



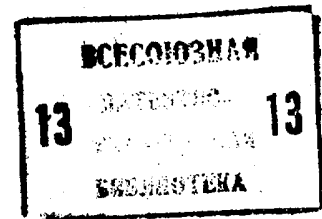
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1160331 A**

4 (51) G 01 R 27/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3668023/24-09

(22) 30.11.83

(46) 07.06.85. Бюл. № 21

(72) А.Н. Трушкин и Н.А. Грудина

(71) Севастопольский приборостроительный институт

(53) 621.317.341(088.8)

(56) 1. Бова Н.Т., Лапхтман И.Б.

Измерение параметров волноводных элементов. Киев, "Техника", 1968, с.129.

2. Бова Н.Т., Лайхтман И.Б. Измерение параметров волноводных элементов. Киев, "Техника", 1968, с. 135 (прототип).

(54) (57) ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ, содержащий СВЧ-генератор, к выходу которого подсоединен основным трактом первый направленный ответвитель падающей волны, второй направленный ответвитель отраженной волны, выход основного тракта которого является входом для подсоединения исследуемой нагрузки, синфазный делитель мощности, первым выходом соединенный через основной тракт третьего направленного ответвителя, с первым детектором, а вторым выходом - через основной тракт четвертого направленного ответвителя с вторым детектором, пятый направленный ответвитель, выход основного тракта которого соединен с выходом вторичного канала четвертого направленного ответвителя, а выход вторичного канала - с выходом вторичного канала третьего направленного ответвителя, два усилителя, подключенные

соответственно к выходам первого и второго детекторов, выравнивающий отрезок волновода, амплитудный модулятор, к управляющему входу которого подключен генератор низкой частоты, эквивалент амплитудного модулятора, электроннолучевой индикатор, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, в него введен клапан, вход которого соединен с выходом основного тракта первого направленного ответвителя падающей волны, а выход - с входом основного тракта второго направленного ответвителя отраженной волны, между выходом вторичного канала первого направленного ответвителя падающей волны и входом синфазного делителя мощности включены последовательно соединенные выравнивающий отрезок волновода, амплитудный модулятор и введенный шестой направленный ответвитель, к выходу вторичного канала которого подключены последовательно соединенные введенный третий детектор и третий усилитель, выход которого соединен с вторым входом введенных двух блоков вычитания, первые входы которых соединены с выходами двух усилителей соответственно, а выходы которых соединены с первым и вторым входами электроннолучевого индикатора, причем вход основного тракта пятого направленного ответвителя соединен через эквивалент амплитудного модулятора с выходом вторичного тракта второго направленного ответвителя отраженной волны.

(19) **SU** (11) **1160331 A**

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано для измерения полного сопротивления на сверхвысоких частотах.

Известен измеритель комплексного коэффициента отражения, содержащий семь двойных тройников, эталонную и исследуемую нагрузки, СВЧ-генератор, два детектора и электронно-лучевой индикатор [1].

Однако этот измеритель обладает недостаточной точностью измерения.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является измеритель комплексного коэффициента отражения, содержащий СВЧ-генератор, к выходу которого подсоединен основным трактом первый направленный ответвитель падающей волны, второй направленный ответвитель отраженной волны, выход основного тракта которого является входом для подсоединения исследуемой нагрузки, синфазный делитель мощности, первым выходом соединенный через основной тракт третьего направленного ответвителя с первым детектором, а вторым выходом - через основной тракт четвертого направленного ответвителя с вторым детектором, пятый направленный ответвитель, выход основного тракта которого соединен с выходом вторичного канала четвертого направленного ответвителя, а выход вторичного канала - с выходом вторичного канала третьего направленного ответвителя, два усилителя, подключенные соответственно к выходам первого и второго детекторов, выравнивающий отрезок волновода, амплитудный модулятор, к управляющему входу которого подключен генератор низкой частоты, эквивалент амплитудного модулятора, электронно-лучевой индикатор [2].

Однако известный измеритель имеет недостаточную точность из-за погрешности, обусловленной конечной направленностью ответвителя отраженной волны.

Цель изобретения - повышение точности измерения.

Цель достигается тем, что, в измерителе комплексного коэффициента отражения, содержащий СВЧ-генератор, к выходу которого подсоединен основным трактом первый направленный ответвитель падающей волны, второй направленный ответвитель отраженной

