

**А.Р. Свендровский**, канд. техн. наук, директор;  
**В.В. Редько**, канд. техн. наук, начальник отдела  
 высоковольтной техники;  
 НИИ «ЭРМИС»

## АДАПТАЦИЯ ГОСТ 2990 К СОВРЕМЕННЫМ УСЛОВИЯМ КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Публикацией этой статьи сотрудники фирмы «ЭРМИС» предлагают начать на страницах журнала «Кабели и провода» дискуссию о проблемах метрологии и контроля в кабельном производстве. Открывая дискуссию, мы надеемся на активное участие в ней специалистов кабельной отрасли.

В данной статье речь пойдет об электрических испытаниях кабельных изделий «на проход», об аппаратуре, методике и документах, регламентирующих эти испытания.

Испытания изоляции «на проход» являются самым распространенным видом контроля качества кабельной продукции по нескольким объективным причинам.

Во-первых, контролируется важнейшая, а для некоторых кабелей самая важная характеристика изделия – электрическая прочность изоляции. Поэтому неслучайно даже на небольших кабельных предприятиях, возникших в последние годы, испытания «на проход» проводятся в обязательном порядке. Нередко это единственный вид электрических испытаний, проводимых на таком производстве.

Во-вторых, испытанием «на проход» осуществляется прямой, объективный и 100%-й контроль качества, а не выборочный и не косвенный, как в некоторых других методах. Это позволяет производителям быть постоянно уверенными в качестве всей своей продукции.

В-третьих, контроль проводится непосредственно в процессе производства и выявляет брак на самых ранних этапах, что дает возможность принять оперативные меры и тем самым снизить потери.

Документами, регламентирующими проведение указанных испытаний, являются ГОСТ 2990 «Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением» [1], а также отраслевой руководящий документ РД 16.14.640 [2]. Эти документы были утверждены в 1978 и 1988 годах соответственно и с тех пор претерпели ряд изменений. Однако практическое их использование в части испытания «на проход» по-прежнему затруднено из-за множества «неувязок», не говоря уже о простых грамматических ошибках.

Так, в пункте 4.3.3 ГОСТ 2990 приведена минимальная длительность регистрируемых пробоев  $2 \cdot 10^{-4}$  и не указана размерность этой величины (вероятно, секунды). Причем ошибка «кочует» из одного издания стандарта в другое уже около тридцати лет.

Гораздо более серьезные проблемы возникают при практическом определении по стандарту требований к испытательной аппаратуре: необходимой длины электродного узла испытателя и оценки быстродействия испытательной установки.

Приведем дословно пункт 4.3.3 указанного ГОСТа: *Длина электрода должна обеспечивать время приложения напряжения к испытываемой изоляции, оболочке или защитному шлангу не менее 0,06 с. Длину электрода  $l$ , мм, вычисляют по формуле*

$$L = 60 v,$$

где  $v$  – максимальная линейная скорость прохождения через электрод изолированной жилы, оболочки или защитного шланга, м/с.

*Для экструзионных линий с линейной скоростью свыше 10 м/с допускается использовать электрод, обеспечивающий время приложения испытательного напряжения к испытываемой изоляции не менее 0,002 с при использовании установки, обеспечивающей за это время не менее трех периодов испытательного напряжения, а также сигнализацию и регистрацию пробоев, имеющих длительность  $2 \cdot 10^{-4}$  и более.*

Внутренняя логика должна быть во всех документах, тем более в государственных стандартах, несоблюдение которых, как известно, преследуется по закону. Здесь же получается, что при низких скоростях длина электрода должна быть порядка 0,6 м и более, а при переходе к высоким скоростям длину электрода можно спокойно уменьшать почти в 30 раз.

Чем вызван такой скачок? Физикой контроля? Конечно нет. При переходе от скорости 600 м/мин к скорости 601 м/мин не происходит никаких изме-

нений, а цифра 600 м/мин с точки зрения контроля достаточно условна. А как поступать, если начало процесса экструдирования идет на низких скоростях, что обычно и происходит, а в номинальном режиме линия работает при линейной скорости движения изделия более 600 м/мин? Также ничего не сказано о весьма распространенных испытаниях «на проход» при контрольной перемотке. Формально это неэкструзионная линия, и поэтому скоростная граница 600 м/мин здесь не действует. А что действует?

