

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
И ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВОЙ РЕЗИНЫ**

Ожанов М.А.

Научный руководитель: Богданов Е.П., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: ozhanov_maksat@mail.ru

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CABLES WITH INSULATION OF CROSS-LINKED
POLYETHYLENE AND ETHYLENE-RUBBER**

Ozhanov M.A.

Research Manager: Ph.D. Bogdanov E.P.
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050
E-mail: ozhanov_maksat@mail.ru

Considered a comparative analysis of cables with XLPE and EPR rubber. It analyzes each insulation with prospects. The estimation of the application of the insulating material. Comparison of selected insulation with paper insulation, the advantages and disadvantages compared to these types of insulation.

Рассмотрен сравнительный анализ кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины. Проанализирована каждая изоляция с перспективами использования. Дана оценка области применения изоляционного материала. Произведено сравнение выбранных изоляций с бумажной изоляцией, указаны преимущества и недостатки в сравнении с этими видами изоляции.

Мировой опыт развития современной экономики говорит о том, что сегодня средства связи, транспорта и энергоснабжения являются стратегически важной продукцией. Кабельно-проводниковые изделия прямо или косвенно используются во всех сферах человеческой деятельности.

Актуальность выбранной работы обусловлена важнейшим значением кабельной продукции для любого государства и значительными изменениями на рынке кабельной продукции в мире.

Цель работы – сравнительный анализ кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины. Данная цель обусловила необходимость решения следующих задач: 1) анализ кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена; 2) анализ кабелей с изоляцией из этиленпропиленовой резины; 3) общая и сравнительная характеристика двух видов кабелей.

Полиэтилен обладает отличными диэлектрическими свойствами, именно поэтому он широко используется для изготовления электрозащиты в виде трансформаторных прокладок и кабельной изоляции. Особенно преуспел в этой области «сшитый» полиэтилен РЕХ (в ТУ на изготовление кабеля обозначается СПЭ), имеющий уникальные прочностные, термо- и электроизоляционные характеристики. На данный момент кабели из сшитого полиэтилена считаются одними из самых надежных, удобных в использовании и долговечных.

Изначальное полиэтиленовое сырье – полимер углеводорода этилена, называемый «полиэтиленом», имеет линейную структуру молекул. Он является неплохим диэлектриком, но неизменно теряет свои свойства при нагревании до температуры плавления $+80 \div +110$ °С. Подвергаясь процессу «сшивки», то есть модификации на молекулярном уровне, полиэтилен приобретает трехмерную сетчатую структуру (поперечно-сшитую) с появлением боковых межмолекулярных связей. Такое изменение придает ему большую эластичность и повышение прочности на разрыв, а также значительное

улучшение изоляционных свойств и стойкости к очень высоким температурам [1]. Молекулярное состояние перехода полиэтилена показано на рисунках 1,2,3.

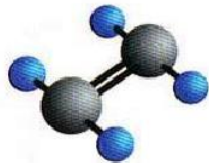


Рис. 1. Молекула этилена состоит из двух групп, включающих атом углерода и два атома водорода

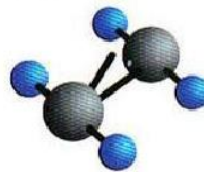


Рис. 2. За счет подвода энергии одна из связей между атомами углерода разрывается

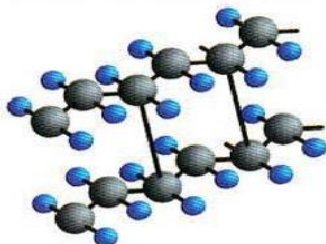


Рис. 3. Сшивка полиэтилена – образования дополнительных поперечных связей между молекулами

