

Список литературы. 1. Мещанов Г.И. Кабели на напряжение 10...500 кВ // Кабели и провода. – М.: 2008. – С. 32-38. **2.** Masayuki H. Crossequipment evaluations of partial discharge measurement // IEEE Trans. On dielectric and electrical Insulation. – 2008. – V. 15, № 2. – PP. 505-517. **3.** Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. – Л.: Энергия, 1979. – 528 С.

Bibliography (transliterated): 1. Meschanov G.I. Kabeli na napryazhenie 10...500 kV Kabeli i provoda. – M.: 2008. – 32-38. **2.** Masayuki H. Crossequipment evaluations of partial discharge measurement IEEE Trans. On dielectric and electrical Insulation. – 2008. – V. 15, № 2. – 505-517. **3.** Kuchinskij G.S. Chastichnye razryady v vysokovol'tnyh konstrukciyah. – L.: Energiya, 1979. – 528.

Надійшла (received) 03.04.2014

УДК 621.315

В.М. ЗОЛОТАРЕВ, д-р техн. наук, ген. директор, ПАО «Завод «Южкабель», Харьков;

Т.Ю. АНТОНЕЦ, инженер, ПАО «Завод «Южкабель», Харьков;

В.П. КАРПУШЕНКО, канд. экон. наук, , советник гендиректора, ПАО «Завод «Южкабель», Харьков;

А.А. НАУМЕНКО, канд. техн. наук, вед. специалист, ПАО «Завод «Южкабель», Харьков

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТИПЫ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ КАБЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

Приведены основные направления разработок пожаробезопасных кабелей и проводов, а также требования к ним по пожарной безопасности. Разработаны кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена не распространяющие горение с низким дымогазовыделением, не содержащие галогенов; огнестойкие кабели, содержащие барьер из смоляной ленты, выдерживающие температуру не менее 700С. Выпускаемая ПАО «Завод Южкабель» кабельная продукция соответствует требованиям украинских стандартов по пожарной безопасности.

Ключевые слова: силовые кабели, сшитый полиэтилен, пожаробезопасность.

Анализ источников. Все более широкое использование кабельной продукции для распределения электроэнергии ставит сегодня на одно из первых мест проблему ее пожарной безопасности. Установлено, что 50% пожаров возникает из-за неисправности кабелей и проводов. В последнее время этому вопросу, как за рубежом [1, 2], так и в Украине уделяется большое внимание и, особенно, в части требований, предъявляемых к пожаробезопасности кабелей и проводов [3].

© В.М. Золотарев, Т.Ю. Антоненц, В.П. Карпушенко, А.А. Науменко, 2014

Постановка проблемы. В связи с всевозрастающими требованиями по пожарной безопасности и освоением новых технологий наложения изоляции, потребовалась разработка отечественных образцов пожаробезопасных кабелей, удовлетворяющих требованиям мировых стандартов и требованиям отечественной нормативной базы по этим показателям [3].

Решение проблемы. С учетом современных требований и для удовлетворения потребностей отечественной электроэнергетики и экспорта, ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ» были разработаны основные типы силовых коаксиальных экранированных энергонасыщенных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Основным элементом таких кабелей является трехслойная изоляционная конструкция «полупроводящий экран по жиле – слой высококачественного изоляционного полиэтилена – полупроводящий экран по жиле». Она накладывается на медную или алюминиевую токопроводящую жилу сечением до 2000 мм² строенной экструзионной головкой и вулканизируется затем в наклонной вулканизационной линии в среде сухого азота при давлении до 15 атмосфер и температуре около 450 °С. Это позволило освоить производство кабелей в диапазоне рабочих напряжений от 6 до 330 кВ.

Соответственно вышеизложенному, пожаробезопасные кабельные изделия, освоенные ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ», подразделяются на следующие типы исполнения:

- не распространяющие горение при одиночной прокладке (без обозначения исполнения);
- не распространяющие горение при прокладке в пучках (исполнение -нг);
- не распространяющие горение при прокладке в пучках с пониженным дымо- и газовыделением (исполнение – нгд);
- не распространяющие горение при прокладке в пучках и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении (исполнение – нг – HF; HF – halogen free – не содержащие галогенов);
- огнестойкие, не распространяющие горение при прокладке в пучках, с пониженным дымо- и газовыделением (исполнение нгд – FR; FR – fire resistance – огнестойкость);
- огнестойкие, не распространяющие горение при прокладке в пучках и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении (исполнение – нг – FRHF);
- не распространяющие горение при прокладке в пучках, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение – нг – LSTx);
- не распространяющие горение при прокладке в пучках, не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение – нг- HFLTx).

