



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 819738

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 17.05.79 (21) 2764948/18-21

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

с присоединением заявки № -

G 01 R 25/00

(23) Приоритет -

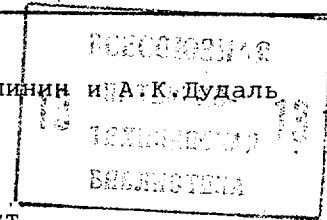
Опубликовано 07.04.81, Бюллетень № 13

(53) УДК 621.317.  
.77 (088.8)

Дата опубликования описания 17.04.81

(72) Авторы  
изобретения

А.С.Елизаров, В.Т.Ревин, В.И.Калинин и А.К.Дудаль



(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ НЕВЗАИМНЫХ  
ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

1

Изобретение относится к области СВЧ измерительной техники и может быть использовано для измерения параметров линейных невзаимных четырехполюсников.

Известен автоматический измеритель невзаимного фазового сдвига четырехполюсников, содержащий генератор качающейся частоты, модулятор, ферритовый вентиль, комбинированный двойной тройник, согласованную нагрузку, исследуемый четырехполюсник, два детектора, две схемы вычитания, усилитель отношения, синхронный детектор, усилитель постоянного тока, электроннолучевой индикатор, генератор пилообразного тока и генератор пилообразного напряжения [1].

Однако в этом измерителе существуют дополнительные погрешности измерения, обусловленные прежде всего неидентичностью параметров комбинированного двойного тройника и их зависимостью от величины измеряемого фазового сдвига. В процессе калибровки измерителя предусматривается включение в измерительный тракт калибровочного отрезка волновода вместо исследуемого четырех-

2

полюсника, что также ведет к увеличению погрешности и дополнительным затратам времени на измерение. Кроме того, измеритель не позволяет производить измерения прямого и обратного фазовых сдвигов.

- Известен также измеритель фазовых сдвигов невзаимных четырехполюсников, содержащий СВЧ-генератор высокого уровня мощности, модулятор, первый и второй ферритовые вентили, делитель мощности, первый и второй направленные ответвители, ориентированные на волны, падающие на четырехполюсник, первый и второй направленные ответвители, ориентированные на волны, прошедшие четырехполюсник, первый, второй, третий и четвертый высокочастотные переключатели, испытуемый невзаимный четырехполюсник, первый и второй тройники, квадратурный и противофазный восьмиполосники, первый, второй, третий и четвертый безинерционные измерители мощности высокого уровня, первую, вторую, третью и четвертую согласованные нагрузки первую и вторую схемы вычитания, первый и второй синхронные детекторы, первый и второй индикаторы с нулем в середине

шкалы ЭЛТ. Выход СВЧ-генератора высокого уровня мощности, вход которого подключен к выходу модулятора, подключен к входу делителя мощности, выходы которого через первый и второй ферритовые вентили, основные каналы первого, второго и четвертого, третьего направленных ответвлений подключены соответственно к первым фланцевым соединениям первого и второго высокочастотных переключателей, вторая пара фланцевых соединений которых соединена с входом и выходом отрезка волновода, а третья пара - с клеммами для подключения исследуемого (невзаимного) четырехполосника. Вторичные каналы первого, второго, третьего и четвертого направленных ответвлений подключены к вторым и третьим фланцевым соединениям третьего и четвертого высокочастотных переключателей, первые фланцевые соединения которых подключены к входам первого и второго тройников соответственно. Первый и второй входы квадратурного ( $90^\circ$ ) и противофазного ( $180^\circ$ ) восьмиполосников подключены соответственно к первым и вторым выходам первого и второго тройников, а их первый и второй выходы подключены соответственно к входам первого, второго, третьего и четвертого безинерционных измерителей мощности, один из выходов которых подключен к первой, второй, третьей и четвертой согласующим нагрузкам, а другой соответственно - к входам первой и второй схем вычитания. Выходы схем вычитания подключены к первым входам первого и второго синхронных детекторов, ко вторым входам которых подключен выход модулятора, и соответственно к горизонтально и вертикально отклоняющим пластинам ЭЛТ. Выходы первого и второго синхронных детекторов подключены к входам первого и второго индикаторов с нулем в середине шкалы [2].

