ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71905— 2024

ДИЭЛЕКТРИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

Метод определения электрической прочности

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 декабря 2024 г. № 1976-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДИЭЛЕКТРИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

Метод определения электрической прочности

Inorganic dielectrics. Method of determining electrical resistance

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на неорганические диэлектрики: стекла, ситаллы, фотоситаллы, стеклокристаллические цементы и керамические материалы (далее — материалы), применяемые в изделиях электронной техники, и устанавливает метод определения электрической прочности $E_{пр}$.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 859 Медь. Марки

ГОСТ 982 Масла трансформаторные. Технические условия

ГОСТ 1571 Скипидар живичный. Технические условия

ГОСТ 2789 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 5775 Масло конденсаторное. Технические условия

ГОСТ 6433.1 Материалы электроизоляционные твердые. Условия окружающей среды при подготовке образцов и испытании

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 8711 (МЭК 51-2—84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам

ГОСТ 10354 Пленка полиэтиленовая. Технические условия

ГОСТ 15527 Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки

ГОСТ 25706 Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования

ГОСТ 29298 Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия

ГОСТ Р 51999 Спирт этиловый технический синтетический ректификованный и денатурированный. Технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Принцип и условия измерения

3.1 Метод основан на определении напряженности электрического поля в момент пробоя образца материала.

3.2 Измерение электрической прочности материала проводят при постоянном напряжении в условиях: окружающая температура 15 °С—35 °С и влажность 45 %—75 % по ГОСТ 6433.1, конденсаторное масло по ГОСТ 5775 или трансформаторное масло по ГОСТ 982.

4 Требования к образцу

4.1 Образец представляет собой круглую или квадратную пластину, изготовленную из материала.

4.2 Размер образца и шероховатость поверхности должны соответствовать рисункам 1 и 2.

Образцы стекла должны иметь минимальные размеры.

4.3 Толщина образца *S* для каждого материала должна соответствовать данным, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 — Толщина образца *S* для каждого материала

Материал	Толщина, *S*, мм
Стекло	От 0,28 до 0,32
Стекло порошковое	От 0,70 до 0,80
Ситалл, фотоситалл, керамический материал	От 0,40 до 0,60
Стеклокристаллический цемент	От 1,60 до 2,00

4.4 Образец не должен иметь трещин, вмятин, пузырей, царапин и других дефектов, видимых невооруженным глазом. В образцах порошковых стекол и стеклокристаллических цементов допускаются поры, а на поверхности — раковины.

Примечание — Технологический процесс изготовления образцов должен соответствовать стандартам или технологической документации на материал.

5 Требования к электродам

5.1 Электродами должны быть проводящие покрытия, нанесенные на поверхность А образца вжиганием серебросодержащей пасты или коллоидно-графитового препарата — аквадага (см. рисунки 1, 2).

Технологический процесс нанесения электродов — в соответствии с приложением А.

5.2 Электроды должны иметь форму круга диаметром от 10 до 12 мм.

5.3 Расположение электродов на круглых образцах приведено на рисунке 1, на квадратных — на рисунке 2.

5.4 Проводящее покрытие должно быть плотным, равномерным, без просветов, видимых через лупу с увеличением 5×, иметь сопротивление по всей поверхности не более 100 Ом между двумя точками, расположенными на расстоянии 1 см друг от друга.

6 Аппаратура и материалы

6.1 Испытания следует проводить на установке, электрическая схема которой приведена на рисунке 3.

Установка содержит измерительную ячейку Е и одно из следующих устройств:

а) высоковольтный выпрямитель типа В100-20, который состоит из трансформатора Т, выпрямительного устройства A_2 и защитного сопротивления R;

б) аппарат АИИ-70 (или АИИ-50), который состоит из трансформатора Т, выпрямительного устройства A_2, конденсатора С и защитного сопротивления R.