На сегодняшний день происходит активное развитие изоляционных материалов для кабельной промышленности, которое дает возможность предлагать новые конструкции кабеля. Развитие происходит не только в группе полиэтиленовой изоляции, но и в традиционной для кабельной промышленности – резиновой. На сегодняшний день были разработаны новые материалы, отвечающие требованиям современной кабельной промышленности: этиленпропиленовая (ЭПР) и кремнийорганическая резины. Для изготовления изоляции применяют резины типа РТЭПИ и РШН повышенной теплостойкости на основе этиленпропиленовых каучуков для изоляции токопроводящих жил по ТУ16К71.098-90, предназначенных для изолирования кабелей до 35 кВ и наложения негорючих масло-бензостойких оболочек [2, 5]. Изменение прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве в процессе термического старения резин должно соответствовать нормам, указанным в таблице 1. В таблице 2 показаны сравнительные характеристики кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, этиленпропиленовой резины. Для контраста были включены характеристики кабеля с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ).

Таблица 1

Показатели старения

Тип резины	Режим старения		Показатели старения	
	Температура, °С	Продолжительность, ч	Снижение прочности при растяжении, %, не более	Снижение относительного удлинения при разрыве, %, не более
РТЭПИ-1	125	168	50	60
РШН-1	100	72	20	35

Таблица 2

Сравнение характеристик кабелей с ЭПР, СПЭ и БПИ изоляцией

Характеристики	Кабель с ЭПР изоляцией	Кабель с СПЭ изоляцией	Кабель с БПИ изоляцией	Комментарии
1	2	3	4	5
Температура жилы при работе в номинальном режиме, °С	90 (до 105)	90	70	При использовании одинаковых сечений токовая нагрузка кабелей с ЭПР изоляцией выше
Температура жилы при перегрузке, °С	105÷110 (до 140)	105÷110	90	–
Температура жилы при коротком замыкании (до 5 с), °С	250 (до 300)	250	200	–
Минимальная температура прокладки без предварительного прогрева, °С	–15 (до –40)	–15	0	–
Температурный диапазон эксплуатации, °С	От –60 до +50	От –50 до +50	От –50 до +50	–
Радиусы изгибов	От 4 Дн	15 Дн	25 Дн	Высокая гибкость упрощает монтаж кабельных линий
Применение во взрывоопасных зонах	Да	Нет (п.7.3.102 ПУЭ)	Да	–

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины обладают по сравнению с устаревшим БПИ кабелем низким весом, малым диаметром и, вследствие этого, легкостью прокладки, как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах. Особенностью кабеля с ЭПР изоляцией является то, что он используется в установках с погруженным электрооборудованием и во взрывоопасной зоне (в отличие от кабеля из сшитого полиэтилена). В остальных случаях кабель из сшитого полиэтилена не уступает и является авангардом кабельной промышленности.

Вывод: сравнительный анализ двух видов кабелей с разной изоляцией показал, что каждый тип имеет свои преимущества и недостатки. Их применение зависит от конкретных условий эксплуатации.

Работа проводится в соответствии с договором о сотрудничестве между Национальным исследовательским Томским политехническим университетом и ЗАО «Томсккабель» (г. Томск).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Все про полиэтилен [Электронный ресурс]. – URL: <http://propolyethylene.ru/shitiy/kabeli.html>. – .05.2015
2. Основы кабельной техники: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Леонов [и др.]. – М.: Академия, 2006. – 347 с.
3. Раувендаль К. Экструзия полимеров. – СПб.: Профессия, 2008. – 786 с.
4. Кабели с изоляцией из этиленпропиленовой резины // Мир современных материалов [Электронный ресурс]. – М., 2014. – URL: <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/primenenie/28-silovye-kabeli/65-kabelis-izolyatsiej-iz-etilenpropilenovoj-reziny>. - 1.04.2015.
5. Кабель для взрывоопасных зон // Энергетика и промышленность России. – 2013. – № 13–14. – С. 225–226.
6. Нурмухаметова А.Н. Резины на основе этиленпропиленового каучука, наполненные минеральными наполнителями на основе шунгита: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2012. – 20 с.