

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ
СОЮЗА ССР

# СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

## ГОСТ 27905.1-88—ГОСТ 27905.4-88 (МЭК 505—75, МЭК 791—84, МЭК 610—78, МЭК 792—1—85, МЭК 727—1—82)

Издание официальное

БЗ 10—88/712, 718, 719; 11—88/726

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.315.62.001.4:006.354 Группа Е30

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

# СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

**Оценка и классификация**

Electrical insulation systems of electrical equipment. Evalution and classification

**ГОСТ 27905.1—88 (МЭК 505—75)**

ОКСТУ 3402

**Срок действия с 01.01.90 до 01.01.2000**

Настоящий стандарт устанавливает основные правила оценки и классификации систем изоляции электрического оборудования, которые могут использоваться при разработке методик испытаний и методов анализа оборудования.

Стандарт устанавливает:

методику кодирования для выражения соответствия систем изоляции нормированным требованиям эксплуатации;

предпочтительные коды систем изоляции для сведения числа функциональных испытаний до минимума;

общие принципы функциональной оценки систем изоляции;

типовое содержание функциональных испытаний систем изоляции*.

Пояснения к терминам, применяемым в стандарте, приведены в приложении 1.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Кодирование систем изоляции

1.1.1. Код системы изоляции позволяет осуществить связь между потребителем и изготовителем электрооборудования.

Использование предпочтительных кодов позволит снизить стоимость испытаний, а в случае небольших изменений систем и требований ограничиться контрольными испытаниями.

Условное обозначение кода системы изоляции показывает способность системы изоляции, обозначенную данным кодом, выпол-

* Стандарт распространяется только на системы изоляции. Срок службы оборудования определяется не только изоляцией.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

нять эксплуатационные функции в условиях и с ожидаемой эксплуатационной характеристикой, нормированными в коде.

Соответствие системы изоляции эксплуатационным требованиям, нормируемым в коде, должно быть доказано или опытом эксплуатации, или функциональными испытаниями.

1.1.2. Код представляет собой последовательность цифр, в которой каждая цифра обозначает один пункт, необходимый для идентификации эксплуатационных требований к системе изоляции (п. 2.2).

Разработка индивидуальных кодов требует определения эксплуатационных требований, относящихся к изоляции и спецификации их уровней диапазонов или вариантов. Кодирование систем изоляции требует спецификации критериев соответствия.

1.1.3. Временной аспект поведения изоляции, т. е. срок жизни, количество включений или другие критерии жизнеспособности, включены в понятие «эксплуатационная характеристика». В качестве требования эксплуатации «ожидаемая эксплуатационная характеристика» является элементом всех кодов систем изоляции. Результаты испытаний (или опыт эксплуатации) должны быть выражены такой же величиной, как ожидаемая характеристика, которую называют «установленной эксплуатационной характеристикой».

Величина ожидаемой эксплуатационной характеристики есть выражение типичного поведения изоляции безотносительно к возможной коммерческой гарантии срока службы.

Примечание. Существует тенденция дополнить временной аспект критериев соответствия данными о надежности. Введение надежности в коды можно рассматривать в будущем в зависимости от развития и использования соответствующих методов.

Число возможных кодов систем изоляции для конкретного оборудования будет большим, так как оно является произведением чисел символов, используемых для каждого элемента. Возведение небольшого числа возможных кодов в разряд предпочтительных кодов систем изоляции и отнесение основных методик испытания к этим кодам (пп. 2.8 и 3.5.1) позволит сохранить число методик испытания на приемлемом уровне.

Систему изоляции, соответствующую этому коду, можно считать соответствующей любому другому коду с менее жесткими показателями.

### 1.2. Функциональная оценка

1.2.1. Соответствие системы изоляции коду требований эксплуатации должно быть доказано или путем оценки опыта эксплуатации, или путем функциональных испытаний на всем оборудовании в целом или его частях или на моделях.

Если имеется опыт эксплуатации, то он является основой для оценки систем изоляции при условии, что во время эксплуатации допускаются изменения в условиях работы.

Функциональные испытания могут выполняться на натурном оборудовании путем воспроизведения действия старящих факторов, действующих в эксплуатации. Старящие факторы должны, по возможности, действовать одновременно, если они действуют одновременно в эксплуатации. Интенсификация одного или нескольких факторов воздействия позволяет получить сопоставленные результаты в более короткое время (п. 3.3.1). Вместо натурного оборудования таким же способом испытывают модели.

Прежде чем какая-либо методика испытаний, разработанная в соответствии с вышеуказанным, будет утверждена для обязательного использования, должно быть доказано, что она дает приемлемую статистическую воспроизводимость.

1.2.2. Для оборудования с длительным сроком службы оценка новой системы изоляции с помощью функциональных испытаний требует сравнения с изоляцией, проверенной в эксплуатации и подвергнутой соответствующим функциональным испытаниям.

Для оборудования с коротким сроком службы изоляцию оценивают без сравнения с известной системой изоляции.

Оценку способностей систем изоляции работать в радикально новых условиях (или радикально новых систем в известных условиях) необходимо производить даже, если не существует установленных методов такой оценки.

1.2.3. Поведение системы изоляции в условиях испытания должно быть выражено в виде значения установленной эксплуатационной характеристики. Правила для перевода результатов испытаний в значения установленной эксплуатационной характеристики должны быть даны в технических условиях на испытания, что позволит установить код.

Необходимо нормировать методики для определения установленной эксплуатационной характеристики на основе опыта эксплуатации.

1.2.4. В приложении 2 приведена диаграмма, иллюстрирующая кодирование систем изоляции.

## 2. МЕТОДИКА КОДИРОВАНИЯ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ

2.1. Методики кодирования предназначены для разработки кодов для систем изоляции определенных видов электрооборудования.

Методика кодирования позволяет осуществлять разработку кодов для различных по сложности систем изоляции отдельных видов электрооборудования.

Методика позволяет использовать коды различной сложности для различных типов электрооборудования.

2.2. Код системы изоляции состоит из ряда цифр (или «х»).

Положение числа в кодовом ряду четко определяет вид кодового элемента, а величина числа — уровень диапазона или варианта элемента.

Порядок элементов кода: Т Е А М — РД

Буквы обозначают:

Т (первая цифра) — тепловой фактор воздействия;

Е (вторая цифра) — электрический фактор воздействия;

А (третья цифра) — фактор воздействия окружающей среды;

М (четвертая цифра) — механический фактор воздействия;

Р (пятая цифра) — эксплуатационная характеристика — ожидаемая;

Д (шестая цифра) — режим — характер работы.

Группа ТЕАМ объединяет факторы воздействия. Группа РД представляет ожидаемую эксплуатационную характеристику и режим, которая для разграничения этих факторов отделяется чертоточкой.

В обеих группах из кода исключаются неиспользуемые элементы, находящиеся справа от последнего используемого элемента. Группа ТЕАМ может быть последовательно сокращена от полной формы до первого элемента Т. Неиспользованные элементы, находящиеся слева от последнего используемого элемента, должны быть представлены нулями. Группа РД может быть сокращена до Р.

Наиболее короткий из возможных кодов Т—Р. Код, например, с элементами Е, А, Р и Д будет иметь форму ОЕА—РД.

2.3. При необходимости в код могут быть введены дополнительные факторы воздействия, помещаемые после четвертой цифры группы ТЕАМ. Например, если ввести фактор воздействия «радиация» (R), то получим код ТЕАМR—РД.

По аналогии такие требования, как, например, требования безопасности, могут быть введены после группы РД. Например, введение элемента «воспламеняемость» (F) дает код ТЕАМ—РДF.

Если в элемент кода необходимо включить фактор воздействия в двух или нескольких вариантах, например, давление, изгиб, удар, вибрация для М, то они должны быть помещены в скобках в том месте, которое отведено этому фактору. Таким образом, код с двумя элементами механического фактора приобретает форму: ТЕА ($М_1М_2$)—РД.

2.4. Перед кодом системы изоляции ставится идентификация (обозначение) документа, в котором определены все элементы кода и «СИ» (системы изоляции) для конкретного вида оборудования.

Например: ГОСТ 2582—81 «Машины электрические вращающиеся тяговые», далее кодовые цифры.

Если в документе приведено деление оборудования на типы или части и к ним «приписаны» отдельные коды, то идентификация должна иметь дополнительную ссылку, отделенную двоеточием.

Если желательно представить коды систем изоляции в форме, четко определяющей значение различных элементов кода, рекомендуется следующая (альтернативная) запись:

| Идентификация | TEAM P |
|---|---|
| (ГОСТ ) СИ | (кодовые цифры) |

2.5. Для обозначения элементов кода используются цифры от 1 до 9.

Если элемент считается важным, а точная величина не может быть установлена, используется символ «х». Для заявлений «не имеется или не считается важным» должен использоваться цифровой элемент 0.

Если какой-либо элемент кода превышает цифру 9, то все элементы кода должны быть отделены друг от друга точкой с запятой (например, (Идентификация) СИ 4; 12; 3; 3—4; 1).

Во многих случаях достаточно применения нескольких или одного цифрового знака. Следует избегать неоправданного использования цифровых знаков, не определенных в документе, на который приведена ссылка; в этом случае пишется запрещающее указание «NA» (не применимо).