Вызывает удивление еще одна цифра – 0,06 с, указанная в ГОСТ 2990, и это «магическое» число переходит не изменяясь из одного издания в другое в течение почти тридцати лет.

Рассмотрение физики процесса контроля «на проход», экспериментальные данные, а также анализ зарубежных и международных стандартов показывают, что требуемая длина электродного узла ( $L$ ) линейно зависит от скорости кабеля ( $V$ ) и обратно пропорциональна частоте ( $f$ ) испытательного напряжения.

В стандарте UL 1581 (США)	$V [м / мин] = \frac{1}{150} \cdot f [Гц] \cdot L [мм]$
В стандарте BS EN 50356:2002 и CENELEC TC 20 F (Великобритания и страны группы CENELEC*)	$V [м / мин] = \frac{1,2}{50} \cdot f [Гц] \cdot L [мм]$

В зарубежных стандартах все понятно. Первый, наиболее жесткий стандарт UL 1581 устанавливает длину электрода такой, чтобы к кабелю было приложено девять периодов испытательного напряжения неважно какой частоты. Два последующих стандарта более «мягкие» и требуют приложения только трех периодов напряжения.

Сравнив две последние формулы с формулой ГОСТ 2990 для расчета длины электрода, можно обнаружить, что формула стандарта справедлива для частоты испытательного напряжения 50 Гц, а число 0,06 с – не что иное, как три периода этой частоты. Об этой «тонкости» не сказано ни в одном издании стандарта, зато все упрощено и сведено к одной формуле и одной цифре, запутавшим пользователей окончательно.

Применение испытательных аппаратов промышленной частоты действительно наталкивается на проблему громоздкого электродного узла, расчетная длина которого для современных скоростей может достигать одного метра и более. И переход к высокочастотным (звукочастотным) испытаниям

в этих условиях является решением проблемы. Однако для них расчет длины электродного узла на основе ГОСТ 2990 также затруднен. Вместо простой и понятной заводским технологам формулы, уводящей скорость, частоту и длину электрода, в ГОСТе для звукочастотных аппаратов опять смешано несколько понятий: указано минимальное время приложения напряжения 2 мс, заданы три периода этого напряжения (пункт 4.3.3), а в руководящем документе РД 16.14.640 откуда-то появилась еще и минимальная допустимая частота испытательного напряжения 2 кГц, не объяснимая вообще никакой логикой (пункт 1.3.1).

Взяв за основу опыт российских производителей и анализ зарубежных стандартов, мы считаем необходимым ввести в национальный стандарт требования по определению длины электрода, аналогичные требованиям общеевропейского стандарта.

Второй принципиальный вопрос связан с другой важнейшей характеристикой – быстродействием испытательных аппаратов, а именно с минимальной длительностью пробоя, регистрируемого аппаратом.

В пункте 2.3.6 ГОСТ 2990, в разделе «Требования к аппаратуре» указана минимальная длительность регистрируемого пробоя 5 мс без указания частоты испытательного напряжения. В разделе «Проведение испытаний», пункт 4.3.3, где, вообще-то, должны описываться действия персонала и процедура контроля, введена еще одна норма на минимальную длительность пробоя –  $2 \cdot 10^{-4}$ .

Запутавшись в нормах ГОСТа, обратимся к разъяснениям, изложенным в РД 16.14.640. В пункте 1.2.4 читаем: «Средство испытания должно обеспечивать регистрацию пробоев... длительностью **5 мс** и более при скоростях испытаний до 10 м/с и **0,2 мс** и более при скоростях свыше 10 м/с». Опять «магическая» скорость 10 м/с.