волны, выход основного тракта которого является входом для подсоединения исследуемой нагрузки, синфазный делитель мощности, первым выходом соединенный через основной тракт третьего направленного ответвителя с первым детектором, а вторым выходом - через основной тракт четвертого направленного ответвителя с вторым детектором, пятый направленный ответвитель, выход основного тракта которого соединен с выходом вторичного канала четвертого направленного ответвителя, а выход вторичного канала - с выходом вторичного канала третьего направленного ответвителя, два усилителя, подключенные соответственно к выходам первого и второго детекторов, выравнивающий отрезок волновода, амплитудный модулятор, к управляющему входу которого подключен генератор низкой частоты, эквивалент амплитудного модулятора, электронно-лучевой индикатор, введенный, вход которого соединен с выходом основного тракта первого направленного ответвителя падающей волны, а выход - с входом основного тракта второго направленного ответвителя отраженной волны, между выходом вторичного канала первого направленного ответвителя падающей волны и входом синфазного делителя мощности включены последовательно соединенные выравнивающий отрезок волновода, амплитудный модулятор и введенный шестой направленный ответвитель, к выходу вторичного канала которого подключены последовательно соединенные введенные третий детектор и третий усилитель, выход которого соединен с вторыми входами введенных двух блоков вычитания, первые входы которых соединены с выходами двух усилителей соответственно, а выходы которых соединены с первым и вторым входами электронно-лучевого индикатора, причем вход основного тракта пятого направленного ответвителя соединен через эквивалент амплитудного модулятора с выходом вторичного тракта второго направленного ответвителя отраженной волны.

На чертеже представлена функциональная схема предлагаемого измерителя комплексного коэффициента отражения.

Измеритель содержит СВЧ-генератор 1, первый, второй, третий, четвертый,

пятый и шестой направленные ответвители 2-7, выравнивающий отрезок волновода 8, амплитудный модулятор 9, генератор 10 низкой частоты, эквивалент 11 амплитудного модулятора, синфазный делитель 12 мощности, вентиль 13, исследуемую нагрузку 14, первый, второй и третий детекторы 15-17, первый, второй и третий усилители 18-20, блоки 21 и 22 вычитания, электронно-лучевой индикатор 23.

В режиме измерения измеритель комплексного коэффициента отражения работает следующим образом.

СВЧ-генератор 1 генерирует СВЧ-сигнал. Часть энергии ответвляется в канал падающей волны через первый направленный ответвитель 2. Другая часть энергии распространяется через вентиль 13 до второго направленного ответвителя 3, где разветвляется на две части. Одна часть, из-за конечной направленности второго направленного ответвителя 3, просачивается в канал отраженной волны. Другая часть проходит до исследуемой нагрузки 14 и, отразившись от нее, попадает снова на первый направленный ответвитель 2, где часть энергии ответвляется в канал отраженной волны. Оставшаяся доля энергии отраженной волны поглощается вентилем 13. В канале падающей волны СВЧ-сигнал попадает на амплитудный модулятор 9. Амплитудный модулятор модулирует по амплитуде этот сигнал с низкой частотой. Далее СВЧ-сигнал попадает на шестой направленный ответвитель 7. Часть этого сигнала ответвляется на третий детектор 17, другая часть попадает на синфазный делитель 12 мощности. Синфазный делитель 12 мощности делит этот сигнал поровну между двумя своими выходами. С первого выхода синфазного делителя 12 мощности СВЧ-сигнал подается через трехдецибальный третий направленный ответвитель 4 на первый детектор 15, а с второго выхода - на первый вход трехдецибального четвертого направленного ответвителя 5, с выхода которого сигнал падающей волны поступает на второй детектор 16. В канале отраженной волны имеются два сигнала: сигнал, просачивающийся из-за конечной направленности второго направленного ответвителя 3, и полезный сигнал отраженной волны. Оба они проходят эквивалент 11 амплитудно-

го модулятора и попадают на трехдецибальный пятый направленный ответвитель 6, который разветвляет эти сигналы поровну между двумя своими выходами. С первого выхода сигналы подаются на второй вход трехдецибального третьего направленного ответвителя 4 и далее на первый детектор 15. Со второго выхода СВЧ-сигналы поступают на второй вход четвертого направленного ответвителя 5 и далее на второй детектор 16. Таким образом, суммарные сигналы на входах трех детекторов 15-17 имеют вид

$$E_{15} \approx E_{\text{пog}} f(t) + E_{\text{отр}} \cos(\varphi + \theta) + E_{\text{пog}} \frac{1}{d} \cos \psi_1$$

$$E_{16} \approx E_{\text{пog}} f(t) + E_{\text{отр}} \sin(\varphi + \theta) + E_{\text{пog}} \frac{1}{d} \sin \psi_1$$

$$E_{17} \approx E_{\text{пog}}^* f(t),$$

где $E_{\text{пog}}$, $E_{\text{пog}}^*$, $E_{\text{отр}}$ -

- амплитуды сигналов падающей и отраженной волн;
- $f(t)$ - функция закона модуляции;
- d - коэффициент направленности второго направленного ответвителя 3;
- φ - фазовый угол коэффициента отражения от исследуемой нагрузки 14;
- θ - дополнительный фазовый угол, на который сдвигаются сигналы при прохождении через элементы волноводного тракта от генератора 1 до детекторов 15 и 16 при условии, что тракты идентичны;
- ψ_1 - фазовый угол, на который сдвигается проникающий на детекторы 15 и 16 паразитный сигнал падающей волны.

Детекторы 15-17 имеют квадратичные вольт-амперные характеристики, поэтому сигналы на их выходах можно представить

$$U_{15} \approx K [E_{\text{наг}}/f^2(t) + E_{\text{отр}}/2 + E_{\text{наг}} E_{\text{отр}}/f(t) \cos(\varphi + \theta) +$$

$$2/E_{\text{наг}}/E_{\text{отр}}/d \cos(\varphi + \theta - \psi_1)] \quad (4).$$

$$U_{16} \approx K [E_{\text{наг}}/f^2(t) + E_{\text{отр}}/2 + E_{\text{наг}} E_{\text{отр}}/f(t) \sin(\varphi + \theta) +$$

$$2/E_{\text{наг}}/E_{\text{отр}}/d \cos(\varphi + \theta - \psi_2)] \quad (5)$$

$$U_{17} \approx K/E_{\text{наг}}^2 f(t),$$

где K — коэффициент преобразования детекторных секций 15–17.

Сигналы U_{15} , U_{16} , U_{17} подаются на усилители 18 и 20, которые усиливают переменные составляющие сигналов U_{15} , U_{16} , U_{17} .

Учитывая, что $|E_{\text{отр}}| = |E_{\text{наг}} \Gamma_x|$, сигналы на выходах усилителей 18–20 можно представить в виде

$$U_{18} \approx K K_p / E_{\text{наг}}^2 [1 + 2/\Gamma_x \cos(\varphi + \theta)] m \cos \Omega t$$

$$U_{19} \approx K K_p / E_{\text{наг}}^2 [1 + 2/\Gamma_x \sin(\varphi + \theta)] m \cos \Omega t$$

$$U_{20} \approx K K_{20} / E_{\text{наг}}^2 m \cos \Omega t,$$

где K_{20} — регулируемый коэффициент усиления усилителя 20;

K_p — коэффициенты усиления усилителей 18 и 19;

m — коэффициент модуляции;

Γ_x — коэффициент отражения исследуемого элемента 14.

Сигналы U_{18} , U_{19} , U_{20} поступают на блоки 21 и 22 вычитания, которые попарно вычитают сигналы U_{18} , U_{20} и U_{19} , U_{20} . В результате на входах блока 23 электроннолучевой индикации получаем

$$U_{21} = U_{18} - U_{20}, \quad (10)$$

$$U_{22} = U_{19} - U_{20} \quad (11)$$

По положению светящейся точки на экране электроннолучевой индикации 23 определяются параметры исследуемой нагрузки 14.

Режиму измерения предшествует режим калибровки измерителя. В режиме калибровки отключается исследуемая

нагрузка 14 и подключается согласованная нагрузка. При этом отраженная волна отсутствует ($\Gamma_x = 0$). Подставляя правые части формул (7), (8) и (9) в выражения (10) и (11) с учетом $\Gamma_x = 0$, получаем

$$U_{21} \approx K (K_p / E_{\text{наг}}^2 - K / E_{\text{наг}}^*) m \cos \Omega t$$

$$U_{22} \approx K (K_p / E_{\text{наг}}^2 - K / E_{\text{наг}}^*) m \cos \Omega t$$

Регулировкой коэффициента усиления K_{20} усилителя 20 оператор изменяет уровень сигнала U_{20} и добивается нулевого уровня сигналов U_{21} , U_{22} на входах электроннолучевой индикации 23. При этом светящаяся точка на экране индикатора 23 смещается в центр экрана и, следовательно,

$$U_{21} = 0; U_{22} = 0 \quad (12)$$

Отсюда находят значение коэффициента усиления K_{20} при котором выполняется условие (12)

$$K_{20} = K_p / E_{\text{наг}}^2 / |E_{\text{наг}}^*|^2 \quad (13)$$

Далее отключается согласованная нагрузка, подключается исследуемый элемент 14. После этого измеритель готов к работе.

Подставляя правые части формул (7) (8), (9) и (13) в выражения (10) и (11), получаем

$$U_{21} = K \cdot K_p / E_{\text{наг}}^2 \cdot \Gamma_x / \cos(\varphi + \theta) m \cos \Omega t;$$

$$U_{22} = K \cdot K_p / E_{\text{наг}}^2 \cdot \Gamma_x / \sin(\varphi + \theta) m \cos \Omega t.$$

Как видно из полученных формул (14) и (15), напряжения, поступающие на индикатор 23, не содержат составляющей, которая образуется за счет просачивания в канал отраженной волны через ответвитель 2 сигнала падающей волны. Это говорит о том, что в предлагаемом измерителе погрешность измерения за счет ненаправленности ответвителей исключается, чем и достигается поставленная цель.

