

КАБЕЛИ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 И 20 КВ С ТОКОПРОВОДЯЩИМИ ЖИЛАМИ СЕКТОРНОЙ ФОРМЫ

АВТОРЫ:

Г.И. МЕЩАНОВ,
Д.Т.Н.,
ОАО «ВНИИКП»

М.Ю. ШУВАЛОВ,
Д.Т.Н.,
ОАО «ВНИИКП»

М.К. КАМЕНСКИЙ,
К.Т.Н.,
ОАО «ВНИИКП»

А.А. СЛИВОВ,
ОАО «ВНИИКП»

А.И. МАЙОРОВ,
АО «ОЭК»

В.А. КОМНИК,
АО «ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬ
КОЛЬЧУГИНСКИЙ
ЗАВОД»

Кабели среднего напряжения с многопроволочными жилами секторной формы перспективны для применения в распределительных сетях. Оказалось, что электрическая проч-

ность таких кабелей соответствует электрической прочности кабелей с круглыми жилами. Такие кабели позволяют существенно снизить затраты на монтаж и эксплуатацию кабельных линий.

Ключевые слова: электрическая прочность; сшитый полиэтилен; токопроводящая жила секторной формы; легко снимаемый электропроводящий экран; кабельная система.



Высоковольтный испытательный центр Всероссийского научно-исследовательского института кабельной промышленности

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в электрических распределительных сетях широкое применение нашли кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). В России наиболее распространенный тип кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10–35 кВ — одножильный кабель. Объем производства такого кабеля в настоящее время составляет примерно 85% от общего объема производства кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение 10–35 кВ.

Массовый выпуск одножильных кабелей в первые годы освоения промышленного производства был обусловлен технологическими возможностями кабельных предприятий. Однако в последние годы в связи с оснащением предприятий современным крутильным оборудованием начат промышленный выпуск кабелей в трехжильном исполнении с токопроводящими жилами круглой формы. При этом применение трехжильных кабелей позволило значительно снизить потери электроэнергии

в металлическом экране кабеля, но появились дополнительные издержки, связанные с малой строительной длиной и более высокой массой трехжильного кабеля по сравнению с одножильными. В связи с этим представляется целесообразным создание серии компактных трехжильных кабелей с общим металлическим экраном, применение которых позволит снизить капитальные затраты на сооружение кабельных линий и эксплуатационные издержки.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящее время накоплен большой опыт производства и эксплуатации одножильных кабелей, который показывает, что высокая производи-

тельности и удобство монтажа делают применение такой конструкции достаточно привлекательным. Однако при использовании одножильных кабелей в трехфазных электрических сетях (в случае заземления экранов с обеих концов линии) в экранах индуцируются продольные токи, приводящие к дополнительным потерям электроэнергии и снижению допустимых токов нагрузки. Величина тока в экране кабеля существенно зависит от сечения экрана. Расчеты показывают, что при минимальных сечениях экрана, установленных в национальном стандарте Российской Федерации — ГОСТ Р 55025-2012, значения тока в экранах не превышают 15% от тока в жиле. При этом в кабелях, сечение экранов которых определено по условиям термической устойчивости при протекании токов короткого замыкания при двухместном коротком замыкании, значение тока в экранах в нормальном режиме эксплуатации может достигать 50% от тока нагрузки в жиле и более.

В трехжильных кабелях с индивидуальными экранами по изолированным жилам (рис. 1) или общим экраном поверх сердечника из скрученных изолированных жил токи в экранах в нормальном режиме эксплуатации при симметричной нагрузке практически отсутствуют. При этом из-за наличия заполнения промежутков между скрученными жилами такие кабели имеют большую массу и наружный диаметр по сравнению с одножильными кабелями и меньшую строительную длину.

В этой связи ОАО «ВНИИКП» совместно с заводом ОАО «Электрокабель «Кольчугинский завод» (ОАО «ЭКЗ») и ОАО «Объединенная энергетическая компания» была поставлена задача создания более экономичных конструкций трехжильных кабелей на напряжение 10 и 20 кВ.

