ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ЧАСТОТАХ СВЫШЕ 300 МГц

ГОСТ 27496.1—87, ГОСТ 27496.2—87
(МЭК 377—1—73, МЭК 377—2—77)

Издание официальное

Цена 15 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.315.61.019.3:006.354 Группа Е39

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

Методы определения диэлектрических свойств на частотах свыше 300 МГц. Общие положения

Electrical insulating materials. Methods for determination of the dielectric properties at frequencies above 300 MHz. General

ГОСТ 27496.1—87
(МЭК 377—1—73)

ОКСТУ 3490

Срок действия с 01.01.90
до 01.01.95

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Методы определения диэлектрических свойств электроизоляционных материалов можно грубо разделить на две основные группы:

1) методы измерения элементов цепей с сосредоточенными параметрами можно использовать, когда длина волн приложенного электромагнитного поля велика по сравнению с размерами образца. Эти методы рассматриваются в Публикации МЭК 250;

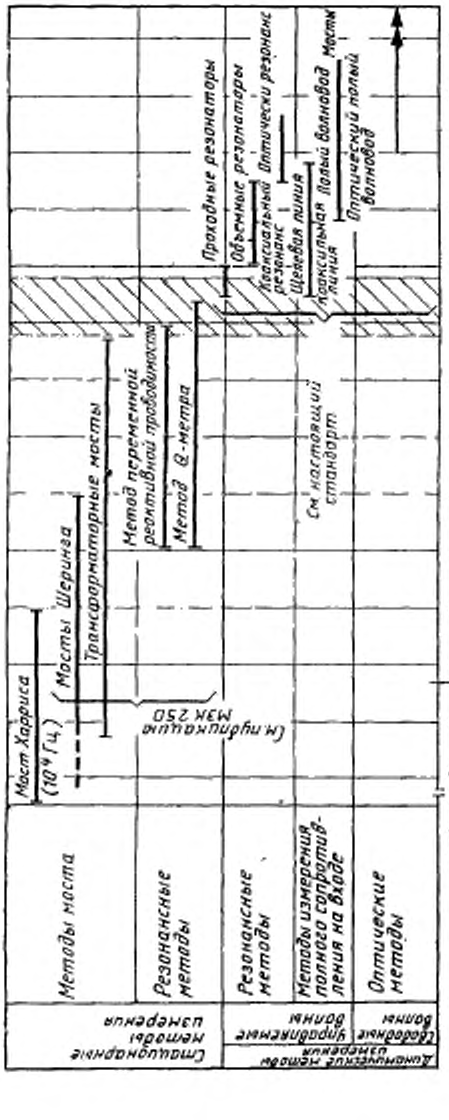
2) методы измерения характеристик цепей с распределенными параметрами используют тогда, когда больше нельзя игнорировать вариацию напряженности электромагнитного поля по всему образцу. В настоящей рекомендации описаны методы, в которых учтено распределение волн в диапазоне частот от 300 МГц до оптических.

В узком диапазоне «критической» частоты около 300 МГц (заштрихованный участок на чертеже) можно использовать какой-либо из основных методов в зависимости от размеров и диэлектрической проницаемости образца.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1988

Методы измерения на переменном токе



1. ЦЕЛЬ И ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает методики определения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, а также связанных с ними характеристик диэлектрических материалов, например, коэффициента диэлектрических потерь в микроволновом диапазоне частот (т. е. от 300 МГц до оптических частот). В отличие от методов испытания при низких частотах (см. Публикацию МЭК 250) методы испытания, рассматриваемые в настоящем стандарте, предусматривают использование испытываемых образцов и испытательных устройств таких размеров, которые превосходят или сопоставимы с длиной волн электромагнитного поля при частоте испытания. Теоретически описываемые методы применимы только к материалам с магнитной проницаемостью, равной проницаемости абсолютного вакуума. Достаточно достоверные результаты получают для диа- и парамагнитных материалов (так называемых немагнитных материалов); для ферро- и ферромагнитных материалов нужно выбрать специальные методики, учитывающие раздельно диэлектрические и магнитные свойства. Однако эти последние методы не включены в настоящий стандарт.

