

М.С. Демин, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения инженерного института;
Т.Ф. Морозова, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения инженерного института;
 ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»



АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Аннотация. Рассмотрены особенности функционирования кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при различных схемах соединения и заземления экранов. В результате предложено рассматривать применение трехжильных кабелей с секторными жилами как альтернативу одножильным кабелям.

Ключевые слова: СПЭ-кабели; изоляция из сшитого полиэтилена; заземление; экран; транспозиция; токи в экранах; однофазные и трехфазные кабели; режим нейтрали.

Abstract. The features of the functioning of cables with insulation made of cross-linked poly-ethylene under various schemes of connecting and grounding shields was considered. As a result, it was proposed to consider the use of three-core cables with sector conductors as an alternative to single-core cables.

Key words: XLPE cables; cross-linked polyethylene insulation; grounding; shield; transposition; currents in shields; single-phase and three-phase cables; neutral mode.

Материал поступил в редакцию 06.07.2019
 Демин М.С. E-mail: demin_ms@mail.ru
 Морозова Т.Ф. E-mail: morozova2701005@mail.ru

Проектирование кабельных линий всех уровней напряжения систем электроснабжения – ответственная задача в вопросе выбора оптимальной схемы электроснабжения потребителей, где применяемые решения должны соответствовать требуемой степени по надёжности электроснабжения, условиям эксплуатации линий, соблюдению необходимого уровня экологической безопасности.

В настоящее время энергетические компании России при ремонте существующих и прокладке новых кабельных линий на напряжение 10–35 кВ применяют силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-кабели), обладающие улучшенными прочностными, температурными и электроизоляционными характеристиками, взамен традиционным кабелям с бумажно-пропитанной изоляцией.

В распределительных электрических сетях 10–35 кВ применяются СПЭ-кабели, как правило, в одножильном исполнении в соответствии с рекомендациями [1, 2], что обусловлено тем, что токопроводящие жилы имеют сечение до 1600 мм², а также благодаря удобству при прокладке и эксплуатации [3, 4] по сравнению с трёхжильными кабелями с сечением жилы не более 400 мм² [2].

В соответствии с требованиями [2] металлический экран является неотъемлемым элементом конструкции СПЭ-кабелей на напряжение 6 кВ и более. При этом для силовых одножильных кабелей на допустимый ток нагрузки влияет схема заземления металлического экрана [3], где важной характеристикой является наличие или отсутствие токов в экранном контуре. Известны три основные схемы соединения и заземления экранов кабелей: с двух концов кабельной линии (двустороннее

заземление), с одного конца – одностороннее и двустороннее с использованием транспозиции [5]. Выбор способа заземления экрана кабеля определяет надёжность работы и безопасность его эксплуатации [6]. Таким образом, повсеместное внедрение в электрических сетях среднего напряжения силовых однофазных СПЭ-кабелей требует повышенного внимания к обустройству их экранов. В соответствии с [1] экраны силовых одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10–35 кВ должны быть заземлены на обоих концах линии. Но при двустороннем заземлении экранов образуется электрический контур, замыкающийся через землю и по экранам протекают токи, соизмеримые по величине с током токопроводящей жилы, которые обуславливают потери мощности, передаваемой по кабелю [5]. В работах [6, 7] также показано, что при двусторонней схеме заземления в экранах кабеля наводятся токи промышленной частоты, создающие дополнительные потери мощности, вызывающие ограничение пропускной способности кабеля по условию нагрева изоляции. В стандарте [1] сказано, что при эксплуатации трёхфазной группы однофазных СПЭ-кабелей рекомендуется принимать меры по снижению токов в экранах кабелей, а эффективными мерами являются секционирование и транспозиция экранов (п. 6.2.3 стандарта [1]). Возникает вопрос, какую смысловую нагрузку несёт рекомендация по двустороннему заземлению (п. 4.5.1 стандарта [1]) экранов кабелей: секционирование и транспозиция в дополнение к заземлению экранов с двух концов или требуется применение более эффективных схем взамен рекомендуемой? Для исключения разночтений

необходимо рассмотреть возможность внесения в [1] изменений по применению схем соединений и заземления экранов кабелей.