КОНСТРУКЦИЯ ТРЕХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ С КРУГЛЫМИ ЖИЛАМИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ

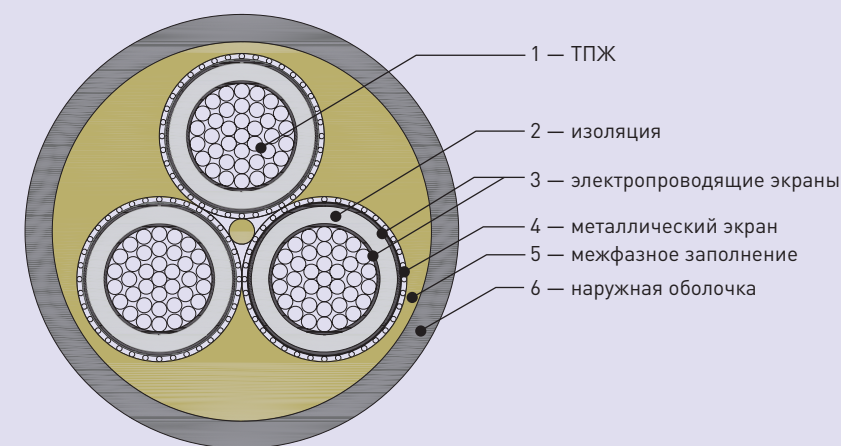


Рис. 1

РАЗРАБОТКА КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ С ТОКОПРОВОДЯЩИМИ ЖИЛАМИ СЕКТОРНОЙ ФОРМЫ

Для снижения себестоимости трехжильного кабеля и затрат на монтаж кабельной линии ОАО «ВНИИКП» совместно с заводом ОАО «ЭКЗ» и ОАО «Объединенная энергетическая компания» были разработаны более экономичные конструкции трехжильных кабелей на напряжение 10 и 20 кВ с токопроводящими жилами секторной формы. Типовая конструкция кабеля с жилами секторной формы на напряжение 10 кВ приведена на рис. 2.

В разработанных кабелях, как и в трехжильных кабелях с круглыми жилами, токи в металлических экранах в нормальном режиме эксплуатации практически отсутствуют. При этом разработанные кабели имеют меньшую массу и габаритные размеры, а также большую строительную длину по сравнению с трехжильными кабелями с круглыми жилами.

Сравнение массы и габаритных размеров одножильных и трехжильных кабелей с круглыми и секторными жилами на напряжение 10 кВ приведено в табл. 1. В табл. 2 приведены максимальные расчетные значения строительных длин трехжильного кабеля марки АПвП с круглыми и секторными жилами.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, масса 1 км кабеля с секторными жилами на 15% меньше массы трех одножильных кабелей

и на 35% меньше массы трехжильного кабеля с круглыми жилами. Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что строительная длина кабеля с секторными жилами превышает строительную длину кабеля с круглыми жилами в 1,3–1,5 раза. В этом случае для сооружения 1 км кабельной линии с использованием кабеля марки АПвП 3×240 мк/35–10 кВ потребуется один комплект соединительной арматуры, а для кабеля АПвП 3×240 мс/35–10 кВ соединительной арматуры не потребуется.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Изолирование опытных образцов кабелей осуществлено на типовой

линии газовой вулканизации завода ОАО «ЭКЗ» с использованием специального технологического инструмента. Технологический инструмент изготовлен компанией Maillefer (Швейцария), на основе разработанного авторами профиля токопроводящей жилы. Комплекс испытаний опытных образцов кабелей на напряжение 10 и 20 кВ, подтверждающих соответствие кабелей требованиям ГОСТ Р 55025-2012, выполнен ОАО «ВНИИКП» совместно с заводом ОАО «ЭКЗ». Программа квалификационных испытаний включала в себя оценку уровня электрических характеристик, анализ устойчивости изоляционной системы к воздействию механических и термических нагрузок, а также испытания кабельной линии с концевой и соединительной арматурой на соответствие требованиям МЭК 60502-4.