Нормативную базу на разработанные кабели (провода) повышенной пожаробезопасности можно поделить на следующие основные группы.

Нормативная документация на кабели (провода) пониженной горючести, обладающие стойкостью к распространению пламени при прокладке в

пучках (обозначение «нг»). Сюда относятся:

- а) технические условия на силовые и контрольные кабели:
 - ТУ У 31.3-00214534-009-2002 ... ТУ У 31.3-00214534-060:2011;
 - ТУ У 31.3-00214534-061:2008;
- б) технические условия на кабели для сигнализации и блокировки:
 - ТУ У 31.3-00214534-008-2001;
- в) технические условия на кабели волоконно-оптические:
 - ТУ У 31.3-00214534-036-2004;
 - ТУ У 31.3-00214534-047-2005;
 - ТУ У 31.3-00214534-050:2005;
- г) технические условия на провода установочные и осветительные:
 - ТУ У 31.3-00214534-056:2006;
 - ТУ У 31.3-00214534-059:2008.

Нормативная документация на кабели пониженной пожарной опасности, обладающие стойкостью к распространению пламени при прокладке в пучках и низкой дымообразующей способностью при горении и тлении (обозначение «нгд»).

К ней относятся технические условия на силовые кабели:

ТУ У 31.3-00214534-008-2001 ... ТУ У 31.3-00214534-060:2011.

Нормативная документация на огнестойкие кабели повышенной пожаробезопасности, стойкие к распространению пламени при прокладке в пучках, низкой дымообразующей способности при горении и тлении, а также сохраняющие работоспособность в условиях воздействия пламени (обозначение «нгд-FR»): ТУ У 31.3-00214534-055:2006.

Нормативная документация на кабели, не содержащие галогенов. Сюда относятся:

а) технические условия на кабели пониженной горючести, не содержащие галогенов, стойкие к распространению пламени при прокладке в пучках, низкой дымообразующей способности при горении и тлении с низкой коррозионной активностью продуктов горения (обозначение «нг-HF»): ТУ У 31.3-00214534-056:2006 ... ТУ У 31.3-00214534-060:2011.

б) технические условия на огнестойкие кабели, не содержащие галогенов, стойкие к распространению пламени при прокладке в пучках, низкой дымообразующей способности при горении и тлении, с низкой коррозионной активностью продуктов горения, сохраняющие работоспособность в условиях воздействия пламени (обозначение «нг-FRHF»): ТУ У 31.3-00214534-069:2011.

К разработанным электрическим кабелям предъявляются высокие требования по безопасной эксплуатации. В частности, они должны иметь высокие свойства пожаробезопасности и удовлетворять целому ряду требований по пожарной безопасности, которые регламентируются международными стандартами и отечественными нормативными документами.

К первостепенным относят следующие свойства пожаробезопасности кабелей, предназначенных для открытой прокладки в кабельных сооружениях.

Нераспространение горения – способность кабеля самостоятельно прекращать горение после удаления источника возгорания. Количественным показателем нераспространения горения служит длина участка кабеля, поврежденного пламенем с нормированными характеристиками. Длина этого участка нормируется для одного кабеля (одиночная прокладка) и для группы параллельно проложенных кабелей (групповая прокладка) с учетом объема массы горючего вещества в их конструкции.

Огнестойкость – способность кабеля сохранять работоспособность при прямом воздействии открытого пламени с определенной температурой. Количественным показателем огнестойкости служит время, в течение которого параметры, определяющие работоспособность, находятся в установленных пределах.

Дымообразование – способность кабеля образовывать дым при горении и тлении. Показателем дымообразования является задымленность пространства установленного объема. Задымленность измеряют путем изменения оптической плотности среды. Принимается, что кабель, например, имеет низкую дымообразующую способность, если при его горении и тлении в камере объемом 27 м³ снижение светопропускания не превышает 40%. Дымообразование, как технический показатель, определяет возможность использования средств пожаротушения и проведения спасательных операций в закрытых помещениях.