Замечание о магнитных свойствах. Образцы, обнаруживающие магнитные свойства, можно испытывать в соответствии с этим стандартом, если магнитная проницаемость доведена до насыщения с помощью статического магнитного поля достаточной напряженности.

Описанными методами можно измерять жидкие и плавкие материалы, а также твердые материалы при условии соблюдения особых предосторожностей и применения измерительных ячеек соответствующей конструкции.

Величина измеренных характеристик зависит от физического воздействия, например, частоты, температуры, влажности, а в особых случаях от напряженности поля

Все измерения и расчеты по настоящему стандарту даны, исходя из синусоидальной формы волны с угловой частотой $\omega = 2\pi f$

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Примечания:

1. Все определения относятся только к диэлектрическим материалам с магнитной проницаемостью абсолютного вакуума.

2. При формулировании терминов, относящихся к распространению волн и используемых в настоящем стандарте, следует ссылаться на группы 05 и 62 Международного электротехнического словаря.

2.1. Комплексная относительная диэлектрическая проницаемость ε_r^*

Комплексная относительная диэлектрическая проницаемость ε_r^* диэлектрических материалов выражается формулой

$$\varepsilon_r^* = \varepsilon'_r - j\,\varepsilon_r'' = \frac{C_x^*}{C_0}, \qquad (1)$$

где C_x^* — комплексная емкость малого[1] конденсатора, в котором пространство между электродами и вокруг них заполнено только рассматриваемым диэлектрическим материалом;

C_0 — емкость электродов той же конфигурации в абсолютном вакууме.

Примечание. Комплексную емкость конденсатора определяют по формуле

$$j\omega C_x^* = Y_x^* = G_x + j\,\omega C_x,$$

где G — действительная часть (активная проводимость при переменном токе);

$j\omega C_x$ — мнимая часть комплексной полной проводимости Y^*_x упомянутого конденсатора.

Когда длина волн приложенного электромагнитного поля с повышением частоты достигает размеров используемого образца, нельзя больше не учитывать изменения параметров электрического (и магнитного) поля. Поэтому для правильной интерпретации данных измерения переходят от анализа цепей с сосредоточенными параметрами к волновому анализу и теории передающих линий. Это повышает чувствительность результатов измерений к неоднородности и анизотропии образцов. Из сказанного следует, что относительная комплексная диэлектрическая проницаемость ε_r^* диэлектрических материалов пропорциональна квадрату отношения комплексной постоянной распространения $\gamma = \alpha + j\beta$ электромагнитной волны в диэлектрическом материале к величине $\gamma_0 = j\beta_0$ в абсолютном вакууме:

$$\varepsilon_r^* = \left(\frac{\gamma}{\gamma_0}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_c}\right)^2, \qquad (2)$$

где λ_0 — длина волны в свободном пространстве, а

λ_c — критическая длина волны используемого типа.

Примечания:

1. У плоских волн или волн типа ТЕМ $\lambda_c = \infty$.

2. Относительная диэлектрическая проницаемость сухого воздуха, свободного от двуокиси углерода, при 293К и нормальном атмосферном давлении равна 1,00053, так что практически для определения относительной диэлект-

[1] Малого по сравнению с длиной волны в диэлектрике.

рической проницаемости ε_r твердых материалов и жидкостей с достаточной точностью вместо C_0, c_0 и γ_0, измеренных в абсолютном вакууме, можно использовать C_x, c_x и γ_x измеренные в воздухе.