КОНСТРУКЦИЯ ТРЕХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ С ТОКОПРОВОДЯЩИМИ ЖИЛАМИ СЕКТОРНОЙ ФОРМЫ С ОБЩИМ ЭКРАНОМ НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ

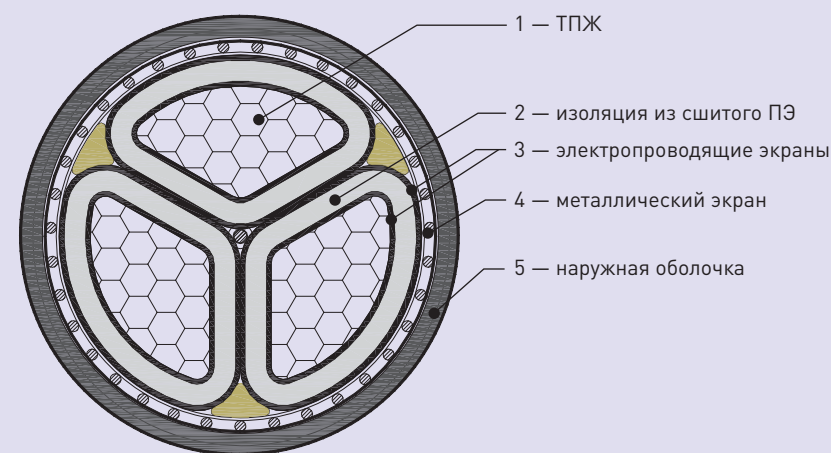


Рис. 2

СРАВНЕНИЕ МАССЫ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И НАРУЖНЫХ ДИАМЕТРОВ ТРЕХЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ МАРКИ АПвП С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СПЭ НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ С СЕЧЕНИЕМ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ 240 ММ²

Наименование показателя	Тип кабеля		
	три одножильных кабеля	трехжильный кабель с круглыми жилами	трехжильный кабель с секторными жилами
1. Токопроводящие жилы, кг/км	1967	1981	1981
2. Изоляция, кг/км	723	729	832
3. Электропроводящие экраны, кг/км	321	323	447
4. Металлический экран, кг/км	987	391	354
5. Заполнение промежутков между жилами, кг/км	—	2215	—
6. Наружная оболочка, кг/км	254	754	513
7. Масса кабеля, кг/км	4884	6461	4161
8. Наружный диаметр кабеля, мм	77,8*	75,2	61,8

* Диаметр окружности, описанной вокруг трех одножильных кабелей, проложенных треугольником вплотную

Таблица 1

МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЛИН ТРЕХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ МАРКИ АПвП

Сечение ТПЖ, мм ²	Кабель на напряжение 10 кВ		Кабель на напряжение 20 кВ	
	с секторными жилами, м	с круглыми жилами, м	с секторными жилами, м	с круглыми жилами, м
120	1339	1051	1052	655
150	1297	817	856	626
185	1085	787	825	596
240	1052	625	654	452
300	818	599	625	429
400	656	426	478	405

Таблица 2

Принимая во внимание, что профиль токопроводящей жилы секторной формы содержит боковые радиусы закруглений, которые значительно меньше радиуса круглой жилы, были оценены значения рабочей напряженности электрического поля в изоляции кабеля в сравнении со значениями напряженности у жилы круглой формы.

Расчет напряженности на радиусе закругления изолированных жил с сечением 240 мм² на напряжение 10 кВ, выполненный в программе Elcut [http://elcut.ru; http://quickfield.com], приведен в табл. 3, распределение электрического поля отражено на рис. 3.

С учетом повышенных значений напряженности электрического поля у токопроводящей жилы секторной формы нами была проведена проверка уровня пробивного напряжения изолированных жил секторной и круглой форм с номинальной толщиной изоляции, равной 3,4 мм. Испытания проводились на образцах с многопроволочной жилой с активной длиной 10 м при ступенчатом повышении напряжения до пробоя: первоначально подавалось 18 кВ, затем напряжение повышалось ступенями высотой 5 кВ и длительностью 5 мин.