Коррозионная активность продуктов газовой выделения – это свойство материалов конструкции кабеля выделять при горении газообразные вещества, которые соединяются с парами воды в воздухе, образуют кислоты или щелочи, способные вызывать коррозию металлоконструкций и коррозионное повреждение электронного оборудования. Ущерб от таких коррозионных разрушений может значительно превышать стоимость сгоревших кабелей. К наиболее активным газообразным веществам, выделяемым при горении и разложении различных полимерных композиций в конструкции кабеля, относятся такие высокоактивные компоненты, как бром, фтор, диоксид серы и др. Количественным показателем коррозионной активности выделяемых при горении газообразных продуктов является процентное содержание хлористого водорода, электрическая проводимость и кислотное число (рН) водного раствора этих адсорбированных газообразных продуктов.

Токсичность продуктов сгорания – это способность применяемых в кабелях полимерных композиций образовывать при горении удушающие и токсичные вещества, которые при вдыхании могут вызвать повреждение дыхательных путей или приводить к летальному исходу. К таким веществам относят оксид углерода (угарный газ), оксид азота, сероводород, хлористый водород, формальдегиды и др. Особенно опасным является угарный газ. Он образуется при горении практически всех материалов и очень часто является

причиной отравления и смерти людей и животных при пожарах. Количественным показателем токсичности является такое количество сгораемого материала, которое в единице замкнутого пространства выделяет продукты сгорания, достаточные для гибели 50% подопытных животных. Чем ниже значение этого показателя, тем более опасен сгораемый материал по токсичности продуктов сгорания.

Таблица 1 – Классы по стойкости к распространению пламени вдоль кабелей (проводов) при их одиночной прокладке

Класс кабеля (провода) по стойкости к распространению пламени	Требования по стойкости к распространению пламени кабеля (провода)	Идентификационное обозначение (первая цифра маркировочных данных по условиям пожарной безопасности)
Нестойкий*	Не нормируется	0
Стойкий	По ДСТУ 4216 или ДСТУ 4217	1

* Этот класс не распространяется на кабели и изолированные провода внутренних электроустановок.

Таблица 2 – Классы и категории по стойкости к распространению пламени при условии прокладки в пучках

Класс кабеля (провода) по стойкости к распространению пламени	Категория кабеля (провода) по стойкости к распространению пламени		Максимальная длина обуглившейся части (допустимая граница распространения пламени L, м)	Идентификационное обозначение (вторая цифра маркировочных данных по условиям пожарной безопасности)
	обозначение	по ДСТУ		
Нестойкий или ненормированный	-	-	L > 1,5	0
	AF-R	4237-3-21	L ≤ 1,5	1
	A	4237-3-22		2
B	4237-3-23	3		
Стойкий	C	4237-3-24		4
	D	4237-3-25		5

Кабельные изделия (кабели или изолированные провода) классифицируются по следующим показателям пожарной безопасности в соответствии с гармонизированным с международными требованиями стандартом ДСТУ 4809:2007:

- по стойкости к распространению пламени при условии одиночной прокладки (табл. 1.);
- по стойкости к распространению пламени при условии прокладки в пучках (табл. 2.);
- по токсичности продуктов сгорания неметаллических элементов (табл. 3.);

- по дымообразующей способности при тлении неметаллических элементов (табл. 4.);
- по дымообразующей способности вовремя пламенного горения (табл. 5.);
- по коррозионной активности продуктов горения неметаллических элементов (табл. 6.);
- по способности к сохранению целостности цепей в условиях стандартного температурного режима (табл. 7.);
- по способности сохранения целостности цепи при условии воздействия пламени, температура которого не менее чем 750°C (табл. 8.);
- по способности сохранения целостности цепи при условии комбинированного воздействия пламени, температура которого не менее чем 830°C , и механического удара (табл. 9.).

