

Совместимость технических средств
электромагнитная

**ПАССИВНЫЕ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ
ФИЛЬТРЫ И ЭЛЕМЕНТЫ**

Методы измерения вносимого затухания

Electromagnetic compatibility of technical equipment.
Passive filters and elements for interference suppression.
Methods of inserted damping measuring

ГОСТ

13661—92

ОКСТУ 6995

Дата введения 01.01.93

Настоящий стандарт распространяется на конденсаторы, дроссели, резисторы (далее в тексте — элементы) и пассивные фильтры (далее в тексте — фильтры), используемые для подавления электромагнитных помех, и устанавливает методы измерения вносимого ими затухания:

без рабочего тока в полосе частот 0,01—1000 МГц при несимметричной схеме измерения и в полосе частот 0,01—30 МГц при симметричной схеме измерения;

при прохождении рабочего тока до 50 А в полосе частот 0,1—100 МГц при несимметричной схеме измерения и в полосе частот 0,1—30 МГц при симметричной схеме измерения, а также под напряжением на нагрузке до 2 кВ в полосе частот 10—100 МГц.

Стандарт не распространяется на кабели и провода для подавления электромагнитных помех длиной более 0,5 м.

Требования настоящего стандарта являются обязательными при сертификации продукции по параметрам электромагнитной совместимости (ЭМС).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Вносимое затухание элементов и фильтров для подавления электромагнитных помех измеряют методом отношения напряжений или методом замещения.

Издание официальное

© Издательство стандартов, 1992

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта России.

2 Зав. 1482

При измерениях методом отношения напряжений вносимое затухание определяют как отношение напряжений на выходе схемы измерения без элемента или фильтра и с ними.

Измерения методом отношения напряжений производят отсчетом напряжений по измерительному приспособлению. Допускается производить измерения с отсчетом напряжений по генератору сигналов. В этом случае вносимое затухание определяют как отношение напряжений на входе схемы измерения.

При измерениях методом замещения вносимое затухание определяют как ослабление аттенуатора при включении его в схему измерения вместо измеряемого элемента или фильтра.

1.2. Вносимое затухание измеряют по схемам, приведенным в приложении 1:

методом отношения напряжений — черт. 1, 2,

методом замещения — черт. 3, 4.

1.3. Номинальное входное сопротивление ($Z_{\text{вх.н}}$) несимметричной схемы измерения должно быть в пределах круга с коэффициентом стоячей волны напряжений (КСВн) не более 1,5 относительно волнового сопротивления Z_0 , равного 50 или 75 Ом.

Номинальное входное сопротивление ($Z_{\text{вх.с}}$) симметричной схемы измерения должно быть в пределах круга с КСВн не более 1,5 относительно волнового сопротивления (Z_0), равного 50 или 75 Ом.

В технических условиях (ТУ) на элемент или фильтр конкретного типа должно быть указано, по какой схеме (несимметричной или симметричной) и с каким номинальным входным сопротивлением схемы (50, 75 или 150 Ом) проводились измерения.

1.4. Коэффициент симметрии симметричной схемы измерения должен быть не менее 26 дБ.

1.5. При измерениях вносимого затухания по симметричной схеме в случаях применения генератора сигналов с несимметричным выходом и (или) измерительного приемника с несимметричным входом следует использовать симметрирующие трансформаторы.

1.6. Затухание сигналов, проникающих помимо цепей измеряемого элемента или фильтра, должно превышать максимальное значение вносимого затухания не менее чем на 10 дБ.

1.7. Частоты, на которых проводятся измерения, климатические условия, значения тока или напряжения, если измерения должны проводиться при рабочем токе или напряжении, должны быть указаны в стандарте или ТУ на элемент или фильтр конкретного типа.

1.8. При измерении характеристик помехоподавляющих элементов и фильтров в конкретных случаях их применения в условиях нормальной эксплуатации для оценки вносимого затухания уровень помех от конкретного устройства измеряется сначала без элемента или фильтра, а затем с ними. При невозможности измерения характеристик элемента или фильтра в условиях эксплуа-

тации может быть использована модель (имитатор) реального устройства — источника помех.

Другие методы измерений приведены в приложении 2.

2. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование должны обеспечивать проведение измерений вносимого затухания во всей требуемой полосе частот и при максимальном рабочем токе или напряжении, оговоренных в стандарте или ТУ на элемент или фильтр конкретного типа.

2.2. При измерениях должны применяться измерительные приборы и вспомогательное оборудование с соответствующими техническими характеристиками.

Генератор сигналов с максимальным выходным напряжением (U) в милливольтках, вычисляемым по формуле

$$U = 10E \cdot 10^{\frac{A+20}{20}}, \quad (1)$$

где E — чувствительность измерительного приемника, мкВ;

A — номинальное значение вносимого затухания измеряемого элемента или фильтра, дБ;

нестабильностью выходного уровня за 10 мин — не более $\pm 0,3$ дБ, погрешностью установки частоты $\pm 2\%$.

При измерениях вносимого затухания методом отношения напряжений при отсчете по генератору сигналов диапазон изменения

выходных напряжений не менее $10^{\frac{A}{20}}$ с погрешностью установки ослабления аттенуатора не более $\pm 1,5$ дБ.

Измерительный приемник с чувствительностью (E) в милливольтках, вычисляемой по формуле

$$E = \frac{U}{10} \cdot 10^{-\frac{A+1}{20}}, \quad (2)$$

нестабильностью показаний за 10 мин после прогрева, а также при изменении напряжений питающей электросети на $\pm 10\%$ номинала не более $\pm 0,5$ дБ; случайной погрешностью относительных измерений синусоидальных напряжений не более $\pm 0,5$ дБ; при отсчете по измерительному приемнику диапазон измерения напряжений не менее $10^{\frac{A}{20}}$ с погрешностью установки частоты $\pm 2\%$.

Развязывающие аттенуаторы с собственным затуханием не менее 10 дБ; КСВн, номинальным значением волнового сопротивления со стороны измеряемого элемента или фильтра в соответствии с п. 1.3.

Аттенуатор (при измерении вносимого затухания методом замещения) с диапазоном изменения (плавным или ступенчатым) значений ослабления не менее 10^{-3} ; КСВн, номинальным значением волнового сопротивления в соответствии с п. 1.3; погрешностью установки ослабления не более +1,5 дБ.

Симметрирующий трансформатор с КСВн, номинальным значением входного и выходного сопротивлений в соответствии с п. 1.3; коэффициентом симметрии в соответствии с п. 1.4.

Кабели, коаксиальные переходы и соединители, а также другие устройства, включаемые в схему измерений, с КСВн и номинальным волновым сопротивлением в соответствии с п. 1.3; точностью измерения для вносимого затухания не более 80 дБ — не хуже ±4 дБ; для вносимого затухания более 80 дБ — не хуже ±6 дБ.

2.3. При измерениях с рабочим током или напряжением дополнительно применяют вспомогательные устройства, требования к которым приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование вспомогательных устройств	Требования к устройству
Разделительное устройство, отделяющее измерительную цепь высокой частоты от цепей низкочастотного рабочего тока Источник рабочего тока или напряжения	При подключении к схеме измерения параметры разделительного устройства должны обеспечивать выполнение требований пп. 1.3 и 1.6 Обеспечить схему измерений рабочим током или напряжением соответствующего вида (постоянный, переменный, импульсный) и частоты. Погрешность установке тока или напряжения не более ±10%. Оба полюса изолированы от общей точки схемы измерения.

Примечание. Разделительное устройство может быть построено по схеме, приведенной в приложении 3.

2.4. Для измерения вносимого затухания элементов и фильтров могут быть использованы приборы, указанные в приложении 4.

3. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ

3.1. Элементы и фильтры, не имеющие экранированной камеры разделки проводов, помещают для измерений в испытательный контейнер в соответствии с приложением 5.

3.2. Развязывающие аттенуаторы подключают к испытательному контейнеру или к коаксиальным (двухпроводным) разъемам,

устанавливаемым на корпусах фильтров с экранированной камерой разделки проводов.