Если уровни кодового элемента даются в порядке возрастания жесткости, то величины соответствующих цифровых знаков должны также возрастать.

Значения, приписанные цифровым знакам, могут быть различных типов. Они могут колебаться от простых качественных указаний («нормальный», «приемлемый срок жизни в электрооборудовании»), качественных определений варианта фактора воздействия («изгиб», «напряжение», «вибрация») до полуколичественных ($130\,°C < T \leqslant 155\,°C$) и количественных с оценкой («выдержал испытание ГОСТ . . . ).

Рекомендуется во всех случаях, когда это возможно, употреблять точные количественные значения.

Уровень фактора воздействия могут определять внешние условия (например, атмосфера, радиация) или рабочие условия и конструкция в сочетании (например, механические воздействия, максимальная температура изоляции). Их можно учитывать в квалифицированных формулировках, например: «Как рассчитано, при номинальной нагрузке».

2.6. Для некоторых элементов кода более высокий цифровой знак будет представлять более жесткие требования (например, по температуре).

К другим элементам кода (например, окружающей среде) это не относится.

Для таких факторов воздействия одной системы изоляции в определенном электрооборудовании после требуемых функциональных испытаний могут быть приведены два или несколько кодов с различными величинами цифровых знаков. Например, если система соответствует постоянным указаниям Т=5, Е=5, Р=1, но имеет два значения А:А=4 (промышленная загрязненная атмосфера) и А=6 (тропический климат); эта гипотетическая система изоляции будет соответствовать кодам СИ 554—1 и СИ 556—1.

В таких случаях может быть использована альтернативная запись п. 2.4 в увеличенном числе ячеек. Например, для приведенного выше случая запись будет выглядеть следующим образом:

| Идентификация | Т Е А Р |
|---|---|
| (ГОСТ ) СИ | 5 5 4 1 |
| (ГОСТ ) СИ | 5 5 6 1 |

2.7. **Кодирующие элементы**

Перечень наиболее важных факторов воздействия и режимов работы изоляции и оборудования приведен в приложении 3.

2.7.1. Термический фактор воздействия (Т)

Обычно этот фактор представляет температуру изоляции (среднюю или максимальную). Если нет особых технических причин, рекомендуется нормировать температуры с интервалом в 25 °С и использовать температуру 130 °С в качестве одной из нормируемых температур и выражать ее цифровым знаком 4.

2.7.2. Электрический фактор воздействия (Е)

Обычно Е нормируется в единицах напряжения и/или напряженности и/или перенапряжений (переходные процессы). При нормировании Е следует иметь в виду, что напряженность электрического поля обычно является конструктивным параметром. Если должны нормироваться как обычные эксплуатационные напряжения, так и перенапряжения, то может быть введен дополнительный элемент кода (п. 2.3).

2.7.3. Фактор воздействия окружающей среды (А)

Где возможны, должны быть приведены ссылки на стандартные условия окружающей среды по ГОСТ 6433.1—71. В большинстве случаев для кодов определенного типа оборудования должны указываться только некоторые условия окружающей среды. Поскольку

ку условия окружающей среды весьма разнообразны, не рекомендуется представлять их общими указаниями, применяемыми одинаково во всех кодах для различных видов электрооборудования. Возможно введение дополнительных элементов (п. 2.3).

2.7.4. Механический фактор воздействия (М)

В тех случаях, когда механические воздействия, действующие на изоляцию при эксплуатации, и их влияние на срок жизни изоляции трудно оценить количественно, следует ограничиться качественными указаниями.

Однако количественное определение механического фактора является предпочтительным и, по возможности, оно должно разрабатываться.

В одних случаях предпочтительным является определение механических воздействий в виде исходной причины (например, ток в обмотке в номинальных условиях эксплуатации или в условиях короткого замыкания). Часто фактор М требует введения дополнительных элементов (п. 2.3).

2.7.5. Ожидаемая эксплуатационная характеристика (Р)

Поведение системы изоляции в заданных рабочих условиях выражается ее установленной эксплуатационной характеристикой, которая определяется из функциональных испытаний или имеющегося опыта эксплуатации.

Уровень Р будет соотноситься с установленной эксплуатационной характеристикой в соответствии с нормированной методикой.

2.7.6. Режим — способ работы оборудования (Д)

Эта характеристика может относиться к частоте операций режима эксплуатации и частоте возникновения внешних помех различных видов.

## 2.8. Предпочтительные коды систем изоляции

Коды систем изоляции представляют требования условий эксплуатации к изоляции отдельного вида электрооборудования, поэтому число возможных кодов обычно значительно. Если было бы необходимо провести соответствующее число испытаний, то требуемый объем испытаний в большинстве случаев оказался бы неприемлемым.

Поэтому из всего перечня кодов целесообразно отобрать очень небольшое число кодов для образования так называемых «предпочтительных кодов». Обычно предпочтительный код представляет ряд эксплуатационных требований, выбранных в качестве типичных или иногда в качестве представляющих реально встречающееся сочетание предельных требований.

Каждый предпочтительный код нормально будет охватывать ряд кодов, не являющихся предпочтительными. После установле-

ния предпочтительных кодов следует перечислить все обычные коды, вошедшие в каждый из предпочтительных кодов.

По возможности следует использовать одно испытание, соответствующее предпочтительному коду, для требований, представленных несколькими кодами. Это означает, что если кодом устанавливаются эксплуатационные требования для изоляции определенного оборудования, то обычно будет выбираться система изоляции, показывающая соответствие следующему более высокому предпочтительному коду.

**Пример.** Рассмотрим гипотетические системы изоляции, которые должны выдерживать следующие условия окружающей среды, имеющие величины цифровых знаков для А:

влажность . . . . . 1;
двуокись серы . . . . 3;
песок . . . . . 5;
влажность + двуокись серы 7.

Если применять кодовые цифры Т, Е, Р постоянными 3,1 и 1 соответственно, то возможны следующие четыре кода:

(Идентификация) СИ 311—1;
(Идентификация) СИ 313—1;
(Идентификация) СИ 315—1;
(Идентификация) СИ 317—1.

В качестве предпочтительного кода следует выбрать последний код, т. е. (Идентификация) СИ 317—1.

Система изоляции, определяемая кодом с цифровой последовательностью 317—1, будет определяться также и кодами 311—1 и 313—1, но не будет определяться кодом 315—1, потому что в факторы воздействия, соответствующие кодовому ряду 317—1, не включен песок.

Примечание. Общие правила, лежащие в основе выбора предпочтительных кодов, будут разработаны дополнительно.

2.9. Кодирование на основе опыта эксплуатации предусмотрено п. 3.7.

2.10. **Представление кодов систем изоляции в стандартах на электрооборудование**

В приложении 4 приведены примеры гипотетических определений кодов двух видов электрооборудования.

## 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

### 3.1. Общие положения

Методики функциональной оценки систем изоляции должны быть составлены таким образом, чтобы обеспечить достаточную уверенность в надежности результатов при умеренных затратах.

Для систем изоляции оборудование со сроком эксплуатации, значительно превышающим обычное время испытания, требуются

ускоренные испытания на оборудовании, его частях или на моделях, например, с применением методики оценки, основанной на принципе экстраполяции. В настоящее время в основе таких испытаний лежит сравнение с известной (эталонной) системой изоляции, проверенной в эксплуатации на подобном оборудовании. Эталонная система должна соответствовать предлагаемому или умеренно отличному коду. Обычно в зависимости от случая оценки (пп. 3.5.1 и 3.5.2) проводят испытание на нескольких уровнях. Однако, если неизвестны пределы повышения уровня факторов старения изоляции, испытание проводят при одном значении этих факторов, равном или близком рабочему, а ускорение испытаний стараются, по возможности, достичь повышением частоты воздействия.

Такие испытания обычно требуют больших затрат времени, чем испытания при нескольких уровнях факторов.

Для оборудования с коротким сроком службы испытания можно проводить на оборудовании или моделях без ускорения факторов старения или без экстраполяции результатов испытания, с сокращением или без учета периодов покоя в тех случаях, когда они не влияют на работоспособность.

В таких случаях достаточно иметь один уровень испытания, соответствующий нормированным условиям эксплуатации.

3.2. **Испытуемые образцы**

Для определения установленной эксплуатационной характеристики системы изоляции следует использовать само оборудование. Но если того требуют размеры и удобства, системы изоляции оценивают на моделях, а не на натурном оборудовании. Модели должны включать основные элементы воспроизводимого ими оборудования и при этом должны создавать старящие факторы, подобные тем, которые имеют место в эксплуатации.

Во многих случаях поведение системы изоляции зависит в значительной степени от конструкции основных элементов (например, конструкции охлаждающих трубок в пазу статора генераторов с воздушным охлаждением). В модели должны быть представлены соответственно все характерные детали.

Желательно нормировать только одну испытательную модель для определенной системы изоляции. Это возможно в том случае, когда все факторы воздействия могут быть приложены к одной и той же модели, предпочтительно одновременно. Если это невозможно или практически нецелесообразно, имеет смысл нормировать несколько (две или три) упрощенных моделей для использования в дополнительных испытаниях, помимо или взамен более сложной модели для основного испытания (п. 3.3.1).