Анализ технических характеристик зарубежных испытательных аппаратов (*Sicora, Zumbach, Beta, Ikm, Clinton* и др.), соответствующих стандартам *IEC 245-2, DIN 57452, VDE 0472, UL 1581, WC 52, C 22.2, BS 5099, AS 1660.3* и т.д., показал, что время регистрации пробоя у них, как правило, больше одного периода испытательного напряжения при обязательном приложении испытательного напряжения не менее трех периодов. Российский же стандарт требует от звукочастотных аппаратов времени регистрации пробоя около 1/10...1/15 периода испытательного напряжения, то есть предъявляет на порядок более жесткие требования. Эти жесткие требования не могут быть продиктованы потребителями сигнала «Пробой изоляции», которыми являются автоматика технологической линии или оператор. В любом случае задержка выдачи сигнала на единицы миллисекунд останется для них незамеченной. Более того, увеличенное быстродействие аппарата ухудшает качество контроля, так как снижает его помехоустойчивость и приводит к ложной регистра-

\*CENELEC – Европейский комитет электротехнической стандартизации. Страны, входящие в группу, – Австрия, Бельгия, Чешская Республика, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания.

ции пробоев, поскольку электрическая цепь регистрации пробоя содержит протяженные участки «цеховой земли», через которые протекает множество импульсных промышленных помех.

На практике требования ГОСТа в части длительности регистрируемых пробоев спокойно игнорируются как зарубежными, так и российскими производителями аппаратов контроля «на проход», в том числе и теми, кто участвовал в разработке рассматриваемого стандарта. Например, в аппаратах ИАСИ производства НПО «Электросигнал» (г. Ташкент) пауза между импульсами более 5 мс. Но, как показал многолетний опыт, применение аппаратов с такими не соответствующими стандарту характеристиками быстродействия не ухудшает качества контроля и дефекты изоляции распознаются однозначно.

К вопросу быстродействия примыкает еще один принципиальный вопрос: как подтвердить соответствие параметров аппарата требованиям ГОСТа? Это подтверждение обеспечивается аттестацией, методика проведения которой названа достаточно замысловато: «Методика аттестации средства испытаний для испытаний изделий» и представлена в руководящем документе РД 16.14.640.

Не выдерживает критики пункт 6.3 этой методики, где проверяется быстродействие канала регистрации пробоев испытательного аппарата. В соответствии с методикой на вход счетчика пробоев аппарата подаются одиночные импульсы и оценивается быстродействие по срабатыванию счетчика. При этом полностью игнорируется участок схемы аппарата, являющийся первичным преобразователем пробоя изоляции (физического процесса) в электрический сигнал, хотя известно, что этот участок вносит наибольшие задержки в процесс обнаружения пробоя. Без него и тем более без реального электродного узла со своими распределенными параметрами, подключенного к аппарату, говорить о быстродействии вообще бессмысленно.

И еще о длительности пробоя. Для аттестации аппаратов на минимальную длительность потребуется образцовая аппаратура, имитирующая короткие пробои изоляции, именно пробои, а не просто электрический импульс для счетчика. Так вот, до сегодняшнего дня ни в России, ни в мире нет серийных аппаратов, воспроизводящих импульсы пробоя длительностью  $2 \cdot 10^{-4}$  с и менее на рабочие напряжения от 3 кВ и более. А если нечем проверять испытательные аппараты, то и норма, установленная ГОСТом, становится бессмысленной. Кстати, рекомендуемая в РД 16.14.640 схема контроля обеспечивает формирование импульса, имитирующего пробой, длительностью 4–5 мс, а не 0,2 мс, как того требует ГОСТ, и поэтому не годится для аттестации аппаратов ЗАСИ.

Обобщая сказанное, можно заключить, что норма на быстродействие испытательного аппарата, установленная ГОСТом, необоснованна. Имеет смысл определять требуемое быстродействие, исходя из длительности периода испытательного напряжения.

Не умаляя заслуг создателей первых отечественных аппаратов ЗАСИ, некоторые из которых до сих пор работают на производстве, мы все же хотели бы отметить, что эти устройства аппаратами для испытаний «на проход» не являются, так как в них нет одного из главных элементов – электродного узла.

Поставка в советские времена аппаратов ЗАСИ по принципу «сделай сам электрод» привела не только к рассматриваемой неразберихе в регламентирующих документах. На заводах распространилось великое множество самодельных конструкций электродов, не отвечающих ни требованиям ГОСТа, ни требованиям элементарной безопасности. И этот процесс продолжается до сих пор, поскольку старый подход все еще живет в некоторых современных разработках. Остановить процесс можно, определив в стандарте требования к минимальной комплектации аппарата, включив электродный узел в виде обязательного элемента в этот комплект.