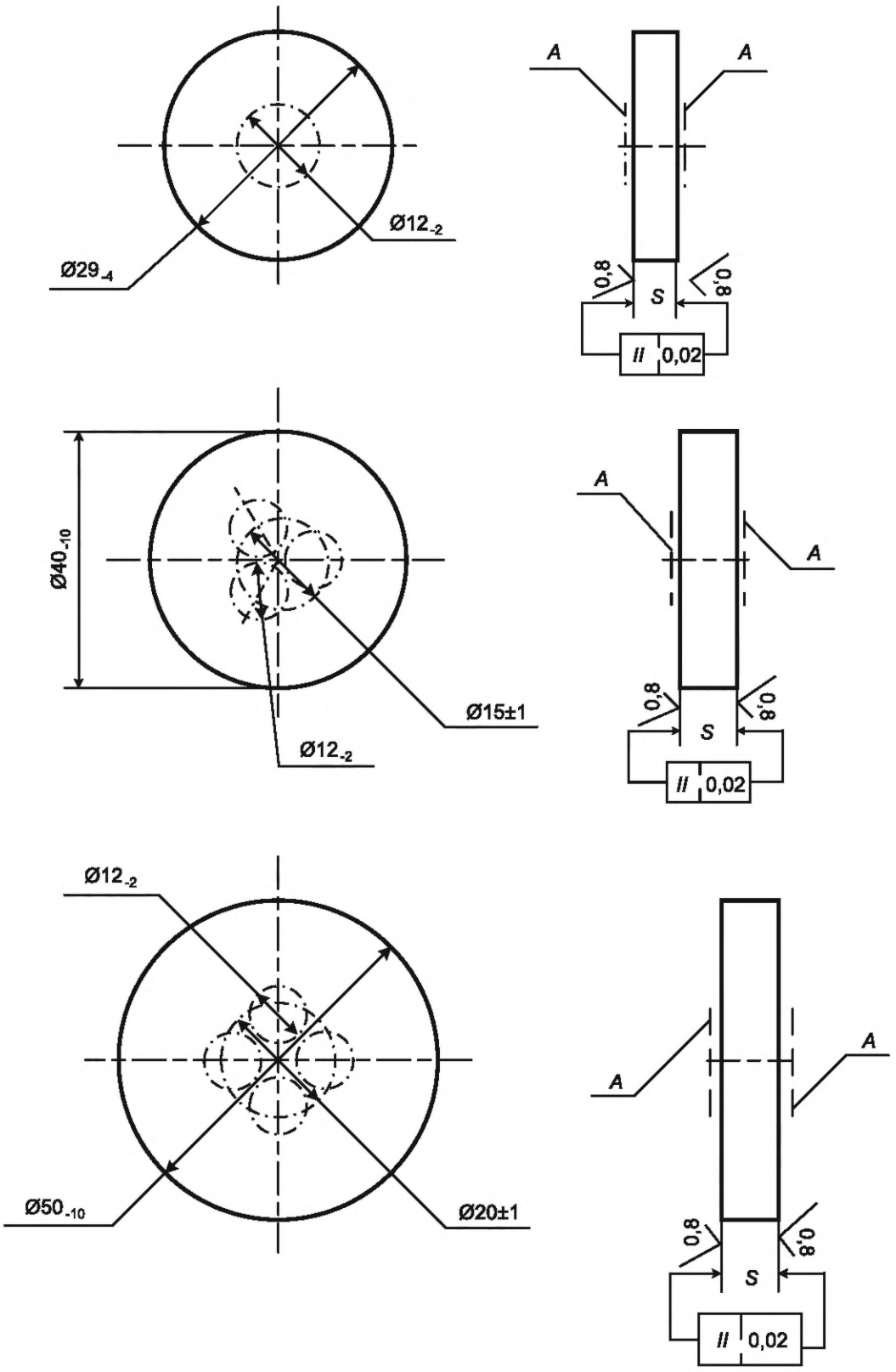


Рисунок 1 — Расположение электродов на круглых образцах

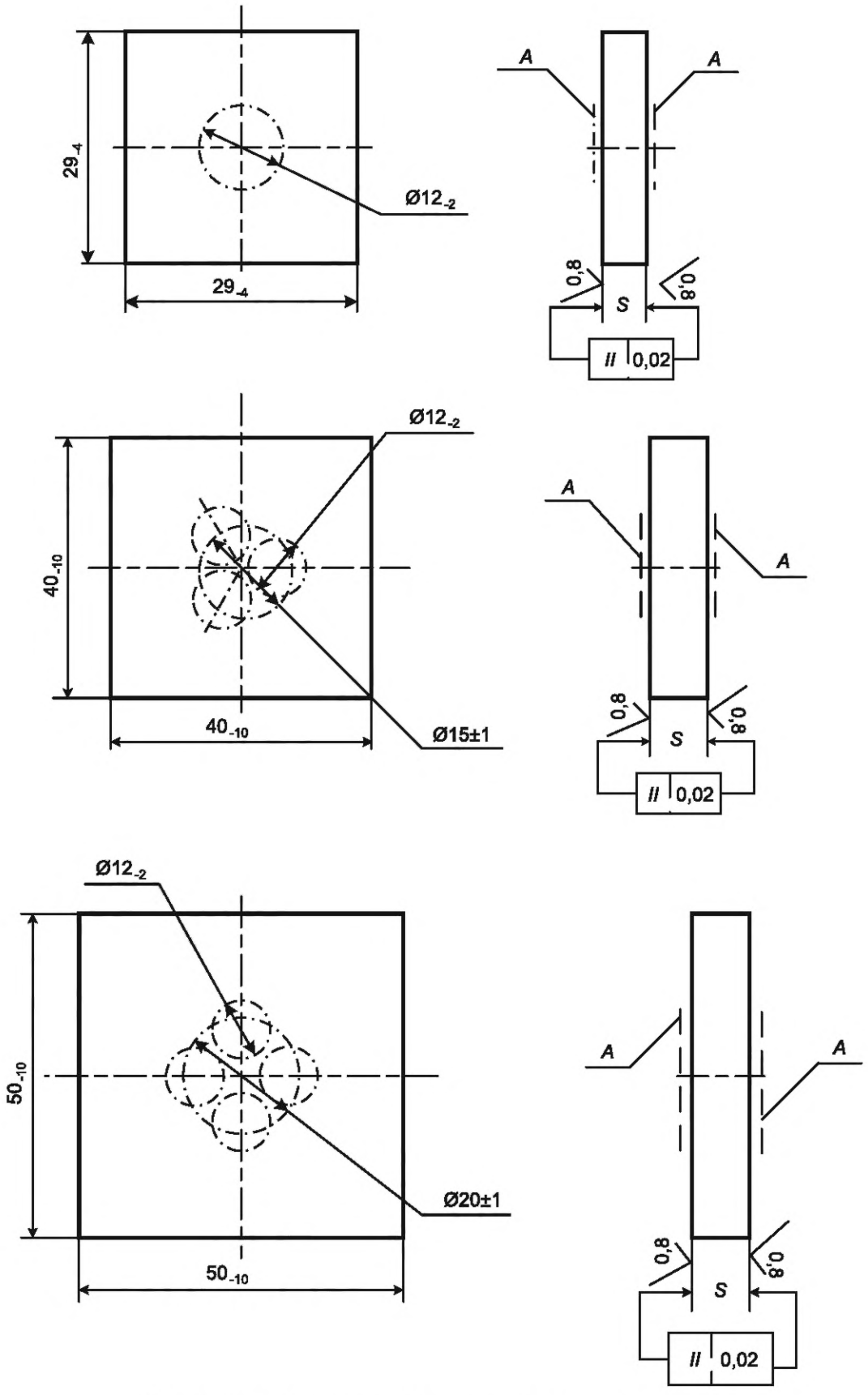


Рисунок 2 — Расположение электродов на квадратных образцах

6.2 Установка должна удовлетворять следующим требованиям:

а) величина защитного сопротивления — не менее 1,0 Ом на 1 В высокого напряжения испытательного трансформатора;

б) регулирующее устройство должно обеспечивать плавный подъем напряжения со скоростью порядка 1 кВ/с;

в) испытательное напряжения в момент пробоя образца (пробивное напряжение) должно быть измерено на стороне низкого напряжения трансформатора вольтметром класса не ниже 2,5 по ГОСТ 8711. Вольтметр должен быть проградуирован с помощью киловольтметра класса 1,5 по ГОСТ 8711 в значениях выпрямленного высокого напряжения. Пример градуировочной кривой приведен в приложении Б.

6.3 Измерительная ячейка (см. рисунок 4) состоит из бачка с конденсаторным или трансформаторным маслом, верхнего и нижнего электродов.

Электроды изготавливают из латуни марок Л96, Л90, Л85, ЛАЖ 60-1-1 по ГОСТ 15527 или меди марок М1Е или М1РЕ по ГОСТ 859.

Рабочие поверхности электродов должны иметь параметр шероховатости не более 0,32 мкм по ГОСТ 2789. Верхний подвижный электрод диаметром 8—10 мм заканчивается полусферой, нижний диаметром 6—8 мм — плоскостью с радиусом закругления 1 мм.

Расстояние между электродами и стенками бачка должно быть не менее 50 мм.

В промежутках между испытаниями бачок с маслом плотно закрывают полиэтиленовой пленкой или крышкой.

6.4 Для испытания применяют:

а) электропечь сопротивления камерная лабораторная СНОЛ-1,6.2,5.1/9-3 УХЛ 4.2 по [1];

б) микрометр с ценой деления 0,01 мм типа МК по ГОСТ 6507;

в) лупу просмотровую пластмассовую ЛП-5-5х по ГОСТ 25706;

г) щипцы тигельные — по [2];

д) пасту серебросодержащую 11-04-16 [3] или коллоидно-графитовый препарат (аквадаг) марки ВПЭЛТ по [4] или марки ЭЛНВ по [5];

е) спирт этиловый синтетический — по ГОСТ Р 51999;

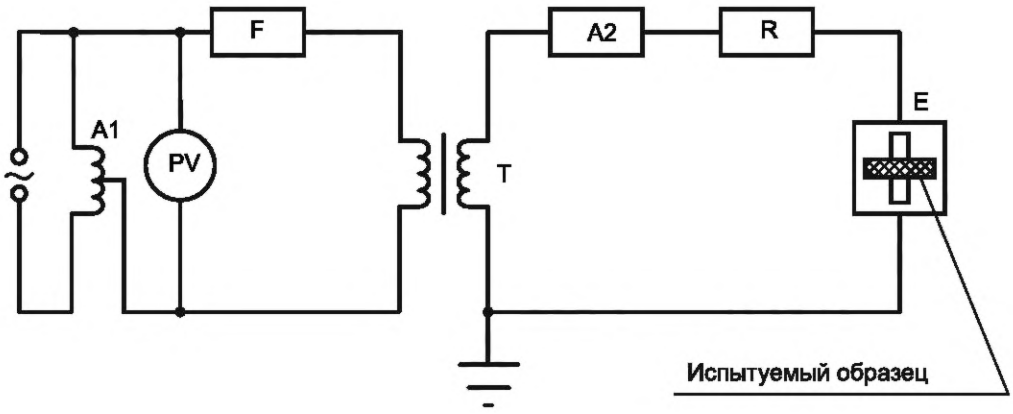
ж) масло конденсаторное — по ГОСТ 5775 или масло трансформаторное по ГОСТ 982;

и) кисть художественную — по [6];

к) пленку полиэтиленовую — по ГОСТ 10354;

