

ОПАСНЫЙ ВОПРОС – КАБЕЛИ

DANGEROUS QUESTION - CABLES

УДК (РАС S) 621.315.213.14

Д.В. ХВОСТОВ
В.В. БЫЧКОВ

генеральный директор ЗАО «СИМПЭК»
заместитель генерального директора ЗАО «СИМПЭК»

Москва
simpec@rambler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
KEYWORDS:

взрывобезопасность, искробезопасные кабели, монтажные кабели, взрывоопасная зона
explosion safety, Intrinsically safe cables, assembly cables, explosive zone

В ближайшее время вступит в силу Технический регламент «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», утвержденный Постановлением Правительства РФ от 24 февраля 2010 г. №86. Многочисленные производители кабелей не всегда следуют тем нормативам, которые не относятся к кабелям в явном виде. Однако, даже такая простая вещь, как экран в кабеле для взрывоопасных зон имеет сугубо практическое, а не рекламное значение. В статье мы пытаемся ответить на довольно простой вопрос: «Нужно ли изолировать индивидуальные экраны в монтажных кабелях для применения во взрывоопасных зонах?».

Для начала с целью создания единого понятийного пространства с читателем дадим описание традиционных конструкций монтажных кабелей. Сразу же оговоримся, что в ряде стран мира к монтажным кабелям в российском понимании относятся, так называемые, инструментальные кабели.

Кабели имеют гибкие многопроволочные мягкие медные или медные лужёные токопроводящие жилы, изолированные полимером.

Выбор материала изоляции для монтажных кабелей неоднозначен в разных странах мира.

Так как для производственных промышленных комплексов характерно наличие взрывоопасных зон разных классов, близко соседствующих с взрывобезопасными территориями, то конструкции монтажных кабелей разрабатываются с таким условием, чтобы один и тот же кабель мог применяться во взрывоопасных и невзрывоопасных зонах. (Исключение составляют только кабели, специально предназначенные для обеспечения взрывозащиты вида «искробезопасная электрическая цепь i», прокладка которых предусмотрена требованиями ГОСТ Р МЭК 60079-14-2008 [1] во взрывоопасных зонах 0, 1, 2 классов). А в соответствии с п. 7.3.102 ПУЭ [2] кабели во взрывоопасных зонах могут применяться только с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией.

Причём применение резиновой изоляции характерно для кабелей в гибком исполнении. Применение кабелей с полиэтиленовой изоляцией запрещается во взрывоопасных зонах всех классов. Поэтому в России монтажные кабели (как правило, стационарной прокладки) изготавливаются только с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката. В то же время в ряде высокоразвитых стран мира требование к материалу изоляции не столь жесткое: допускается применение для изоляции токопроводящих жил других полимеров, в том числе, полиэтилена. Тем не менее, преимущественно, для изоляции токопроводящих жил монтажных кабелей применяется поливинилхлоридный пластикат.

В качестве самостоятельных элементов могут служить одиночные жилы или группы, состоящие из двух, трёх или четырёх жил скрученных между собой. Одиночные жилы или группы скручиваются в

сердечник, поверх которого накладывается полимерная оболочка.

Требования ПУЭ [2] к материалу оболочки те же, что и к материалу изоляции: кабели во взрывоопасных зонах могут применяться только с резиновой и поливинилхлоридной оболочкой. Применение кабелей с полиэтиленовой оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов. Поэтому в России монтажные кабели изготавливаются только с оболочкой из поливинилхлоридного пластиката. Исходя из требований пожарной безопасности в зарубежных странах кроме поливинилхлоридного пластиката для оболочек применяют безгалогенную полимерную композицию.

Монтажные кабели могут изготавливаться как без экрана, так и с общим экраном, накладываемым на сердечник.

Особняком стоят конструкции, в которых на каждую группу накладывают индивидуальный экран. При этом общий экран в конструкции может присутствовать или отсутствовать.