При необходимости должны быть введены отборочные испытания для гарантии единообразия испытываемых моделей.

Если создается модель уменьшенного размера, необходимо иметь в виду:

целесообразность использования такого же процесса изготовления образцов, какой используется при изготовлении электрооборудования (например, полимеризация смол должна быть одинаковой);

в случае приложения теплового воздействия, необходимо, чтобы температурный градиент, если таковой имеется в модели и в электрооборудовании, был бы одним и тем же для получения одинакового дифференциального расширения. В этом случае может возникнуть необходимость в испытании образцов полных размеров;

для случая электрического воздействия конструкция модели должна предусматривать местные электрические поля той же величины, что и в электрооборудовании;

если в изоляции имеет место диффузия газов, то размеры свободной площади поверхности и объем модельной изоляции должны быть такими, при которых постоянная времени диффузии была бы приблизительно такой же, как и в электрооборудовании полного размера;

при приложении механического воздействия следует избегать нежелательного явления механического резонанса.

Число испытуемых образцов для определенного функционального испытания зависит от целей программы испытания (пп. 3.4.1, 3.5.1 и 3.5.2).

3.3. **Методика старения**

3.3.1. Общие положения

Функциональные испытания характеризуются приложением всех соответствующих факторов воздействия к испытуемому объекту.

По возможности, факторы воздействия, действующие одновременно в условиях эксплуатации, должны прикладываться одновременно.

Одновременное приложение факторов воздействия во многих случаях делает функциональные испытания нецелесообразно сложными и дорогостоящими.

Поэтому может возникнуть необходимость в упрощенных методиках, даже если известно, что одновременно действующие факторы могут вызвать взаимодействия, изменяющие механизмы старения. Отсутствие таких взаимодействий во время испытаний с приложением только единичных воздействий не позволяет совместить результаты таких испытаний и получить результаты одновременного приложения этих воздействий.

В электрическом оборудовании процесс старения определяется или одним доминирующим фактором, или несколькими факторами. Ниже приведены примеры двух вариантов:

1) один доминирующий старящий фактор

Во время процесса старения прикладывается доминирующий фактор воздействия. Другие факторы могут прикладываться с нормальным уровнем во время старения и/или в качестве диагностических факторов для определения конечной точки;

2) несколько важных старящих факторов

В этом случае возможны три метода оценки:

а) все старящие факторы прикладываются одновременно.

В этом случае возникают взаимодействия, если они принципиально возможны. Ускоряться могут все старящие факторы. Однако, если трудно проверить сохранение при этом механизма старения, целесообразно в каждый момент испытания ускорять один фактор, поддерживая остальные на рабочем уровне. Диагностические факторы могут использоваться для определения конечной точки, хотя такой метод применим и при длительном испытании до пробоя. Метод является идеальным;

б) каждый старящий фактор прикладывается последовательно и циклически. В этом случае прямые взаимодействия невозможны, но возможны косвенные взаимодействия, в частности, возможна реакция на предварительное кондиционирование. Если в условиях эксплуатации имеет место прямое взаимодействие между одновременно воздействующими старящими факторами, то такая методика не может правильно воспроизвести или отразить условия эксплуатации и потому ценность ее не высока. Диагностические факторы могут использоваться для определения конечной точки.

Примечания:

1. Под прямым воздействием понимается взаимодействие между одновременно действующими факторами, которые отличаются от взаимодействия при последовательном воздействии факторов.

2. Под косвенным взаимодействием понимается взаимодействие между одновременно воздействующими факторами, которое остается в основном неизменным при последовательном воздействии факторов;

в) каждый старящий фактор рассматривается отдельно, как в случае, если важным является один фактор. В этом случае взаимодействия невозможны.

В отношении этого метода оценки справедливы те же замечания, что и к б).

Следует иметь в виду различие между старящими факторами и диагностическими факторами, которые прикладываются для выявления конца полезного срока службы (п. 3).

3.3.2. Ускорение функциональных испытаний

Ускорение достигается путем формирования старения. В некоторых случаях можно вывести правила трансформации, позволяющие оценить коэффициент ускорения, если известен механизм процесса старения (например, что логарифм срока жизни прямо пропорционален обратной величине абсолютной температуры, если старение происходит под действием химических реакций первого

порядка, или что срок жизни обратно пропорционален частоте, если старение происходит вследствие частичных разрядов при переменном токе).

На современном уровне развития техники ускорения испытания обычно получают путем усиления или ускорения только одного из нескольких старящих факторов, прикладываемых одновременно.

При испытании изоляции оборудования с большим сроком службы для получения относительного короткого времени испытания желательно большое ускорение. Должны быть установлены *пределы ускорений, в которых сохраняется механизм разрушений*, в противном случае может отсутствовать корреляция между испытанием и реальными условиями.

3.3.3. Проверка неизменности механизма старения

Одним из принципов ускоренных испытаний на старение является сохранение интенсификации воздействия на минимальном уровне, что позволяет таким образом уменьшить возможность изменения механизма старения.

Наиболее эффективный контроль заключается в испытании при нескольких уровнях воздействия и наблюдении изменений в кривой срока жизни или свойства в зависимости от уровня воздействия.

Например, изменение механизма теплового старения при повышении температуры можно установить из четко выраженной нелинейности графика зависимости логарифма времени до пробоя от обратной величины абсолютной температуры.

Изменения механизма старения можно определить визуально, когда происходит изменение в положении мест пробоев при увеличении силы и частоты воздействия.

Изменения механизма старения могут быть также установлены при помощи качественного или количественного химического анализа продуктов реакции, микроскопического анализа, методов газовой хроматографии, термогравиметрии или термического анализа (дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия и т.д.).

3.3.4. Приложение и усиление основных факторов воздействия

3.3.4.1. *Общие положения*

Старящий фактор может прикладываться к образцу, к которому раньше был приложен другой старящий фактор.

Влажность, механическое воздействие и/или проверочное *напряжение, помимо использования в качестве старящих факторов*, могут быть использованы и в качестве диагностических факторов.

3.3.4.2. *Температура*

Нагрев в термостате обеспечивает наиболее последовательный контроль и запись температурных воздействий, но не обеспечивает

температурные градиенты. В тех случаях, когда температура является важным старящим фактором, должен использоваться внутренний нагрев.

Низкие температуры применяются в тех случаях, когда самые жесткие условия старения создает низкая температура окружающей среды (иногда в сочетании с электрическим или механическим старением).

Уровни температур должны быть неизменными в течение определенных периодов или циклов в пределах, установленных в соответствии с требованиями эксплуатации.

3.3.4.3. *Электрическое воздействие*

Следует различать следующие случаи:

рабочее напряжение;

перенапряжения (переходные процессы) различных видов, происходящие в эксплуатации.

Электрическое старение особенно важно в связи с такими процессами, как действие частичных разрядов, образование токопроводящего мостика и перенесение ионов электролита. С увеличением амплитуды напряжения обычно происходит резкое нелинейное увеличение интенсивности частичных разрядов и их действия. Во многих случаях действие частичных разрядов может ускоряться линейно за счет повышения частоты приложения напряжения. Когда высокое напряжение прикладывается при повышенной частоте, необходимо избегать чрезмерного нагрева вследствие увеличенных диэлектрических потерь.

Ускоренное воспроизведение перенапряжений (переходных процессов) возможно путем увеличения числа приложений напряжений в единицу времени при сохранении уровня и формы эксплуатационного импульсного напряжения. Предполагается, что механизм старения не меняется.

3.3.4.4. *Увлажнение*

Влажность считается одной из основных причин изменения свойств электрической изоляции как с химической, так и с физической точки зрения. Если важна гидролитическая стойкость, ускорение может быть достигнуто при соответствующем сочетании влажности и температуры.

3.3.4.5. *Специальные условия окружающей среды*

Условия ускорения следует внимательно рассматривать в каждом отдельном случае, потому что нет общих данных о количественных соотношениях между скоростью старения и концентрацией химического вещества, влажностью и другими факторами окружающей среды. Когда электрооборудование работает в необычных атмосферных условиях или погружено в жидкость, условия испытания должны воспроизводить условия эксплуатации.

3.3.4.6. *Механические воздействия*

В тех случаях, когда давление, вибрация, удар или тепловые циклы являются старящими факторами, они должны быть включены в функциональные испытания.

При рассмотрении переменных механических воздействий допускается ускорение за счет увеличения их силы и частоты, хотя о механизмах старения и их изменениях в зависимости от величины и частоты воздействия при оценке систем изоляции имеется весьма ограниченная информация.

Следует избегать непредусмотренных механических резонансов.

3.3.4.7. *Переменные термомеханические воздействия*

Такие воздействия, в основном, вызываются различными коэффициентами теплового расширения металла и изоляции и перепадами температур в системе, например, температурными градиентами в изоляции.

Ускорение может осуществляться за счет увеличения перепада температур без превышения нормальных максимумов или минимумов путем интенсификации нагрева и охлаждения в испытательной установке.

Этот метод позволит увеличить также частоту приложения воздействий.