Авторы [4, 7] предлагают для снижения токов в экранах однофазных кабелей, объединённых в трёхфазную группу при двустороннем заземлении экранов прокладывать кабели сомкнутым треугольником или применять трёхфазные кабели, а также осуществлять разрыв экранных контуров (одностороннее заземление) или транспозицию экранов. В схеме с односторонним заземлением экранов отсутствует контур для протекания токов по экранам кабелей, но при этом на незаземлённом конце кабельной линии наводится напряжение промышленной частоты, величина которого пропорциональна длине линии. Для увеличения длины кабельной линии, к которой может быть применима указанная схема, необходимо применить разбивку экрана кабеля на секции. Но автор работы [7] показывает, что разделение экранов кабельной линии на несколько односторонне заземлённых секций усложняет эксплуатацию кабельной линии, и вместо увеличения числа односторонне заземлённых секций целесообразно рассмотреть прокладку вдоль кабельной линии специальной эквипотенциальной проводящей шины. Многие специалисты [8, 9] при выборе оптимальных схем заземления экранов однофазных кабелей указывают на необходимость проведения корректных расчётов и технико-экономического обоснования рассматриваемых схем заземления, но в целом рекомендуют отдавать предпочтение одностороннему заземлению экранов.

В случае протяжённых кабельных линий эффективнее применение транспозиции экранов, когда одного или двух полных её циклов достаточно для снижения напряжения на экране относительно земли [10, 11]. Такой способ заземления позволяет добиться практически такой же пропускной способности, как и при одностороннем заземлении, но при существенно больших длинах кабельной линии. В местах разделения экранов или их транспозиции для защиты оболочки кабеля от импульсных перенапряжений устанавливаются ограничители перенапряжений, которые включаются внутри специальных электромонтажных коробок: концевых (для односторонней схемы) или транспозиции (для схемы транспозиции), что соответственно усложняет эксплуатацию линий [7]. Кроме транспозиции экранов в [12] показана необходимость транспозиции самих однофазных кабелей, обеспечивающей снижение

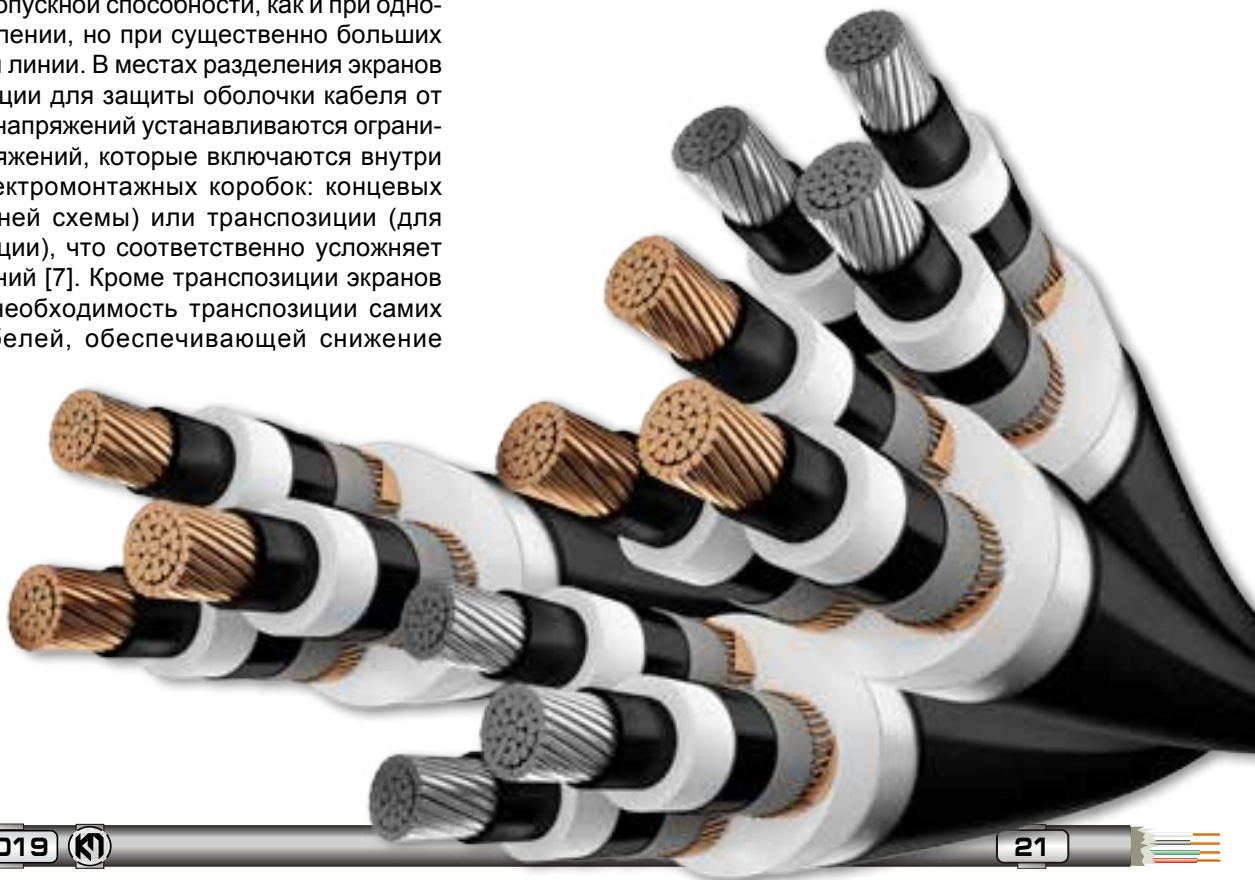
наведённых токов и напряжений на экраны соседних кабелей многоцепной кабельной линии.