По основной группе монтажных кабелей существует только один вопрос: почему в отечественной нормативной документации (в частности, в ПУЭ) в настоящее время отсутствует разрешение на применение в качестве изоляции и оболочки безгалогенных полимерных композиций? Ответ на этот вопрос, по нашему мнению, лежит на поверхности: причина заключается в традиционной инерционности отечественных структур, занимающихся нормированием требований безопасности для промышленных производств. В пользу такой инерционности может служить, разве, что отсутствие отечественных производителей безгалогенных полимерных материалов и недостаточный опыт эксплуатации декларируемых свойств кабелей с подобными материалами. Гораздо сложнее ответить на вопрос, возникающий к группе кабелей с индивидуальными экранами пар и троек: нужно ли изолировать индивидуальные экраны пар и троек друг от друга и должна ли эта изоляция быть электрической, то есть, выдерживать некоторое электрическое напряжение?

Прежде, чем отвечать на этот вопрос, рассмотрим конкретные существующие реализации монтажных кабелей с индивидуальными экранами пар и троек. При этом с целью упрощения анализа условимся рассматривать только не бронированные конструкции.

Известен французский стандарт NFM 87-202 от сентября 1987 года «Нефтяная промышленность. Кабели управления. Технические условия» [3]. Стандарт распространяется на кабели очень низкого напряжения, используемые на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности, особенно для передачи аналоговых сигналов и в цепях постоянного тока.

Кабели выпускаются с групповыми элементами: парами или тройками, или четвёрками. Изоляция жил и оболочка выполняются из поливинилхлоридного пластиката. Кабели многожильные имеют общий экран, состоящий из следующих элементов: из одной полиэфирной ленты, наложенной по спирали с перекрытием не менее 30%, продольно наложенного контактного проводника конструкции 7x0,20 мм из медных лужёных проволок и одной алюминиевой ленты, ламинированной пластмассой, наложенной по спирали с перекрытием не менее 30%.

Кроме того, возможно наложение экранов одного из трёх видов.

1. Экран типа EG накладывается на сердечник кабеля, содержащего одну пару или одну тройку, или одну четвёрку. Он состоит из одной полиэфирной ленты, наложенной по спирали с перекрытием не менее 30%, продольно наложенного контактного проводника конструкции 7x0,20 мм из медных лужёных проволок и одной алюминиевой ленты, ламинированной пластмассой, наложенной по спирали с перекрытием не менее 30%.
2. Экран типа EI – индивидуальный по каждой паре или тройке. Он состоит из тех же элементов, что и экран типа EG, но поверх ламинированной алюминиевой ленты накладывается оболочка из поливинилхлоридного пластиката толщиной 0,7 мм, с минимальным допустимым значением 0,55 мм.
3. Экран типа EP – индивидуальный по каждой паре или тройке. Состоит из одной полиэфирной ленты наложенной по спирали с перекрытием не менее 30%, продольно наложенного контактного проводника конструкции 7x0,20 мм из медных лужёных проволок, электропроводящей оболочки из поливинилхлоридного пластиката и поверх неё – оболочки из традиционного пластиката с суммарной толщиной двух оболочек 0,7 мм, с минимальным допустимым значением – 0,3 мм. ►

При этом предъявляются требования по испытанию напряжением изоляции между индивидуальными экранами: кабель должен выдерживать испытание напряжением 750 В переменного тока частотой 50 Гц, приложенного между любыми двумя индивидуальными экранами.

В качестве другого национального стандарта можно привести Британский стандарт BS 5308: Часть 1: 1986 «Кабели управления. Кабели с полиэтиленовой изоляцией. Технические условия» [4]. Предназначен стандарт главным образом для нефтяной промышленности. Отдельно выделено, что стандарт не распространяется на кабели, применяемые в угольных шахтах.

Кабели изготавливаются с однопроволочными токопроводящими жилами изолированными полиэтиленом, парной скрутки. Имеется конструкция с индивидуально экранированными парами. При этом на каждую пару накладывается экранирующая ламинированная лента металлом внутри с перекрытием не менее 25%, а под ней прокладывается одна или более медных лужёных проволок (контактная проволока) суммарным сечением не менее 0,5 мм².

Ламинированная лента, состоящая из слоя алюминия на полиэфирной основе, должна иметь толщину слоя алюминия 0,008 мм и толщину полиэфирной основы не менее 0,01 мм.

Поверх экранирующей ленты должны быть наложены две полиэфирные ленты толщиной 0,05 мм с перекрытием не менее 50%.

Следует отметить, что испытание электрическим напряжением изоляции между экранами не предусмотрено.