3.4. **Оценка состояния образцов и критерии конечной точки**

3.4.1. Общие положения

Состояние испытываемых образцов оценивают путем определения изменений одного или нескольких соответствующих эксплуатационных свойств или путем приложения диагностического фактора. Конечную точку определяют или в абсолютных величинах (величина свойства или уровень диагностического воздействия), или в относительных единицах (изменение значения свойства, выраженного в процентах от начальной величины).

Следует различать следующие случаи:

А — **Методика старения**

А.1. Непрерывная

А.2. Циклическая

В — **Оценка состояния образцов**

В.1. Неразрушающее измерение свойства (свойств)

В.1.1. *Постоянный контроль*

В.1.2. *Периодические измерения*

В.2. Периодическое приложение нормированного испытательного воздействия (контрольные испытания)

В.3. Разрушающее определение свойства

В.4. Пробой под воздействием старения

Метод В.1 может быть применен в сочетании с методикой А.1 или А.2. Если измерения записывают постоянно или периодически

сканируют (В.1.1), то время до пробоя получают непосредственно; при периодических измерениях (В.1.2) время интерполируют из графика зависимости свойства от времени.

В обоих случаях время до пробоя определяют для каждого образца, как непрерывную переменную, а скорость изменения свойства выводят из измерений.

Метод В.2 используют чаще в сочетании с методикой А.2. Контрольное испытание показывает, находится ли испытываемое свойство образца все еще в пределах величины испытываемого воздействия (критерий конечной точки) или нет. Если контрольное испытание проводят, например, в конце каждого цикла старения, то время до пробоя определяют как среднюю точку цикла и, следовательно, оно является прерывистой переменной. Поскольку испытание не позволяет установить изменение свойства со временем, метод не дает такого объема информации, как метод В.1.

Метод В.3 можно использовать как с методикой А.1, так и с методикой А.2. При каждом измерении исследуют заранее установленное число образцов. Поскольку значения свойства при различных временах измерения определяют на разных образцах, сам метод более чувствителен к различиям, существующим между образцами, чем вышеуказанные методы. Предсказать время до пробоя для отдельных образцов невозможно, но результаты показывают основную тенденцию изменения свойств в зависимости от времени и среднего времени до пробоя при каждом старящем воздействии. При таком испытании особое внимание следует обратить не только на среднее изменение характеристики, но также и на его величину разброса.

Метод В.4 обычно используют с методикой А.1; он дает фактическое время до пробоя.

3.4.2. Критерии конечной точки

В большинстве случаев контрольное испытание напряжением наглядно показывает изменения качества системы изоляции вследствие старения. Обычно определенное напряжение прикладывают периодически. Тип и уровень испытательного напряжения нормируют и выбирают таким образом, чтобы обеспечить наименьший эффект старения.

Присутствие влаги в обмотках или на обмотках при перенапряжениях выявляет трещины и поры в изоляции, которые могут возникнуть в результате неправильной конструкции, нарушений монтажа, физического повреждения или старения.

При установлении уровня контрольного испытания напряжением следует учитывать принятую практику эксплуатационных испытаний, обычно применяемых потребителями исследуемого оборудования.

При длительных выдержках под напряжением пробой испытываемого образца обычно означает конечную точку.

Для длительных механических испытаний механическое разрушение можно считать критерием конечной точки, если оно может быть четко установлено; в противном случае необходимо периодически применять подходящее контрольное испытание.

Примечание. Следует обратить внимание на тот факт, что некоторые системы изоляции, полностью утратившие свои механические качества, продолжают выдерживать высокие электрические воздействия, но при сильных механических воздействиях (например, короткое замыкание) или при воздействии большой влажности они могут разрушаться при напряжении, соответствующем эксплуатационному уровню, или даже при более низких напряжениях

### 3.5. Методы функциональных испытаний

3.5.1. Общие положения

Целью сравнительных испытаний, проводимых обычно с ускорением, является предсказание эксплуатационной характеристики с приемлемым доверительным интервалом, который зависит от типичности испытательных условий, их числа, воспроизводимости (включая подготовку образцов и обслуживания) и от точности определения конечной точки. Чем ближе исследуемая система к эталонной и чем больше она изучена, тем выше будет достоверность оценки. Следовательно, методика испытания будет иметь тенденцию к усложнению, если различные варианты оценки должны давать одинаковую степень достоверности. В следующем перечне приведены некоторые типичные случаи, расположенные в порядке убывания достоверности. В то же время их порядок показывает возрастающую степень сложности методики испытания, в основном в отношении числа условий старения, если необходимо получить приблизительно такую же степень достоверности:

а) проверка идентичности системы изоляции, которая уже оценена и проверена в эксплуатации, например, после того, как ее изготовление перенесено на новый завод;

б) оценка известной и проверенной в эксплуатации системы изоляции после внесения в нее небольших изменений (материалов, технологии);

в) оценка системы изоляции, которая после предыдущей оценки уже имеет (предпочтительный) код, в отношении нескольких более жестких требований и/или другого кода (в таких случаях результаты нового и предыдущего испытаний должны рассматриваться в сочетании; последний абзац п.3.5.2);

г) оценка новой системы изоляции, в основном подобной эталонной системе;

д) оценка новой системы изоляции, существенно отличающейся от эталонной системы.

Правильность методов испытаний должна быть доказана путем оценки систем изоляции, проверенных в эксплуатации.

3.5.2. Нормирование методов испытания

Должна нормироваться полная методика испытания для оценки новой системы изоляции (т.е. случай г) или д) п. 3.5.1).

Эта методика должна относиться к типовому применению (в единицах факторов воздействия, эксплуатационной характеристики и режима), как представлено предпочтительным кодом.

Должны быть также приведены правила для изменения уровней полного испытания, упомянутого выше, для того, чтобы оценить новую систему изоляции в отношении требований непредпочтительного кода, который незначительно отличается от предпочтительного кода.

Должны быть также нормированы упрощенные методики для оценки более или менее известных систем изоляции (т.е. случаи а), б), в) п. 3.5.1).

Такие методики базируются на полной методике испытания, например, с уменьшением числа условий старения. Правила для таких частичных или дополнительных испытаний должны содержать указания относительно условий, в которых они применяются.

Для данной методики предыдущие результаты, полученные при испытании эталонной системы изоляции, в принципе, сопоставимы с новыми результатами, полученными при испытании системы изоляции, подлежащей оценке. Желательно, однако, произвести оценку обеих систем изоляции одновременно, чтобы избежать неточностей экспериментального характера, с которыми обычно приходится сталкиваться на практике из-за неточности воспроизведения процесса подготовки образца, его старения и транспортировки.

3.5.3. Перечень пунктов, которые должны быть учтены при проведении каждого испытания

В описании метода испытания должны быть указаны пункты, относящиеся к этому испытанию:

могут ли использоваться модели;

как должны изготовляться модели;

число испытуемых образцов;

должны ли испытуемые образцы кондиционироваться или подвергаться предварительному старению перед функциональным испытанием;

какие отборочные испытания должны быть проведены;

типы старящего воздействия (старящих воздействий), которые должны быть приложены;

уровни старящего воздействия (старящих воздействий) (чтобы применить приемлемое ускорение) с допусками;

должны ли старящие воздействия (старящее воздействие) прикладываться непрерывно или циклически;

должны ли старящие воздействия прикладываться по одному или одновременно;

последовательность испытаний;

длительность циклов;

число циклов;

частота, уровень и тип диагностического фактора (факторов), который должен быть использован;

критерий конечной точки;

уровни воздействий, используемые в качестве критериев конечной точки для контрольных испытаний, или величины в случае испытаний, дающих численные результаты;

тип статистической обработки результатов.

3.6. **Методика определения установленной эксплуатационной характеристики на основе результатов испытаний**

Определение установленной эксплуатационной характеристики на основе результатов первичных испытаний зависит от условий, касающихся кодов, и от методики испытания:

является ли испытание полным или упрощенным (пп. 3.5.2);

нормировано ли Р в кодах как «Приемлемый срок жизни» или диапазонами величин;

предполагает ли испытание критерий годности (требование, чтобы заданное число образцов группы сохраняло работоспособность после нормированной методики старения) или дает действительные времена до пробоя.

Примечания:

1. Общие рекомендации относительно методологии оценки результатов испытаний для кодирования будут разработаны дополнительно.

2. Если новая система изоляции не выдержала испытание на пределе, она может быть без дополнительного испытания квалифицирована для менее жесткого кода, но только при условии, что будут установлены соответствующие правила для таких случаев.

3.7. **Методики определения установленной эксплуатационной характеристики без испытаний**

Практика оценки систем изоляции на основе показателей срока жизни отдельных изоляционных материалов неправомерна.

Определение системы изоляции для требований кода системы изоляции без функционального испытания допустимо лишь в двух случаях:

1) система изоляции уже определена кодом для другого вида оборудования и этот код полно охватывает требования рассматриваемого кода в отношении его сложности и жесткости;

2) система изоляции имеет удовлетворительный опыт эксплуатации в рассматриваемом электрооборудовании.

3.8. **Примеры**

Для иллюстрации в приложении 4 приведены гипотетические примеры испытания и требования к оценке.