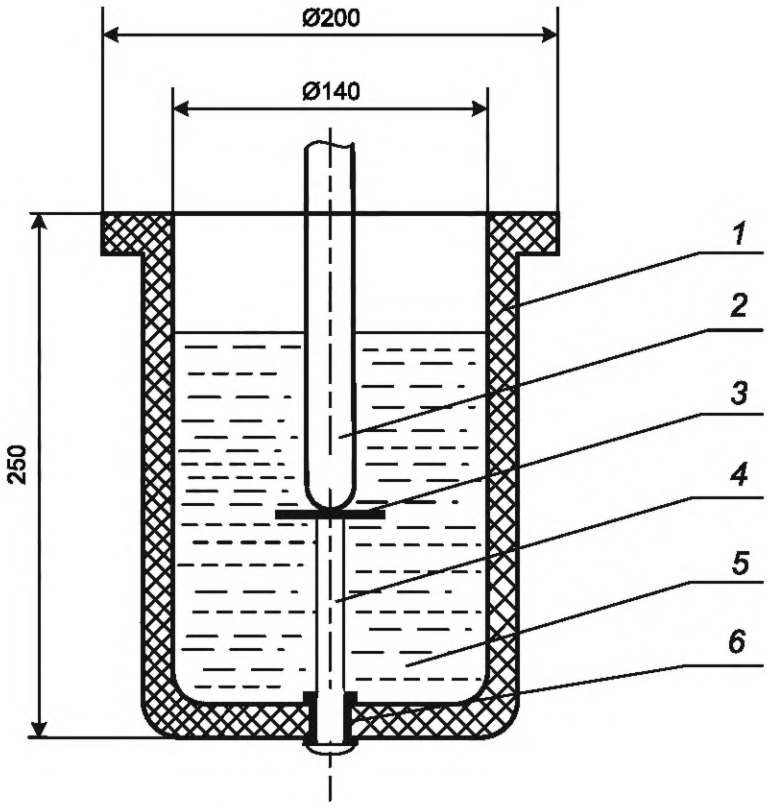
л) скипидар — по ГОСТ 1571;

м) бязь хлопчатобумажную — по ГОСТ 29298.



A1 — регулирующее устройство; PV — вольтметр; F — блокировка; T — трансформатор; A2 — выпрямительное устройство; R — защитное сопротивление; E — измерительная ячейка

Рисунок 3 — Электрическая схема установки



1 — фарфоровый бачок; *2* — верхний электрод; *3* — образец; *4* — нижний электрод; *5* — конденсаторное или трансформаторное масло; *6* — уплотняющая резина

Рисунок 4 — Измерительная ячейка

7 Подготовка к испытанию

7.1 Для испытания берут такое количество образцов, чтобы число измерений было не менее 10 (см. рисунки 1, 2).

7.2 Наносят на образцы электроды. Технологический процесс нанесения проводящих покрытий приведен в приложении А.

7.3 Измеряют толщину образца микрометром с погрешностью 0,01 мм не менее, чем в трех точках вблизи электрода. За толщину образца принимают среднее арифметическое результата всех измерений толщины образца.

7.4 Протирают спиртом образцы с электродами непосредственно перед испытанием.

7.5 Проверяют по ГОСТ 5775 электрическую прочность конденсаторного или трансформаторного масла перед заливкой в ячейку.

8 Проведение испытания

8.1 Открывают измерительную ячейку, устанавливают верхний электрод на нижний и с помощью тигельных щипцов устанавливают образец так, чтобы проводящее покрытие на образце совпадало с электродами.

8.2 Закрывают дверь ограждения в соответствии с 10.1 (перечисление а), включают установку, повышают подаваемое на образец напряжение до пробивного и снимают показания вольтметра на стороне низкого напряжения после отключения источника высокого напряжения.

8.3 Выключают установку, открывают дверь ограждения и заземленной штангой дополнительно разряжают верхний электрод.