В заключение обозначим проблемы, упущенные в регламентирующих документах, но имеющие действительно важное значение для качественного проведения испытаний «на проход».

**Первое:** при непрерывном контроле в момент пробоя изоляции испытательное напряжение падает, а затем восстанавливается через некоторое время до заданного уровня. В результате появляется «мертвая» зона, когда кабель движется через электродный узел без контроля, поскольку испытательное напряжение отсутствует. В стандарте должны быть разумные ограничения по длительности этой зоны.

**Второе:** при работе аппарата за счет коронного разряда неизбежно выделение озона, опасного для обслуживающего персонала. Поэтому требования безопасности стандарта должны содержать указания о ПДК по озону при работе аппарата. Кстати, об этих требованиях можно говорить только тогда, когда аппарат контролируется на ПДК и поставляется вместе со штатным электродным узлом.

**Третье:** вопрос об электромагнитной совместимости испытательных аппаратов становится все более важным, поскольку современное технологическое оборудование насыщено электроникой, в том числе и компьютерной, а высоковольтный аппарат является мощным источником электромагнитных помех, особенно при пробое изоляции. И в случае сбоя либо выхода из строя этой электроники в результате работы некачественного аппарата потери предприятия могут значительно превышать стоимость самого аппарата.

И самое главное, в стандарте отсутствует понятие дефекта, распознаваемого данным видом контроля, а это то, с чего он должен начинаться. Не рассмотрены также вопросы вероятностей обнаружения истинных дефектов и ложных срабатываний. Но это большие и сложные вопросы, которые будут затронуты в последующих публикациях.

Конечно, список проблем, связанных с проведением испытаний «на проход», можно продолжить, и мы

надеемся, что к их обсуждению активно подключатся производители. Но на сегодняшний день ясно одно: ГОСТ 2990 и РД 16.14.640 в таком виде, как они есть, содержат множество противоречий, необоснованно завышенных требований, неучтенных моментов и неудобны для использования. В некоторых требованиях ГОСТ 2990 вообще не может быть выполнен, да и не выполняется на самом деле.

В промышленно развитых странах стандарты на данный вид испытаний обновляются регулярно и имеют достаточно «свежую» редакцию [3, 4]. Стандарты ГОСТ 2990 и РД 16.14.640, по большому счету, не обновлялись уже около тридцати лет.

Выходом из создавшегося положения может явиться переработка указанных документов в части испытания «на проход» и, возможно, создание отде-

льного документа по этому виду испытаний с учетом замечаний специалистов кабельного производства и анализа международных стандартов. Авторы статьи выражают готовность участвовать в этом процессе и ждут отзывов на публикацию.

#### ЛИТЕРАТУРА



1. ГОСТ 2990–78. Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением.
2. РД 16.14.640–88. ОСТПП. Кабели, провода и шнуры. Испытание напряжением на проход. Типовой технологический процесс.
3. British standart BS 5099:2004 «Electric cables – Voltage levels for spark testing».
4. British standart BS EN 50356:2002 «Method for spark testing of cables».

**Статус (СИ)**

Тел. (495) 105-6336  
(многоканальный)

**Кабель**

- силовой
- сигнально-блокировочный
- контрольный
- связи
- и многое другое

(3000 наименований)

**Электротехника**

- аппараты защиты
- переключатели
- для монтажа электропроводки
- электрощитовое оборудование
- осветительное оборудование
- и многое другое

На рынке с 1991 года

Склады в Москве

www.stnd.ru  
info@stnd.ru

- кабели силовые для стационарной прокладки ■
- кабели контрольные ■
- кабели и провода силовые для нестационарной прокладки ■
- кабели для сигнализации и блокировки ■
- кабели и провода связи ■
- провода силовые для электрических установок ■
- кабели судовые ■
- провода и кабели для подвижного состава ■
- провода неизолированные гибкие ■
- провода для воздушных линий передач ■
- провода и шнуры различного назначения ■
- сетки металлические проволочные тканые ■

**БОЛЕЕ 17 000 МАРКОРАЗМЕРОВ  
КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ,  
29 НОМЕНКЛАТУРНЫХ ГРУПП**

**WWW.ELCABLE.RU**