3.3. Общая длина кабелей, соединяющих развязывающие аттенуаторы в схемах измерения без измеряемого элемента или фильтра, не должна отличаться от длины кабелей, соединяющих развязывающий аттенуатор с генераторами сигналов и развязывающий аттенуатор с измерительным приемником в схемах измерения, при самой высокой частоте измерений на величину, превышающую разницу геометрических длин кабелей (Δl) в метрах, вычисляемую по формуле

$$\Delta l = \frac{30}{fK} \quad (3)$$

где f — наименьшая измеряемая частота, МГц;
 K — коэффициент укорочения волны в кабеле.

3.4. После соединения всех элементов схемы для измерения вносимого затухания до начала работы схему проверяют в соответствии с приложением 6.

3.5. Испытательный контейнер с установленным в нем измеримым элементом или фильтром (или фильтр с экранированной камерой разделки проводов и установленными на нем коаксиальными или двухпроводными разъемами) подключают к схеме измерений.

Измерения проводят в соответствии с выбранной методикой.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. При измерениях с отчетом напряжений по измерительному приемнику собирают схему в соответствии с черт. 1а, 5 приложения 1.

На измерительном приемнике устанавливают заданную частоту. Генератор сигналов подстраивают до получения на измерительном приемнике максимальных показаний. На выходе генератора сигналов устанавливают возможно большее напряжение, обеспечивающее удобный и стабильный отчет показаний измерительного приемника. Фиксируют показания измерительного приемника U_1 и генератора сигналов. Затем собирают схему в соответствии с черт. 1б, 5 приложения 1.

Напряжение на генераторе сигналов устанавливают равным первоначальному. Фиксируют показания измерительного приемника U_2 .

Вносимое затухание (A) в децибелах вычисляют по формуле

$$A = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (U_1 \text{ и } U_2 \text{ в микровольтах}), \quad (4)$$

или

$$A = U_1 - U_2 \quad (U_1 \text{ и } U_2 \text{ в децибелах}). \quad (5)$$

4.2. При измерениях с отчетом по генератору сигналов собирают схему в соответствии с черт. 1а, 5 приложения 1.

На генераторе сигналов устанавливают заданную частоту.

Измерительный приемник настраивают в резонанс с генератором сигналов. На выходе генератора сигналов устанавливают возможно меньшее напряжение, обеспечивающее удобный и стабильный отчет показаний измерительного приемника. Фиксируют показания генератора сигналов U_2 и измерительного приемника. Затем собирают схему в соответствии с черт. 1б, 5 приложения 1.

Выходное напряжение генератора сигналов увеличивают до получения на измерительном приемнике первоначальных показаний. Фиксируют показания генератора сигналов U_1 .

Вносимое затухание вычисляют по формуле (4) или (5). При измерениях, выполняемых этим методом, в схемах, изображенных на черт. 1 приложения 1, должен быть заранее установленный опорный уровень (0 дБ). Если параметры используемой аппаратуры достаточно стабильны для сохранения необходимой точности измерений, то схему испытаний калибруют один раз во всем диапазоне частот до измерений. Если стабильность недостаточна, то схему испытаний следует калибровать отдельно перед каждым измерением.

4.3. При измерениях методом замещения собирают схему в соответствии с черт. 3а, 4а приложения 1.

На генераторе сигналов устанавливают заданную частоту. Измерительный приемник настраивают в резонанс с генератором сигналов. На выходе генератора сигналов устанавливают напряжение, обеспечивающее удобный и стабильный отчет показаний измерительного приемника. Фиксируют показания генератора сигналов и измерительного приемника.

Затем собирают схему в соответствии с черт. 3б приложения 1. Напряжение генератора сигналов устанавливают равным первоначальному. Изменением ослабления аттенюатора добиваются первоначальных показаний измерительного приемника.

Вносимое затухание определяют непосредственно по показаниям аттенюатора.

4.4. Общая длина каждого кабеля, соединяющего испытываемый фильтр или аттенюатор и развязывающие аттенюаторы, на всех частотах измерений не должна превышать 0,05 длины волны.

4.5. Измерение характеристик элементов или фильтров при рабочем токе или напряжении проводят, как указано на черт. 1—4 приложения 1, при этом схемы изменяют в соответствии с черт. 5 приложения 1.

Перед измерением вносимого затухания элемента или фильтра

при рабочем токе или напряжении измеряют фильтр без рабочего тока или напряжения для выяснения, что в данной полосе частот результаты измерений не подвергаются влиянию подключения разделяющих устройств и источника.

4.6. Двухпроводные и многопроводные фильтры с несвязанными цепями измеряют отдельно для каждого провода. В этом случае все измеряемые провода должны быть нагружены с обеих сторон на активные сопротивления Z_n , равные волновому сопротивлению Z_0 . Рекомендуется провести измерение переходного затухания между отдельными проводами фильтра в соответствии с приложением 7.

4.7. Если измерения проводят при рабочем токе или напряжении, то источник рабочего тока или напряжения включают только на время, необходимое для проведения измерений с элементом или фильтром. При проведении измерений с калиброванным аттенюатором источник можно отключать.

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

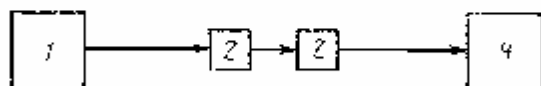
5.1. Результаты измерений оформляют в виде таблицы или графика зависимости вносимого затухания от частоты, выполненного в прямоугольных координатах.

5.2. В протоколе измерений должны быть следующие данные: наименование и обозначение технических условий на элемент или фильтр конкретного типа; краткая характеристика измеряемого элемента или фильтра и дата его изготовления; наименование и заводские номера приборов, применяемых при измерениях; методы измерения, тип и входное сопротивление $Z_{вх}$ схемы измерения; результаты измерений; максимальное подпадающее измерению вносимое затухание (если оно менее чем на 10 дБ отличается от значений, фактически измеренных с испытываемым фильтром).

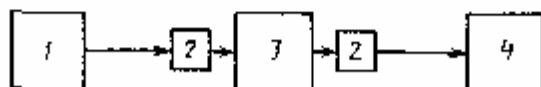
ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВНОСИМОГО ЗАТУХАНИЯ

Несимметричная схема измерения вносимого затухания элементов и фильтров для подавления электромагнитных помех методом отношения напряжений без рабочего тока или напряжения



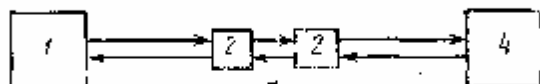
a



a — при отсутствии измеряемого элемента или фильтра; *б* — при включении измеряемого элемента или фильтра;
1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор; 3 — измеряемый элемент или фильтр; 4 — измерительный приемник

Черт. 1

Симметричная схема измерения вносимого затухания элементов и фильтров для подавления электромагнитных помех методом отношения напряжений без рабочего тока или напряжения



a

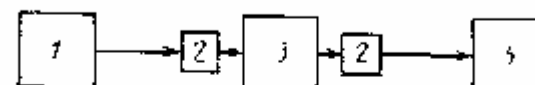


б

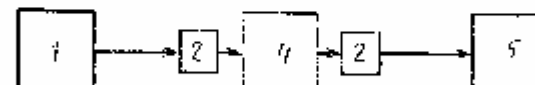
a — при отсутствии измеряемого элемента или фильтра; *б* — при включении измеряемого элемента или фильтра;
1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор; 3 — измеряемый элемент или фильтр; 4 — измерительный приемник

Черт. 2

Несимметричная схема измерения вносимого затухания элементов и фильтров для подавления электромагнитных помех методом замещения без рабочего тока или напряжения



a

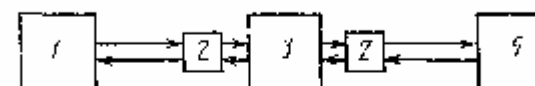


б

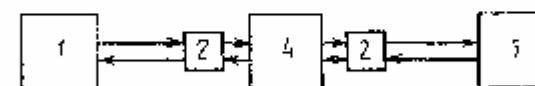
a — при включении измеряемого элемента или фильтра; *б* — при включении аттенюатора;
1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор; 3 — измеряемый элемент или фильтр; 4 — аттенюатор; 5 — измерительный приемник