Однако в этом измерителе существуют дополнительные погрешности измерения фазовых сдвигов, причиной которых является наличие в кольцевом тракте двух одновременно существующих и противоположно направленных СВЧ-волн, а также неидентичность синхронных детекторов и индикаторов с нулем в середине шкалы. Наличие в измерительном тракте механических высокочастотных переключателей увеличивает трудоемкость измерения прямого, обратного и невзаимного фазовых сдвигов. Кроме того, измеритель не позволяет производить панорамное воспроизведение фазовых сдвигов в диапазоне частот.

Целью настоящего изобретения является повышение точности измерения

фазовых сдвигов и расширение функциональных возможностей за счет обеспечения панорамного воспроизведения фазовых сдвигов в диапазоне частот.

- 5 Эта цель достигается тем, что в измеритель фазовых сдвигов невзаимных четырехполосников, содержащий делитель мощности, первый и второй ферритовые вентили, выходы которых
- 10 через основные каналы соответственно первого, второго, третьего и четвертого направленных ответвлений подключены к первым фланцевым соединениям первого и второго высокочастотных переключателей, вторая пара фланцевых
- 15 соединений которых соединена с входом и выходом отрезков волновода, а третья пара - с клеммами для подключения исследуемого невзаимного четырехполосника, квадратурный и противофазный восьмиполосники, входы которых
- 20 подключены к выходам первого и второго тройников, первый и второй вычитатели, выходы которых соединены соответственно к вертикально и горизонтально отклоняющим
- 25 пластинам ЭЛТ, синхронный детектор, соединенный входом с выходом модулятора, а выходом - с индикатором, введены генератор качающейся частоты, первый и второй управляемые
- 30 аттенюаторы, первый и второй управляемые СВЧ-переключатели, первый, второй, третий и четвертый детекторы, управляемый двухканальный электронный коммутатор. Вход генератора качающейся частоты подключен к выходу модулятора, а выход - к входу делителя
- 35 мощности. Входы управляемых аттенюаторов соединены с выходами делителя мощности, а выходы - соответственно с входами ферритовых вентилях. Первые входы первого и второго управляемых СВЧ-переключателей
- 40 подключены к вторичным каналам первого и третьего направленных ответвлений, вторые входы - к вторичным каналам второго и четвертого направленных ответвлений, а их выходы - соответственно к входам первого и второго тройников.
- 45 Входы первого, второго, третьего и четвертого детекторов подключены к выходам квадратурного и противофазного восьмиполосников, а их выходы - к первому и второму вычитателям. Входы управляемого
- 50 двухканального электронного коммутатора подключены к выходам первого и второго вычитателей, а выход - к входу синхронного детектора.
- 55 На чертеже приведена структурная схема предлагаемого измерителя. Устройство содержит генератор качающейся частоты 1, блок управления 2, модулятор 3, делитель мощности 4, первый 5 и второй 6 управляемые аттенюаторы, первый 7 и вто-
- 60
- 65

рой 8 ферритовые вентили, первый 9 второй 11, третий 12 и четвертый 10 направленные ответвители, первый 13 и второй 14 СВЧ-переключатели, отрезок волновода 15, исследуемый невзаимный четырехполюсник 16, первый 17 и второй 18 управляемые СВЧ-переключатели, первый 19 и второй 20 тройники, квадратурный ( $90^\circ$ ) 21 и противофазный ( $180^\circ$ ) 22 восьми-полюсники, первый 23, второй 24, третий 25 и четвертый 26 детекторы, первый 27 и второй 28 вычитатели, управляемый двухканальный электронный коммутатор 29, синхронный детектор 30, индикатор с нулем в середине шкалы 31 и ЭЛТ 32.

Измеритель работает следующим образом.