Результаты испытаний по оценке уровня пробивного напряжения приведены в табл. 4 и на рис. 4, где отражено графическое представление распределения Вейбулла для измеренных значений пробивного напряжения.

Результаты испытаний показывают, что, несмотря на повышенную напряженность электрического поля на радиусах закругления сектора, значения кратковременного пробивного напряжения изолированных жил секторной

СРАВНЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ЭКРАНА КАБЕЛЕЙ С КРУГЛЫМИ И СЕКТОРНЫМИ ЖИЛАМИ

Параметры	Секторная жила						Круглая жила
Радиус закругления по внутреннему экрану r , мм	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	9,75
Максимальная напряженность поля E_{\max} , кВ/мм	2,76	2,6	2,48	2,39	2,29	2,19	1,98

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ИЗОЛЯЦИИ ЖИЛ КРУГЛОЙ И СЕКТОРНОЙ ФОРМ СЕЧЕНИЕМ 240 ММ²

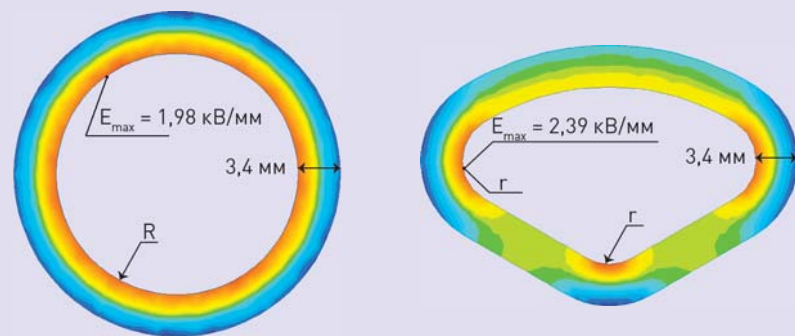


Рис. 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ В ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ

Номер образца	$U_{пр}$, кВ	
	Секторная жила	Круглая жила
1	156	162
2	168	168
3	174	168
4	192	180
5	198	186

Таблица 4

формы и круглых жил практически одинаковы. На рис. 5 показан срез изоляционной системы с каналом пробоя. Зона канала располагается на плоской части «спинки» сектора, а не в зоне с расчетной максимальной напряженностью.

Результаты квалификационных испытаний опытных образцов кабеля АПвП 3×240 мс/35–10 кВ на соответствие комплекса требований ГОСТ Р 55025-2012/МЭК 60502-2 приведены в табл. 5.

Эти результаты подтверждают соответствие разработанных конструкций кабелей нормированному комплексу электрических характеристик, установленному в ГОСТ Р 55025-2012, международном стандарте МЭК 60502-2 и гармонизированном документе CENELEC HD 620 S2.

На основе базовых конструкций созданы кабели различного конструктивного исполнения для различных областей применения: кабели для подземной прокладки, в том числе с водоблокирующими элементами для прокладки в увлажненных грунтах; кабели для прокладки во взрывоопасных зонах и пожароопасных помещениях исполнения нг-LS и нг-НФ.

В таблице 6 приведены результаты испытаний кабеля исполнения нг-НФ на соответствие требованиям пожарной безопасности, а на рис. 6 — результат испытания на нераспространение горения при групповой прокладке.

Были также проведены испытания кабельной системы, состоящей из кабеля, соединительной и концевых муфт, на соответствие требованиям международного стандарта МЭК 60502-4. Кабели с секторными жилами успешно прошли испытания в составе

кабельной системы, выполненной с применением арматуры фирмы ЗМ.

Результаты испытаний кабельной системы на соответствие требованиям МЭК 60502-4 приведены в табл. 7.

Для легко снимаемых композиций полимерных экранов, кроме требований по толщине и электрическому сопротивлению, предъявляется требование по усилению отрыва электропроводящего экрана от изоляции. В табл. 8 приведены результаты испытаний электропроводящего экрана кабеля с секторными жилами на соответствие требованиям ГОСТ Р 55025-2012.