Таблица 3 – Классы по токсичности продуктов сгорания неметаллических элементов

Класс кабеля (провода) по токсичности продуктов сгорания их неметаллических элементов	Показатель токсичности продуктов сгорания H_{cl50} по длительности экспозиции 30 мин., $\text{г}/\text{м}^3$	Идентификационное обозначение (третья цифра маркировочных данных по условиям пожарной безопасности)
Тк 0 или ненормированный	$H_{cl50} \leq 13$	0
Тк 1	$13 < H_{cl50} \leq 40$	1
Тк 2	$40 < H_{cl50} \leq 120$	2
Тк 3	$H_{cl50} > 120$	3

Таблица 4 – Классы по дымообразующей способности при тлении неметаллических элементов

Класс кабеля (провода) по дымообразующей способности во время тления их неметаллических элементов	Коэффициент дымообразования D_m , $\text{м}^2/\text{кг}$	Идентификационное обозначение (четвертая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
ДТк0 или ненормированный	$D_m \leq 500$	0
ДТк1	$50 < D_m \leq 500$	1
ДТк2	$D_m \leq 50$	2

Таблица 5 – Классы по дымообразующей способности во время пламенного горения

Класс кабеля (провода) по дымообразующей способности во время пламенного горения	Минимальный световой поток I_t , проходящий через задымленную среду, %	Идентификационное обозначение (пятая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
ДПк0 или ненормированный	$I_t < 45$	0
ДПк1	$45 \leq I_t < 60$	1
ДПк2	$I_t \geq 60$	2

Таблица 6 – Классы по коррозионной активности продуктов горения неметаллических элементов

Класс кабеля (провода) по коррозионной активности продуктов сгорания	Количество галогеноводородов M_r , мг/г	Водородный показатель pH	Удельная электропроводность C , мкСм/мм	Идентификационное обозначение (шестая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
КкО или ненормированный	$M_r > 150$	$pH < 4,3$	$C \square 10$	0
Кк 1	$M_r \leq 150$			1
Кк 2			$pH \geq 4,3$	$C \leq 10$

Таблица 7 – Классы по способности к сохранению целостности цепей в условиях стандартного температурного режима

Класс кабеля (провода) по способности к сохранению целостности цепей в условиях стандартного температурного режима	Промежуток времени $t_{ек}$, в течение которого сохраняется целостность цепей, мин.	Идентификационное обозначение (седьмая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
Неспособный к сохранению целостности цепей или ненормированный	$t_{ек} < 15$	0
Ек 15	$15 < t_{ек} < 30$	1
Ек 30	$30 \leq t_{ек} < 45$	2
Ек 45	$45 \leq t_{ек} < 60$	3
Ек 60	$60 \leq t_{ек} < 90$	4
Ек 90	$t_{ек} \geq 90$	5

Таблица 8 – Классы по способности к сохранению целостности цепи при условии воздействия пламени, с температурой не менее чем 750 °С

Класс кабеля (провода) по способности к сохранению целостности цепей в условиях влияния пламени с температурой не менее 750 °С	Промежуток времени t_{FE} , в течение которого сохраняется целостность цепей, мин.	Идентификационное обозначение (восьмая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
Не способный к сохранению целостности цепей или ненормированный	$t_{FE} < 15$	0
FE 15	$15 \leq t_{FE} < 30$	1
FE 30	$30 \leq t_{FE} < 45$	2
FE 45	$45 \leq t_{FE} < 60$	3
FE 60	$60 \leq t_{FE} < 90$	4
FE 90	$90 \leq t_{FE} < 120$	5
FE 120	$120 \leq t_{FE} < 150$	6
FE 150	$150 \leq t_{FE} < 180$	7
FE 180	$t_{FE} > 180$	8

Таблица 9 – Классы по способности к сохранению целостности цепей в условиях комбинированного воздействия пламени с температурой не менее 830 °С и механического удара

Класс кабеля (провода) к сохранению целостности в условиях комбинированного воздействия пламени с температурой не менее 830 °С и механического удара	Промежуток времени t_{FME} , в течение которого сохраняется целостность цепей, мин.	Идентификационное обозначение (девятая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности)
Не способный к сохранению целостности цепей или ненормированный	$t_{FME} < 15$	0
FME 15	$15 \leq t_{FME} < 30$	1
FME 30	$30 \leq t_{FME} < 45$	2
FME 45	$45 \leq t_{FME} < 60$	3
FME 60	$60 \leq t_{FME} < 90$	4
FME 90	$90 \leq t_{FME} < 120$	5
FME 120	$120 \leq t_{FME} < 150$	6
FME 150	$150 \leq t_{FME} < 180$	7
FME 180	$t_{FME} \geq 180$	8

В нормативной документации для силовых кабелей должен быть установлен также допустимый ток и время короткого замыкания. В состав основного маркирования кабеля (провода) должно быть добавлено дополнительное маркирование идентификационных обозначений по требованиям пожарной безопасности. Маркировка должна быть нанесена на кабельное изделие, а в случае невозможности этого – указана в сопроводительной документации. Структура и порядок дополнительных маркировочных данных кабеля (провода) по требованиям пожарной безопасности, которые состоят из идентификационных обозначений, осуществляется в соответствии с табл. 1. – табл. 9.