В режиме калибровки переключатели 13, 14 устанавливаются в положение а и а', генератор качающейся частоты 1 и блок управления 2 переводят в ручной режим работы. При этом частоту СВЧ-сигнала устанавливают равной средней рабочей частоте исследуемого четырехполюсника 16, а блок управления 2 устанавливают в такое положение, при котором аттенюатор 5 включен, а аттенюатор 6 выключен. К входам тройников 19, 20 соответственно подключены выходы вторичных каналов направленных ответвителей 9 и 12, к входу синхронного детектора 30 - выход одного из вычитателей 27, 28. При таком состоянии измерителя СВЧ-сигнал поступает от генератора 1 на вход делителя мощности 4, где распределяется поровну между двумя каналами. При этом сигнал со второго выхода поглощается аттенюатором 6 и дальше в измерительный тракт не поступает. Прямая парциальная СВЧ-волна с первого выхода делителя мощности 4 проходит последовательно через аттенюатор 5, ферритовый вентиль 7, основные каналы ответвителей 9, 11, переключатель 13, отрезок волновода 15, переключатель 14, основные каналы ответвителей 12, 10 и поглощается вентилем 8.

При этом на выходах вторичных каналов ответвителей 9, 12 появляются СВЧ-сигналы, пропорциональные фазе сигнала на входе и выходе калибровочного отрезка волновода 15

$$U_1 = A \sin \omega t, \quad (1)$$

$$U_2 = B \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где А, В - амплитуды сигналов на входе и выходе калибровочного канала соответственно, которые через тройники 19, 20 подаются на входы противофазного ( $180^\circ$ ) и квадратурного ( $90^\circ$ ) восьмиполюсников 21 и 22. При квадратичной характеристике детек-

торов 23-26 на входах вычитателя 27 появятся видеосигналы

$$U_a = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 - AB \sin \varphi, \quad (3)$$

$$U_b = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 + AB \sin \varphi, \quad (4)$$

а на входах вычитателя 28 - видеосигналы

$$U_B = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 - AB \cos \varphi, \quad (5)$$

$$U_r = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 + AB \cos \varphi. \quad (6)$$

На вход синхронного детектора 30 через коммутатор 29 с выхода вычитателя 27 будет подаваться видеосигнал

$$U_x = U_b - U_a = 2AB \sin \varphi, \quad (7)$$

а с выхода схемы вычитания 28 - видеосигнал

$$U_y = U_2 - U_B = 2AB \cos \varphi. \quad (8)$$

Регулировкой фазовых характеристик вычитателей 27, 28 индикатор 31 устанавливается на  $0^\circ$ .

Калибровка измерителя для измерения  $\varphi_{обр}$  производится аналогично. При этом переключатели 17, 18 переводятся в положение а' - б' соответственно.

При калибровке измерителя для измерения  $\Delta\varphi$  переключатели 17, 18 устанавливаются в положения а' и б. В этом случае на входы тройников 19 и 20 подаются сигналы с выходов ответвителей 11 и 12.

На этапе измерения переключатели 13, 14 устанавливаются в положение б-б', а генератор 1 и блок управления 2 переводятся в автоматический режим.

При этом блок управления 2 начинает вырабатывать управляющие импульсы типа "меандр" с частотой следования  $F_{упр}$ . Соотношение

$$\frac{F_{упр}}{F_{к.4}} = n, \quad (9)$$

где  $F_{к.4}$  - частота качания генератора, определяет число точек измерения в пределах полосы качания. На экране ЭЛТ 32 луч будет очерчивать три

линии, первая из которых будет представлять в полярных координатах зависимость  $\varphi_{пр}$ , вторая - зависимость  $\varphi_{обр}$ , а третья - зависимость  $\Delta\varphi$  от частоты СВЧ-генератора. Оче-

видно, что в те моменты времени, когда СВЧ-сигнал поступает в измерительный тракт через аттенюатор 5, на входе синхронного детектора 30 будет сигнал, определяемый выражениями (7) и (8) в зависимости от

положения коммутатора 29, и пропорциональный  $\varphi_{пр}$ . Постоянное напряжение с выхода детектора 30 поступает на индикатор 31, причем при подаче видеосигнала, например, с вычитателя 27 на вход детектора 30

индикатор 31 будет служить для отсчета измеряемого фазового сдвига, а при подаче видеосигнала с выхода вычитателя 28 - для исключения неоднозначности отсчета при измерении  $\varphi_{пр}$  в пределах  $0-360^\circ$ .