Методики, приведенные в примерах, не должны рассматриваться в качестве основополагающих, а лишь в качестве иллюстрирующих основные принципы настоящего руководства. В частности, это от-

носится к конструкции моделей, уровням факторов воздействия, использованию диагностических факторов, методики оценки результатов испытаний и т.д. Специально приводятся неполные и неточные (нереальные) примеры.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Справочное*

## ПОЯСНЕНИЯ К ТЕРМИНАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В СТАНДАРТЕ

**Общие термины**

Система изоляции

Изоляционный материал или совокупность изоляционных материалов, рассматриваемых вместе с относящимися к ним токоведущими частями, применительно к отдельному типу, размеру или части электрооборудования.

Примечание. Одна часть электрооборудования может содержать несколько различных систем изоляции.

Ожидаемая эксплуатационная характеристика

Типовой срок службы системы изоляции в условиях эксплуатации, нормированных в коде. Ожидаемая эксплуатационная характеристика не является торговой гарантией.

Установленная эксплуатационная характеристика

Срок службы системы изоляции в эксплуатации, определенной с помощью соответствующих методик оценки, установленных на основе опыта эксплуатации и/или результатов функциональных испытаний.

Примечание. Ожидаемая и установленная эксплуатационные характеристики должны быть выражены в одних и тех же величинах (например, время, число срабатываний).

**Термины, относящиеся к кодируемой системе изоляции**

Код системы изоляции

Система обозначений или сокращений, представляющая нормированные требования эксплуатации для систем изоляции в отдельном виде электрооборудования и сообщения о доказанном соответствии.

Предпочтительные коды систем изоляции

Небольшое число кодов систем изоляции, выбранное из всех кодов, возможных для данного вида оборудования, с тем чтобы позволить ограничить число нормированных методик испытания.

**Термины, относящиеся к эксплуатации, воздействиям (нагрузкам) и старению**

Условия эксплуатации

Условия, выраженные в виде факторов воздействия и режимов, которые действуют на электрооборудование во время работы или в то время, когда оно подключено, но не работает.

Требования эксплуатации

Требования, выраженные в виде факторов воздействия, ожидаемой эксплуатационной характеристики и режима, соответствующих условиях эксплуатации, которым должно удовлетворять оборудование.

Способность к эксплуатации

Способность функционировать заданным образом в любой конкретный момент времени.

Характер работы

Характеристика, относящаяся к частоте работы, режиму и частоте возникновения внешних воздействий различного рода.

Фактор воздействия

Воздействие нагрузок или влияния окружающей среды на изоляцию в электрооборудовании во время эксплуатации.

Старение

Необратимые изменения, снижающие способность систем изоляции в эксплуатации. Такие изменения определяются частотой повреждений, возрастающей со временем.

Фактор старения

Фактор воздействия, вызывающий старение.

**Термины, относящиеся к испытанию**

Функциональные испытания

Испытание, при котором системы изоляции электрооборудования или его части, или испытательной модели подвергают воздействию факторов старения воспроизводящих условия эксплуатации, с целью получения сведений о способности к эксплуатации.

Испытательная модель

Модель, представляющая электрооборудование или его часть и предназначенная для использования в функциональном испытании.

Ускоренное старение

Ускорение старения путем усиления уровня и/или частоты приложения факторов старения сверх обычных условий эксплуатации.

Ускоренное испытание

Функциональное испытание, в котором применяется ускоренное старение с целью сокращения времени испытания по сравнению с ожидаемой эксплуатационной характеристикой.

Диагностический фактор

Воздействие, прикладываемое к изоляции испытуемого образца с целью установления его состояния без заметного увеличения старения.

Критерий конечной точки

Выбранная величина характеристики испытываемого образца, отражающая потерю способности к эксплуатации, или произвольно выбранная величина характеристики для сравнения различных систем изоляции.

Контрольное испытание

Приложение к испытываемому образцу диагностического фактора фиксированного уровня, чтобы определить, достигнет ли критерий конечной точки.

Взаимодействие

Изменение двух или более факторов относительно их суммарного эффекта старения при индивидуальном воздействии на отдельные объекты.

Примечания:

1. Под эффектом старения понимают любые существенные изменения изоляции, вызванные старением, т. е. изменения химического состава.

2. Обычно изменения физических характеристик измеряют и описывают как «степень старения». Однако их зависимость от эффекта старения может быть очень сложной. Поэтому, если даже взаимодействие отсутствует, изменения физических характеристик могут не быть аддитивными, каковым является эффект старения (по определению).

3. Приведенные выше определения отличаются от принятого статистического определения «взаимодействия».

Прямое взаимодействие

Взаимодействие между одновременно действующими факторами, которое отличается от взаимодействия при последовательном воздействии факторов. Факторы прямого взаимодействия не обязательно являются факторами старения.

В физическом смысле прямое взаимодействие есть изменение, вызванное вторым фактором интенсивности старения, производимого первым фактором. Прямое взаимодействие вызывает непосредственно второй фактор.

Косвенное взаимодействие

Взаимодействие между одновременно воздействующими факторами, которое остается в основном неизменным при последовательном воздействии этих фак-

торов. Косвенное взаимодействие может быть вызвано только факторами старения.

В случае косвенного взаимодействия присутствие второго фактора или его необратимое взаимодействие на состояние изоляции вызывает изменение механизма старения под действием первого фактора. Такое взаимодействие может возникнуть либо благодаря изменению интенсивности первого фактора, либо изменению его эффекта старения при постоянной интенсивности.

Эффект старения

«Эффект старения» используется для описания первичных изменений изоляции, например, изменения химического состава вследствие реакций старения или явлений диффузии.

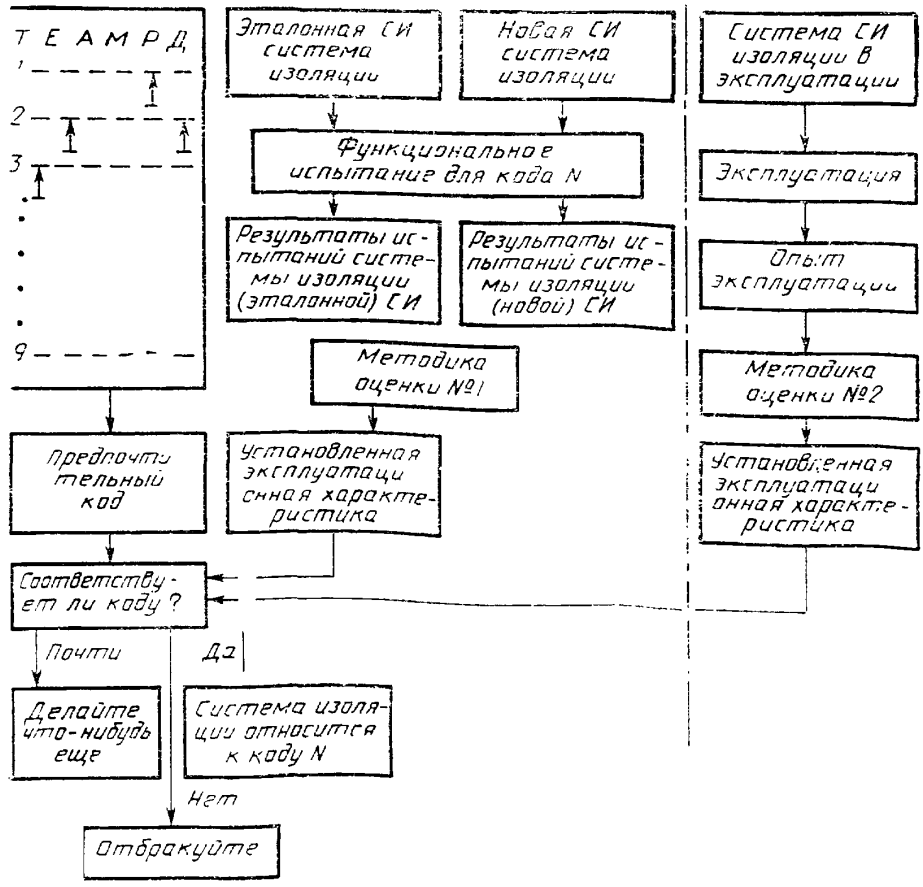
Зависимость физических характеристик, которые часто используют для описания степени старения, от этих первичных изменений (эффекты старения) может носить сложный характер. Поэтому изменения физических характеристик не могут быть аддитивными, каковыми являются эффекты старения (по определению), когда отсутствует взаимодействие.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## КОДИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ

На основании:

*1) функциональных испытаний* *2) эксплуатации*



*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*
*Справочное*

## ПЕРЕЧЕНЬ НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РЕЖИМОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Термические:

максимальная температура[1];
низкая окружающая температура[2];
высокая окружающая температура;
температурный градиент;
скорость изменения температуры (тепловой удар).

Электрические:
рабочее напряжение;
перенапряжение (переходные процессы);
частота;
частичные разряды[3];
токопроводящий мостик;
перекрытие;
утечка по поверхности.