8.4 Вынимают пробитый образец и устанавливают следующий. Измерения повторяют в соответствии с 8.2.

8.5 Проводят пять испытаний. Если какой-либо из результатов испытания отклоняется более, чем на 15 % от среднего арифметического значения (см. 9.3), проводят пять дополнительных испытаний.

9 Обработка результатов

9.1 Определяют пробивное напряжение образца U_i по градуировочной кривой (см. приложение Б).

9.2 Значение электрической прочности $E_{пр.i}$, МВ/м, каждого образца вычисляют по формуле

$$E_{пр.i} = \frac{U_i}{t_{ср.i}}, \quad (1)$$

где $t_{ср.i}$ — толщина образца, м.

9.3 Среднее арифметическое значение электрической прочности $E_{пр.ср.}$ вычисляют по формуле

$$E_{пр.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_{пр.i}}{n}, \quad (2)$$

где n — число образцов.

9.4 Вычисляют среднее квадратичное отклонение отдельного измерения от среднего арифметического значения

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta i^2}{n-1}}, \quad (3)$$

где $\Delta_i = E_{пр.ср} - E_{пр.i}$.

9.5 Проверяют результаты измерений на наличие грубых погрешностей. В случае выполнения условия $\Delta_i > 3S$ i-й результат измерения исключают из расчета и вновь рассчитывают $E_{пр.ср.}$ по 9.3.

9.6 Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического значения $\overline{S}$ вычисляют по формуле

$$\overline{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta i^2}{n(n-1)}}. \quad (4)$$

9.7 Доверительный интервал среднего арифметического отклонения Δ вычисляют по формуле

$$\Delta = \pm k\overline{S}, \quad (5)$$

где k — коэффициент Стьюдента, значение которого в зависимости от количества образцов при доверительной вероятности 0,95 составляет:

а) $k = 2{,}7$ при $n = 5$;

б) $k = 2{,}3$ при $n = 10$.

9.8 Определяют значение электрической прочности

$$E_{пр} = E_{пр.ср.} \pm k\overline{S}. \quad (6)$$

9.9 Пример записи результатов испытания приведен в приложении В.

10 Требования безопасности

10.1 В целях обеспечения безопасности труда при работе на высоковольтной установке необходимо предусмотреть следующее:

а) для предупреждения поражения электрическим током — постоянное ограждение высоковольтной части установки, удовлетворяющее следующим требованиям:

1) высота ограждения — не ниже 1,7 м; расстояние от токоведущих частей установки до ограждения — не менее 1 м,

2) ограждение должно иметь дверь, снабженную блокировкой, сигнализацией и предупредительными плакатами,

3) дверь ограждения должна быть постоянно закрыта и открываться только при установке образца,

4) при открывании двери должно происходить автоматическое заземление высоковольтного ввода,

5) должна быть обеспечена автоматическая защита установки, отключающая напряжение на высоковольтной стороне трансформатора при любых возможных замыканиях на корпус трансформатора, корпус регулирующего устройства и т. д.,

6) изоляция пола около измерительной ячейки трансформатора и регулирующего устройства осуществляется с помощью изолирующих ковриков,

7) оператор установки должен быть обеспечен диэлектрическими перчатками и диэлектрическими ботами,

8) ограждение установки, корпус высоковольтного трансформатора, регулирующего устройства и штанги должны быть заземлены отдельными ответвителями,

9) должны быть выполнены требования [7] и [8];

б) для предупреждения опасности рентгеновского облучения предусматривают металлические экраны толщиной не менее 0,5 мм, отделяющие установку от работающих в помещении людей;

в) для предупреждения опасности отравления предусматривают:

1) местную вытяжную вентиляцию над электропечью для вжигания серебросодержащей пасты,

2) плотно закрывающуюся тару для хранения спирта и скипидара в объеме сменной потребности с четкими надписями,

3) спецодежду и защитные средства в соответствии с [9].