Черт. 3

Симметричная схема измерения вносимого затухания элементов и фильтров для подавления электромагнитных помех методом замещения без рабочего тока или напряжения



a

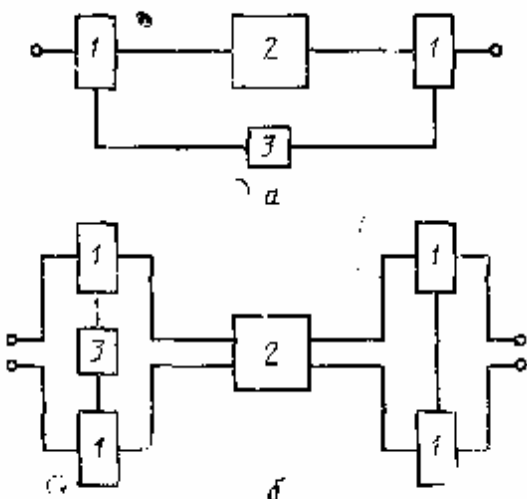


б

a — при включении измеряемого элемента или фильтра; *б* — при включении аттенюатора;
1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор; 3 — измеряемый элемент или фильтр; 4 — аттенюатор; 5 — измерительный приемник

Черт. 4

Элемент или фильтр с устройством, используемым при проведении измерений вносимого затухания при рабочем токе или напряжении



а — асимметричная схема; б — симметричная схема; 1 — раздвигательное устройство; 2 — измеряемый элемент или фильтр; 3 — источник рабочего тока или напряжения; 4 — токосъемник

Черт. 5

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВНОСИМОГО ЗАТУХАНИЯ, РАСЧИТАННЫЕ НА НАИХУДШИЙ СЛУЧАЙ

1. Метод для истинно наилучшего случая

Метод позволяет измерить минимальное ослабление элемента или фильтра в полосе частот до 100 МГц измерением двух параметров: сопротивления короткого замыкания — полное эмпирическое сопротивление элемента или фильтра на зажимах нагрузки при коротко замкнутом входе; передаточного сопротивления — отношении передаваемого напряжения к получаемому току при замыкании коротко замкнутой нагрузки.

На основе этих измерений минимальное ослабление по напряжению $K_{\text{дн}}$ (отношение входного напряжения к выходному) определяют по формуле

$$K_{\text{дн}} = 20 \lg(Z_0 g_{\text{к.з}}), \quad (6)$$

где Z_0 — передаточное сопротивление, Ом;

$g_{\text{к.з}}$ — проводимость короткого замыкания;

$$g_{\text{к.з}} = \frac{R_{\text{к.з}}}{R_{\text{к.з}}^2 + X_{\text{к.з}}^2}, \quad (7)$$

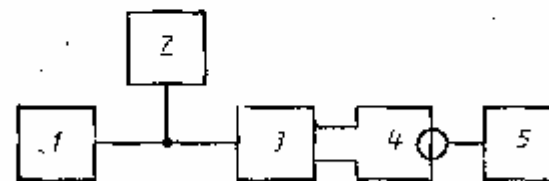
где $R_{\text{к.з}}$ — активное сопротивление короткого замыкания;

$X_{\text{к.з}}$ — реактивное сопротивление короткого замыкания;

$R_{\text{к.з}} - jX_{\text{к.з}}$ — сопротивление короткого замыкания фильтра или элемента.

При измерении передаточного сопротивления (черт. 6) генератор сигнала 1, предпочтительно имеющий низкое выходное сопротивление, подключают к входным зажимам цепи фильтра и контролируют вольтметром 2 с высоким входным сопротивлением. Выходные зажимы цепи элемента или фильтра замкнуты коротко. Для измерения величины тока в цепи короткого замыкания, которая необходима для расчета передаточного сопротивления, используют токосъемник 4.

Схема измерения передаточного сопротивления



1 — генератор сигнала; 2 — вольтметр с высоким входным сопротивлением; 3 — фильтр или элемент; 4 — токосъемник; 5 — переключатель

Черт. 6

При измерении сопротивления короткого замыкания (черт. 7) используют те же схемы устройства с добавленным ВЧ-мостом 2, который измеряет полное электрическое сопротивление. В этом случае генератор сигнала 1 становится источником энергии для ВЧ-моста 2, а измеритель 5 — устройством для ее обнаружения.

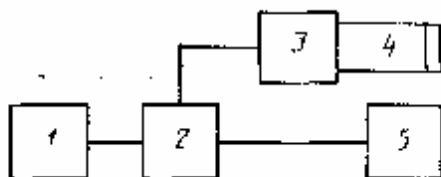
2. ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ДЛЯ СЕТЕВЫХ ФИЛЬТРОВ

При этом методе вместо измерения вносимого затухания при системе номинальных волновых сопротивлений 50/50 или 75/75 Ом измерения фильтра выполняются в системе 0,1/100 Ом и в системе с обратным соотношением 100/0,1 Ом, соответствующих реальным комбинации нагрузок в сети.

В полосе частот 1—300 кГц требуется два широкополосных трансформатора (с коэффициентом трансформации 1,4:1 и 22:1 для системы с сопротивлением 0 Ом).

Цель метода — проверка фильтра, включаемого в сеть с неизвестными параметрами, на способность его в регламентированной полосе широкоспектрального излучения иметь удовлетворительную характеристику вносимого затухания, т. е. без недопустимого ухудшения задаваемой в ТУ на элементы или фильтры конкретного типа величины вносимого затухания и не создавать в полосе пропускания непрямого усиления помех на частотах собственного резонанса.

Схема измерения сопротивления короткого замыкания



1 — генератор сигнала; 2 — ВЧ-мост; 3 — фильтр или элемент; 4 — короткое замыкание; 5 — измеритель

Черт. 7

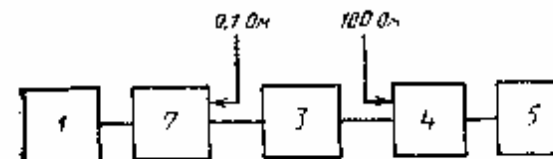
Измерения производят по схеме, приведенной на черт. 8.

Измерения проводят с заменой одних трансформаторов другими и с изменением первоначального включения трансформаторов на обратное. Трансформаторы должны быть широкополосными и охватывать полосу частот 1—300 кГц.

Для систем с $Z_c = 75$ Ом значения коэффициентов трансформации должны быть 27:1 и 1,15:1.

В полосе задерживания вносимое затухание фильтра не должно отклоняться более чем на 10 дБ от значения, заданного в ТУ на элементы или фильтры конкретного типа.

Схема измерения вносимого затухания сетевых фильтров по приближительному методу

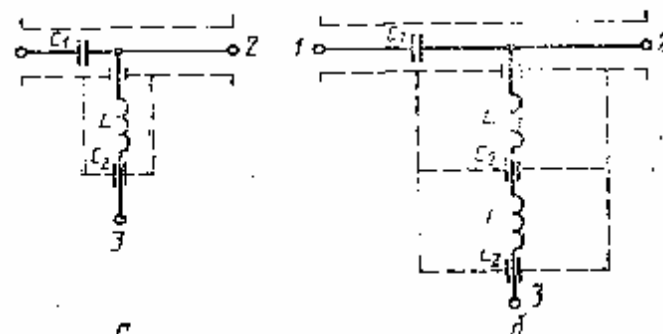


1 — генератор; 2 — сопротивление 50 Ом; 3 — трансформатор с коэффициентом трансформации 22:1; 4 — трансформатор с коэффициентом трансформации 1,4:1; 5 — приемник с сопротивлением 50 Ом

Черт. 8

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

СХЕМЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИМЕРЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫЕ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ



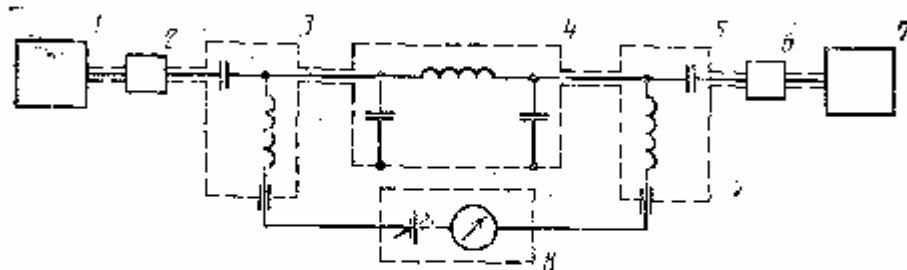
а — на полосу частот 0,1—50 МГц; б — на полосу частот 30—300 МГц; 1 — к генератору или приемнику; 2 — к измеряемому фильтру; 3 — к источнику тока или напряжению нагрузки