Окружающая среда:

воздух;
кислород;
водород;
азот;
инертные газы;
шестифтористая сера;
различные газовые среды, вызывающие коррозию (указать какие);

} Включая воздействие давления

вакуум;
смазки;
изоляционные жидкости;
вода (влажность, см. ниже);
полупроводящая пыль;
пыль и песок;
плесень;
грызуны;
термиты;
влажность.

Механические:
вибрация, электромеханическая;
удар, электродинамический;
вибрация, механическая[4];
удар, механический[4];
изгиб (кратковременный, постоянный);
давление;
растяжение;
повторное сжатие, пульсирующее сжатие;
кручение;
термомеханические нагрузки;

Режим:
длительный;
кратковременный;
прерывистый;
прерывистый с пуском и электрическим торможением;
хранение и транспортирование[5].

[1] «Максимум» относится к наиболее горячей части системы изоляции определенного вида электрооборудования.

[2] «Низкая окружающая» относится к температурам ниже 0 °С.

[3] Включает частичные разряды внутри изоляции и вдоль наружных поверхностей.

[4] Учитывает также воздействия, имеющие место при транспортировании.

[5] Указывает вид и длительность хранения, если они отличаются от обычных например, «очень важное», «очень горячее», «12 месяцев».

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*
*Рекомендуемое*

## ГИПОТЕТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ

1. В настоящем приложении приведены примеры спецификаций для оценки и идентификации систем изоляции для двух типов электрооборудования.

Примеры составлены для иллюстрации двух различных положений. В первом случае один пример касается изоляции, предназначенной для электрооборудования, выпускаемого крупными партиями, другой — изоляции, предназначенной для электрооборудования, выпускаемого малыми партиями.

**1.1. Пример А. Системы изоляции пускорегулирующей аппаратуры для ламп дневного света**

Пример основан на ГОСТ 16809—78 «Аппараты пускорегулирующие для разрядных ламп. Общие технические условия». Учитываются только два фактора старения.

1.1.1. Область распространения

Технические требования относятся к кодированию и функциональным испытаниям систем изоляции пускорегулирующей аппаратуры, предназначенной для обеспечения ограничения и стабилизации тока разрядных ламп при их включении в сеть переменного тока с номинальным напряжением до 380 В включительно и с номинальной частотой 50 или 60 Гц.

1.1.2. Коды систем изоляции

Кодирующими элементами, приемлемыми для кодов системы изоляции, считаются:

T — номинальная максимальная температура изоляции, °С;

E — номинальное напряжение, В;

P — ожидаемая эксплуатационная характеристика: длительность непрерывной эксплуатации при номинальной максимальной температуре, годы.

Запись кода системы изоляции:

ГОСТ . . . . . СИ ТЕ-Р

Обозначения T, E и P представляют цифры согласно табл. 1.

Таблица 1

| Номер | T, °С | E, В | P, годы |
|---|---|---|---|
| 1 | NA | NA | NA |
| 2 | NA | NA | NA |
| 3 | 90 | 250 | NA |
| 4 | 105 | 250—500 | NA |
| 5 | 120 | NA | 10 |
| 6 | NA | NA | NA |
| 7 | NA | NA | NA |
| 8 | NA | NA | NA |
| 9 | NA | NA | NA |

Использование кодовых чисел, обозначенных NA (не применимо), не разрешается.

Примечание. Изменение NA на новые номинальные данные может быть внесено только при пересмотре ГОСТ...

Каждая цифра в каждой графе может сочетаться с любой цифрой другой графы для создания полного кода. Возможны шесть комбинаций.

Например, для пускового дросселя, предназначенного для эксплуатации в течение 10 лет при температуре 100 °С и номинальном напряжении 380 В, частоте 50 Гц, требуется система изоляции, соответствующая требованиям любого из кодов ГОСТ... СИ 44—5 или ГОСТ... СИ 54—5. Рекомендуется запись в виде таблицы (например для цифровой последовательности 44—5):

| Идентификация | Т | Е | Р |
|---|---|---|---|
| ГОСТ... СИ | 4 | 4 | 5 |

1.1.3. Методика функциональных испытаний

*Технические требования к пусковым дросселям*

| | |
|---|---|
| Номинальная максимальная температура обмотки, °С | 90, 105 или 120; |
| Номинальное напряжение, В | от 24 до 500 |
| Частота, Гц | 50 или 60 |
| Номинальная мощность, Вт | 50 до 2000 |
| Ожидаемая эксплуатационная характеристика | 10 лет непрерывной эксплуатации при нормированной максимальной температуре |

1.1.4. *Испытуемые образцы*

Испытуемые образцы должны быть взяты из нормальной продукции и представлять собой полностью собранные пусковые дроссели, используемые в эксплуатации.

1.1.5. *Старящие факторы, прикладываемые к образцам*

Одновременное приложение напряжения и температуры.

1.1.6. *Число образцов*

Должны испытываться семь образцов.

1.1.7. *Условия испытаний*

Конструкция испытательного оборудования должна предусматривать одновременное приложение обоих воздействий напряжения и температуры.

Практический опыт показывает, что постоянная и устойчивая температура может быть достигнута двумя способами:

или нагревом в печи, не имеющей хорошей тепловой изоляции (см. рис. 8 в ГОСТ 16809—78);

или при помощи очень хорошей тепловой изоляции пусковых дросселей, в результате чего они (большинство из них) обеспечивают тепло, необходимое для испытания.

Приведенное ниже описание относится к «методу печного нагрева». При использовании «самонагрева» вместо термостатов постоянным должен быть ток, проходящий через пусковой дроссель.

Электрический режим дросселя должен быть таким же, как и при обычном применении. Если используются конденсаторы или другие компоненты, не подвергаемые испытанию, они должны подсоединяться к печи с внешней стороны. Компоненты, не влияющие на рабочее условие обмоток, могут быть удалены.

Вообще дроссель испытывается с соответствующими лампами, но для некоторых дросселей индуктивного типа эти лампы могут быть заменены эквивалент-

ными сопротивлениями, отрегулированными таким образом, чтобы через дроссель проходил ток средней величины. Эти лампы или сопротивления должны находиться вне печи. Дроссель должен быть заземлен.

Партию, состоящую из семи дросселей, помещают в печь с соблюдением минимальных предписанных пространственных пределов, после чего прикладывается номинальное напряжение.

Термостаты затем регулируются так, чтобы температура наиболее горячей обмотки в дросселе была равна испытательной температуре, контролируемой методом «увеличения сопротивления». Эта температура проверяется ежесуточно и поддерживается в пределах ±2 °С.

1.1.8. *Ускорение испытания*

Ускоряется только термический фактор старения. Испытательная температура берется из формулы

$$\lg L = \lg L_0 + 4500 \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_w} \right),$$

где $L$ — длительность испытания, сут;

$L_0$ — установленная эксплуатационная характеристика при максимальной номинальной рабочей температуре, сут;

$T$ — испытательная температура, К;

$T_w$ — максимальная номинальная рабочая температура, К.

Постоянную величину 4500 устанавливают эмпирически.

Испытательную температуру выбирают с таким расчетом, чтобы длительность испытания составляла от 30 до 50 сут для установленной эксплуатационной характеристики $L_0$, равной 3652 сут (10 годам).

1.1.9. *Критерий конечной точки*

Не менее трех раз в неделю после первой недели испытываемые дроссели подвергают проверочным испытаниям при температуре старения. Проверяют следующие моменты:

а) дроссель должен включить лампу в предписанных пределах тока;

б) магнитные потери, измеренные при номинальном токе, не должны возрастать более чем на 10 % по сравнению с начальными величинами, измеренными при той же самой температуре;

в) сопротивление изоляции обмоток, измеренное при напряжении 500 В постоянного тока, не должно превышать 1 Ом;

г) дроссель должен выдержать проверочное испытание двойным номинальным напряжением в течение 1 мин.

Конечная точка достигается, когда один из четырех пунктов а), б), в) или г) не выполнен.

1.1.10. *Определение времени до пробоя*

Длительность испытания (среднее логарифмическое времени до пробоя) в формуле п. 1.3.6 есть число суток удовлетворительного поведения дросселей.

На практике, если достигается критерий конечной точки, $L$ будет равна длительности старения до тех пор, пока образец не пройдет последнее проверочное испытание.

1.1.11. *Представление результатов испытаний*

В протокол испытания должны быть включены следующие сведения:

а) описание испытываемых образцов:

тип дросселя;

номинальное напряжение,

номинальная мощность,

максимальная номинальная рабочая температура;

б) приложенные испытательные воздействия:

температура и метод нагрева;

уровень напряжения и частота,

проверочные испытания, используемые для определения конечной точки;

в) результаты испытаний:

отдельные времена до пробоя и их логарифмическое среднее.

1.1.12. *Оценка результатов испытаний*

Установленную эксплуатационную характеристику испытываемой системы изоляции обозначают $L_0$, которая получена для длительности испытаний $L$ по формуле, приведенной в п. 1.1.8. $L_0$ должно быть больше или равно 3652 сут. Если это условие выполнено, системе изоляции присваивают код с номиналом Т, соответствующим $T_w$ формулы, и номиналом Е, соответствующим напряжению старения.