В России монтажные кабели выпускают несколько предприятий. В качестве примера можно привести кабели типа КУИН, выпускаемые по ТУ 3586-010-76960731-2007 ООО «Донкабель» [5]. Марка кабеля расшифровывается так: Кабель Универсальный ИНструментальный.

Кабели КУИН предназначены для применения в цепях управления, контроля и сигнализации, межприборных соединений, формирования цифровых информационных шин, в качестве измерительных проводов для термометров сопротивления. Кабели используются для стационарной и подвижной прокладки внутри и снаружи помещений при условии защиты от прямого воздействия солнечной радиации, на полках, в лотках, коробах, каналах, туннелях, земле (траншеях), в местах подверженных воздействию блуждающих токов, применяться во взрывоопасных зонах классов 0, 1, 2, а также в системах безопасности АЭС (информация взята из рекламного проспекта ЗАО «Герда», торгового представителя ООО «Донкабель»).

Кабели КУИН выпускаются с многопроволочными медными лужеными токопроводящими жилами 3-его или 4-ого классов по ГОСТ 22483-77. Изоляция кабелей может быть выполнена из поливинилхлоридного пластика, поливинилхлоридного пластика с пониженным дымогазовыделением (нг-LS) или безгалогенной полимерной

композиции (нг-HF). Оболочки могут быть выполнены из поливинилхлоридного пластика, поливинилхлоридного пластика не распространяющего горение (нг), поливинилхлоридного пластика не распространяющего горение с пониженным дымогазовыделением (нг-LS) и безгалогенной полимерной композиции (нг-HF). Имеются конструкции с изоляцией и оболочкой из термопластичных эластомеров, обеспечивающих повышенную гибкость и расширенный диапазон рабочих температур.

Кабели КУИН имеют сердечник, скрученный из одиночных жил или из элементарных пучков (термин авторов проспекта) в виде скрученных между собой в пары или тройки, или четвёрки. Поверх сердечника накладывается водоблокирующая лента с целью предотвращения продольного распространения влаги.

В большинстве конструкций предусмотрены экраны в виде оплётки из медных проволок или из алюмофлекса (алюминиевая фольга ламинированная полиэтилен-терефталатной лентой): либо общий, наложенный на сердечник, либо отдельный (индивидуальный) помещенный на каждую пару или тройку, или четвёрку, либо и общий, и индивидуальные. Однако ни из маркообразования, ни из описания конструкций не следует, что поверх каждого индивидуального экрана накладывается дополнительный изолирующий слой тем или иным методом. А в таблице технических характеристик кабеля отсутствует требование к испытанию электрическим напряжением изоляции индивидуальных экранов.

Из ряда поставляемых монтажных кабелей из зарубежных стран целесообразно выделить кабели фирмы «LEONI KERPEN GmbH» [6].

Кабели применяются для передачи цифровых и аналоговых сигналов в системах контроля и управления, для использования во взрывоопасных зонах классов 1 и 2 группы II. Рекомендуется прокладка как внутри, так и снаружи помещений, на полках, в лотках, в коробах, в сухих и сырых местах. Кабели относятся к категории трудновоспламеняющихся (предположительно, аналогичным исполнению «нг»). Материалы изоляции и оболочки обеспечивают выполнение требования по маслостойкости, оболочки — стойкости к прямому воздействию ультрафиолетового излучения.

Кабели содержат многопроволочные токопроводящие жилы, скрученные из медных проволок. В качестве изоляции используется поливинилхлоридный пластикат или безгалогенная полимерная композиция. Жилы скручиваются в пары или тройки. В ряде конструкций на каждую пару или тройку накладывается индивидуальный экран из алюминиевой фольги толщиной 0,024 мм с проложенным под ней контактным проводником диаметром 0,6 мм.

Под индивидуальным экраном и поверх него накладывается полимерная лента. Незэкранированные пары или тройки или экранированные пары или тройки скручиваются в сердечник. Поверх сердечника

накладывается обмотка из полимерной ленты и общий экран из алюминиевой фольги толщиной 0,024 мм с проложенным под ним контактным проводником диаметром 0,6 мм. Поверх общего экрана накладывается не распространяющая горение оболочка из поливинилхлоридного пластика или безгалогенной полимерной композиции. Предполагается ряд конструкций с изоляцией и оболочкой, выполненными из холодостойкого поливинилхлоридного пластика, обеспечивающего работоспособность в стационарном режиме при температуре не ниже минус 60°C. Не смотря на то, что поверх экрана накладывается изоляция в виде обмотки полимерной лентой, испытание изоляции по экранам приложением электрического напряжения между экранами не предусмотрено. Отдельно хочется отметить, что для инструментальных кабелей производства фирмы «LEONI KERPEN GmbH» нормируется очень высокое значение электрического сопротивления изоляции (в том числе для холодостойкого исполнения) — не менее 100 МОм на длине 1 км.