В те моменты времени, когда СВЧ-сигнал поступает в измерительный тракт через аттенюатор 6 на входе детектора 30 будет напряжение, пропорциональное  $\varphi_{обр}$ .

Когда СВЧ-сигнал поступает в измерительный тракт через оба аттенюатора 5, 6, на входе детектора 30 будет видеосигнал, пропорциональный  $\Delta\varphi$ .

В случае запитки кольцевого тракта со стороны аттенюаторов 5 и 6, например, при измерении  $\varphi_{пр}$ , в ответителе 9, 12, вследствие их конечной направленности попадает часть СВЧ-сигнала обратной волны, а в ответителе 12 кроме того попадает часть СВЧ-сигнала обратной волны, отраженной от выхода четырехполюсника. Поэтому при измерении  $\varphi_{пр}$  и  $\varphi_{обр}$  возникает дополнительная погрешность, которая в заявляемом измерителе исключена за счет наличия в измерительном тракте только одной парциальной волны.

Таким образом, технико-экономические преимущества заявляемого устройства по сравнению с прототипом заключаются в следующем.

Предлагаемый измеритель имеет более высокую точность измерения  $\varphi_{пр}$  и  $\varphi_{обр}$ , которая достигается, во-первых, за счет временного разделения каналов парциальных волн в кольцевом тракте, во-вторых, за счет применения одного синхронного детектора и индикатора с нулем в середине шкалы.

Общая трудоемкость измерения уменьшается за счет возможности одновременного последовательного контроля  $\varphi_{пр}$ ,  $\varphi_{обр}$  и  $\Delta\varphi$ .

Предлагаемый измеритель позволяет получить панорамное воспроизведение  $\varphi_{пр}$ ,  $\varphi_{обр}$  и  $\Delta\varphi$  в полосе частот за счет применения генератора качающейся частоты.

#### Формула изобретения

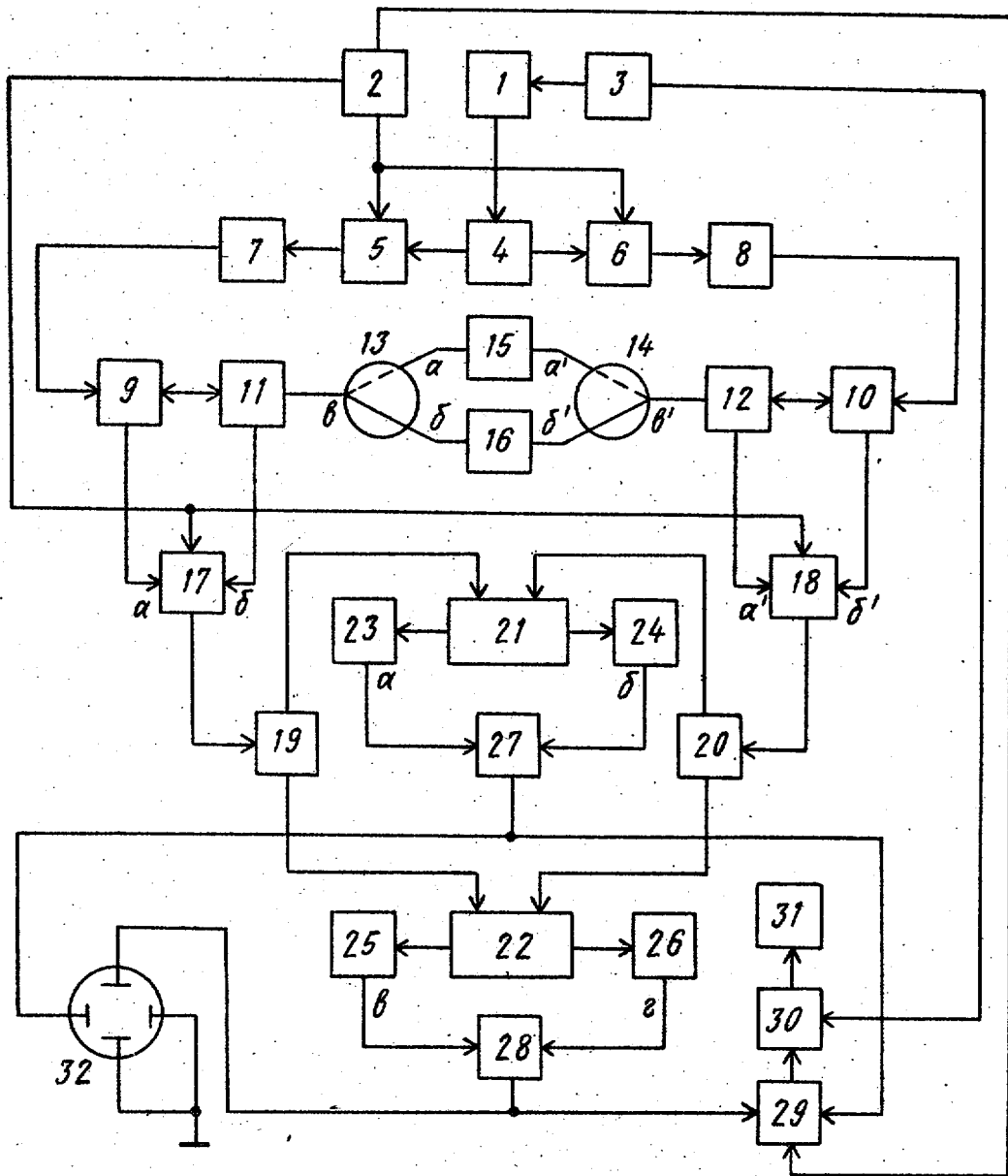
Измеритель фазовых сдвигов невзаимных четырехполюсников, содержащий делитель мощности, первый и второй ферритовые вентили, выходы которых через основные каналы соответственно первого, второго, третьего и четвертого направленных ответителей подключены к первым фланцевым соединениям первого и второго высокочастотных переключателей,