10.2 На рабочем месте должны находиться инструкции по эксплуатации установки, по технике безопасности и производственной санитарии при работе с установкой. На постоянном ограждении должна быть укреплена электрическая схема установки, утвержденная главным энергетиком.

10.3 Контроль за заземлением электрооборудования, изоляцией электрических контактов, предупреждением рентгеновского облучения должен проводить ответственный за электрооборудование, назначенный начальником лаборатории, перед каждым включением оборудования.

10.4 Ответственность за соблюдение настоящих требований возлагается на администрацию предприятия: директора, главного инженера, начальника отдела, начальника лаборатории, ответственных за состояние техники безопасности на рабочих местах.

Приложение А
(обязательное)

Технологический процесс нанесения проводящих покрытий

А.1 Технологический процесс нанесения проводящего покрытия из серебросодержащей пасты

А.1.1 Серебросодержащую пасту тщательно перемешивают со скипидаром до образования однородной сметанообразной массы.

А.1.2 Образцы протирают спиртом и подсушивают на воздухе в течение 2—3 мин.

А.1.3 Наносят на образцы слой серебросодержащей пасты кистью с помощью специальных трафаретов.

А.1.4 Подсушивают образцы на воздухе при температуре от 15 °С до 35 °С в течение 2—3 ч.

А.1.5 Помещают образцы в печь и нагревают со скоростью не более 5 °С/мин.

Образцы стекол нагревают до температуры 350 °С и выше, но не более, чем на 30 °С выше нижней границы отжига. Образцы ситаллов, фотоситаллов и керамических материалов нагревают до температуры от 500 °С до 560 °С. Образцы стеклоцементов нагревают до температуры от 330 °С до 350 °С.

При достижении этих температур электропечь выключают, и образцы охлаждают в электропечи до температуры от 15 °С до 35 °С.

А.1.6 Вынимают образцы из электропечи и определяют качество серебряного проводящего покрытия на соответствие требованиям 5.4. В местах дефектов серебряное проводящее покрытие зачищают шлифовальной шкуркой и наносят вторично.

А.2 Технологический процесс нанесения проводящего покрытия из аквадага

А.2.1 Протирают образцы спиртом и высушивают при температуре от 15 °С до 35 °С в течение 2—3 мин.

А.2.2 Тщательно перемешивают аквадаг.

А.2.3 Наносят на образцы кистью слой аквадага с помощью специальных трафаретов.

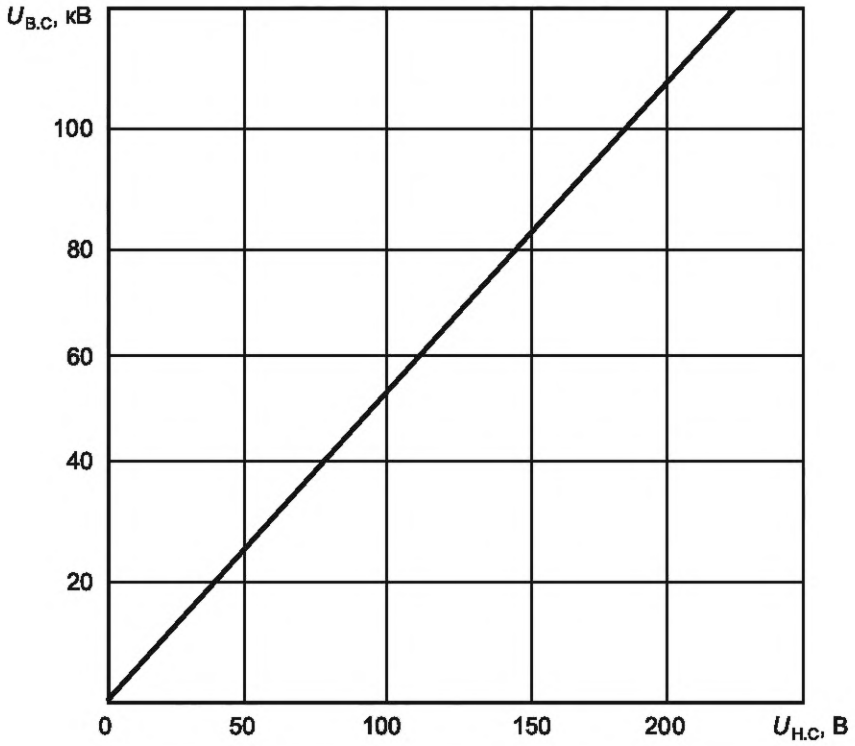
А.2.4 Подсушивают образцы на воздухе при температуре от 15 °С до 35 °С в течение 30—40 мин. Для сокращения времени сушки допускается применение различных сушильных устройств.