3. Комплексная (абсолютная) диэлектрическая проницаемость диэлектрического материала равна произведению его комплексной относительной диэлектрической проницаемости ε_r^* и электрической постоянной (диэлектрической проницаемости абсолютного вакуума) ε_0:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r^*.$$

В системе СИ единицей абсолютной диэлектрической проницаемости является фарада на метр (Ф/м), а электрическая постоянная ε_0 равна следующей величине

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c_0^2} \approx 8{,}854 \cdot 10^{-12} \approx \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}. \qquad (3)$$

2.2. Относительная диэлектрическая проницаемость ε'_r

Относительная диэлектрическая проницаемость ε'_r диэлектрического материала, являющаяся действительной частью комплексной относительной диэлектрической проницаемости, определение которой дано в п. 2.1, определяется по формуле

$$\varepsilon'_r = \frac{C_x}{C_0} = \lambda_0^2 \left[\frac{\beta^2 - \alpha^2}{(2\pi)^2} + \frac{1}{\lambda_c^2} \right]. \qquad (4)$$

Примечание. Если диэлектрические характеристики количественно выражены реальными цифрами, т. е. как ε'_r и $\operatorname{tg}\delta$ (см. п. 2.4), а не ε'_r и ε''_r, то примечание опускают

$$\varepsilon'_r = \varepsilon_r,$$

2.3. Коэффициент диэлектрических потерь ε''_r

Коэффициент диэлектрических потерь ε''_r диэлектрического материала является мнимой частью относительной комплексной диэлектрической проницаемости, определение которой дано в п. 2.1, определяется по формуле

$$\varepsilon''_r = \frac{G_x}{j\omega C_0} = \left(\frac{\lambda_0}{\pi} \right)^2 \cdot \frac{\alpha\beta}{2}. \qquad (5)$$

2.4. Тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$

Тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ диэлектрического материала есть тангенс угла сдвига-фаз (угла потерь δ) между напряженностью поля E и полученным в результате электрическим смещением в изоляционном материале при синусоидальном изменении обеих этих характеристик во времени на одной и той же угловой частоте.

Так как компоненты поля E и D в диэлектрике вообще не поддаются измерению, тангенс угла диэлектрических потерь в данном объеме диэлектрического материала измеряют как отношение рассеянной за половину периода энергии к величине 2π раз

большей средней энергии, накопленной в данном объеме за половину периода колебаний. Это отношение также эквивалентно

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\varepsilon''_r}{\varepsilon'_r}. \qquad (6)$$

Обратную величину тангенса угла диэлектрических потерь называют добротностью (фактором Q)

$$\frac{1}{\operatorname{tg}\delta} = Q.$$

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА

Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь данного диэлектрического материала определяются диэлектрической поляризацией испытуемого образца. На результаты измерений влияют различные внешние и внутренние физические параметры, например, частота, температура, напряженность электрического поля, ионизирующая радиация, влага и другие примеси, химическая структура, однородность, изотропия и т. п.

Поэтому для четкой интерпретации результатов испытания необходимо знать состояние образца и контролировать все упомянутые выше параметры.

Ниже поочередно рассматривается влияние частоты, температуры, влаги и других примесей, физической и химической структуры и напряженности электрического поля на измеренные диэлектрические характеристики.

Примечание. Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь, измеренные в диапазоне частот, на который распространяется настоящий стандарт, имеют основным своим источником дипольную поляризацию полярных молекул и атомную поляризацию.

3.1. Частота

Что касается технических материалов, то ε'_r и $\operatorname{tg}\delta$ не постоянны в широком диапазоне частот, в котором они могут найти применение. Необходимо измерять тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрическую проницаемость на тех частотах, на которых используются диэлектрики. Для точной интерполяции данных, измеренных на нескольких частотах, иногда можно получить кривую Дебая, описывающую область поглощения и эффективно использовать диаграмму Кола-Кола.

3.2. Температура

Поляризуемость диэлектрика зависит и от его температуры. Поэтому с изменением температуры меняется и частота макси-

мального значения коэффициента диэлектрических потерь (а соответственно и tgδ). В соответствии с этим температурный коэффициент ε''_r может быть положительным или отрицательным в зависимости от положения максимального значения ε''_r относительно частоты измерения и температуры испытания.

Особое внимание обращают на то, что необратимые изменения диэлектрических характеристик исследуемого материала могут происходить быстро, например, в ходе измерений при повышенных температурах.

3.3. Влага и другие примеси

Поляризуемость повышается при поглощении воды или при образовании водяной пленки на поверхности диэлектрика, влияя таким образом на диэлектрическую проницаемость, tgδ и проводимость при постоянном токе. Поэтому решающее значение имеет кондиционирование испытуемого образца и контролирование влажности перед и в процессе испытания для правильной интерпретации результатов.