Черт. 9

Таблица 2

Элемент	Характеристика элемента для разных частот, МГц	
	0,1—30	30—300
C_1	Безиндуктивный конденсатор емкостью 0,1 мкФ	Безиндуктивный конденсатор емкостью 2 пФ
C_2	Прочодной конденсатор 1 мкФ/100 А	Два прочодных конденсатора 1 мкФ/100 А
L	Дроссель с секционированной обмоткой: семь секций, в каждой секции 20 витков пятого слоям шириной по 20 мм, расстояние между секциями примерно 6 мм. Провод диаметром 4 мм с хлопчатобумажной изоляцией. Разомкнутый ферритовый сердечник: семь 220-миллиметровых стержней из никель-цинкового феррита диаметром 8 мм с $\mu_r=200$. Длина дросселя 176 мм. Диаметр дросселя 76 мм.	Каждый дроссель: однослойная обмотка 12 витков. Провод диаметром 3 мм с хлопчатобумажной изоляцией. Разомкнутый ферритовый сердечник: 12 миллиметровый стержень из никель-цинкового феррита диаметром 8 мм с $\mu_r=200$. Длина дросселя примерно 45 мм. Диаметр дросселя примерно 14 мм.
	$L=1,2$ МГц	$L=2$ МГц

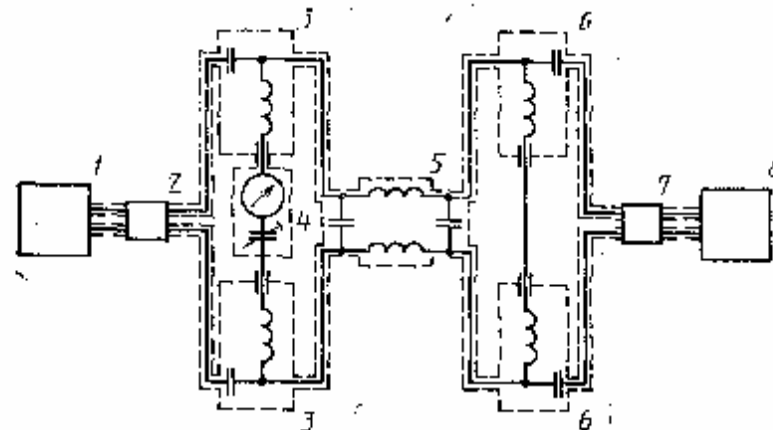
Пример включения разделительных устройств в несимметричную схему измерений при нагрузке источником тока



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — измерительный фильтр; 5 — разделительное устройство; 6 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 7 — измерительный приемник; 8 — источник тока

Черт. 10

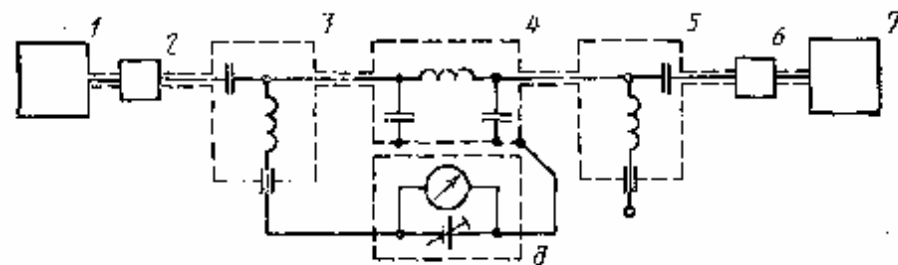
Пример включения разделительных устройств в симметричную схему измерений при нагрузке источником тока



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — измерительный фильтр; 5 — разделительное устройство; 6 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 7 — измерительный приемник; 8 — источник тока

Черт. 11

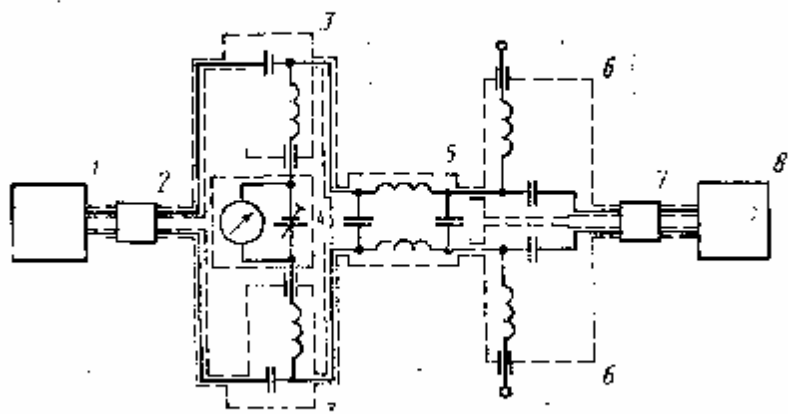
Пример включения разделительных устройств в несимметричную схему измерений при нагрузке источником напряжения



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — измерительный фильтр; 5 — разделительное устройство; 6 — развязывающий аттенюатор 10 дБ; 7 — измерительный приемник; 8 — источник напряжения

Черт. 12

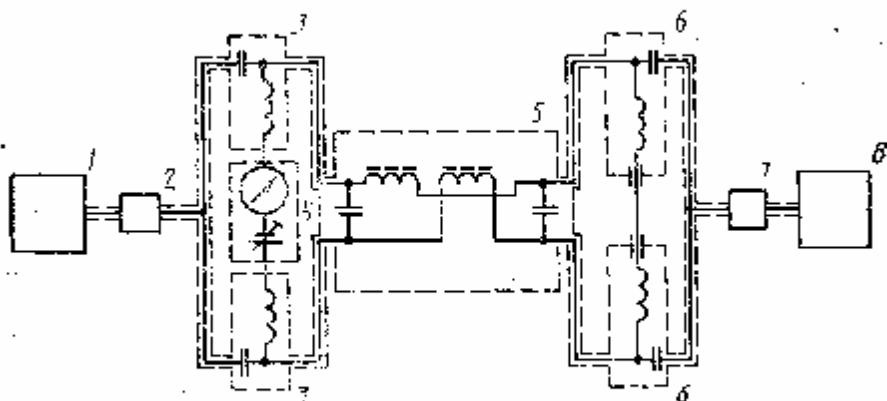
Пример включения разделительных устройств в симметричную схему измерений при нагрузке источником напряжения



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — источник напряжения; 5 — измерительный фильтр; 6 — разделительное устройство; 7 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 8 — измерительный приемник

Черт. 16

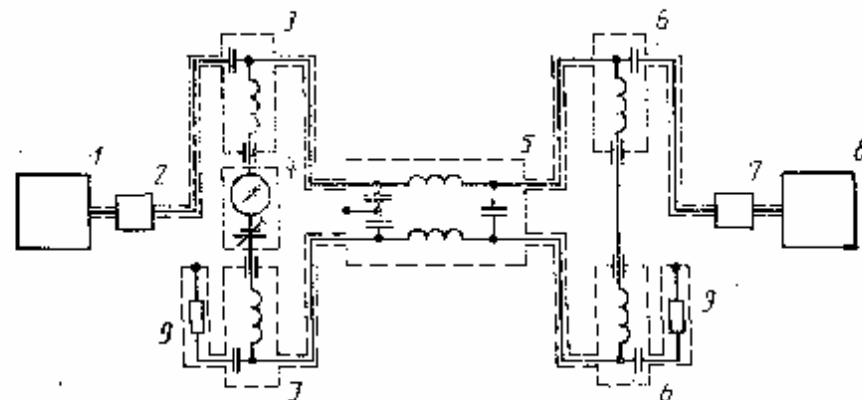
Пример включения симметричного фильтра при несимметричном измерении вносимого затухания



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — источник тока; 5 — измерительный фильтр; 6 — разделительное устройство; 7 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 8 — измерительный приемник

Черт. 14

Пример включения разделительных устройств в V-образную схему измерений для двухпроводных фильтров при нагрузке источником тока



1 — генератор сигналов; 2 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 3 — разделительное устройство; 4 — источник тока; 5 — измерительный фильтр; 6 — разделительное устройство; 7 — развязывающий аттенуатор 10 дБ; 8 — измерительный приемник; 9 — активное сопротивление, равно волновому сопротивлению измерительной схемы

Черт. 15

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВНОСИМОГО ЗАТУХАНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ И ФИЛЬТРОВ

1. Перечень приборов, которые могут быть использованы для измерения вносимого затухания элементов и фильтров и проверки схемы измерения, приведен в табл. 3.