Данные результаты свидетельствуют о том, что характеристики легко снимаемых экранов соответствуют требованиям, изложенным в ГОСТ Р 55025-2012. При этом, как показали результаты испытаний на кратковременное термическое старение, адгезия электропроводящего экрана к изоляции не снижается. Это дает основание ожидать, что в процессе эксплуатации на границе раздела изоляция — электропроводящий экран пустоты образовываться не будут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторским коллективом выполнена разработка трехжильных кабелей среднего напряжения с многопроволочными токопроводящими жилами секторной формы. Испытания показали, что, несмотря на повышенную напряженность электрического поля на радиусах закругления сектора, кратковременная электрическая прочность кабелей с круглыми и секторными токопроводящими жилами одинакова.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЙБУЛЛА ДЛЯ ЗНАЧЕНИЙ ПРОБИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ КАБЕЛЯ С ТОКОПРОВОДЯЩИМИ ЖИЛАМИ КРУГЛОЙ И СЕКТОРНОЙ ФОРМ

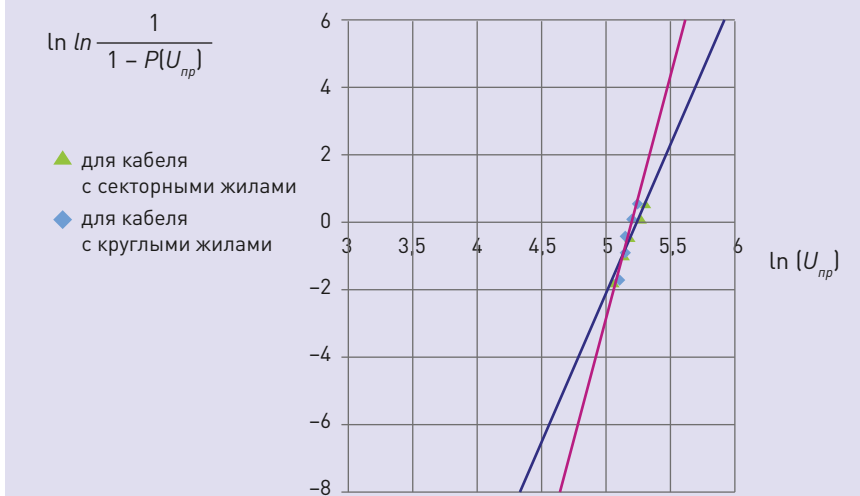


Рис. 4

ИЗОЛЯЦИОННАЯ СИСТЕМА С СЕЧЕНИЕМ ТПЖ 240 ММ² С КАНАЛОМ ПРОБОЯ



Рис. 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЯ С СЕКТОРНЫМИ ЖИЛАМИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ

Виды испытаний. Наименование контролируемых параметров и единиц измерений	Значение параметра	
	нормируемое	фактическое
1. Измерение частичных разрядов (ЧР) на образце кабеля в исходном состоянии: – уровень ЧР, пКл, не более	5	Первая жила – <1 Вторая жила – 1,2 Третья жила – 2,2
2. Измерение ЧР после испытания трехкратным двухсторонним изгибом: – уровень ЧР, пКл, не более	5	Первая жила – <1 Вторая жила – 1,2 Третья жила – 2,2
3. Измерение ЧР после 20 циклов нагрева — охлаждения: – уровень ЧР, пКл, не более	5	Первая жила – 1,1 Вторая жила – 1,3 Третья жила – 2,5
4. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь при температуре жилы (95–100) °С: – $t_{дб}^{\circ}$, не более	0,003	0,0008
5. Проверка стойкости кабеля к воздействию переменного напряжения 24 кВ в течение 4 ч	Без пробоя изоляции	Испытание выдержали
6. Проверка стойкости кабеля к воздействию импульсного напряжения: – 10 импульсов положительной и отрицательной полярности 75 кВ	Без пробоя изоляции	Испытание выдержали
7. Минимальное значение пробивного напряжения, кВ, не менее	150	156

