

О.В. ГОЛИК, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков
В.В. ХОРУЖИНА, студентка, НТУ "ХПИ", Харьков
Ю.П. ТОЛОШНЯ, студентка, НТУ "ХПИ", Харьков

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

У наданій статті розглянуті перспективи використання нових матеріалів у виробництві силових кабелів на напругу 20-35 кВ. Проаналізовані тенденції розвитку традиційної паперової імпрегнованої ізоляції, ізоляції зі зшитого поліетилену (XLPE), етиоенпропиленової гуми (EPR). Наведена порівняльна характеристика різних типів сучасної ізоляції, яка використовується при виробництві кабелів середньої напруги.

В статье рассмотрены перспективы применения новых материалов в производстве силовых кабелей на напряжение 20 -35 кВ. Проанализированы тенденции развития традиционной бумажной пропитанной изоляции, изоляции из сшитого полиэтилена (XLPE), этиленпропиленовой резины (EPR). Дана сравнительная характеристика различных видов современной изоляции, использующихся при производстве кабелей среднего напряжения.

Постановка проблеми. Для розвиваючоїся економіки і промисловості України, котра характеризується розвитком енергоємних виробств необхідно використання більшого числа різних типів силових кабелів, призначених для розподілу і передачі електричної енергії. Одним із сегментів кабельно-проводникової продукції є кабелі середньої напруги 20-35 кВ з бумажною пропитаною ізоляцією і ізоляцією із зшитого поліетилену. Ці ізоляційні матеріали мають достатньо хороші діелектричеські характеристики. Однак інші властивості, обумовлені їх природою і хімічним складом, значно відрізняються. Наприклад, зшитий поліетилен піддається розвитку водних тріаннів при експлуатації во вологих умовах і під впливом електричного поля. Таким чином, всі застосовувані типи ізоляції мають певний набір як переваг, так і недоліків, які повинні бути враховані як при монтажі, так і при експлуатації виробів. Також виникає необхідність використання матеріалів, що забезпечують надійність промислових об'єктів в умовах підвищених температур, вологості і т.д. В послед-

ние годы в результате климатических изменений погодные условия на Украине стали более жесткими: резкие колебания температур, засухи, наводнения, жаркое лето и холодная зима. Данные факторы приводят к тому, что заказчики желают повышения надежности и расширения зон эксплуатации кабелей. Основными критериями являются применение кабелей с оболочками, устойчивыми к солнечной радиации, расширенный температурный диапазон, безопасное использование во взрывоопасных зонах.

Анализ последних исследований и публикаций. Конструкция кабелей с бумажной изоляцией (БПИ) обязательно включает в себя металлическую оболочку, которая не только механически защищает изоляцию, но и предотвращает радиальное проникновение влаги в кабель. При производстве кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (XLPE) для защиты от радиального проникновения влаги необходимо использовать специальный металлический слой из алюмополимерной ленты или применять алюминиевую или свинцовую оболочку. [2]. В Украине в настоящее время кабели с XLPE-изоляцией на напряжение 10-35 кВ в основном выпускаются в одножильном исполнении. Данная конструкция не допускает использование стальных защитных покровов в кабеле, а, следовательно, прокладка таких кабелей возможна только в каналах или траншеях с установкой дополнительной защиты от повреждения кабеля. Еще одно преимущество серийно выпускаемых кабелей с БПИ состоит в том, что они изготавливаются с бронепокровом из стальных лент или проволок, защищающих кабель от повреждения при прокладке или эксплуатации [2]. В то же время кабели с БПИ имеют один существенный недостаток: при прокладке кабелей на вертикальных и крутонаклонных трассах с большой разницей уровней прокладки маслоканифольный состав, пропитывающий бумажную изоляцию, имеет свойство стекать, при этом бумажная изоляция обедняется и имеет склонность к преждевременному старению. Для уменьшения данного эффекта применяются кабели с нестекающим пропиточным составом [1]. Кабели с полимерной изоляцией (XLPE) такого недостатка не имеют.

Одна из важнейших характеристик изоляционных материалов – это допустимая температура нагрева токопроводящих жил – максимальная температура, при которой изоляционный материал не теряет своих свойств в течение длительного времени. Поскольку XLPE – терморезистивный материал, его длительно допустимая температура нагрева значительно выше, чем у других материалов, применяемых для изоляции силовых кабелей. Имея допустимую температуру 90°C (что на 20°C вы-

ше, чем у ПВХ- и БПИ-изоляции), кабели с XLPE изоляцией имеют соответственно допустимые токовые нагрузки на 20% выше [3].