Таблица 3

Наименование прибора	Тип
Генератор сигналов	ГЗ—123, Г4—154, Г4—165, Г4—129, Г4—176
Измерительный приемник	SMV-11, SMV-8
Вольтметр	B3—62
Измеритель коэффициента стоячей волны напряжений	P2—98, P2—100, P2—102, P2—106
Измеритель комплексных коэффициентов передачи	P4—37/1
Установка для калибровки аттенуаторов	Д1—14/1, ДК1—16
Токоуъемник	ТСР-Б 250, ТС-303
ВЧ-мост	BM597, BM538
Симметрирующий трансформатор	УС-1

2. Для измерения вносимого затухания методом замещения могут быть использованы установки Д1—14/1, ДК1—16.

3. Допускается использовать другие приборы, соответствующие требованиям пазд. 2 настоящего стандарта.

КОНСТРУКЦИЯ И ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО
КОНТЕЙНЕРА ПРИ УСТАНОВКЕ В НЕГО ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ И ФИЛЬТРОВ

1. Испытательный контейнер представляет собой металлический (из немагнитного металла) ящик с крышкой. В контейнере для измерения проходных конденсаторов и фильтров с фланцевым креплением должна быть внутренняя перегородка с ответствием для крепления конденсаторов или фильтров. Между отдельными частями контейнера должен быть надежный электрический контакт (отдельные части корпуса контейнера соединяют пайкой или сваркой непрерывным швом, крышку с корпусом соединяют резьбой для прижимным контактным устройством) обеспечивающий выполнение требований п. 1.6 настоящего стандарта.

На двух стенках контейнера должны быть установлены коаксиальные или двухпроводные (при симметричном входе измерителя) разъемы.

При измерении фильтров с экранированными камерами разделки проводов коаксиальные или двухпроводные разъемы устанавливаются на стенках фильтра, через которые проходят питающие кабели.

Способы закрепления и присоединения измеряемого элемента или фильтра должны быть указаны в стандарте или ТУ на элемент или фильтр конкретного типа.

2. Габаритные размеры испытательного контейнера при установке в него конденсаторов и фильтров без экранированной камеры разделки проводов должны соответствовать указанным на черт. 16—21.

Допускается цилиндрическая форма испытательного контейнера с внутренним радиусом, равным $0,5b_1 + b_2$.

Конденсатор устанавливают таким образом, чтобы размер h_1 был минимально возможным.

Для конденсаторов с гибкими выводами по числу вносимого затухания измеряют при длине выводов (5 ± 1) мм и при максимальной длине, указанной в ТУ, но не более 50 мм. Один вывод на этой длине присоединяют к стенке испытательного контейнера, другой — к середине проводника, соединяющего коаксиальные разъемы. У конденсатора с двумя изолированными жесткими выводами один вывод кратчайшим путем соединяют с элементом крепления. Другой вывод подсоединяют к середине проводника, соединяющего коаксиальные разъемы. Если конденсатор не имеет элементов крепления, то его устанавливают таким образом, чтобы длина провода, соединяющего один из выводов со стенкой испытательного контейнера, была минимально возможной.

Корпус конденсатора с одним изолированным выводом соединяют с внутренней стенкой контейнера, вывод конденсатора подсоединяют к середине проводника, соединяющего коаксиальные разъемы.

Дельтаобразные конденсаторы устанавливают, как показано на черт. 23, с использованием трех зажимов и в отличие от требований, приведенных в п. 4.6 настоящего стандарта, испытывают без подключения выводов, не используемых во время симметричного измерения; при этом не используемый вывод подключают к активному сопротивлению, равному $Z_0/2$ при несимметричном измерении.

Двухпроводные некоаксиальные фильтры устанавливают, как показано на черт. 22, 23.

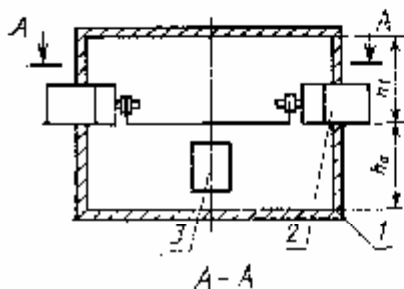
Конденсаторы проходного типа и фильтры, имеющие фланец, закрепляют на внутренней перегородке без щелей, а их выводы подсоединяют к гнездам разъемов кратчайшим путем.

Конденсаторы и фильтры, имеющие скобу для крепления, закрепляют на стенке испытательного контейнера с подсоединением их выводов к гнездам разъемов кратчайшим путем. Все дополнительные подсоединения осуществляют медными проводками с сечением не менее 1 мм².

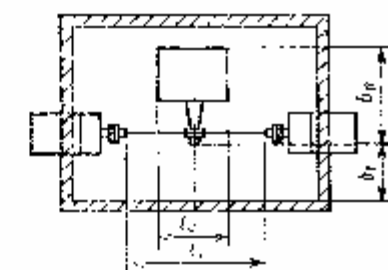
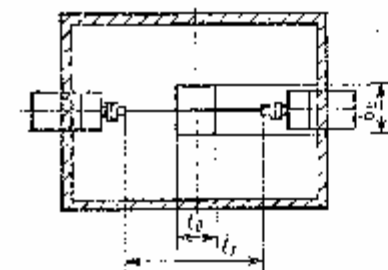
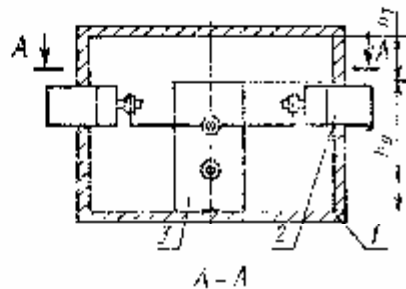
3. Габаритные размеры испытательного контейнера при установке в него слесей зажигания с резисторами должны соответствовать указанным на черт. 25, 30.

4. Габаритные размеры испытательного контейнера при установке в него крупногабаритных дросселей должны соответствовать указанным на черт. 31, а малогабаритных дросселей с размыкнутым сердечником (диаметром d_0 10 мм) — на черт. 32.

Установка в испытательный контейнер конденсаторов с двумя гибкими выводами



Установка в испытательный контейнер конденсаторов с двумя изолированными жесткими выводами



1 — испытательный контейнер; 2 — коаксиальный разъем; 3 — измеряемый конденсатор

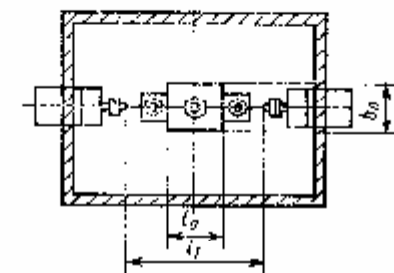
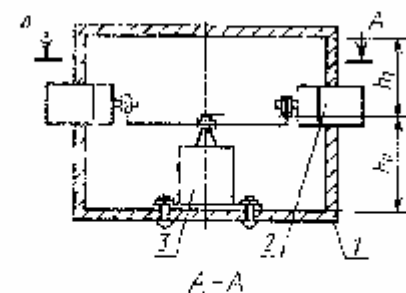
1 — испытательный контейнер; 2 — коаксиальный разъем; 3 — измеряемый конденсатор

Черт. 16

Черт. 17

Примечание к черт. 16—21. l_0 , b_0 , h_0 — габаритные размеры измеряемого элемента или фильтра. l_1 — не более $l_0 + 20$ мм; l_2 — определяется размерами разъемов; b_1 и h_1 — не более 40 мм.