Наконец, приведём конструкции кабелей, описанные в Европейском стандарте EN 50288-7 «Многожильные металлические кабели, используемые для аналоговой и цифровой связи и контроля. Часть 7. Отдельная спецификация для инструментальных и контрольных кабелей». [7]

Токопроводящие жилы могут быть однопроволочными и гибкими многопроволочными, из чистой меди и с металлическим покрытием (например: лужёными).

В качестве изоляции могут быть использованы следующие материалы: поливинилхлоридный пластикат, полиэтилен, полипропилен, безгалогенная полимерная композиция не распространяющая горение, сшитый полиэтилен. Изолированные жилы могут быть скручены: пары, тройки или четвёрки.

В ряде конструкций каждая группа должна иметь индивидуальный экран одного из трёх следующих типов:

- в виде оплётки из чисто медных или медных с металлическим покрытием проволок с поверхностной плотностью не менее 0,6;
- комбинация из фольги и оплётки из чисто медных или медных с металлическим покрытием проволок с поверхностной плотностью не менее 0,3, контактная проволока прокладывается по отдельному дополнительному требованию;
- ламинированная фольга и контактная проволока, проложенная со стороны слоя металла на фольге.

Об изолировании индивидуальных экранов в данном стандарте не упоминается, также, как и об испытании напряжением, прикладываемом между экранами.

Кабельные элементы должны быть скручены в сердечник.

В воздушные промежутки в сердечнике может быть введён наполнитель.

Сердечник кабеля может быть экранирован одним из трёх способов, ►

применяемых для наложения индивидуальных экранов. Кроме того, возможно экранирование сердечника в виде наложения ламинированной оболочки (барьер влажности – ламинированная оболочка, состоящая из ламинированной фольги полимером сверху, привариваемом к материалу оболочки в процессе экструдирования).

Наружная оболочка может изготавливаться из поливинилхлоридного пластика, полиэтилена, безгалогенной полимерной композиции, не распространяющей горение.

Как видно из приведённых примеров, однозначности по вопросу изолирования экранов нет, а испытание изоляции экранов требуется только для кабелей, изготавливаемых по французскому стандарту NFM 87-202.

Попробуем определить необходимость изолирования экранов и испытания этой изоляции напряжением исходя из требований стандартов на условия эксплуатации.

Причём речь пойдёт, только о кабелях, предназначенных для искробезопасных цепей. Так как в проспекте на кабели типа КУИН требования и марки кабелей, предназначенных для искробезопасных цепей, не оговорены, воспользуемся конструкциями кабелей типа КВЭВЭ (i), выпускаемых ОАО «ЭКСПОКАБЕЛЬ» (г. Подольск), по ТУ 16.К46-017-2003, в качестве опорных. [11]

Представим на Рис. 1. схематическое изображение двух рядом лежащих экранированных пар кабеля марки КВЭВЭ (i).

В п. 6.4.12.4 ГОСТ Р 51330.10-99 [8] предъявляется следующее требование:

«Искробезопасные цепи, электрически не связанные между собой, должны выдерживать испытательное напряжение (эффективное) переменного тока, равное $(2U + 1000)$, Но не менее 500 В, где $2U$ – сумма действующих значений

напряжений искробезопасных цепей».

Из этого можно заключить, что для нормального режима работы должно выполняться соотношение:

$$U_I = 2U_{\text{раб}} + 1000 \quad (1)$$

где $U_{\text{раб}}$ – максимально допустимое рабочее действующее напряжение искробезопасной цепи в предположении, что оно одинаково для всех цепей в сердечнике одного кабеля.

