

УДК 621.315.21

## **ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ НА ОСНОВЕ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

Гаврилов М.П., студент гр. ЭПм-191, I курс

Научный руководитель: Захарова А.Г., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Кабельные линии (КЛ) высокого напряжения в современных условиях из-за высокой плотности застройки городских территорий являются практически безальтернативными компонентами электрической сети для снабжения электричеством промышленных предприятий, находящихся в городах. Высоковольтные кабели гарантируют наибольшую надежность снабжения потребителей электроэнергией в сравнении с воздушными линиями электропередачи (ВЛЭП), выполненными голыми проводами и обеспечивают при передаче меньшие потери электрической энергии.

Эксплуатационные характеристики кабелей, такие как, пропускная способность кабельной линии, механические свойства кабелей, продолжительность и уровень допустимых аварийных перегрузок в значительной мере обусловлены видами изоляции, используемыми при производстве кабелей.

В энергосистемах России и стран СНГ наибольшее применение нашли высоковольтные кабели с пропитанной бумажной изоляцией (кабели с БПИ). Кабели с БПИ в достаточной степени отмечаются неизменными и высокими электрическими характеристиками, но вместе с тем обладают рядом значительных несовершенств. К ним относятся: ограничения при прокладке кабельных линий с большим горизонтальным уклоном из-за стекания масляного пропиточного состава кабеля, значительные радиусы изгибов при смене направления кабельной трассы и т.д. На сегодняшний день кабели с БПИ практически не используются при строительстве новых кабельных линий и применяются только в ходе ремонта старых износившихся кабельных линий или при монтаже коротких вставок в случае аварии на КЛ.

В отечественной электроэнергетике физический и моральный износ кабельного парка находится на уровне 70–80%, в связи с чем в настоящее время на замену старым кабельным линиям с БПИ пришли кабели последнего поколения, использующие изоляционный материал с усовершенствованными тепловыми и диэлектрическими свойствами. Это позволит значительно увеличить пропускную способность линий электропередачи. В промышленно развитых странах в последние годы в распределительной сети среднего класса напряжения активно применяются кабели с использованием теплостойкой экструдированной изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ изоляция). В странах Западной Европы и Америки в настоящее время фактически 100%

всего рынка высоковольтных кабелей занимают кабели со СПЭ изоляцией. На российском рынке кабельной продукции в новых проектах все чаще используют силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

К промышленному производству силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена приступили еще в 1970-х годах. Под «сшивкой» полиэтилена подразумевается формирование на молекулярном уровне трехмерной пространственной структуры вместо линейной за счет создания поперечной связи между молекулами полиэтилена, в связи, с чем значительно увеличивается его нагревостойкость, механическая прочность полимера, увеличивает диапазон рабочих температур, снижается гигроскопичность изоляции [1].

Кроме того, кабели со СПЭ изоляцией имеют ряд преимуществ по сравнению с кабелями с БПИ:

- имеют существенные строительные длины, в связи с чем значительно сокращается количество соединительных муфт, что за счет снижения человеческого фактора на стадии монтажа повышает надежность эксплуатации кабельных линий. Кроме того, за счет большой строительной длины намотки на барабан и меньшего веса уменьшаются расходы на транспортировку, хранение, упрощаются и ускоряются монтажные работы;

- имеют повышенную пропускную способность за счет более высокой (на 15–20%) токовой нагрузки, обусловленной допустимой длительной рабочей температурой нагрева жил и рабочей температурой СПЭ изоляции до 90 °С. Кроме того, допустимый нагрев токопроводящей жилы у кабелей со СПЭ изоляцией при коротком замыкании составляет 250 °С, а у кабелей с БПИ – 200 °С;

- имеют более высокую скорость монтажа и ремонтпригодность СПЭ изоляции в связи с использованием кабельной арматуры на основе термоусаживаемых материалов;

- имеют низкую допустимую температуру при прокладке и монтаже КЛ без предварительного подогрева при температурах до – 20 °С, возможность прокладки на трассах с разностью уровней и более экологичный монтаж и эксплуатацию за счет отсутствия масла, битума, свинца) [2].