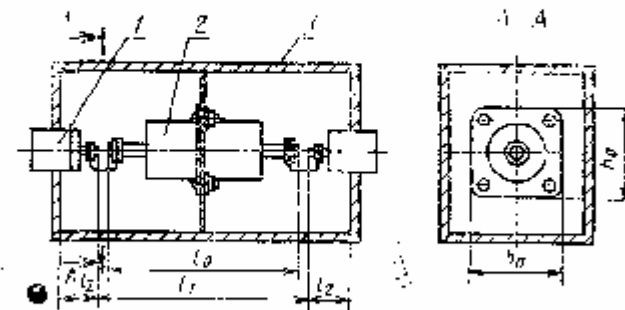
Установка в испытательный контейнер конденсаторов с одним изолированным жестким выводом



1 — испытательный контейнер; 2 — коаксиальный разъем; 3 — измеряемый конденсатор

Черт. 18

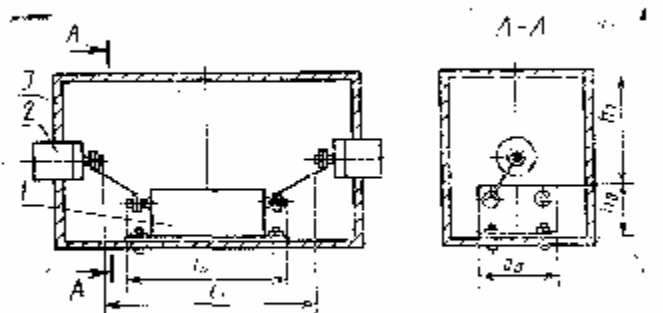
Установка в испытательный контейнер конденсаторов проходного типа и фильтров с фланцевым креплением



1 — коаксиальный разъем; 2 — измеряемый конденсатор или фильтр; 3 — испытательный контейнер

Черт. 19

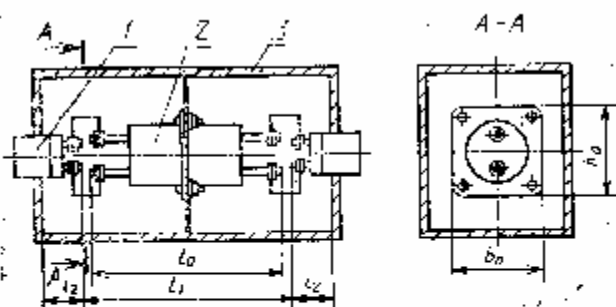
Установка в испытательный контейнер конденсаторов проходного типа и фильтров с креплением за скобу



1 — измерный конденсатор или фильтр; 2 — коаксиальный разъем; 3 — испытательный контейнер

Черт. 20

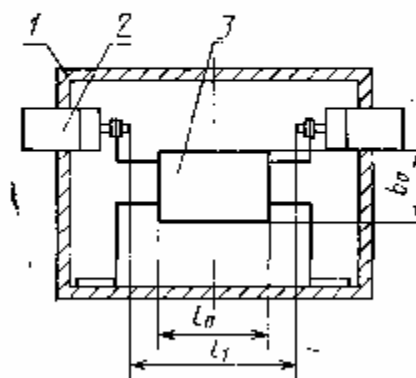
Установка в испытательный контейнер двухпроводных фильтров с фланцевым креплением при симметричной схеме измерения



1 — двухпроводный разъем; 2 — измерный фильтр; 3 — испытательный контейнер

Черт. 21

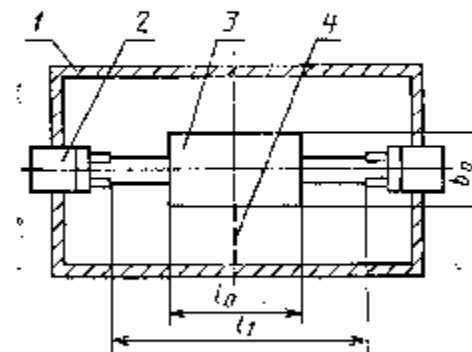
Установка в испытательный контейнер конденсаторов с четырьмя выводами и четырехклемных некоаксиальных фильтров, не имеющих элементов крепления, при несимметричной схеме измерения



1 — испытательный контейнер; 2 — коаксиальный разъем; 3 — измерный конденсатор или фильтр

Черт. 22

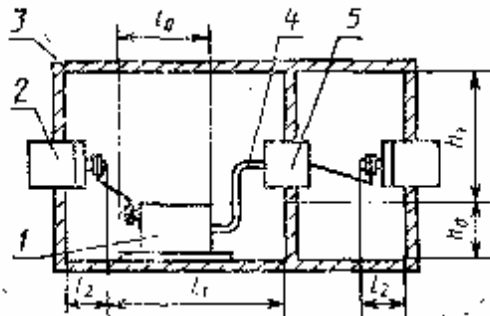
Установка в испытательный контейнер конденсаторов с четырьмя выводами, дельтаобразных конденсаторов и двухпроводных фильтров, не имеющих элементов крепления, при симметричной схеме измерения



1 — испытательный контейнер; 2 — двухпроводный разъем; 3 — измерный конденсатор или фильтр; 4 — заземляющая

Черт. 23

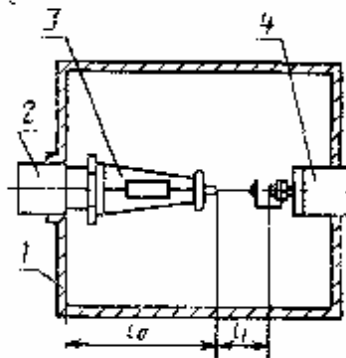
Установка в испытательный контейнер фильтров с экранированными проводами



1 — погружной фильтр; 2 — коаксиальный разъем;
3 — испытательный контейнер; 4 — экранированный провод; 5 — переходный разъем

Черт. 24

Установка в испытательный контейнер свечи зажигания с резистором

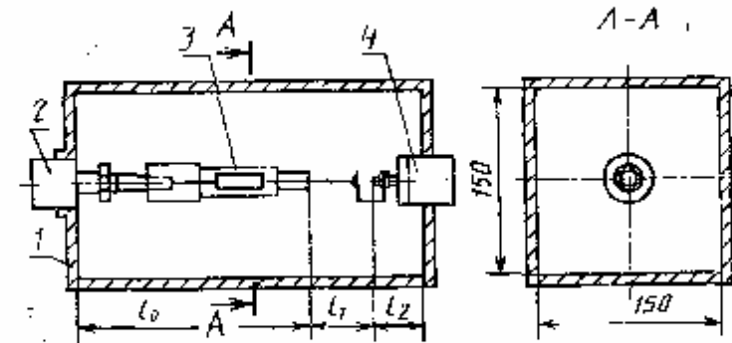


1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка;
3 — измерительный элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 25

Примечания к черт. 25—30. l_0 — длина измеряемого элемента; l_1 — не более 20 мм; l_2 — определяется размерами разъемов.

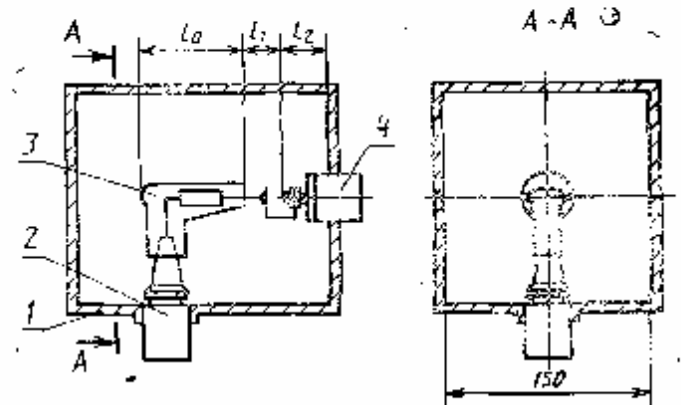
Установка в испытательный контейнер свечи зажигания прямого типа с резистором



1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка; 3 — измерительный элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 26

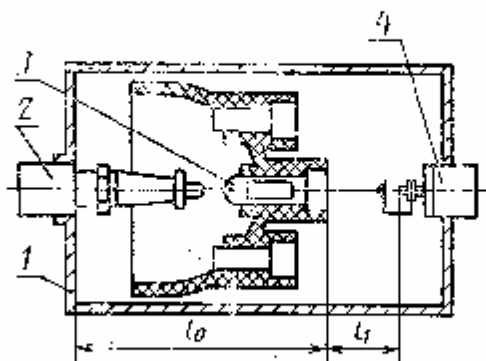
Установка в испытательный контейнер свечи зажигания уголкового типа с резистором



