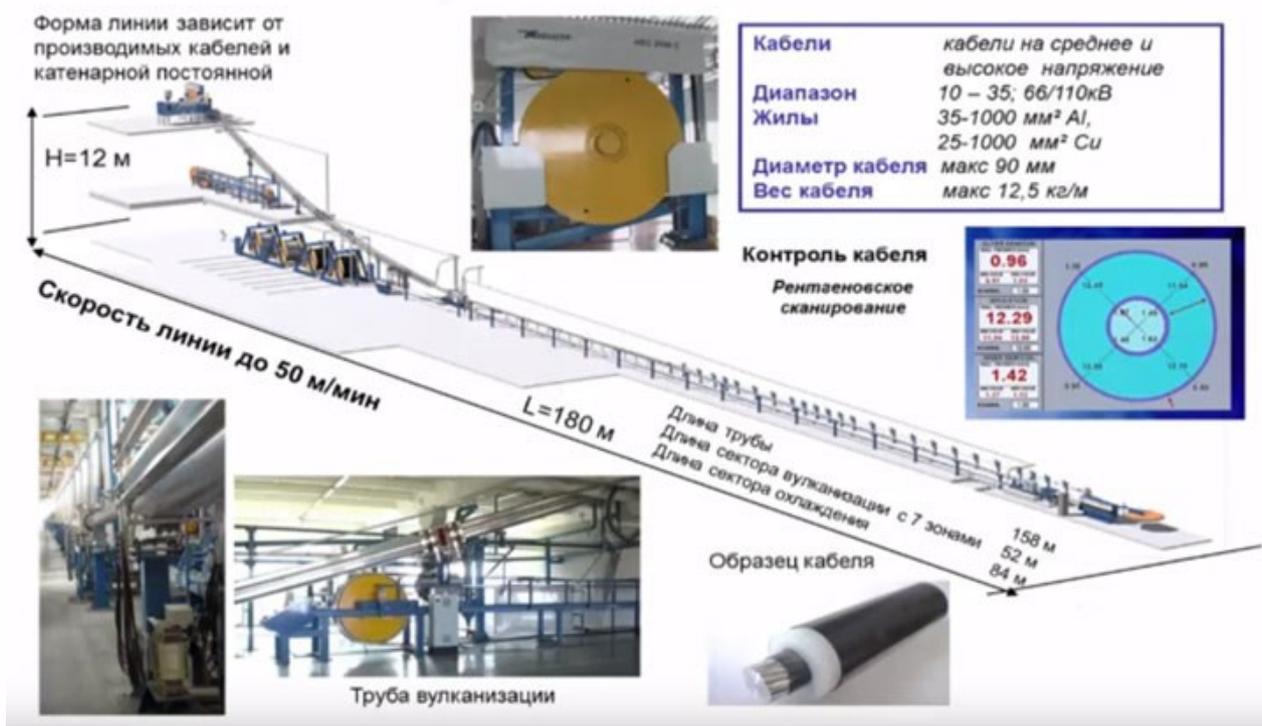


Рисунок 3–Производство кабеля из сшитого полиэтилена

Конструкция

По конструкции кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена напоминают кабели с отдельно свинцованными жилами (БМПИ до 35кВ), отличаются они только материалом основной изоляции. В обычном кабеле изолирующий слой выполнен бумаго - масляным плюс резина, в СПЭ изоляция — это сшитый полиэтилен. Конструкция исключает образование пустот и складок в теле проводника. Жилы плотно прилегают к полимерному наполнителю. Кроме того, такой полиэтилен плохо впитывает и пропускает воду, поэтому токоведущие жилы лучше защищены от коррозии и межфазного пробоя (рисунок 4).



1. круглая многопроволочная уплотненная токопроводящая жила (материал – алюминий, медь; сечение от 50 до 800 мм²);
2. экран по жиле (из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена);
3. изоляция из сшитого полиэтилена;
4. экран по изоляции (из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена);
5. слой из полупроводящей водоблокирующей ленты (для кабелей с индексом «Г» и «2Г»);
6. экран из медной проволоки;
7. разделительный слой, для кабелей с индексом «Г» – из водоблокирующей ленты;
8. разделительный слой;
9. оболочка может изготавливаться из полиэтилена (П), ПВХ пластиката (В), ПВХ пластиката пониженной пожарной опасности для LS.

Рисунок 4 – Конструкция кабеля

Конструкция однофазных кабелей на различные напряжения практически идентичны, отличаются только толщиной основной изоляции - для напряжения 6 кВ она составляет 3 мм, 110 кВ - 15 мм, а для 500 кВ - уже 42 мм при сечении жилы 2000-2500 мм².

Заключение

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена имеют большие перспективы при строительстве и реконструкции кабельных линий на напряжение 6, 10, 35 кВ и выше, и даже являются предпочтительными. Их применение не только технически обосновано, но и экономически выгодно благодаря уникальным характеристикам, высокой электрической прочности изоляции СПЭ, невысокой повреждаемости, длительному сроку их службы.

Литература

1. Энергокомплект [Электронный ресурс]/Энергокомплект. –Режим доступа: <https://vikab.by/about/> .–Дата доступа 11.04.2025.
2. Голынина Н.Г., Некрасов М.Л. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Характеристики. Применение. Испытания // Кабель-news. 2008. №