А.2.5 Проводящие покрытия должны соответствовать требованиям 5.4. Измерение сопротивления проводят тераомметром типа Е6-13М, используя в качестве электродов щупы из комплекта приборов.

А.2.6 Если сопротивление проводящего покрытия более 100 Ом, то наносят второй слой аквадага или прогревают образцы до температуры 300 °С.

Приложение Б
(справочное)

Пример градуировочной кривой



$U_{в.с}$ — пробивное напряжение на высокой стороне; $U_{н.с}$ — пробивное напряжение на низкой стороне

Рисунок Б.1 — Градуировочная кривая высоковольтного выпрямителя В100-20

Приложение В
(справочное)

Пример записи результатов испытаний и расчета

Дата испытания:

Образец: стекло № 10 (опытное)

Условия подготовки и испытания образцов:

М (15-35) 45-75, конденсаторное или трансформаторное масло.

Таблица В.1

№ образца	Толщина образца $t_{ср.i} \cdot 10^3$, м	Пробивное напряжение		Электрическая прочность $E_{пр}$, МВ/м	Δi	Δi^2
		на стороне низкого напряжения, В	на стороне высокого напряжения U_i, кВ			
1	0,34	110	60,0	176	–4,0	16
2	0,31	105	57,2	185	–13,0	169
3	0,30	100	54,5	182	–10,0	100
4	0,30	95	51,6	172	0	0
5	0,33	110	60,0	182	–10,0	100
6	0,31	70	38,0	123	+49,0	2401
7	0,32	110	60,0	188	–16,0	256
8	0,37	115	62,5	169	+3,0	9
9	0,30	95	51,6	172	0	0
10	0,30	95	51,6	172	0	0

$$E_{пр.ср.} = \frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n=10}; \quad E_{пр.ср.} = 172 \text{ МВ/м};$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \Delta i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3051}{9}} = 18{,}4 \text{ МВ/м};$$

$3S = 55{,}2$ МВ/м.

Поэтому ни один из результатов не исключается из расчета

$$\overline{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta i^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{3051}{9 \cdot 10}} = 5{,}8 \text{ МВ/м};$$

$E_{пр.} = E_{пр.ср.} \pm 2{,}25 = 172 \pm 13$ МВ/м.

Библиография

[1] ТУ 16-531.651-79 Электропечь СНОЛ-1,6.2,5. 1/9-ИЗ. Технические условия

[2] ТУ 64-1-973-76 Щипцы тигельные

[3] ТУ 6-09-05-1192-82 Паста серебросодержащая П-04-17

[4] ТУ 113-08-510-82 Препарат коллоидно-графитовый

[5] ТУ 6-08-314-74 Препарат коллоидно-графитовый

[6] ТУ 17-15-07-89 Кисти художественные и для клеения

[7] Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 12 августа 2022 г. № 811 Об утверждении «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии»

[8] Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н Об утверждении «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»

[9] Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 9 декабря 2014 г. № 997н Об утверждении «Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»

УДК 621.382.3.083:006.354

ОКС 17.080
17.220
31.080

Ключевые слова: диэлектрики неорганические, определение электрической прочности

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 25.12.2024. Подписано в печать 10.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,48.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru