

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
НПО «ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»  
(НПО «ВНИИФТРИ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ**  
**ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**  
**ЭКВИВАЛЕНТЫ СЕТИ**  
**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**  
**МИ 1763—87**

Москва  
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
1988

**РАЗРАБОТАНЫ НПО «ВНИИФТРИ»**

Начальник отделения НПО Чуйко В. Г.

Начальник отдела Тищенко В. А.

Исполнитель Переверзев Л. А.

**ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ НПО «ВНИИФТРИ»**

Начальник сектора Крупин В. Н.

Инженер Знаткова О. В.

**УТВЕРЖДЕНЫ НПО «ВНИИФТРИ» 27 мая 1987 г.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**Государственная система обеспечения единства**  
**измерений**  
**ЭКВИВАЛЕНТЫ СЕТИ**  
**Методика поверки**

МИ 1763—87

Настоящая методика распространяется на эквиваленты сети (ЭС) по ГОСТ 11001—80 (СТ СЭВ 502—84) с погрешностью коэффициента калибровки не менее 1,0 дБ и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки по коэффициенту калибровки в диапазоне частот 10 кГц — 100 МГц и входному сопротивлению в диапазоне частот 10 кГц — 300 МГц.

### 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции.

1.1.1. Внешний осмотр (п. 4.1).

1.1.2. Определение погрешности коэффициента калибровки (п. 4.2.1, 4.2.2);

1.1.3. Определение модуля и аргумента входного полного сопротивления (п. 4.2.3, 4.2.4);

1.1.4. Определение коэффициента стоячей волны напряжения  $K_{ст}$  и (п. 4.2.5).

### 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны быть применены средства поверки, указанные ниже.

2.1.1. Основные средства поверки:

милливольтметр средних квадратических значений (диапазон частот 10 кГц — 30 МГц; измеряемое напряжение 3—300 мВ; погрешность относительных измерений не более 0,3 дБ; активное входное сопротивление не менее 0,1 МОм, входная емкость не более 10 пФ).

П р и м е ч а н и е. Погрешность относительных измерений определяется по методике приложения I;

измеритель полных сопротивлений (измеритель импеданса) — диапазон частот 10 кГц — 100 МГц; измеряемое сопротивление (модуль) 5 — 150 Ом; погрешность измерения модуля сопротивления не более 7 %; измеряемые фазовые углы от  $-30^\circ$  до  $+30^\circ$ ; погрешность измерения фазового угла не более  $7^\circ$ ;

измеритель  $K_{ct\ u}$  — диапазон частот 30 — 300 МГц; диапазон измеряемых  $K_{ct\ u}$  1—2,5, погрешность измерения  $K_{ct\ u}$  не более ( $5\ K_{ct\ u}$ ) %.

#### 2.1.2. Вспомогательные средства поверки:

генератор сигналов — диапазон частот в соответствии с диапазоном поверяемого ЭС; выходное напряжение не менее 0,1 В; коэффициент искажений не более 10 %. Возможная замена — измеритель радиопомех соответствующего диапазона с выходом калиброванного генератора синусоидального напряжения;

нагрузка 50 или 75 Ом в соответствии с сопротивлением выхода «Измеритель радиопомех» ЭС;  $K_{ct\ u}$  не более 1,2. Возможная замена — измеритель радиопомех соответствующего диапазона с номинальным входным сопротивлением, равным выходному сопротивлению ЭС;

согласующий аттенюатор 75/50 или 50/75 Ом (при несоответствии сопротивлений нагрузки и ЭС);

симметрирующий трансформатор (только при поверке Д-образного ЭС) — диапазон частот 0,15 — 30 МГц.

Источник питания постоянного тока (для ЭС, переключаемых напряжением) с напряжением, необходимым для поверяемого ЭС. Возможная замена — измеритель радиопомех, имеющий выходное постоянное напряжение для питания ЭС.

2.1.3. Перечень рекомендуемых средств поверки приведен в приложении 2. Допускается применение других средств поверки, имеющих погрешности не более указанных.

### 3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия: температура окружающей среды  $(293 \pm 5)$  К или  $(20 \pm 5)$  °С; атмосферное давление  $(100 \pm 4)$  кПа или  $(750 \pm 30)$  мм рт. ст.; относительная влажность воздуха  $(65 \pm 15)$  %; питание от сети переменного тока напряжением  $(220 \pm 4)$  В; частотой  $(50 \pm 5)$  Гц при содержании гармоник до 5 %.