Кроме того, поток отказа кабелей со СПЭ изоляцией на один-два порядка меньше по сравнению с кабелями с БПИ, в связи с чем кабели нового поколения являются наиболее привлекательными для эксплуатирующих организаций.

В российских условиях главным сдерживающим фактором полного отказа от использования кабелей с БПИ являются более высокие требования, предъявляемые к кабелям со СПЭ изоляцией при монтаже кабельных муфт, что требует высокой монтажной культуры, квалификации и обучаемости персонала электромонтажных организаций.

К недостатку кабелей со СПЭ изоляцией относят образование дефекта – водного триинга, развивающегося в случае проникновения из внешней среды воды с сильноагрессивными веществами в диэлектрик. Полярные молекулы воды под действием электромагнитного поля складываются в цепочки, обра-

щенные вдоль силовых линий электромагнитного поля – водные триинги. В случае диэлектрического пробоя твердого диэлектрика кабель со СПЭ изоляцией не сможет восстановить свою электрическую прочность, и любые однофазные замыкания на землю могут приводить к устойчивому аварийному режиму. Вместе с тем, благодаря новым передовым технологиям в текущее время при производстве кабельной продукции начинает использоваться триингостойкий сшитый полиэтилен (ТСПЭ) и сополимерный полиэтилен (ССПЭ), решающий эти проблемы.

Таким образом, наряду с неоспоримыми преимуществами кабелей со СПЭ изоляцией имеет место недостатки, заключающиеся в отсутствии эффекта самозалечивания СПЭ изоляции. Данное обстоятельство необходимо принимать во внимание при эксплуатации кабелей со СПЭ изоляцией для минимизации их каскадного выхода из строя.

По пропускной способности кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена существенно опережают кабели с пропитанной бумажной изоляцией (Таблица 1). Также достоинством кабелей со СПЭ изоляцией являются их экологичность. Основным преимуществом кабелей со СПЭ изоляцией является их слабая повреждаемость. Согласно статистическим данным из иностранных источников удельное количество повреждений кабелей со СПЭ изоляцией по электрическим пробоям на два-три порядка ниже, чем у кабелей с БПИ.

Таблица 1

Сравнительные характеристики кабелей с БПИ изоляцией и кабелей со СПЭ изоляцией, используемые для напряжения 6 – 35 кВ

Сравнительные характеристики	Кабели с БПИ изоляцией	Кабели со СПЭ изоляцией
Температура токопроводящих жил кабелей при номинальных режимах работы, °С	70°С	90°С
Температура токопроводящих жил кабелей при перегрузках, °С	90°С	105°С - 110°С
Минимальная температура при прокладке кабельной линии без ее предварительного подогрева, °С	0°С	-20°С
Уровень прокладки кабельной линии, м	не более 15	без ограничений
Тангенс угла диэлектрических потерь, (tgδ)	0.008	0.001
Электрическая прочность, кВ/мм	50	80
Электрическое сопротивление, не менее, МОм·км	200	200
Минимальные радиусы изгиба кабеля, кратный диаметру	25	15

Сравнительные характеристики	Кабели с БПИ изоляцией	Кабели со СПЭ изоляцией
Сроки эксплуатации кабельной линии, лет	30	40

Высоковольтные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена с номинальным напряжением 3 – 35 кВ производятся в одно – и трехжильном исполнении. Пропускная способность кабельной линии с медными жилами сечением 70 мм<sup>2</sup> в зависимости от способов прокладки и уровней напряжения приведена в форме гистограммы (рис. 1). Классы напряжения кабельных линий значительного влияния на их пропускную способность не оказывают.