**1.2. Пример В. Системы изоляции для обмоток статора вращающихся машин высокого напряжения переменного тока**

Примечание. Настоящий пример относится к изоляциям, на которые распространяется табл. 1 ГОСТ 183—74 «Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия». Для упрощения примера и иллюстрации универсальности настоящего руководства влияние условий окружающей среды не учитывают.

Коды систем изоляции должны включать все категории оборудования, а технические требования на функциональные испытания будут относиться только к выбранным особым случаям.

Указания, содержащиеся в п. 3.8, относительно преднамеренно неполной и нереальной природы примеров особенно справедливы в отношении этого примера.

1.2.1. Область распространения

Настоящее техническое требование относится к кодированию и функциональному испытанию систем изоляции для обмоток статоров машин высокого напряжения переменного тока (1 кВ или более) мощностью 5 МВт (или МА.А) или более с длиной сердечника, равной 1 м или более, и работающих в незагрязненной атмосфере, независимо от метода охлаждения.

1.2.2. Коды систем изоляции

1.2.2.1. *Запись и перечень кодов*

Следующие кодовые элементы входят в коды систем изоляции:

Т — максимальная температура изоляции, °С;

Е — номинальное напряжение, кВ;

$M_1$ — механическая нагрузка во время переходного процесса;

$M_2$ — постоянная вибрация, возникающая в машине или переданная ей (термомеханическое воздействие);

Р — ожидаемая эксплуатационная характеристика: приемлемый срок жизни или действительное время работы (в тысячах часов);

Д — число включений (изменения от нерабочего состояния к рабочему) в год.

Примечание. Цифра, характеризующая ожидаемую эксплуатационную характеристику, выражает типичное поведение изоляции безотносительно к возможной коммерческой гарантии срока жизни.

1.2.2.2. Код системы изоляции записывают в виде:

ГОСТ 183—74:1 СИ ТЕО ($M_1M_2$) — РД

Обозначения Т, Е, $M_1$, $M_2$, Р, Д представляют цифры 1—9, приведенные в табл. 2. Кроме того, цифра 0 может обозначать, что кодовый элемент относится к уровню воздействия, который считается незначительным. Символ «х» может использоваться для обозначения значительного еще не нормированного уровня воздействия.

Каждая цифра одной графы может сочетаться с любой цифрой другой графы. В табл. 2 возможно 2400 комбинаций.

1.2.2.3. Коды и предпочтительные коды для определенных типов обмоток статоров указаны в табл. 3.

Не все коды могут быть отнесены к каждому определенному типу обмотки. Чтобы ограничить число рассматриваемых кодов для обмоток статора наиболее важных типов машин, во второй графе табл. 3 перечислены коды, представляющие типичные условия эксплуатации.

Таблица 2

| Т, °С | Е, кВ | $M_1$ | $M_2$ | Р, $10^3$ ч | Д в год |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 NA | NA | NA | NA | Приемлемый срок жизни | NA |
| 2 105 | ⩽3 | Малое | NA | 50 | ⩽10 |
| 3 NA | ⩽7 | NA | Низкое | NA | NA |
| 4 130 | NA | Среднее | NA | 100 | ⩽100 |
| 5 155 | NA | NA | NA | NA | NA |
| 6 180 | ⩽17 | NA | NA | 250 | ⩽1000 |
| 7 NA | >17 | Высокое | Высокое | >250 | NA |
| 8 NA | NA | NA | NA | NA | ⩽100000 |
| 9 NA | NA | NA | NA | NA | >10000 |

Примечания:

1. При использовании знака «>» точная цифра должна согласовываться.

2. В данном примере принято, что механические воздействия являются одним из наиболее важных факторов, действующих на изоляцию в больших вращающихся машинах. Хотя настоящее приложение является только иллюстративным, решено не включать количественные данные, поскольку в будущем выбранные уровни воздействия должны быть обязательно значимыми. В отличие от других факторов воздействия не все специалисты в области вращающихся машин имеют единое мнение в отношении влияний механических воздействий. Отсюда использование выражений: малое, среднее, высокое.

Использование кодовых чисел, обозначенных NA (не применимо), не допускается.

Таблица 3

| Тип машины | Элементы кодов, представляющие типичные условия эксплуатации | Предпочтительные коды |
|---|---|---|
| | Т Е А $M_1$ $M_2$ Р Д | (Идентификация) СИ ТЕА($M_1M_2$)—Р |
| Турбогенераторы | 4 6 0 x x 6 2<br>5 7 | ГОСТ 183—74:1 СИ 470 (xx)—62<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 570 (xx)—62 |
| Пиковые турбогенераторы | 4 6 0 x 7 1 8<br>5 2 8<br>6 | ГОСТ 183—74:1 СИ 460 (x7)—26<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (x7)—26<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 660 (x7)—16 |
| Гидрогенераторы и синхронные компенсаторы, за исключением капсульных генераторов | 4 3 0 2 0 6 2<br>5 6 7 4<br>7 | ГОСТ 183—74:1 СИ 460 (20)—64<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (20)—64 |
| Обратимые гидрогенераторы | 4 6 0 7 7 1 6<br>5 | ГОСТ 183—74:1 СИ 460 (77)—16<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (77)—16 |

*Продолжение табл. 3*

| Тип машины | Элементы кодов, представляющие типичные условия эксплуатации | Предпочтительные коды |
|---|---|---|
| | Т Е А $M_1$ $M_2$ Р Д | (Идентификация) СИ ТЕА($M_1M_2$)—Р |
| Синхронные двигатели | 4 2 0 4 x 2 6<br>5 3 8<br>6 | ГОСТ 183—74:1 СИ 420 (4x)—28<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 430 (4x)—28<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 460 (4x)—28<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 530 (4x)—28 |
| Асинхронные двигатели | 4 2 0 2 3 2 6<br>5 3 4 7 6 9<br>6 7 | ГОСТ 183—74:1 СИ 420 (77)—29<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 430 (77)—29<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 460 (77)—29<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 520 (77)—29<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 530 (77)—29<br>ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (77)—29 |

Примечание. Несмотря на большое количество кодов, действительное число предпочтительных кодов, т. е. основных методик испытаний, рассматриваемых для одного типа машин, равно 2—6.

В третьей графе перечислены предпочтительные коды, к которым будут относиться основные методики функциональных испытаний для оценки способностей систем изоляции, приведенные в п. 2.3.

1.2.2.4. Для цифровой последовательности 420 (77) — 29 рекомендуется, например, следующая запись:

| Идентификация | Т | Е | А | $M_1$ | $M_2$ | Р | Д |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ГОСТ 183—74 : 1 СИ | 4 | 2 | 0 | 7 | 7 | 2 | 9 |

**1.2.2.5. Пример. Выбор кода для представления действительных требований эксплуатации**

Обмотка статора большого турбогенератора с непосредственным водяным охлаждением на 25 кВ, максимальная температура изоляции 90 °С, ожидаемая эксплуатационная характеристика 20 лет:

ГОСТ 183—74:1 СИ 470 (xx) — 62

Примечание. В этом гипотетическом примере уровень 2 для Т использоваться не может, если иметь в виду табл. 3 п. 1.2.2.3.

1.2.3. Методика функциональных испытаний

Примечание. Настоящий пункт содержит одну основную методику испытания для оценки новой системы изоляции для одного предпочтительного кода для определенного типа машин и дополнительную методику испытания для обычного кода такого же типа машины, для систем изоляции, уже имеющей этот предпочтительный код.

1.2.3.1. *Основная методика испытания*

Тип машины: гидрогенератор с обмотками статора с воздушным охлаждением:

| | |
|---|---|
| Максимальная температура, °С | 155 |
| Номинальное напряжение, кВ | 7—17 |
| Частота, Гц | 16—60 |
| Окружающая среда | обычный воздух |
| Ожидаемая эксплуатационная характеристика | 25 лет действительной работы |
| Режим | длительный, не менее 10 пусков в год. |

Настоящие технические требования соответствуют предпочтительному коду:

ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (20)—64

1.2.3.2. *Основное условие основной методики испытания*

Оценку новой системы изоляции производят при помощи сравнительного испытания, в котором оценивается также система изоляции, использованная в эксплуатации.

Эта эталонная система изоляции уже имеет код, идентичный предпочтительному коду, указанному в п. 1.2.3.1, или код с более низкими номинальными термическими данными.

1.2.3.3. *Программа испытания*

Старящие факторы:

длительное воздействие температуры: температура при трех уровнях, соотнесенная с максимальной температурой кода без напряжения;

длительное воздействие напряжения: напряжение при трех уровнях, при одной температуре.

Диагностические факторы только для испытания на устойчивость к длительному воздействию температуры:

механическая вибрация;

увлажнение;

испытательное напряжение.

1.2.4. Устойчивость к длительному воздействию температуры

1.2.4.1. *Испытываемые образцы*

Образцами могут быть стержни, катушки или макеты стержней.

Толщина изоляции как витковой, так и корпусной должна быть равна толщине нормальной обмотки на 17 кВ. Изоляция кабелей, если имеется, должна быть того же типа и толщины, что и изоляция в действительных обмотках. Разрешаются разумные допуски на поперечное сечение меди. Образцы подвергают такой же обработке, как и в обычном производстве, и при отборе каждый образец отдельно проходит те же испытания контроля качества без разрушения, например, контрольное испытание напряжением, тангенс угла диэлектрических потерь, испытание для проверки химического состава, как в обычном производстве.