М.В. Дмитриев, автор многочисленных трудов по заземлению экранов кабелей, в работе [13] обозначил различия и привёл методику выбора сечений экранов и схем их заземления для однофазных и трёхфазных СПЭ-кабелей. При этом указал, что экраны трёхфазных СПЭ-кабелей во всех случаях пофазного экранирования токоведущих жил могут иметь простое двустороннее заземление экранов, в то время как для однофазных кабелей необходим выбор одного из трёх приведённых выше типовых способов заземления по разработанной методике [4]. Кроме этого, в [13] акцентируется внимание на эффективность использования СПЭ-кабелей с учётом режима нейтрали распределительной сети 6–35 кВ: сеть с трёхфазными кабелями может работать как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземлённой через дугогасящий реактор (ДГР) или резистор [16], в то время как при использовании однофазных СПЭ-кабелей благоприятным режимом является низкоомное заземление нейтрали [14].

Однако в настоящее время в связи с освоением производства трёхжильных СПЭ-кабелей с токопроводящими жилами секторной формы одножильные кабели утрачивают своё технико-экономическое преимущество [14]. В трёхжильном кабеле с секторными жилами (с общим экраном токоведущих жил) габаритные размеры уменьшаются до 40 % по сравнению с аналогичным трёхжильным СПЭ-кабелем с круглыми жилами [15].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для более эффективного использования кабелей с СПЭ-изоляцией в распределительных сетях на напряжение 10–35 кВ необходимо:

а) для исключения разночтений рассмотреть возможность внесения в [1] изменения по выбору схемы соединений и заземления экранов одножильных



СПЭ-кабелей на одностороннее и/или транспозицией в соответствии с длиной кабельной линии;

б) внести в нормативные документы для одножильных СПЭ-кабелей, по аналогии с изложенными в [5], порядок определения длин кабелей при одно-

стороннем заземлении экрана и с разбивкой экрана кабеля на секции;

в) рассматривать применение трёхжильных СПЭ-кабелей с секторными жилами как альтернативу одножильным кабелям.