1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка; 3 — измерительный элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 27

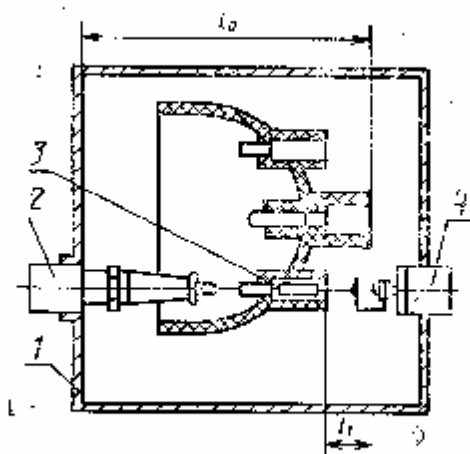
Установка в испытательный контейнер свечи зажигания с резистором в распределительном колпаке



1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка;
3 — измеряемый элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 28

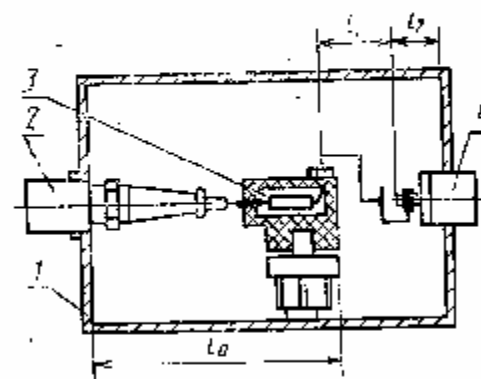
Установка в испытательный контейнер свечи зажигания с резистором в распределительном колпаке



1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка;
3 — измеряемый элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 29

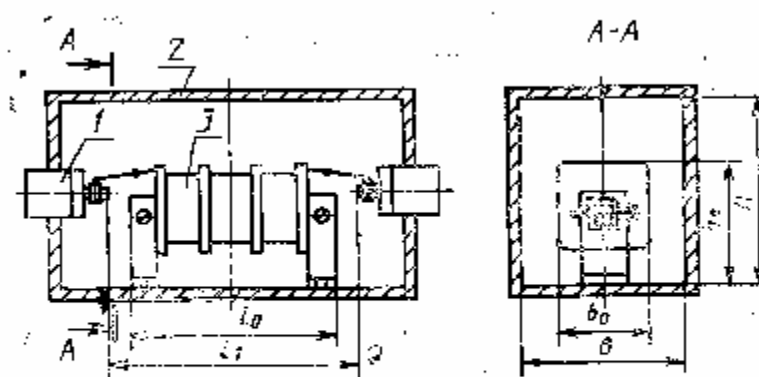
Установка в испытательный контейнер свечи зажигания с резистором в роторе распределителя



1 — испытательный контейнер; 2 — переходная втулка;
3 — измеряемый элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 30

Установка в испытательный контейнер крупногабаритных дросселей

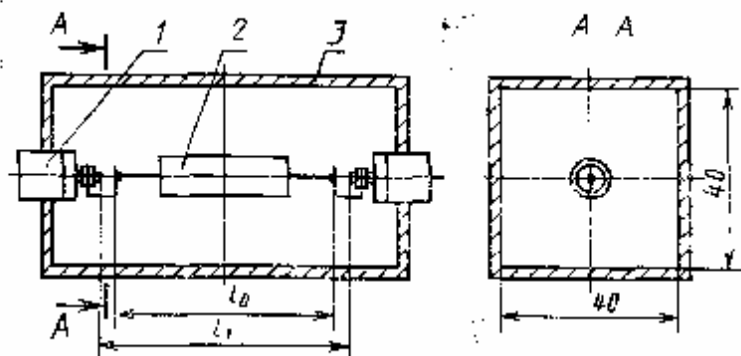


1 — коаксиальный разъем; 2 — испытательный контейнер; 3 — измеряемый элемент; 4 — коаксиальный разъем

Черт. 31

Таблица 4

Установки в испытательный контейнер малогабаритных дросселей с разомкнутым сердечником (диаметром до 10 мм)



1 — коаксиальный разъем; 2 — измеряемый дроссель; 3 — испытательный жонкайнер; l_0 — длина дросселя с выводами; l_1 — расстояние между клеммами питания

Черт. 32

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Обязательное

МЕТОДЫ ПОВЕРКИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

1. При проверке схемы измерения должны выполняться следующие операции: определение КСВн; определение коэффициента симметрии симметричной схемы измерения; определение длины кабелей; определение затухания сигналов, проникающих в измерительный приемник по цепи измеряемого элемента или фильтра; определение максимального внешнего затухания, подающегося измерению; определение точности измерения внешнего затухания.

2. Средства проверки должны обеспечивать проведение измерений во всей требуемой полосе частот.

При проверке схемы измерения должны применяться средства проверки с техническими характеристиками, указанными в табл. 4.

Измеряемые средства поверки	Технические характеристики средств поверки
Измеритель КСВн или измеритель полных сопротивлений	<p>Пределы измерения КСВн от 1 до 3. Погрешность измерений не более 7%. Диапазон измеряемых активных сопротивлений 20—200 Ом. Диапазон измеряемых реактивных сопротивлений не более 7%.</p>
Генератор сигналов	<p>Максимальное выходное напряжение (U) в мкВольтах вычисляют по формуле</p> $U \leq 29E \cdot 10^{-20}$ <p>где E — чувствительность измерительного приемника, мкВ; A — номинальное значение внешнего затухания элемента или фильтра, дБ. Нестабильность выходного уровня за 10 мин не более $\pm 1,5$ дБ. Диапазон изменения выходных калибровочных напряжений не менее $32 \cdot 10^{-20}$.</p>
Измерительный приемник	<p>Чувствительность (E) в микровольтах вычисляют по формуле</p> $E \leq \frac{U}{32} \cdot 10^{-20}$ <p>где U — максимальное выходное напряжение генератора сигналов, мкВ; A — номинальное значение внешнего затухания элемента или фильтра, дБ. Нестабильность показаний за 10 мин после прогрева, в том же при изменении напряжения питающей сети на $\pm 10\%$ номинала не более $\pm 0,5$ дБ. Случайная погрешность относительных измерений синусоидальных напряжений не более $\pm 0,5$ дБ. Случайная погрешность аттенюатора не более $\pm 0,1$ дБ. Входное сопротивление соответствующее требованиям п. 1.3 настоящего стандарта.</p>
Установка для калибровки аттенюатора	<p>3. КСВн проверяют подключением измерителя коэффициента стоячей волны или измерителя полных сопротивлений к клеммным или двухпроводным разъемам, предназначенным для подключения генератора сигналов с одной стороны схемы измерения и измерительного приемника — с другой стороны схемы измерения.</p>
	<p>4. Проверку коэффициента симметрии симметричной схемы измерения производят в следующих случаях: если в схеме измерения (см. черт. 2 или 4 приложения 1) нет симметрирующих трансформаторов; если схема измерения соответствует черт. 2 или 4. 5 приложения 1.</p>

Схему измерения разделяют на две части, в одну из которых входит генератор сигналов, а в другую — измерительный приемник. Проверку коэффициента

та симметрич проводат по схеме, указанной на черт. 33, на всех частотах, на которых должны проводиться измерения внесимого затухания.

Коэффициенты симметрии генератора сигналов ($K_{г.с.г}$) и измерительного приемника ($K_{и.п.г}$) вычисляют по формулам:

$$K_{г.с.г} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (8)$$

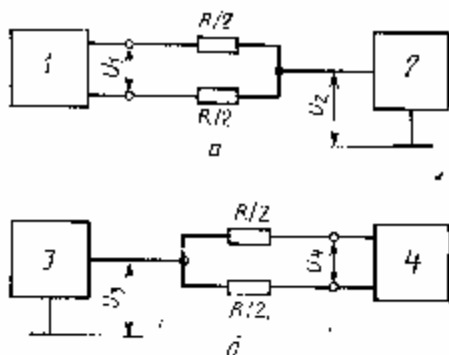
$$K_{и.п.г} = 20 \lg \frac{U_3}{U_4} \quad (9)$$

5. При проверке длины кабелей (п. 3.3 настоящего стандарта) измеряют голые длины кабелей и вычисляют разность длин.