вторая пара фланцевых соединений которых соединена с входом и выходом отрезка волновода, а третья пара - с клеммами подключения исследуемого невзаимного четырехполюсника, квадратурный и противофазный восьмиполюсники, входы которых подключены к выходам первого и второго тройников, первый и второй вычитатели, выходы которых подсоединены соответственно к горизонтально и вертикально отклоняющим пластинам электроннолучевой трубки, синхронный детектор, соединенный входом с выходом модулятора, а выходом - с индикатором, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения фазовых сдвигов и расширения функциональных возможностей за счет обеспечения возможности панорамного воспроизведения фазовых сдвигов в полосе частот, введены генератор качающейся частоты, первый и второй управляемые аттенюаторы, первый и второй управляемые СВЧ-переключатели, первый, второй, третий и четвертый детекторы и управляемый двухканальный электронный коммутатор, причем вход генератора качающейся частоты подключен к выходу модулятора, а выход - к входу делителя мощности, входы управляемых аттенюаторов соединены с выходами делителя мощности, а выходы - соответственно с входами ферритовых вентилях, первые входы СВЧ-переключателей подключены к вторичным каналам первого и третьего направленных ответителей, вторые входы - к вторичным каналам второго и четвертого направленных ответителей, а их выходы - соответственно к входам первого и второго тройников, выходы квадратурного и противофазного восьмиполюсников подключены соответственно к входам первого, второго, третьего и четвертого детекторов, выходы которых подсоединены к первому и второму вычитателям, входы управляемого двухканального электронного коммутатора подключены к выходам первого и второго вычитателей, а выход - к входу синхронного детектора.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Елизаров А.С. Автоматизация измерений параметров линейных невзаимных СВЧ-четырёхполюсников. М., "Советское радио", 1978.
2. Авторское свидетельство СССР № 363043, кл. G 01 R 25/00, 1973 (прототип).



Составитель Н.Медведева  
 Редактор Л.Утехина Техред М.Табакович Корректор Е.Рошко

Заказ 1379/25 Тираж 732 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ПИИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4