Максимально допустимое рабочее действующее напряжение искробезопасной цепи можно определить на основании минимально допустимой толщины изоляции кабеля по таблице 4. п.6.3.1.3 ГОСТ Р 51330.10-99 [8]. Согласно ТУ 16.К46-017-2003 минимальная толщина изоляции для кабелей марки КВЭВЭ (i) составляет 0,5 мм. Так как рабочее напряжение по определению является напряжением между двумя токопроводящими жилами, то оно приходится на двойную толщину изоляции: 1,0 мм. Из таблицы 4 ГОСТ Р 51330.10-99 [8] следует, что максимально допустимое рабочее действующее напряжение для искробезопасных цепей должно быть равно 375 В.

Подставляя значение действующего рабочего напряжения в формулу (1), получаем предельное значение действующего напряжения в кабеле марки КВЭВЭ (i) по ТУ 16. К46-017-2003 между двумя индивидуально экранированными парами, ниже которого оно быть не должно. $U_{I\text{max}} = 1750$ В.

Теперь рассмотрим, как складывается это напряжение, исходя из конструкции кабеля. Согласно [9], для пробивного напряжения выполняется соотношение:

$$U_{\text{пр}} = E_{\text{пр}} \cdot h \quad (2)$$

где: $E_{\text{пр}}$ – нормируемое значение напряжённости пробоя;

h – толщина изоляции в месте приложения напряжения.

Запишем, чему равно по Рис. 1, с использованием понятия пробивного напряжения аналогично формуле (2):

$$U_{I\text{пр}} = E_{\text{пр}} h_1 + E_{\text{пр}} h_2 + E_{\text{пр}} h_3 \quad (3)$$

где:

h_1 – участок изоляции токопроводящая жила – экран левой пары;

h_2 – участок изоляции между экранами;

h_3 – участок изоляции токопроводящая жила – экран правой пары.

Так как для изоляции токопроводящих жил и для изоляции экранов применяется одинаковый материал, то значение « $E_{\text{пр}}$ » для всех трёх участков одинаково. Перепишем формулу (3) в виде пробивных напряжений, заменяя каждое слагаемое в правой части соответствующим пробивным напряжением.

$$U_{I\text{пр}} = U_{\text{прж-э}} + U_{\text{прэ-э}} + U_{\text{прж-э}} = 2U_{\text{прж-э}} + U_{\text{прэ-э}} \quad (4)$$

где: $U_{\text{прж-э}}$ – пробивное напряжение на участке токопроводящая жила – экран (одинаковое для левой и правой пар);

$U_{\text{прэ-э}}$ – пробивное напряжение на участке экран – экран.

На основании формул (1) и (4) мы имеем право записать неравенство:

$$U_{I\text{пр}} > U_I \quad (5)$$

С целью проверки неравенства (5), в формуле (4) вместо « $U_{\text{прж-э}}$ » подставим заведомо меньшее нормируемое значение испытательного напряжения прикладываемого между жилой и экраном, равное 1500 В по ТУ 16.К46-017-2003, а второе слагаемое обозначим, как U_{23} , получим: ►