Длины кабелей должны измеряться с погрешностью (σ) в децибелах, вычисляемой по формуле:

$$\sigma < \frac{1,5}{fK} \quad (10)$$

Схема для проверки коэффициента симметрии симметричной схемы измерения



а — проверка коэффициента симметрии генератора; б — проверка коэффициента симметрии приемника
1 — источник генератор сигналов (с симметричным выходом); 2 — вспомогательный измерительный приемник (с несимметричным входом); 3 — вспомогательный генератор сигналов (с несимметричным выходом); 4 — испытуемый измерительный приемник (с симметричным входом); R — сопротивление согласования источника генератора или приемника; U_1, U_2 — напряжения на выходе генератора сигналов; U_3, U_4 — напряжения на выходе измерительного приемника

Черт. 33

где f — измеряемая частота, МГц;

K — коэффициент укорочения волны в кабеле.

6. Проверку затухания сигналов, проникающих в измерительный приемник помимо цепей измеряемого элемента или фильтра, проводят в испытательном контейнере требуемого типа или фильтром с экранированной камерой разделки проводов.

На коаксиальные или двухпроводные разъемы, установленные в испытательном контейнере (или на корпусе фильтра с экранированной камерой разделки проводов), с внутренней стороны надевают металлическую заглушку.

Собирают схему в соответствии с черт. 1а, 2а, 5а приложения 1.

На измерительном приемнике устанавливают заданную частоту. Генератор сигналов подстраивают до получения на измерительном приемнике максимальных показаний. На выходе генератора сигналов устанавливают возможно большее напряжение, обеспечивающее удобный и стабильный отчет показаний измерительного приемника. Фиксируют показания измерительного приемника U_1 и генератора сигналов.

Собирают схему в соответствии с черт. 1б, 2б, 5б приложения 1.

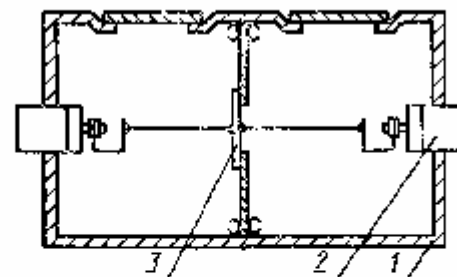
Напряжение генератора сигналов устанавливают равным первоначальному. Фиксируют показания измерительного приемника U_2 . Величину внесимого затухания вычисляют по формуле (1) или (2).

При измерениях конденсаторов проходного типа и фильтров с фланцевым креплением производят дополнительную проверку затухания сигналов, проникающих в измерительный приемник помимо цепей измеряемого конденсатора или фильтра.

Отверстие в перегородке испытательного контейнера закрывают металлической крышкой, обеспеченной по всему периметру ее надежной электрической контактной системой.

Материал и толщина крышки должны быть такими же, как у перегородки испытательного контейнера. К центру крышки с обеих сторон припаивают два медных проводника диаметром (1—0,2) мм. Проводники соединяют с разъемами (черт. 34).

Установка в испытательный контейнер металлической крышки при дополнительной проверке затухания сигналов, проникающих в измерительный приемник помимо цепей измеряемого элемента или фильтра



1 — испытательный контейнер; 2 — коаксиальный разъем; 3 — крышка на перегородке и перегородка

Черт. 34

Крышки испытательного контейнера закрывают. Затухание сигналов, проникающих в измерительный приемник помимо цепей измеряемого элемента или фильтра, измеряют по вышерассмотренной методике.

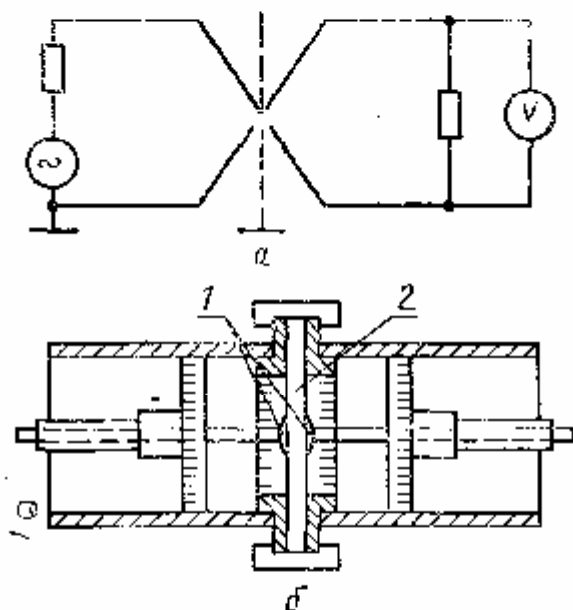
7. Для проверки схемы измерения могут быть использованы приборы, указанные в приложении 4.

8. Проверка максимального внесимого затухания, подающегося измерению. Максимальное внесимое затухание, подающееся измерению, ограничено

величинами мощности генератора, чувствительности приемника, утечки сигнала на генератор и приемник не через испытываемый фильтр и проникновения мешающих внешних сигналов.

Схема испытаний должна быть составлена, как показано на черт. 1, 2, 5 приложения 1 с одним отличием — испытываемый фильтр следует заменить коротким замыканием, при котором необходимо измерять вносимое затухание (пример короткого замыкания показан на черт. 35).

Пример короткого замыкания в схеме измерения



а — принципиальная схема; б — способ выполнения с использованной цилиндрической коробки;
1 — пазовое соединение; 2 — поперечный закорачивающий элемент

Черт. 35

Если напряжение приемника более чем на 1 дБ превышает уровень шумов схемы, то максимальное вносимое затухание, позволяющее измерение, ограничено утечкой испытательного сигнала из генератора к приемнику и мешающими внешними сигналами. В остальных случаях эти ограничения зависят от мощности генератора или чувствительности приемника.

9. Проверка точности измерения вносимого затухания

Точность измерения вносимого затухания проверяют с помощью стандартного аттенуатора, имеющего следующие характеристики:
оглавление (50±1,5) дБ в требуемой полосе частот;
максимальный КСВн 1,5 в требуемой полосе частот;
входное и выходное сопротивления, соответствующие с испытательной схемой;
коэффициент симметрии не менее 26 дБ (только для симметричных испытательных схем).

Вместо испытываемого фильтра в испытательную схему следует установить стандартный аттенуатор и измерить его вносимое затухание.

Проверку испытательной схемы, содержащей разделительные и другие устройства, служащие для подключения источника рабочего тока или напряжения, проводят при помощи указанных схем и устройств. Источник следует отключить, а зажимы для его подключения замкнуть накоротко.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Рекомендуемое

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ЗАТУХАНИЯ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ ПРОВОДАМИ МНОГОВОДНОГО ФИЛЬТРА С НЕСВЯЗАННЫМИ ЦЕПЯМИ

Измерение переходного затухания между отдельными проводами следует проводить в условиях, когда эти провода нагружены на Z_n , равное волновому сопротивлению Z_0 , как показано на черт. 36.

Генератор сигналов 1 подключают к проводу и устанавливают выходное напряжение U_1 .

Измерительный приемник 3 подключают к проводу и измеряют напряжение сигнала U_2 .

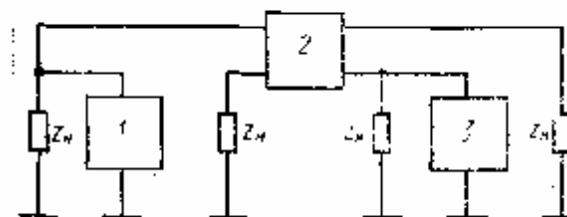
Переходное затухание вычисляют по формуле

$$A_n = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (U_1 \text{ и } U_2 \text{ — в микровольтах)} \quad (11)$$

или

$$A_n = U_1 - U_2 \quad (U_1 \text{ и } U_2 \text{ — в децибеллах)} \quad (12)$$

Схема измерения переходного затухания между отдельными проводами многопроводного фильтра с несвязанными цепями



1 — генератор сигналов; 2 — многопроводный фильтр;
3 — измерительный приемник

Черт. 36