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЯ МАРКИ АПВПНГ(А)-НГ 3×240 МС/35–10 КВ НА ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Виды испытаний. Наименование контролируемых параметров и единиц измерений	Значение параметра	
	нормируемое	фактическое
1. Испытание на нераспространение горения при групповой прокладке: – длина обугленной или поврежденной пламенем части, м, не более	2,5	0,92
2. Испытание по определению оптической плотности дыма при горении и тлении кабелей: – снижение светопропускаемости, %, не более	40	33

Таблица 6

В настоящее время проводятся испытания по оценке стойкости кабелей с секторными жилами к длительному электрохимическому старению в соответствии

с нормами ГОСТ Р МК 55025 и HD 605 S2. Дополнительно выполняются испытания на термическое старение при температурах 130–150 °С в течение одного года

с последующим определением электрических, физико-механических, термоаналитических и спектральных характеристик изоляционной системы, включая определение электрической прочности изоляции и зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от температуры.

Разработанные кабели имеют меньшую массу и габаритные размеры и большую строительную длину по сравнению с традиционными трехжильными кабелями с круглыми жилами. При этом расчет длительно допустимых токов нагрузки показывает, что по эксплуатационным характеристикам разработанные кабели не уступают существующим трехжильным кабелям с круглыми жилами. В табл. 9, 10 приведены значения допустимых токов нагрузки для кабелей с круглыми и секторными жилами. Расчет выполнен для 100%-го

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ КАБЕЛЯ С СЕКТОРНЫМИ ЖИЛАМИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ И АРМАТУРЫ ФИРМЫ ЗМ

Виды испытаний. Наименование контролируемых параметров и единиц измерений	Значение параметра	
	нормируемое	фактическое
1. Испытание переменным напряжением 24 кВ в течение 4 ч	Без пробоя	Испытание выдержали
2. Испытание переменным напряжением 15 кВ в течение 60 циклов нагрева — охлаждения. Каждый цикл состоит из нагрева жилы до температуры 90 °С, выдержки и последующего охлаждения. Продолжительность цикла — 8 ч	Без пробоя	Испытание выдержали
3. Измерение ЧР после 60 циклов нагрева — охлаждения при напряжении 10 кВ: – уровень ЧР, пКл, не более	10	≤ 2
4. Испытание импульсным напряжением 80 кВ: – 10 импульсов положительной и отрицательной полярности	Без пробоя	Испытание выдержали

Таблица 7

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО ЭКРАНА ПОВЕРХ ИЗОЛЯЦИИ

Наименование характеристик	Нормированное значение	Фактическое значение
1. Электрическое сопротивление полимерного экрана при 90 °С, Ом·м:		
– в исходном состоянии	≤ 500	0,5
– после «старения» при температуре 135 °С в течение 240 ч	≤ 500	0,5
2. Усилие отрыва отделяемого полимерного экрана поверх изоляции, Н:		
– в исходном состоянии	3,5 – 20	13,9
– после «старения» при температуре 130 °С в течение 500 ч	≥	20,7

Таблица 8

коэффициента нагрузки в случае заземления экрана с двух сторон для температуры окружающей среды 15 °С.

В настоящее время организовано промышленное производство кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10

ИСПЫТАНИЕ НА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЕ ГОРЕНИЯ ПРИ ГРУППОВОЙ ПРОКЛАДКЕ КАБЕЛЯ МАРКИ АПВПНГ(А)-НГ 3×240 МС/35–10 КВ

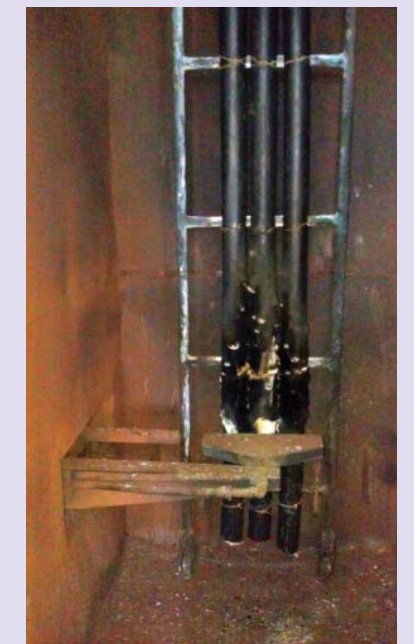


Рис. 6

и 20 кВ с токопроводящими жилами секторной формы. В ОАО «ОЭК» организована опытно-промышленная эксплуатация разработанных кабелей и смонтированы две кабельные линии:

- первая линия выполнена кабелем на напряжение 10 кВ. Проложено четыре кабеля длиной по 400 м каждый. Монтаж линии завершен, кабель находится в эксплуатации в течение более полугода;

– вторая линия выполнена кабелем на напряжение 20 кВ. Проложено четыре кабеля длиной по 400 м каждый. Линия должна быть введена в эксплуатацию летом 2016 г.

Здесь стоит отметить, что все кабели проложены одной строительной длиной без применения соединительных муфт, что в том числе позволило снизить капитальные затраты на монтаж. В случае использования трехжильных кабелей с круглыми жилами проложить данные линии без применения соединительных муфт было бы невозможно.

Таким образом, применение разработанных кабелей без потери основных эксплуатационных характеристик позволит снизить себестоимость самих кабелей, избежать дополнительных потерь в металлических экранах, а также снизить капитальные затраты на монтаж и эксплуатацию кабельных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009. Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 1-1. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100%-й коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Общие положения.
2. ГОСТ Р МЭК 60287-2-1-2009. Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 2-1. Тепловое сопротивление. Расчет теплового сопротивления.
3. ГОСТ Р 55025-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на напряжение 6–35 кВ включительно. Общие технические условия.
4. МЭК 60502-2-2014. Кабели силовые с экструдированной изоляцией и кабельная арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) включительно. Часть 2. Кабели на номинальное напряжение от 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ).
5. HD 620 S2-2010. Кабели для распределительных сетей с экструдированной изоляцией на номинальное напряжение от 3,6/6 (7,2) кВ до 20,8/36 (42) кВ включительно.

СРАВНЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ТОКОВ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОКЛАДКЕ В ЗЕМЛЕ ДЛЯ ТРЕХЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ С МЕДНЫМИ ЖИЛАМИ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток при прокладке в земле кабеля с медными жилами, А			
	секторные жилы	круглые жилы	секторные жилы	круглые жилы
	10 кВ		20 кВ	
120	365	340	362	341
150	411	384	408	384
185	460	433	456	433
240	528	500	523	500
300	593	563	588	563

Таблица 9

СРАВНЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ТОКОВ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОКЛАДКЕ В ЗЕМЛЕ ДЛЯ ТРЕХЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ С АЛЮМИНИЕВЫМИ ЖИЛАМИ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток при прокладке в земле кабеля с медными жилами, А			
	секторные жилы	круглые жилы	секторные жилы	круглые жилы
	10 кВ		20 кВ	
120	285	265	283	265
150	322	300	319	300
185	360	338	357	339
240	415	392	412	392
300	469	456	465	456

Таблица 10

ARMY МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ

6–11 сентября 2016
КВЦ Патриот
Московская область, г. Кубинка

РАЗДЕЛ «ЭНЕРГЕТИКА»

Ключевые темы:

- Технологии интеллектуальных энергосистем;
- Перспективные источники электрогенерации;
- Водородная энергетика;
- Технологии сверхпроводимости;
- Системы накопления энергии;
- Кибернетическая безопасность систем энергоснабжения;
- Системы электроснабжения переменного и постоянного тока. Электрооборудование;
- Автономные и резервные системы электроснабжения;
- Электротранспорт и инфраструктура;
- Силовая электроника. Преобразователи энергии;
- Оборудование первичной и вторичной коммутации;
- Трансформаторное оборудование;
- Воздушные и кабельные линии электропередачи;
- Ситуационно-аналитическое обеспечение управления и моделирование в энергосистемах.

www.rusarmyexpo.ru

ПАРТНЕР РАЗДЕЛА «ЭНЕРГЕТИКА»



АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР



Международные конгрессы и выставки

реклама

Проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 июня 2015 года № 1140-р