Цель и задачи исследования. Основные цели и задачи исследования – провести сравнительный анализ основных видов изоляции кабелей среднего напряжения, показать возможности решения проблем, возникающих при эксплуатации кабелей с помощью применения новых изоляционных материалов.

Основной материал исследования. Сравнительная характеристика пропитанной бумажной изоляции и сшитого полиэтилена приведена в табл. 1. Однако, несмотря на очевидные преимущества изоляции из сшитого полиэтилена, есть и моменты, требующие особого внимания. Допустимые фактические токовые нагрузки могут не соответствовать указанным в рекламных проспектах. Это связано с тем, что повышение температуры требует отвода выделившегося тепла, источником которого является токопроводящая жила, в окружающую среду.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки изоляции силовых кабелей среднего напряжения

Тип изоляции кабеля	Достоинства	Недостатки
БПИ (1-35 кВ)	<ul style="list-style-type: none"> - многолетний положительный опыт эксплуатации; - наличие нормативной базы; - применение свинцовых оболочек, препятствующих радиальному проникновению влаги; - наличие бронепокровов; - высокая стойкость к комутационным перенапряжениям 	<ul style="list-style-type: none"> - ограниченная прокладка на вертикальных и крутонаклонных трассах; - большой вес и диаметр кабеля (по сравнению с кабелями с XLPE); - производство свинцовых оболочек является вредным и экологически небезопасным.
XLPE (1-35 кВ)	<ul style="list-style-type: none"> - более высокие токовые нагрузки*; - возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней; - простота и удобство при прокладке и монтаже 	<ul style="list-style-type: none"> - необходимость в дополнительной защите от внешних повреждений; - отсутствие нормативной базы и недостаток информации об опыте эксплуатации КЛ с использованием силовых кабелей данного типа; - появление водных триингов в изоляции под воздействием влаги.

* - температура жилы при работе в номинальном режиме составляет 90⁰С (для кабелей с БПИ – 70⁰С)

Также существуют определенные сложности с прокладкой (прокладка по три кабеля) и ограничения при эксплуатации во влажной среде. Можно предложить пути решения данных вопросов: 1) применение усовершенствованных материалов в кабелях с БПИ и XLPE изоляцией; 2) освоение новых перспективных технологий производства кабелей с изоляцией из этиленпропиленовой резины (EPR изоляцией).

В настоящее время существуют две концепции снижения негативного влияния водных триингов на свойства изоляции: 1) в полиэтилен вводятся специальные химические добавки, в итоге получается триингостойкий сшитый полиэтилен – ТСПЭ; 2) создаются макромолекулы, в состав которых, помимо этилена, входит более 5% других химических соединений, в итоге получается сополимерный сшитый полиэтилен – ССПЭ (механическая смесь полиэтилена низкой плотности, сополимера - этилена и этилакрилата или бутилакрилата и антиоксиданта, снижающего скорость окислительных процессов)[4].

Впервые "триингостойкий сшитый полиэтилен" – материал со специальными добавками был представлен в начале 80-х годов в США [6]. Результаты испытания на старение (кабели с защитной оболочкой испытывались под воздействием воды и в температурных условиях, сравнимых с температурами эксплуатации) приведены на рис.1.

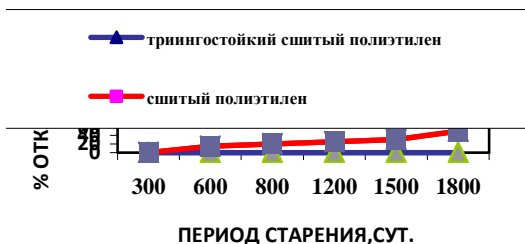


Рис. 1. Результаты испытаний на старение кабелей среднего напряжения.

Для улучшения характеристик бумажной пропитанной изоляции разработаны новые бумаги и рецептуры пропитывающих составов. Для исключения поперечных и продольных надрывов, карманов и трещин бумажных лент предложено использовать в изоляции кабеля бумагу – основу кабельную микрокрепированную [5]. Преимущества в свойствах, которыми обладает крепированная бумага, объясняется приданием волокнам повышенных упругоэластичных свойств и высокой гибкости. Также разработаны новые загустители, которые применяются в производстве нестекающих пропиточных составов, что по-

зволяет избежать стекания при вертикальных прокладках не ухудшая изоляционные характеристики материала.