Приложение. Допускается проводить поверку в условиях, отличающихся от указанных. В этом случае необходимо учитывать дополнительные погрешности средств поверки из-за отличия условий.

3.2. При работе с поверяемыми ЭС, основными и вспомогательными средствами поверки необходимо соблюдать требования, указанные в технической документации.

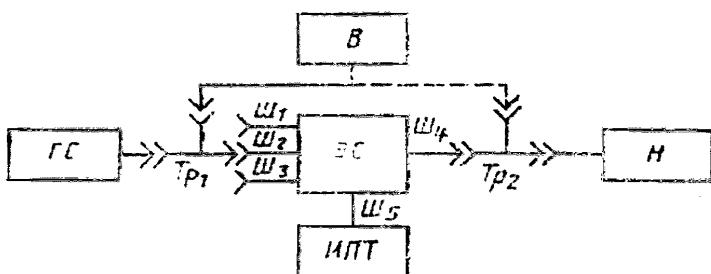
#### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

##### 4.1. Внешний осмотр.

4.1.1. При внешнем осмотре проверяют: соответствие комплектности ЭС (кроме ЗИП) техническому описанию; отсутствие видимых внешних повреждений; четкость работы переключателей.

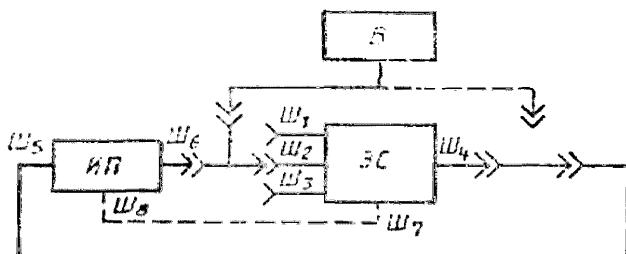
##### 4.2. Определение метрологических параметров.

4.2.1. Определение погрешности коэффициента калибровки V-образных ЭС.



ГС—генератор сигналов; В—милливольтметр; Н—нагрузка;  
ИПТ—источник постоянного тока; Тр<sub>1</sub> и Тр<sub>2</sub>—тройники; Ш<sub>1</sub>—Ш<sub>3</sub>—  
разъемы «Источник радиопомех»; Ш<sub>4</sub>—разъем «Измеритель ра-  
диопомех»; Ш<sub>5</sub>—вход электропитания

Черт. 1



ИП—измеритель радиопомех; Ш<sub>1</sub>—Ш<sub>3</sub>—разъемы «Источ-  
ник радиопомех»; Ш<sub>4</sub>—разъем «Измеритель радиопомех»;  
Ш<sub>5</sub>—вход ИП; Ш<sub>6</sub>—выход генератора ИП; Ш<sub>7</sub>—вход элек-  
тропитания; Ш<sub>8</sub>—выход электропитания (управление антен-  
ной)

Черт. 2

4.2.1.1. В зависимости от имеющейся аппаратуры собирают стенд в соответствии с черт. 1 или черт. 2. Первый тройник присоединяют непосредственно к разъему или клемме «Источник радиопомех» без применения кабеля или проводов.

Напряжение ГС подбирают из условия получения отсчетов в конце шкалы милливольтметра; напряжение ИПТ — в зависимости от поверяемого ЭС.

Если выходное сопротивление ЭС (разъем «Измеритель радиопомех») и входное сопротивление нагрузки или измерителя радио-

помех не совпадают по номиналу, то между ними дополнительно включают согласующий аттенюатор 50/75 или 75/50 Ом. Второй тройник включают до или после аттенюатора — в зависимости от того, для какого тракта он предназначен.

4.2.1.2. При использовании в качестве нагрузки входного сопротивления измерителя радиопомех делитель высокой частоты последнего устанавливают на ослабление не менее 20 дБ; если управление аттенюатором ИП электрическое, то измеритель радиопомех должен быть включен в сеть. Постоянное напряжение от измерителя радиопомех или ИПТ подают на ЭС, если он имеет электрическое переключение фаз.

4.2.1.3. Измерения проводят на крайних частотах диапазона ЭС, а также в промежуточных точках, при этом отношение соседних частот должно быть не более 3. На каждой частоте поочередно подают напряжение на включенные фазы ЭС.

Пробник милливольтметра сначала вставляют в тройник перед ЭС, записывают показания  $U_1$  милливольтметра в децибелях. Затем пробник переставляют в тройник, включенный после ЭС (на его выход «Измеритель радиопомех»). Записывают показания  $U_2$  милливольтметра.

Коэффициент калибровки (в децибелах) определяют по формуле

$$K = U_1 - U_2 \quad (1)$$

или

$$K = U_1 - U_2 - N, \quad (2)$$

если применен согласующий аттенюатор с ослаблением  $N$  и тройник включен после него.

4.2.1.4. Коэффициент калибровки эквивалентов сети, имеющих сопротивление 50 Ом, может определяться по черт. 2 без использования милливольтметра как разность отсчетов по ИП при наличии ЭС в цепи и при замене его коротким замыканием.

Погрешность коэффициента калибровки

$$\Delta K = K_n - K, \quad (3)$$

где  $K_n$  — коэффициент калибровки, указанный в НТД на ЭС.

Форма записи результатов измерений приведена в табл. I приложения 3.

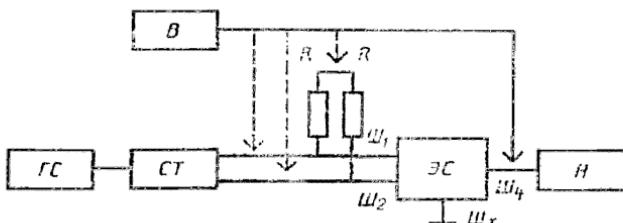
Значение  $\Delta K$  должно быть не более 1,5 дБ, если в НТД не дано большее значение.

4.2.2. Определение погрешности коэффициента калибровки  $\Delta$ -образных ЭС.

4.2.2.1. Измеряют коэффициент калибровки для несимметричных напряжений, при этом клеммы «Источник радиопомех» соединяют вместе, переключатель устанавливают в положение измерения несимметричных помех. Далее проводят измерения по п. 4.2.1.

4.2.2. Определение коэффициента калибровки  $\Delta$ -образного ЭС для симметричных напряжений проводят по черт. 3. Резисторы  $R$ ,

включенные на клеммах «Источник радиопомех», должны иметь одинаковое (с отличием не более 3 %) сопротивление в несколько десятков килоом. Если при измерении напряжения на клеммах наблюдается наводка низкой частоты на высокоомный вход милливольтметра, то каждую клемму «Источник радиопомех» дополнительно соединяют с землей сопротивлением в несколько килоом.



*СТ*—симметрирующий трансформатор; *W<sub>1</sub>*, *W<sub>2</sub>*—клеммы «Источник радиопомех»; *W<sub>3</sub>*, *W<sub>4</sub>*—разъем «Земля»; *W<sub>5</sub>*—разъем «Измеритель радиопомех»

Черт. 3

Измеряют поочередно напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на клеммах «Источник радиопомех»;  $U_3$  на нагрузке, подключенной к разъему «Измеритель радиопомех» при положении переключателя, соответствующем измерению симметричных помех и  $U_4$  между резисторами  $R$ .

4.2.2.3. Рассчитывают напряжение между клеммами «Источник радиопомех» по формуле

$$U_c = \sqrt{2(U_1^2 + U_2^2 - 2U_1 U_2)} . \quad (4)$$

Здесь все величины — в единицах напряжения (не в децибелах).

Коэффициент калибровки (в децибелах) определяют по формуле

$$K_c = 20 \lg \frac{U_c}{U_s} , \quad (5)$$

если  $U_c$  и  $U_s$  взяты в единицах напряжения, или по формуле

$$K_c = U_c - U_s , \quad (6)$$

если эти величины взяты в децибелах.

Погрешность коэффициента калибровки (в децибелах)

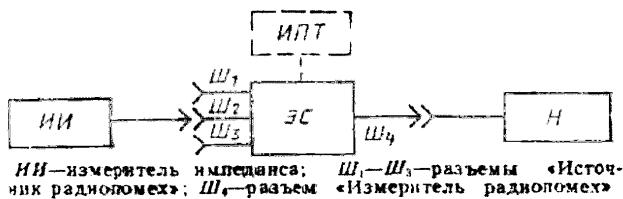
$$\Delta K = K_s - K_c , \quad (7)$$

где  $K_s$  — коэффициент калибровки, указанный в НТД на ЭС для измерения симметричных напряжений. Значение  $\Delta K$  должно быть не более 1,5 дБ, если в НТД на ЭС не указано большее значение.

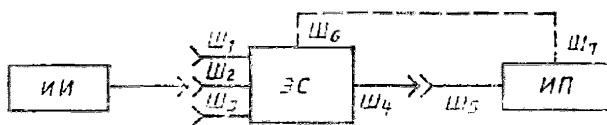
Форма записи результатов измерения приведена в табл. 2 приложения 3.

4.2.3. Определение модуля и аргумента входного полного сопротивления V-образных эквивалентов сети.

4.2.3.1. Собирают схемы, показанные на черт. 4 или черт. 5. При этом должны быть учтены указания п. 4.2.1.2.



Черт. 4

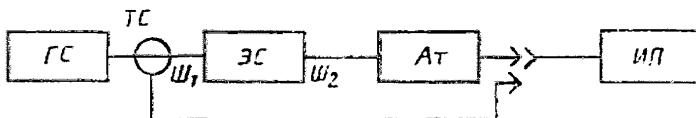


Ш<sub>1</sub>—Ш<sub>3</sub>—разъемы «Источник радиопомех»; Ш<sub>4</sub>—разъем «Измеритель радиопомех»; Ш<sub>5</sub>—ход ИП; Ш<sub>6</sub>—ход электропитания; Ш<sub>7</sub>—выход электропитания

Черт. 5

4.2.3.2. Измерения проводят на частотах, указанных в п. 4.2.1.3. Измеритель импеданса подключают непосредственно к разъемам «Источник радиопомех» эквивалента сети. Отсчитывают значения модуля и аргумента (если последний нормирован для данного типа ЭС). Измеренные модуль и аргумент полного сопротивления не должны выходить за пределы допуска, указанного в НТД на ЭС (в том числе при замыкании клемм «Сеть» ЭС на землю).

Форма записи результатов измерений приведена в табл. 3 приложения 3.



ТС—токосъемник (например, SMZ-11); Ат—аттенюатор (ВМ 577 или ТТ-4139/В); Ш<sub>1</sub>—разъем «Источник радиопомех». Ш<sub>2</sub>—разъем «Измеритель радиопомех»

Черт. 6

4.2.3.3. На частотах ниже 0,5 МГц в случае, если отсутствует измеритель импеданса для заземленных сопротивлений, и для данного типа ЭС аргумент входного сопротивления не нормирован может быть применен следующий способ измерения модуля входного сопротивления.

Приборы включают по черт. 6. Сначала ИП подключают к токосъемнику и отмечают отсчет по ИП. Затем подключают ИП на

выход аттенюатора ( $A_t$ ) и регулируют ослабление последнего до получения прежнего отсчета.

Модуль входного сопротивления определяют по формуле

$$z = 10^{\frac{1}{20}(N + K - K_t)}, \quad (8)$$

где  $N$  — ослабление, установленное по аттенюатору, дБ;  $K$  — коэффициент калибровки ЭС, дБ;  $K_t$  — коэффициент калибровки токосъемника, дБСм.

4.2.4. Определение модуля и аргумента входного полного сопротивления  $\Delta$ -образных эквивалентов сети.

4.2.4.1. Входное сопротивление  $\Delta$ -образных ЭС между соединенными вместе клеммами «Источник радиопомех» и «Земля» ( $z_n$  и  $\phi_n$ ) измеряют аналогично п. 4.2.3. При этом переключатель ЭС устанавливают на измерение несимметричной составляющей помех. На выходе «Измеритель радиопомех» должна быть включена нагрузка.

4.2.4.2. Для определения модуля  $z$  и аргумента  $\varphi$  сопротивления между клеммами «Источник радиопомех» переключатель ЭС устанавливают на измерение симметричной составляющей помех и при наличии измерителя импеданса для незаземленных сопротивлений измеряют с его помощью значения  $z$  и  $\varphi$ .

При использовании измерителя импеданса с несимметричным входом, измерения проводят по схемам, приведенным на черт. 4 или черт. 5. Переключатель ЭС устанавливают на измерение симметричной составляющей помех и снова измеряют  $z_n$  и  $\phi_n$ , а также модули и аргументы сопротивлений между каждой клеммой «Источник радиопомех» и «Земля» ( $z_1$  и  $z_2$ ,  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ ). Значения  $z$  и  $\varphi$  рассчитывают по формулам:

$$z = a_1 + a_2 + 2\sqrt{a_1 a_2} \cos(d_1 - d_2); \quad (9)$$

$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{a_1} \sin \frac{1}{2}d_1 + \sqrt{a_2} \sin \frac{1}{2}d_2}{\sqrt{a_1} \cos \frac{1}{2}d_1 + \sqrt{a_2} \cos \frac{1}{2}d_2}, \quad (10)$$

где

$$a_1 = \sqrt{z_1^2 + z_n^2 - 2z_1 z_n \cos(\varphi_1 - \varphi_n)};$$

$$a_2 = \sqrt{z_2^2 + z_n^2 - 2z_2 z_n \cos(\varphi_2 - \varphi_n)};$$

$$d_1 = \operatorname{arctg} \frac{z_1 \sin \varphi_1 - z_n \sin \varphi_n}{z_1 \cos \varphi_1 - z_n \cos \varphi_n};$$

$$d_2 = \operatorname{arctg} \frac{z_2 \sin \varphi_2 - z_n \sin \varphi_n}{z_2 \cos \varphi_2 - z_n \cos \varphi_n}.$$

Модуль и аргумент полного сопротивления не должен выходить за пределы допуска, указанного в НТД на ЭС.

Форма записи результатов измерения приведена в табл. 4 приложения 3.

4.2.5. Определение  $K_{ct\ u}$  эквивалентов сети диапазона частот 30 — 300 МГц.

4.2.5.1. Собирается схема, показанная на черт. 4 или черт. 5, но вместо измерителя импеданса к включенной фазе «Источник радиопомех» эквивалента сети присоединяется коаксиальный тракт измерителя  $K_{ct\ u}$  (с применением коаксиальных переходов в случае необходимости). Диапазон качания частоты измерителя  $K_{ct\ u}$  устанавливается в пределах 30 — 300 МГц. По экрану измерителя отсчитывается наибольшее значение  $K_{ct\ u}$ . Это значение не должно превосходить значения  $K_{ct\ u}$ , указанного в НТД на ЭС.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Положительные результаты государственной первичной поверки оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением оттиска клейма.

5.2. Положительные результаты государственной периодической поверки оформляют нанесением поверительного клейма и выдачей свидетельства установленной формы.

5.3. Положительные результаты периодической ведомственной поверки оформляют в порядке, установленном ведомственной метрологической службой.

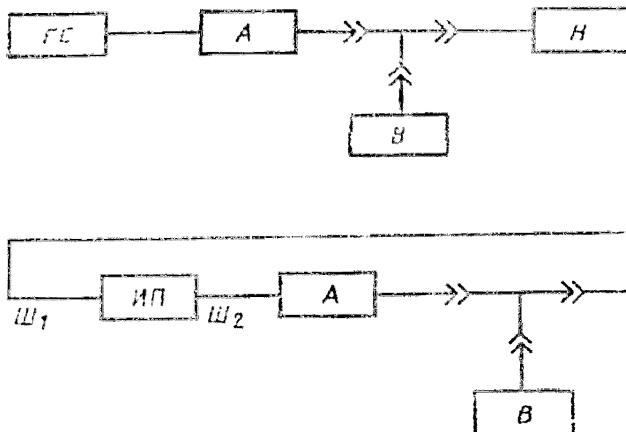
5.4. Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении 3.

5.5. Эквиваленты сети, не удовлетворяющие требованиям настоящей методики, к выпуску и применению не допускают; на них выдают извещение о непригодности с указанием причин; клеймо гасят.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
Обязательное

**МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ТОЧНОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ  
МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОМ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ**

1. Проверку проводят по одной из схем, приведенных на чертеже.



*A*—аттенюатор; *Ш<sub>1</sub>*—вход ИП; *Ш<sub>2</sub>*—выход генератора ИП

2. Рекомендуемые приборы: генератор сигналов Г4-158; аттенюатор ВМ-547 или ВМ-577 (Тесла, ЧССР); ТТ4139/В (ВНР), последний при условии предварительной аттестации; измеритель радиопомех SMV-6 или SMV-11.

3. Проверка производится на частотах, которые выбирают так же, как в п. 4.2.1.3.

4. При постоянном напряжении на входе аттенюатора, последовательно изменяя его ослабление и переключая пределы измерения милливольтметра, записывают отсчеты по этим приборам; для каждого прибора вычисляют разности отсчетов  $\Delta N$  относительно начального отсчета. Погрешность относительных измерений милливольтметром в децибелах определяется как  $\Delta N_B - \Delta N_A$ ,  $\Delta N_B$  — разность отсчетов по милливольтметру,  $\Delta N_A$  — по аттенюатору.

Результаты измерений и расчетов сводят в таблицу.

Частота	Отсчет по милливольтметру, дБ			Отсчет по аттенюатору, дБ	Разность отсчетов		Погрешность $\Delta N_B - \Delta N_A$
	предел	отсчет по шкале	суммарный отсчет		$\Delta N_B$	$\Delta N_A$	

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**Справочное**

**Рекомендуемые средства поверки**

Наименование	Тип	Примечания
Милливольтметр	В3-48 В3-59	
Измеритель импеданса низкочастотный	ВМ-507	5 Гц — 500 кГц для незаземленных импедансов
Измеритель импеданса высокочастотный	ВМ-538 (Тесла, ЧССР)	0,5—110 МГц
Измеритель $K_{ct} U$	PK2-47	
Генератор сигналов	Г4-158	
Измеритель радиопомех	SMV-6, SMV-11	0,01—100 МГц
Согласующий аттенюатор	КТГ-5	Из комплекта SMV-6 (-11)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**Обязательное**

**ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_**

проверки эквивалента сети типа \_\_\_\_\_, заводской № \_\_\_\_\_,  
представленного \_\_\_\_\_  
дата \_\_\_\_\_

**Результаты поверки**

Определение погрешности коэффициента калибровки V-образного эквивалента сети.

**Таблица 1**

Частота	Фаза разъемов „Источник помех“	Отсчеты по милливольтметру		Коэффициент калибровки $K = U_1 - U_2$ , дБ	Погрешность $\Delta K = K_n - K$ , дБ
		„Источник помех“ $U_1$ , дБ	„Измеритель радиопомех“ $U_2$ , дБ		

Определение погрешности коэффициента калибровки Δ-образного эквивалента сети.

**Таблица 2**

Частота	Напряжения на клеммах „Источник помех“		Напряжения на клеммах „Измер. помех“		$U_c$ , В	$K_c$ , дБ	$\Delta K$ , дБ
	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$U_3$ , В	$U_4$ , В			

Определение входного сопротивления V-образного эквивалента сети

**Таблица 3**

Частота	Фаза разъемов „Источник помех“	Модуль сопротивле- ния $Z$ , Ом	Аргумент $\alpha$ , угл. град

Определение входного сопротивления для  $\Delta$ -образных эквивалентов сети

Таблица 4

Частота	Измеренные значения модулей и аргументов						Модуль и аргумент сопротивления между клеммами	
	$z_H$ , Ом	$\varphi_H$ , угл. град	$z_1$ , Ом	$\varphi_1$ , угл. град	$z_2$ , Ом	$\varphi_2$ , угл. град	$z$ , Ом	$\varphi$ , угл. град

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
Государственная система обеспечения единства измерений  
ЭКВИВАЛЕНТЫ СЕТИ  
Методика поверки  
МИ 1763—87**

Редактор *Н. А. Еськова*  
Технический редактор *Л. Я. Митрофанова*  
Корректор *А. М. Трофимова*

Н/К

Сдано в наб. 07.01.88 Подп. в печ. 04.03.88 Т—04241 Формат 60×90 $\frac{1}{16}$ . Бумага тип. № 1.  
Гарнитура литературная. Печать высокая 1,0 усл. п. л. 1,0 усл. кр.-отт. 0,65 уч.-изд. л.  
Тираж 3000 экз. Зак. 58 Изд. № 9887/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,  
Новопресненский пер., 3.  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.