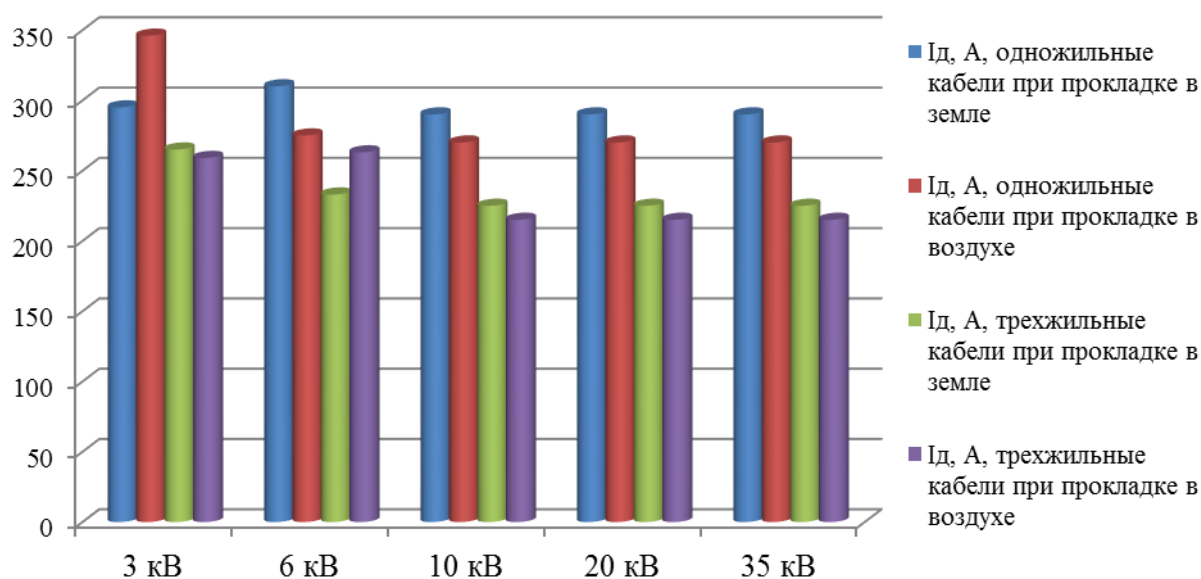


Рис. 1. Зависимости пропускной способности кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена в зависимости от классов напряжения

Как видно из приведенных гистограмм, пропускная способность одножильного кабеля при его прокладке на воздухе на 20 процентов выше, чем при прокладке в грунте, а для трехжильного – от способа его прокладки фактически не зависит.

В Кемеровской области в крупнейшей сетевой организации региона – в филиале ПАО «МРСК Сибири»-«Кузбассэнерго-РЭС» общая длина кабельных линий напряжением 6 – 10 кВ составляет более 180 км, из них кабельные линии с БПИ составляют 152 км линий, то есть более 85% общей протяженности, остальное – кабели с пластмассовой изоляцией на основе поливинилхлорида. Все реконструируемые и вновь прокладываемые высоковольтные кабельные линии в городских электрических сетях Кузбасса осуществляются кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена.

В 2014 году в г. Анжеро-Судженске реализовался проект монтажа кабельной линии со СПЭ изоляцией длиной 1 500 м, соединяющей НПЗ «Северный Кузбасс» с подстанцией ТП 110/6 ЛПДС «Анжерская» [3].



Рис. 2. Прокладка кабельных линий со СПЭ изоляцией  
для трансформаторной подстанции ТП 110/6 ЛПДС «Анжерская»  
г. Анжеро-Судженск

#### Список литературы:

1. Область применения, технологии сшивки, регламент входного контроля и преимущества силовых кабелей в изоляции из сшитого полиэтилена (СПЭ) по сравнению с силовыми кабелями в бумажно-пропитанной изоляции (БПИ) // Компания Альянс-Кабель [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://www.a-cab.ru/articles/2018/oblast-primeneniya-tekhnologii-sshivki-reglament-vkhodnogo-kontrolya-i-preimushchestva-silovykh-kabe.php>. – (дата обращения: 11.02.2020).
2. Преимущества и недостатки изоляции из сшитого полиэтилена // аналитический портал химической промышленности [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [https://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6734](https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6734). – (дата обращения: 11.02.2020).
3. Строительство ВЛ 3,6/6 кВ для НПЗ «Северный Кузбасс» // Компания Northern Engineering Direction [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.ned-perm.ru/News/Details/21>. – (дата обращения: 11.02.2020).