На поляризуемость влияют также примеси от физического загрязнения или химических добавок, например, растворителей или пластификаторов. Следовательно, необходимо предпринять меры, чтобы на испытуемый материал не воздействовали или воздействовали в контролируемой мере операции по отбору образцов или операции последующей обработки, например, обработка при повышенных температурах.

3.4. Физическая и химическая структура

Направление поляризации электромагнитного поля относительно элементов структуры испытуемого образца сильно влияет на результаты измерения. Результаты могут быть различными из-за неоднородности (как в слоистых материалах) или анизотропии, например, в кристаллах, если все измерения на образцах производятся по той же методике по отношению к некоторому характерному свойству материала.

Примечание. Материалы с некоторой периодичностью структуры, например, многослойные, могут иметь частотные характеристики, отличные от характеристик своих компонентов, если длина волны сопоставима с периодом этой структуры.

Образцы одинакового химического состава, но разной химической структуры, например, смолы, отверждаемые в разных условиях, или полимеры разной степени полимеризации, также дадут различные результаты.

3.5. Напряженность поля переменного тока

Обычно диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь не зависят от напряженности поля, пока

в диэлектрике не происходят частичные разряды. Однако в ферро-электрических материалах влияние поля можно все же наблюдать при относительно низких микроволновых частотах, но с повышением частоты оно быстро исчезает.

4. ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

4.1. Сущность методов измерения

4.1.1. Введение

Характерная черта методов измерений при определении диэлектрических характеристик в диапазоне частот, охватываемом настоящим стандартом, состоит в том, что электрические и магнитные компоненты поля изменяются как по амплитуде, так и по фазе от точки к точке образца и измерительного устройства, так как длина волны излучения сопоставима с размерами образца и устройства. В немагнитных материалах этот эффект становится очевидным сначала в диапазоне десятков МГц и его нельзя не замечать при частоте около 600 МГц и выше. Поэтому измерительная аппаратура (а часто и измеряемые параметры) отличаются от используемых в методиках для низких частот (Публикация МЭК 250).

4.1.2. Физические факторы, воздействующие на результаты измерений

Следующие явления определяются диэлектрической проницаемостью и диэлектрическими потерями:

а) скорость распространения электромагнитных волн, а следовательно, и их длина, в данной среде обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости этой среды (см. п. 2.1);

б) при любом разрыве диэлектрической проницаемости среды, в которой распространяется волна, отражается часть энергии волны; величина энергии этого отражения зависит от отношения величин проницаемости по обе стороны границы раздела;

в) так как волна поляризует среду, энергия постоянно теряется по пути движения волны. Поэтому амплитуда волны затухает пропорционально коэффициенту диэлектрических потерь среды.

Явления, не связанные с диэлектрической проницаемостью:

г) пучок электромагнитных волн с данной частотой f и данным поперечным сечением может распространяться с разнообразными скоростями, а следовательно, при различной длине волн. Конкретный вид распространения зависит от сечения волнового пучка и системы возбуждавшего его;

д) отражение энергии и/или изменение вида распространения (в результате чего также возникают потери энергии) имеет место в любой точке, где изменяется сечение пучка. Затухание может происходить даже в абсолютном вакууме благодаря дифракционным потерям сигнала или определенной проводимости на-

правляющего устройства. Чтобы отделить полезный эффект, обусловленный свойствами материала, от эффекта из-за воздействия нежелательных возмущений поля и обеспечить повторяемость и воспроизводимость результатов, необходимо использовать в качестве измерительной аппаратуры однородную передающую систему без существенных разрывов, вызывающих отражения или потери. Должны быть хорошо известны характеристики самой системы при частоте измерения, которые не должны изменяться совсем или изменяться в предсказуемых пределах при введении испытуемого образца. Следует использовать только простейшие испытательные устройства, чтобы снизить число неопределенностей, связанных с условиями испытания, и упростить расчеты.