Пример дополнительного обозначения по требованиям пожарной безопасности: ПБ 123122580 – кабель, стойкий к распространению пламени при условии одиночной прокладки, категории А по стойкости к распространению пламени в пучках, принадлежащий к классам Тк3 по токсичности продуктов сгорания, ДТк1 и ДПк2 по дымообразующей способности, Кк2 по коррозионной активности продуктов сгорания Ек90 и FE 180 по способности к сохранению целостности цепей в условиях огневого воздействия.

Выводы. С учетом требований мировых стандартов и требований отечественной нормативной базы решена проблема разработки и промышленного выпуска отечественных образцов пожаробезопасных кабелей и проводов с вулканизированной полиэтиленовой нагрестойкой изоляцией. ПАО «ЗАВОД «ОЖ-КАБЕЛЬ» разработаны и выпускаются пожаробезопасные провода, а также пожаробезопасные кабели на рабочее напряжение 6...330 кВ, удовлетворяющие всем современным требованиям по пожарной безопасности.

Список литературы: 1. Мещанов Г.И. Развитие производства новых типов пожаробезопасных кабелей в России // Кабели и провода. – 2007. – № 4. – С. 5-9. 2. Байер Г. Нанокompозиты как огнезащитная система // Кабель-news. – 2013. – № 5. – С. 60-64. 3. Изольовані проводи та кабелі. Вимоги до пожежної безпеки. ДСТУ 4809:2007. – К.: 2007. – 14 С.

Bibliography (transliterated). 1. Meschanov G.I. Rarvitie proizvodstva novih tipov poszarobezopasnih kabeley v Rossiy Kabely i provoda. – 2007. – № 4. – С. 5-9. 2. Bayer. G. Nanokompозиты как огнезащитная система Kabely i provoda. – 2013. – № 5. – С. 60-64. 3. Izolyovany provody ta kadel'y. Vimogi do poshzeshzhnoy bespeky. DSTU 4809:2007. – K.: 2007. – 14.

Надійшла (received) 10.02.2014

УДК 621.315

В.М.ЗОЛОТАРЕВ, д-р техн. наук, ген. директор, ПАО «Завод Южкабель», Харьков;

В.В.ЗОЛОТАРЕВ, канд. техн. наук, директор по внешнеэкон. связям, ПАО «Завод Южкабель», Харьков;

С.В.БУЗЬКО, канд. техн. наук, вед. специалист, ПАО «Завод Южкабель», Харьков;

Т.Ю.АНТОНЕЦ, инженер, ПАО «Завод Южкабель», Харьков;

А.А.НАУМЕНКО, канд. техн. наук, вед. специалист, ПАО «Завод Южкабель», Харьков

ВЛИЯНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ЭКРАНОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В КАБЕЛЯХ

Выведена зависимость диэлектрических потерь от проводимости экранов в силовых кабелях. Типовой конструкцией современных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена является коаксиальная конструкция типа «проводящий экран из полимера - изоляция из сшитого полиэтилена, второй - проводящий экран из полимера». Установлена зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от проводимости.

Ключевые слова: силовой кабель, изоляция, диэлектрические потери.

Введение. Основной в кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена является коаксиальная конструкция. В ней на уплотненную токопроводящую жилу методом экструзии с помощью строенной экструзионной головки одновременно накладываются экран по жиле из полупроводящего полиэтилена, собственно изоляционный слой из высококачественного изоляционного полиэтилена, а также экран по изоляции из полупроводящего полиэтилена. Причем проводимости экрана по жиле и экрана по изоляции могут отличаться.

© В.М.Золотарев, В.В.Золотарев, С.В.Бузько, Т.Ю.Антонец, А.А.Науменко, 2014