Образцами могут быть прямые стержни с активными частями длиной не менее 0,3 м и концами такой длины, чтобы можно было проводить проверочные испытания без риска перекрытия. Во время проверочных испытаний применяют соответствующую противокоронную защиту.

Образцы монтируют в многопазовом сердечнике или закрепляют по длине активной части между жесткими (толщиной не менее 3 мм) стальными пластинами при помощи соответствующих зажимных устройств в обоих поперечных направлениях.

При каждой температуре испытывают девять образцов (предполагается логарифмически нормальное распределение).

1.2.4.2. *Условия испытания*

Если эталонная система изоляции рассчитана на тепловой фактор 5, то обе системы изоляции подвергают старению при 180, 200, 220 °С.

Если эталонная система рассчитана на тепловой фактор 4, ее подвергают старению при 155, 180 и 220 °С, а новую систему изоляции — при 180, 200 и 220 °С.

Старение проводят циклически. Длительность циклов выбирают по ГОСТ 27710—88.

Для термического старения можно использовать печи. Изменение и колебание температуры не должно превышать ±3 °С.

После каждого цикла старения каждый образец охлаждают до температуры ниже 40 °С, помещают в зажимное устройство, если оно используется, и подвергают вибрации в течение 1 ч в направлении, перпендикулярном пазу, при частоте 50 или 60 Гц с амплитудой, равной 0,25 мм, с полным размахом колебаний. После увлажнения (40 °С, 95 % относительной влажности, 24 ч) проводят одноминутное проверочное испытание при напряжении 26 кВ переменного тока. Если образец выдержал проверочное испытание, его снова зажимают перед помещением в печь.

Испытание продолжают до пробоя пятого образца группы. Время до пробоя есть длительность циклов старения до пробоя минус один полуцикл.

1.2.5. Испытание напряжением на срок службы

а) *Испытываемые образцы*

Используют те же типы образцов, что и при испытании на нагревостойкость. Противокоронная защита должна выдерживать воздействия большей величины и периодически возобновляться, если это необходимо.

Длина испытательного электрода должна быть не менее 0,3 м и соответствовать длине проводящей краски или ее заменителя. Если необходимо, на образце зажимают жесткий макет паза.

Для прекращения испытания после пробоя шестого образца (предполагается распределение Вейбулла) при каждом напряжении старения испытывают десять образцов.

б) *Условия испытания*

Старение проводят при напряжении 25, 35, 45 кВ при частоте 50 или 60 Гц. Температура образцов должна сохраняться равной (155±5) °С.

Из-за неконтролируемых механизмов нагрева температуру изоляции необходимо регулировать.

Ускорение старения за счет увеличения частоты напряжения допускается в том случае, если для поддержания температуры образца в определенном нормированном диапазоне принимают соответствующие меры и если механизм старения остается без изменения. В этом случае старение одной группы образцов проводят при 25 кВ и проверяют соответствие со старением при рабочей частоте при этом напряжении (т. е. приблизительно обратная пропорциональность между временем до пробоя и частотой). После такого контроля может быть приложено более низкое напряжение старения при высокой частоте, например, 20 кВ, для получения эквивалентного времени до пробоя в диапазоне от 10000 до 100000 ч при приемлемом времени испытания.

Время до пробоя каждого образца есть действительное время до пробоя. Испытание продолжают до тех пор, пока не пробьется шестой образец группы.

1.2.6. Запись результатов испытания

Протокол испытания должен содержать:

а) описание испытываемых образцов.

В этот раздел будут включены все необходимые сведения об образцах и их идентификации;

б) испытательное оборудование;

в) приложенные испытательные воздействия:

температура и методы нагрева и регулирования,

уровни напряжения и частоты,

проверочные испытания, используемые для определения конечной точки;

г) результаты испытаний:

устойчивость к воздействию температуры: индивидуальные времена до пробоя при каждой температуре,

устойчивость к воздействию напряжения: индивидуальные времена до пробоя при каждом напряжении (и/или частоте).

1.2.7. Оценка результатов испытания

Оценка основана на сравнении эталонной и новой системы изоляции, соответственно, и содержит как результаты испытаний при длительном воздействии нагрева, так и результаты испытаний при длительном воздействии напряжения. Она указывается в терминах установленной эксплуатационной характеристики (в тысячах часов).

а) Первая ступень — длительное воздействие температуры.

Медианное время до пробоя при каждой температуре старения для обеих систем изоляции графически представлено в логарифмическом масштабе обратной зависимости времени от абсолютной температуры.

Если для любой из систем изоляции медианное время до пробоя при наибольшей температуре старения составляет менее 100 ч, испытание должно быть дополнено старением при более низкой температуре.

Если три точки какой-либо из систем изоляции не ложатся на одну линию с достаточным приближением, испытание должно быть дополнено старением при одной или нескольких подходящих температурах.

При получении удовлетворительного графика срока службы производят экстраполяцию до температуры, нормированной в коде для новой и эталонной системы изоляции соответственно.

Если экстраполируемое время равно или больше для новой системы, первая ступень считается выполненной. В противном случае новая система изоляции не может быть отнесена к рассматриваемому предпочтительному коду.

б) Вторая ступень — длительное воздействие напряжения.

На координатную сетку Вейбулла наносят шесть значений времени до пробоя каждой группы старения и медианное значение интерполируют медианные значения для обеих систем наносят на график, где на ординату наносят напряжение или логарифм напряжения, а на абсциссу — логарифм времени.

При приложении повышенной частоты действительные времена до пробоя переводят в эквивалентные значения промышленной частоты в обратном отношении частот.

Если наименьшее среднее время менее 100 ч или если график не достаточно линеен, необходимы дополнительные испытания при новых уровнях воздействия.

При получении удовлетворительного графика срока службы производят экстраполяцию до напряжения, нормированного в коде, одинаковую для обеих систем изоляции. Если это экстраполированное время равно или больше для новой системы изоляции, вторую ступень считают выполненной. В противном случае новая система не может быть отнесена к этому предпочтительному коду.

в) Кодирование новой системы изоляции

Если первая и вторая ступени выполнены успешно, новой системе изоляции приписывают установленную эксплуатационную характеристику 250000 ч и она считается относящейся к предпочтительному коду:

ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (20) — 64

Примечание. Для систем изоляции с удовлетворительным опытом эксплуатации, равным не менее 50 % ожидаемой эксплуатационной характеристики, может быть предписан временный код при нормированных факторах воздействия, представляющих действительные условия эксплуатации.

1.2.8. Методика дополнительного испытания

Если ранее установлено, что система изоляции соответствует требованиям предпочтительного кода ГОСТ 183—74:1 СИ 560 (20) — 64 и если ей должен быть приписан обычный код ГОСТ 183—74:1 СИ 570 (20) — 64, т. е. не более высокое номинальное напряжение (например, 25 кВ), требуется провести только дополнительное функциональное испытание.

Это испытание является испытанием на устойчивость к длительно действующему напряжению, проводится в соответствии с п. 1.2.5 а) на новых образцах с толщиной стенки, соответствующей новой конструкции на 25 кВ.

Следует прикладывать только два уровня напряжения. Их выбирают с таким расчетом, чтобы медианные значения времени до пробоя составляли от нескольких сотен до нескольких тысяч часов, соответственно (при промышленной частоте), или, что еще лучше, более 10000 ч (при повышенной частоте). Методика испытания идентична методике, описанной в п. 1.2.5 б), а результаты определяют и вычерчивают на графике, описанном в п. 1.2.7 б).

Если графики результатов этого испытания и основного испытания, соответственно, достаточно параллельны, новый график экстраполируют до номинального напряжения рассматриваемого кода. Если соответствующее время равно или больше 250000 ч, системе изоляции приписывают код: ГОСТ 183—74:1 СИ 570 (20) — 64.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН** Министерством электротехнической промышленности СССР

**ИСПОЛНИТЕЛИ**

**А. В. Хвальковский,** канд. техн. наук; **Е. И. Ярошеня,** канд. техн. наук; **В. П. Вайсфельд**

2. **ПОСТАНОВЛЕНИЕМ** Государственного комитета СССР по стандартам от 25.11.88 № 3842 международный стандарт МЭК 505—75 «Руководство по оценке и идентификации систем изоляции электрического оборудования» введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта СССР с 01.01.90

3. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

4. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Пункт, в котором приведена ссылка | Обозначение стандарта МЭК | Обозначение государственного стандарта |
|---|---|---|
| Приложение 4 | МЭК 34—1—80 | ГОСТ 183—74 |
| 2.4 | — | ГОСТ 2582—81 |
| 2.7.3 | МЭК 212—71 | ГОСТ 6433.1—71 |
| Приложение 4 | — | ГОСТ 16809—78 |
| Приложение 4 | МЭК 216—2—74<br>МЭК 216—3—80<br>МЭК 216—4—80 | ГОСТ 27710—88 |

gost.e-ecolog.ru