4.2. **Испытательное оборудование**

Устройство, в которое помещают испытуемый образец, может представлять:

4.2.1. Резонаторы

Отрезок однородного волновода коротко замкнут на обоих концах и соединяется с генератором и приемником. Максимальная передача энергии между генератором и приемником сигнала достигается, когда коротко замкнутая полость кратна половине рабочей длины волны. Подробности («Резонансный метод») будут изложены в ГОСТ 27496.1—87.

Результаты получают в величинах Q (см. п. 2.4) и изменения частоты или размеров, требуемых для восстановления резонанса после помещения образца соответственно при постоянных размерах резонатора или постоянной испытательной частоты соответственно.

Примечание. Так как в этом методе используют многократное отражение пучка волн, он особенно пригоден для выявления самых низких значений тангенса угла диэлектрических потерь даже на малых количествах испытуемого материала. Для получения максимальной чувствительности можно использовать неподвидные резонаторы; такие устройства можно применять только на одной частоте, которая зависит до некоторой степени от формы, размера и диэлектрических характеристик испытуемого образца.

4.2.2. Передающие линии или мосты

Секция однородного волновода коротко замкнута на одном конце, другой конец подключается к измерителю полного входного сопротивления. Результаты получают в виде полного входного сопротивления (т. е. фазового угла и коэффициента отражения) участка, заполненного испытуемым материалом. Поэтому метод получил название «измерение полного входного сопротивления», а подробности измерения будут даны в части 3 Публикации 377 (в стадии рассмотрения).

Примечание. Методы измерения полного входного сопротивления легко подходят для любой частоты в диапазоне передающей системы. Однако они сводятся к определению не слишком низких значений $\operatorname{tg}\delta$, так как используется только одно отражение от образца,

4.2.3. Методы открытого пространства

Участок равномерной передачи простирается неограниченно между генератором и приемником (оцениваются характеристики полного сопротивления на обоих концах). Когда образец помещен в линию, результаты получают в виде дифракции пучка волн или угла отражения и коэффициента затухания. Так как в этом методе используют бегущие волны, широко применяемые в оптике, его называют оптическим методом (часть 4 Публикации 377, в стадии рассмотрения).

Если установлен эталонный пучок волн, можно применить методы стоячей волны. В этом случае получают результаты в виде коэффициента передачи и фазового угла. Этот метод называют методом передающего моста (см. часть 3 Публикации 377; в стадии рассмотрения).

Примечания:

1. Оптические методы целесообразны для неуправляемых пучков, если только краевые эффекты незначительны. Они требуют больших количеств испытуемого материала (с точки зрения измерения длины волны на частоте испытания). Поэтому оптические методы вообще применимы только для частот 30 ГГц и выше. С повышением частоты они становятся все предпочтительнее перед другими методами благодаря низким собственным потерям, а также тому, что измеряют не длину (которая слишком коротка в коротковолновом диапазоне), а угол на который не влияет изменение длины волны.

2. Измерение при прохождении сигналов особенно рекомендуется для образцов с высокой диэлектрической проницаемостью.

Во всех трех методах, описанных в пп. 4.2.1—4.2.3, можно использовать неуправляемые пучки волн. В методе по п. 4.2.1 и методе передающего моста можно использовать и управляемые волны. Выбор вида распространения зависит от рабочей длины волны, имеющегося количества материала, требуемой точности обработки образцов и определения уровня потерь. Вообще управляемые волны можно использовать до частоты около 60 ГГц, неуправляемые — от 30 ГГц и выше.

Примечание. Вообще волноводы управляемых волн действуют в своем основном режиме, чтобы исключить неопределенность распространения. В соответствии с вышеуказанным требованием на низких частотах до 7 ГГц используют коаксиальные линии, в диапазоне от 4 до 60 ГГц — полые резонаторы прямоугольного или круглого сечения. На частотах 30 ГГц и выше целесообразно квази — оптическое распространение.

4.3. Выбор метода испытаний

На выбор метода испытаний влияют различные соображения, которые могут противоречить друг другу. Ниже эти соображения рассматриваются раздельно.