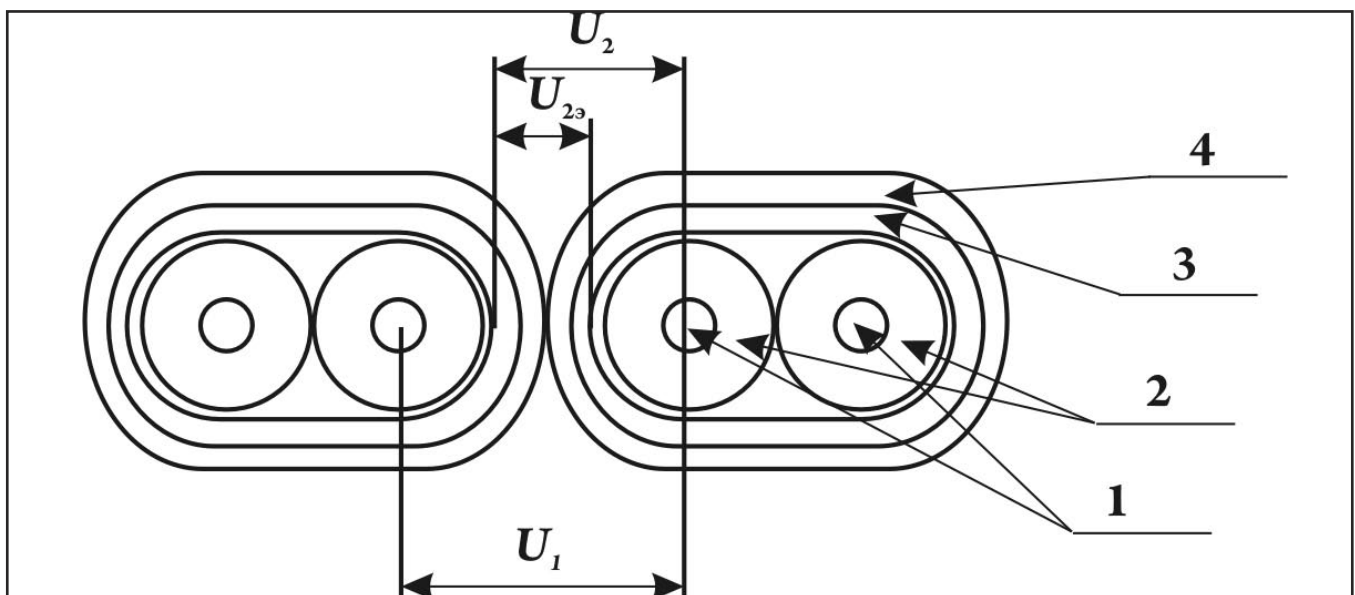


Рис. 1. Две экранированные пары искробезопасного кабеля.
1 – токопроводящие жилы;
2 – изоляция токопроводящих жил;
3 – индивидуальный экран;
4 – поясная изоляция или оболочка индивидуального экрана.

$$U_{1np} > 3000 + U_{23} \quad (6)$$

Подставляя полученные значения для « U_{1np} » и « U_1 » в неравенство (5), получаем:

$$3000 + U_{23} > 1750 \quad (7)$$

Как видно из формулы (7), данное неравенство выполняется для любых « $U_{23} \geq 0$ », однако, учитывая требование ГОСТ Р 51330.10-99 о минимальном значении напряжения, которое должна выдерживать изоляция экранов, принимаем его равным 500 В.

Полученный вывод распространяется на условия нормальной эксплуатации кабеля, при котором задействованы (находятся под рабочим напряжением) обе рядом лежащие пары. Однако, возможен случай нормальной эксплуатации, при котором на одной из пар отсутствует рабочее напряжение и она заземлена. Тогда на основании схематического изображения на Рис. 1, вместо « U_1 » в формуле (4) мы должны в левой части записать « U_2 », а в правой исключить коэффициент «2» при « $U_{прж-э}$ »:

$$U_{2np} = U_{прж-э} + U_{прэ-э} \quad (8)$$

Заменяя в формуле (8) « $U_{прж-э}$ » нормируемым значением действующего напряжения 1500 В, аналогично вышеизложенному, получаем неравенство:

$$U_{2np} > 1500 + U_{23} \quad (9)$$

Так как нормируемое значение напряжения на участок по ГОСТ Р 51330.10-99 [4] остаётся тем же, то мы должны приравнять « U_1 » и « U_2 », и на основании этого записать неравенство:

$$U_{2np} > U_2 \quad (10)$$

Подставляя в (10) известные значения, получаем:

$$1500 + U_{23} > 1750 \quad (11)$$

Преобразовывая равенство (11), получаем:

$$U_{23} > 250 \quad (12)$$

Однако, учитывая требование о минимальном значении напряжения, которое должна выдерживать изоляция экранов принимаем « U_{23} » равным 500 В.

Следует рассмотреть ещё один возможный случай: электрический пробой изоляции жил одной из пар на экран. Допустим, что произошёл пробой изоляции жилы левой пары на экран и экран оказался под рабочим потенциалом. Тогда требования ГОСТ Р 51330.10-99 [8], выражаемое формулой (1) примет вид

$$U_2 = 2U_{раб} + 1000 = 1750 \quad (13)$$

Но это означает, что данная задача целиком сводится к предыдущей, в которой одна пара не задействована и заземлена. И в этом случае мы так же должны принять значение « U_{23} » равным 500 В.

Таким образом, из проведённого исследования следует однозначный вывод, что для кабелей, предназначенных для электрических цепей с взрывозащитой вида «электрическая искробезопасная цепь i», имеющих индивидуальные экраны пар или троек, должна быть предусмотрена изоляция индивидуальных экранов, выполненная обмоткой с перекрытием диэлектрическими лентами или в виде экструдированной полимерной оболочки, выдерживающей испытание напряжением не менее 500 В, приложенного между любыми индивидуальными, а также между любыми индивидуальными и общим экранами или броней при их наличии.