Одним из перспективных направлений развития кабельной промышленности является производство силовых кабелей с изоляцией из этиленпропиленовой резины (EPR). Этиленпропиленовая резина относится к эластомерам – сополимерам этилена с пропиленом, обладающим высокой прочностью и эластичностью, очень устойчивыми к тепловому старению, имеют высокие диэлектрические свойства. Следовательно, EPR изоляция обладает некоторыми преимуществами:

- повышенная эластичность, что позволяет эксплуатировать кабель в условиях повышенных вибронагрузок;
- отличные термомеханические характеристики (изгиб кабеля вызывает незначительные механические напряжения слоев изоляции, что не вызывает неравномерного распределения напряженности в толщине изоляции);
- стойкость изоляции к абсорбции влаги и в результате стойкость к образованию водных трингов;
- длительно допустимая рабочая температура этиленпропиленовой резины достигает 105 °С;
- материал сохраняет отличные эксплуатационные характеристики при отрицательных температурах – 60 °С;
- кабели с изоляцией из этиленпропиленовой резины допускаются к прокладке во взрывоопасных зонах всех классов.

Существует зарубежный опыт эксплуатации данных кабелей в климатических зонах с повышенными среднегодовыми температурами, высоким уровнем грунтовых вод, засухами и наводнениями. Один из вариантов конструкции кабеля приведен на рис.2. где основными элементами являются:



Рис. 2. Конструкция кабеля с EPR изоляцией.

1 – медная (алюминиевая) круглая уплотненная токопроводящая жила; 2 – экструдированный экран по ТПЖ из полупроводящего материала; 3 – изоляция из этиленпропиленовой резины; 4 – экструдированный экран по изоляции; 5 – экран из полупроводящей ленты, намотанный по спирали; 6 – экран из медных проволок, поверх которых наложена медная лента; 7 – внутреннее заполнение из синтетической резиновой композиции; 8 – внутренняя оболочка из ПВХ пластиката; 9 – броня из оцинкованных стальных проволок и оцинкованной ленты, наложенной с зазором; 10 – наружная оболочка из ПВХ пластиката.

Выводы. Основные выводы можно сделать следующие: 1) Сравнительный анализ основных типов изоляции кабелей среднего напряжения показал наличие недостатков, как у традиционной бумажной пропитанной изоляции, так и у более современной изоляции из сшитого полиэтилена. 2) Решением некоторых проблем изоляции может быть применение новых и усовершенствованных материалов – мелкокрепированных бумаг, новых рецептур пропиточных составов, триингостойкого сшитого полиэтилена, что позволит повысить качество и технологичность силовых кабелей, а также улучшить их эксплуатационные характеристики. 3) Наряду с вышеперечисленными мерами одним из перспективных направлений является освоение новой технологии – изготовления кабелей среднего напряжения с изоляцией из этиленпропиленовой резины, по некоторым характеристикам превосходящей даже изоляцию из сшитого полиэтилена. Опыт подобного производства уже имеется на российских предприятиях и является достаточно успешным.

Список литературы: 1. *Ларина Э.Т.* Силовые кабели и кабельные линии: Уч. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 368 с. 2. *Савченко В.Г.* Силовые кабели: тенденции и традиции / В.Г. Савченко // Энергослужба предприятия. – 2006. – №3(21). – С. 10-12. 3. *Золоторев В.М.* Новые отечественные разработки в области силовых кабелей / В.М. Золоторев, А.Л. Обозный // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – Вип. 34. – С.129-132. 4. *Бустром Дж.* Соплимерные композиции сшитого полиэтилена (Super Soro) для высоконадежных силовых кабелей среднего напряжения / Дж. Бустром, А Кампус, Р. Хемптон, П.Хейк-кала, К. Ягер, А. Спедберг, Д. Валд // Кабели и провода. – 2005. – № 5. – С. 7-12. 5. *Курашов Д.А.* Новые материалы для силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией./ Д.А. Курашов, В.Г. Савченко, В.К. Барсуков, Е.В.Барсуков, Н.П. Кадочников, Е.В. Макарова // Наука и техника – 2008. – №5(312). – С. 42-45. 6. *Мендельсон А.* Мировой опыт применения изоляции из триингостойкого полиэтилена. Для кабелей среднего напряжения с длительным сроком эксплуатации / А. Мендельсон, М.У. Аартс // Наука и техника. – 2005. – №5(294). – С. 23-29.

*Поступила в редколлегию 17.10.2011
Рецензент д.т.н., проф. Гурин А.Г.*