4.3.1. Частота или длина волны

На высоких частотах иногда трудно достигнуть требуемой точности каким-либо иным способом, кроме оптического (пп. 4.2.3 и 4.3.4). На низких частотах предпочтение отдают управляемым

волнам, так как они позволяют уменьшить размеры испытательной аппаратуры и испытуемых образцов.

Поверхностный эффект металлических проводников способствует затуханию волноводов с повышением частоты, что сильно затрудняет определение коэффициента диэлектрических потерь для материалов с низкими потерями.

Примечание. Полые волноводы на той же рабочей частоте показывают меньшее затухание, чем коаксиальные. При круглых полых волноводах режим H_{01} отличается тем, что затухание ослабляется с повышением частоты.

В соответствии с этими соображениями методы, использующие управляемые волны, предпочтительны на частотах до 60 ГГц, тогда как неуправляемые пучки можно использовать на частотах около 30 ГГц и выше.

4.3.2. Форма и количество испытуемого материала

Образцы для испытаний должны соответствовать требованиям, которые предъявляют испытательные устройства. Поэтому необходима точная механическая обработка (см. соответствующие методы измерения). Так как материал для испытаний может иметься только в виде плит, листов (пленки), стержней (проволоки) или трубок, метод испытания может быть избран с учетом формы и количества наличного материала. Важным условием измерения диэлектрических характеристик является использование образцов, изготовленных из одного блока или рулона.

а) Для резонансных методов образцы могут заполнять все сечение пучка волн (см. *п. б*). Благодаря высокой чувствительности, присущей этим методам, их можно использовать на образцах в виде шара, стержня или круга в определенных режимах. Однако чувствительность к слабым изменениям характеристик и точность результатов во многом зависят от используемого режима, отношения объемов резонатора и образца, включая точность определения этого отношения.

б) Методы измерения полного сопротивления требуют, чтобы образцы полностью перекрывали сечение пучка. Все поверхности, перпендикулярные силовым линиям электрического поля (т. е. внутреннему и внешнему проводникам соосных волноводов, широкой стороне прямоугольных полых волноводов), должны быть плотно пригнаны.

Примечание. Проблема подгонки сильно упрощается использованием круглых волноводов в режиме H_{01}.

При одинаковой длине образцов (в целях одинаковой чувствительности измерения) испытательные устройства с волноводами, работающими в своем основном режиме, требуют меньше материала для испытаний, чем устройства с неуправляемыми волнами. Соосные волноводы требуют еще меньше материала, чем

полые при той же рабочей частоте. При использовании волноводов важно, чтобы образцы точно соответствовали размерам волноводов.

г) Оптические методы требуют, чтобы сечение образцов было больше сечения пучка волн. Толщина образца должна быть не менее половины длины распространяющейся волны.

4.3.3. Диэлектрические характеристики испытуемого материала

а) *Диэлектрическая проницаемость*

Изоляционные материалы с относительной диэлектрической проницаемостью до 100 можно испытывать любым из перечисленных методов. Однако следует иметь в виду, что из-за присутствия диэлектрика волны более высокого порядка, вызванные каким-либо дефектом, могут распространиться в образце, что приведет к ошибочным показаниям. При относительной диэлектрической проницаемости выше 100 предпочтение может быть отдано волноводным методам, так как они обеспечивают высокую точность.

Для анизотропных материалов полученные результаты зависят от положения осей симметрии образцов относительно оси поляризации пучка волн. Поэтому форма образца должна соответствовать условиям испытания с учетом используемого режима.

б) *Тангенс угла диэлектрических потерь и коэффициент диэлектрических потерь*

Для обнаружения очень малых потерь наиболее пригодны резонансные методы. При использовании методов полного сопротивления нижний предел устанавливается затуханием пустого волновода.

Верхние пределы измеримых потерь определяются:

1) при резонансных методах испытаний рассогласованием резонанса;

2) при методах полного сопротивления приблизительным согласованием участка волноводной линии с образцом и собственными потерями образца. Уменьшение объема образца поднимает точность измерения. Однако высокие потери в любом случае будут сильно влиять на точность результатов измерения диэлектрической проницаемости.