ЛИТЕРАТУРА

- СТО 56947007-29.060.20.020–2009. Методические указания по применению силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10 кВ и выше. Утверждён и введён в действие распоряжением ОАО «ФСК ЕЭС» от 22.01.2009 № 22р.
URL: <http://kodeks.ru> (дата обращения: 04.07.2019).
- ГОСТ Р 55025–2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 35 с.
- Быстров А.В. Разработка методики выбора энергоэффективной системы заземления экранов одножильных силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6–500 кВ: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 92 с.
- Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6–500 кВ. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 152 с.
- СТО 56947007-29.060.20.103–2011. Силовые кабели. Методика расчета устройств заземления экранов, защиты от перенапряжений изоляции силовых кабелей на напряжение 110–500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Утверждён и введён в действие приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 11.10.2011 № 618.
URL: <http://kodeks.ru> (дата обращения: 04.07.2019).
- Евдокимин Г.А., Дмитриев М.В. Однофазные кабели 6–10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Расчёт заземления экранов // Новости ЭлектроТехники. – 2007. – № 5 (47).
URL: <http://www.news.elteh.ru> (дата обращения: 15.02.2019).
- Дмитриев М.В. Экраны однофазных кабелей 6–500 кВ. Ошибки при выполнении схем заземления // Новости ЭлектроТехники. – 2013. – № 6 (84).
- Антонов А.А., Гусев Ю.П. и др. Способы заземления экранов кабелей // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. – 2016. – № 5 (38). – С. 86–91.
- Буре И.Г., Хевсуриани И.М., Быстров А.В. Влияние системы заземления экранов на выбор сечения кабельной линии с изоляцией из сшитого полиэтилена // Электротехника. – 2016. – № 11. – С. 72–78.
- Дмитриев М.В. Кабельные линии 6–500 кВ с однофазными кабелями. Требования к заземлению узлов транспозиции экранов // Новости ЭлектроТехники. – 2013. – № 1 (79).
URL: <http://www.news.elteh.ru> (дата обращения: 1.03.2019).
- Дмитриев М.В. Колодцы транспозиции экранов КЛ 6–500 кВ. Правило «100 В» // Новости ЭлектроТехники. 2016. – № 2 (98).
URL: <http://www.news.elteh.ru> (дата обращения: 07.03.2019).
- Дмитриев М.В., Кияткина М.Р. Кабельные линии 6–500 кВ. Транспозиция однофазных кабелей и их экранов // Новости ЭлектроТехники. 2011. – № 1 (67).
URL: <http://www.news.elteh.ru> (дата обращения: 07.03.2019).
- Дмитриев М.В. Однофазные и трехфазные кабели 6–35 кВ: различия при выборе сечений экранов и схемы их заземления // Энергоэксперт. – 2017. – № 1. – С. 49–53.
- Демин М.С., Морозова Т.Ф. К вопросу о режиме работы нейтрали в распределительных сетях 10 кВ с кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена // Кабели и провода. – 2018. – № 4 (372). – С. 14–17.
- Камкабель. Номенклатурный каталог. 2018.
URL: https://www.kamkabel.ru/netcat_files/userfiles/Nomenklaturnyy_katalog_2018-2.pdf (дата обращения: 15.02.2019).
- Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. ун-в. изд-во ДЕАН, 2005. – 854 с.

НОВОСТИ МИРА КАБЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ



Использование солнечной энергии

Существует множество различных способов получения энергии. Однако такое природное топливо, как нефть и газ, постепенно заканчивается, поэтому возобновляемые источники энергии привлекают всё большее внимание.

Солнечная энергия обладает рядом преимуществ. Природный солнечный свет доступен всегда и везде, его потребление не имеет негативного воздействия на атмосферу, а его энергия постоянно возобновляется. При этом полученную энергию можно передавать на большие расстояния без существенных потерь. Неудивительно, что глобальное использование солнечных батарей возросло и продолжает развиваться.

Технологии и системы, которые сделают потребление солнечной энергии наиболее эффективным, простым и дешёвым, совершенствуются изо дня в день.

Компания Rosendahl также участвует в этой работе, инвестируя средства в создание производственных линий по выпуску кабелей для солнечных модулей. В частности, компания регулярно адаптирует производственный процесс и внедряет новые материалы, ориентируясь на нужды современного рынка. Таким образом, два самых распространённых метода – сшивка методом радиа-

ционного облучения и сшивка по технологии Sioplas – обеспечивают высокую химическую и механическую стойкость кабелей, что позволяет им соответствовать современным стандартам и методам контроля, например, EN 50618: 2014 или TÜV2Pfg1169 / 08.07.

Многoletний опыт и знания компании Rosendahl в создании производственных решений позволяют получить:

- более тонкую толщину стенки кабелей;
- высокие производственные скорости;
- простоту в эксплуатации, так как используется только одна экструзионная группа;
- низкие инвестиционные затраты;
- укороченную длину линии.

Благодаря этим достоинствам, экструзионные линии компании Rosendahl Nextrom имеют успех на мировом рынке.