Остаётся ещё один вопрос: о необходимости изолирования индивидуальных экранов в кабелях, применяемых в электрических цепях с взрывозащитой другого вида. Специальных требований по испытанию напряжением элементов конструкции в таких кабелях не существует. Поэтому доказать необходимость изолирования индивидуальных экранов в таких кабелях не представляется возможным.

Однако, по нашему мнению, изолирование индивидуальных экранов есть требование обязательное для всех типов кабелей.

Покажем это. Предположим, что одной паре кабеля, в котором отсутствует изоляция экранов и между экранами соседних пар имеется электрический контакт, произошёл пробой изоляции токопроводящей жилы на экран. Если предположить, что норма на основе возможного увеличения напряжения при пробое за счёт переходного процесса, то мы должны допустить, что изоляция жил соседней пары может оказаться под напряжением 1750 В. В то же время, согласно ТУ 16.К46-017-2003 изоляция испытывается напряжением 1500 В, прикладываемым между токопроводящей жилой и экраном. Таким образом, возникает некоторая вероятность пробоя изоляции и во второй паре.

Но есть и ещё одно негативное следствие пробоя изоляции в одной из пар. При отсутствии изоляции индивидуальных экранов ток пробоя, содержащий высокочастотные составляющие до 10 МГц протекает и по экрану второй пары, создавая помехи сигналам, передаваемым по второй паре.

Для устранения негативного воздействия первого фактора можно было бы защититься, обеспечив соответствие изоляции требованию стойкости к воздействию электрического напряжения 2000 В. При этом остаётся воздействие второго фактора. Так, что оптимальным решением будет изолирование индивидуальных экранов от электрических контактов между собой и с общим экраном.

В дополнение к вышеизложенному сообщим, что кабели (изоляция) по

ТУ 16.К46-017-2003 выдерживают испытание напряжением 2000 В в соответствии с п. 6.4.11.3 ГОСТ Р 51330.10-99 [8], приложенное между пучками токопроводящих жил.

Кроме того, кабели по ТУ 16.К46-017-2003 имеют круглую форму в поперечном сечении, обеспечиваемую экструдированной подложкой под оболочкой (заполнителем) и контролируемую измерением наружного диаметра в двух взаимноперпендикулярных направлениях, что соответствует требованиям п. 10.3.2 ГОСТ Р 51330.13-99 [10] и п. 9.3.1. ГОСТ Р МЭК 60079-14-2008 [1].

В заключение считаем целесообразным обратить внимание потребителей на необходимость правильного выбора электрооборудования, в том числе и кабелей, для обеспечения взрывобезопасности промышленных производств. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- ГОСТ Р МЭК 60079-14-2008 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок», М., ИПК Издательство стандартов, 2008 г.
- «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)», шестое издание, С-ПБ, издательство «ДЕАН», 2004 г.
- NF M87-202-1987 «Кабели электроустановок нефтяной промышленности. Технические условия».
- BS 5308-1:1986 «Кабели контрольно-измерительных приборов. Часть 1. Кабели с полиэтиленовой изоляцией».
- <http://www.gerda.ru/production/6/172> «Кабель универсальный инструментальный КУИН».
- http://www.leoni-industrial-projects.com/uploads/tx_downloadleoni/en_ICON_UL_datasheets_2007_WEB_01.pdf LEONI Kerpen GmbH Instrumentation Cables.
- EN50288-7 «Многожильные металлические кабели, используемые для аналоговой и цифровой связи и контроля. Часть 7. Отдельная спецификация для инструментальных и контрольных кабелей», CENELEC, Брюссель, сентябрь 2005 г.
- ГОСТ Р 51330.10-99 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i», М., ИПК Издательство стандартов», 1999 г.
- «Справочник по электротехническим материалам», том 1, под редакцией Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева, М., «Энергоатомиздат», 1985 г.
- ГОСТ Р 51330.13-99 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)», М. ИПК Издательство стандартов». 1999 г.
- <http://www.expocable.ru/production/montazh.php>, монтажные кабели и провода, ОАО «Экспокабель»