

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].

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 изоляции». 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-НF»): 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.

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.

Токсичность продуктов сгорания – это способность применяемых в кабелей 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 ма-

териала, 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 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 | - | - | $L \leq 1,5$ | 0 |
| | AF-R | 4237-3-21 | $L \leq 1,5$ | 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 во время 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., г/м ³ | Идентификационное обозначение (третья цифра маркировочных данных по условиям пожарной безопасности) |
|---|---|---|
| Тк О 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 , м ² /кг | Идентификационное обозначение (четвертая цифра маркировочных данных по требованиям пожарной безопасности) |
|---|--|---|
| ДТкО 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) |
|--|--|---|
| ДПкО 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 | $M_r > 150$ | $pH < 4,3$ | $C \leq 10$ | 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 |

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.

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 |

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 нагревостойкой изоляцией. ПАО «ЗАВОД «ЮЖ-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. Нанокomпозиты 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. Razvitiye proizvodstva novih tipov poszarobezopasnih kabeley v Rossii // Kabeley i provoda. – 2007. – № 4. – С. 5-9. 2. Bayer. G. Nanokompozity kak ognezashchitnaya sistema // Kabeley i provoda. – 2013. – № 5. – С. 60-64. 3. Izolyovany provody ta kadeley. Vimogi do poszheshzhnoy bespeky. DSTU 4809:2007. – K.: 2007. – 14.

Надійшла (received) 10.02.2014

УДК 621.315

Вітчизняні типи пожегобезпечних кабелів розробки ПАО «Завод «Южкабель» і вимоги, що пред'являються до них / В.М. Золотарев, Т.Ю. Антонен, В.П. Карпушенко, А.А. Науменко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 21 (1064). – С. 42-50. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.

Наведені основні напрямки розробок пожегобезпечних силових кабелів і проводів, а також вимоги до них з пожежної безпеки. Розроблено кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену що не поширюють горіння з низьким димогазовиділенням, та не містять галогенів; вогнетривкі кабелі, що містять бар'єр зі смоляної стрічки, що витримують температуру не менш ніж 700С. Продукція, що випускається ПАТ «Завод Південкабель» відповідає вимогам українських стандартів з пожежної безпеки.

Ключові слова: силові кабелі, зшитий поліетилен, пожегобезпека.

УДК 621.315

Отечественные типы пожаробезопасных кабелей разработки ПАО «Завод «Южкабель» и требования, предъявляемые к ним / В.М. Золотарев, Т.Ю. Антонен, В.П. Карпушенко, А.А. Науменко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 21 (1064). – С. 42-50. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0740.

Приведены основные направления разработок пожаробезопасных кабелей и проводов, а также требования к ним по пожарной безопасности. Разработаны кабели с изоляцией из зшитого 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.

Ukrainian's type of fire resistant stock company «Zavod Yushcable» cable and main demands for them / V.M.Zolotaryov, T.U.Antonyetz, V.P.Karpushenko, A.A.Naumenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 21 (1064). – P. 42-50. – Bibliogr.: 3. – ISSN 2079-0740.

The main demands and directions of designing fire resistant power wire and cable are presented. Developed cables with XLPE insulation flame retardant, low smoke and gas emission, halogen; fire resistant cables containing barrier resin tape that can withstand temperatures of up to 700C. Let PJSC "Stock company Yuzhcable" products meet Ukrainian standards for fire safety.

Key words: power cable, XLPE, fire resistance.