4.3.4. Требования к механическим параметрам

Эти требования касаются точности размеров и частоты отделки поверхности волновода, а также образца и точности результатов измерения длины и угла.

а) Точность размеров особенно важна, когда используются нестандартные волноводы (например, полые) или, если волноводы используются на частоте, близкой к критической частоте их отсечки, а также для сопряжения размеров образцов и волновода

(соответствующие методы будут рассмотрены в ГОСТ 27496.2—87 и части 3 МЭК 377— в стадии рассмотрения).

Примечание. Не следует использовать волноводы ниже частоты, составляющей 1,25 значения частоты отсечки в соответствующем режиме.

Для методов с использованием неуправляемых волн эти требования относятся к системе, генерирующей пучок волн, и чистоте отделки поверхности образца.

Все движущиеся части должны двигаться плавно, без биения.

Примечание. Допуски по размерам должны соответствовать не менее $\pm \frac{\lambda_g}{1000}$, где λ_g — длина распространяющейся волны.

б) Высокая чистота отделки поверхности особенно важна для всех металлических волноводов, так как благодаря ярко выраженному поверхностному эффекту любое нарушение гладкой поверхности вызовет дальнейшее затухание.

в) При всех методах с использованием стоячих волн положение стоячей волны должно быть определено с допуском порядка $\pm \frac{\lambda_g}{1000}$, где λ_g— длина распространяющейся волны. Следовательно, в миллиметровом диапазоне длины волн рекомендуется обращаться к оптическим методам.

4.3.5. Температура

Температура влияет на согласованность результатов измерений методами с использованием управляемых волн тем, что не только меняется длина измерительного устройства, но и сопряжение образца с волноводом, а для полых волноводов — критическая длина волны.

5. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

5.1. Подготовка образцов

Образец вырезают из цельного материала или изготовляют стандартными приемами для придания желаемой формы. Последующие измерения размеров образца выполняют с допуском $\pm \left(\frac{\lambda_g}{1000} + 0{,}005 \text{ мм} \right)$.

5.2. Кондиционирование

Кондиционирование осуществляют в соответствии с техническими требованиями.

5.3. Измерение

Электрические измерения проводят в соответствии с выбранным методом из соответствующей части Публикации 377 (в стадии рассмотрения) и с инструкциями изготовителя используемого оборудования.

6. ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

В протоколе должна быть дана следующая информация:

тип и обозначение изоляционного материала; описание его состояния при поставке; метод отбора образцов, их форма, размеры и дата отбора; точная информация об обработке образцов в местах контактов;

метод и продолжительность кондиционирования образцов;

температура и относительная влажность в ходе испытаний и температура образца;

мощность микроволнового сигнала;

испытательная частота или длина волны в свободном пространстве;

волновой режим (информация о предпочтительном положении и ориентации образца относительно направления электрического поля);

относительная электрическая проницаемость ε_r (среднее значение);

или коэффициент диэлектрических потерь ε''_r (среднее значение);

дата испытаний.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **Разработан и ВНЕСЕН Министерством электротехнической промышленности СССР**

2. **Постановлением Государственного комитета СССР по стандартизации от 02.12.87 № 4349 введен в действие государственный стандарт СССР, в качестве которого непосредственно применен международный стандарт МЭК 377—1—73**

3. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

4. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Раздел, подраздел пункт, в котором приведены ссылки	Обозначение соответствующего стандарта	Обозначение отечественного нормативно-технического документа, на который дана ссылка
Введение	МЭК 250	ГОСТ 6433.4—71
Разд. 1	МЭК 250	ГОСТ 6433.4—71
4.1.1	МЭК 250	ГОСТ 6433.4—71
4.2.1	МЭК 377—2	ГОСТ 27496.2—87
4.3.4	МЭК 377—2	ГОСТ 27496.2—87
4.2.2	МЭК 377—3	Отсутствует
4.2.3	МЭК 377—3	Отсутствует
4.3.4	МЭК 377—3	Отсутствует
4.2.3	МЭК 377—4	Отсутствует

gost.e-ecolog.ru