



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е И З О Б Р Е Т Е Н И Я

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 890264

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 05.06.79 (21) 2775768/18-21

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.12.81. Бюллетень № 46

Дата опубликования описания 15.12.81

(51) М. Кл.³

G 01 R 25/00

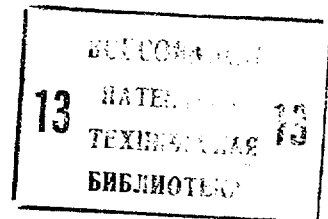
(53) УДК 621.317.
.77(088.8)

(72) Автор
изобретения

В. Т. Ревин

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

1

Изобретение относится к СВЧ измерительной технике и может быть использовано для измерения линейных взаимных и 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 постоянного тока, усилитель отношения, синхронный детектор, электроннолучевой индикатор, генератор пилообразного тока и генератор пилообразного напряжения [1].

Однако в известном измерителе существует дополнительная погрешность измерения, обусловленная прежде всего неидентичностью параметров комбинированного двойного тройника и их зависимость от величины измеряемого фазового сдвига. Процесс калибровки измерителя связан со сравнительно большими затратами времени, поскольку предусматривает включение в измерительный тракт вместо ис-

2

следуемого четырехполюсника калибровочного отрезка волновода. Кроме того, этот измеритель не позволяет производить измерения прямого и обратного фазовых сдвигов исследуемого четырехполюсника.

5 Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является измеритель фазовых сдвигов невзаимных четырехполюсников, содержащий СВЧ генератор высокого уровня мощности, 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, 10 первый, второй, третий, четвертый высокочастотные переключатели, испытуемый невзаимный четырехполюсник, первый и второй тройники, квадратурный и противофазный восьмиполусники, первый, второй, третий, четвертый безынерционные измерители мощности высокого уровня, первую, вторую, третью, четвертую согласованные нагрузки, первую и вторую схемы вычитания, первый и второй синхронные де-

текторы, первый и второй индикаторы с нулем в середине шкалы, ЭЛТ модулятор, причем выход СВЧ генератора высокого уровня мощности подключен к входу делителя мощности, а вход — к первому выходу модулятора, первый и второй выходы делителя мощности последовательно через первый и второй ферритовые вентили, основные каналы соответственно первого, второго и четвертого, третьего направленных ответвителей подключены к первым фланцевым соединениям первого и второго высокочастотных переключателей, вторые фланцевые соединения которых подключены соответственно к входу и выходу калибровочного канала, а третий — к входу и выходу испытуемого невязимного четырехполосника. Вторые фланцевые соединения третьего и четвертого высокочастотных переключателей подключены к вторичным каналам первого и третьего направленных ответвителей, к третьим фланцевым соединениям подключены выходы вторичных каналов второго и четвертого направленных ответвителей, а к первым — входы первого и второго тройников соответственно. Первый и второй входы квадратурного (90°) и противофазного (180°) восьми-полосников подключены к первым и вторым выходам первого и второго тройников, а первый и второй выходы соответственно через первый, второй и третий, четвертый безынерционные измерители мощности подключены к первой, второй и третьей, четвертой согласованным нагрузкам. Первые и вторые входы первой и второй схем вычитания подключены соответственно к выходам первого, второго и третьего, четвертого безынерционных измерителей мощности, а выходы — соответственно к горизонтально и вертикально отклоняющим пластинам электроннолучевой трубки, а также к первым входам первого и второго синхронных детекторов, к вторым входам которых подключен второй выход модулятора. 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, причины которых — существование в кольцевом измерительном тракте двух одновременно существующих и противоположно направленных СВЧ волн, неидентичность синхронных детекторов и индикаторов с нулем в середине шкалы, конечная величина развязки между каналами, наличие отражения СВЧ сигнала от входов и выходов высокочастотных переключателей и потери в них. Измеритель не позволяет производить панорамное воспроизведение фазовых сдвигов в диапазоне частот, и, кроме того, предназначен только для изме-

рения фазовых сдвигов невязимных четырехполосников.

5 Целью изобретения является повышение точности измерения прямого, обратного и невязимного фазовых сдвигов, возможность панорамного воспроизведения фазовых сдвигов в диапазоне частот, а также возможность измерения фазового сдвига взаимных четырехполосников.

10 Указанная цель достигается тем, что в измерителе фазовых сдвигов четырехполосников, содержащий модулятор, первый и второй ферритовые вентили, выходы которых соответственно через первый и второй, третий и четвертый направленные ответвители подсоединены к входам первого и второго СВЧ переключателей, к первым выходам которых подключены зажимы для включения отрезка волновода, а ко вторым — исследуемого четырехполосника, 15 первый квадратурный восьмиполосник, первый и второй вычитатели, синхронный детектор и электроннолучевую трубку, введены генератор качающейся частоты, дополнительный СВЧ переключатель, второй квадратурный восьмиполосник, первый, второй, третий и четвертый 20 детекторы, первый и второй электронные коммутаторы, аналого-цифровой преобразователь, блок памяти, цифро-аналоговый преобразователь, арифметический блок, цифровой индикатор и блок управления, причем вход генератора качающейся частоты соединен с выходом 25 модулятора, а первый выход — к входу дополнительного СВЧ переключателя, первый и второй выходы которого подключены к первому и второму ферритовым вентилям, при этом первый и второй входы первого и второго квадратурных восьмиполосников подсоединены соответственно к выходам первого и третьего, второго и четвертого направленных 30 ответвителей, а первый и второй выходы их через первый и второй, третий и четвертый детекторы — к первому и второму входам первого и второго вычитателей, первый и второй входы первого электронного коммутатора соединены с выходами указанных вычитателей, 35 а выход — с первым входом синхронного детектора, второй вход которого подключен к выходу модулятора, при этом вход аналого-цифрового преобразователя подсоединен к выходу синхронного детектора, а выход — через последовательно соединенные блок памяти и арифметический блок — к входам цифрового 40 индикатора и цифро-аналогового преобразователя, первый и второй входы второго электронного коммутатора соединены соответственно с выходами цифро-аналогового преобразователя и синхронного детектора, а выход — с вертикально отклоняющими пластинами электроннолучевой трубки, с горизонтально отклоня-

ющими пластинами которой соединен второй выход генератора качающейся частоты, а первый, второй, третий и четвертый выходы блока управления подключены к управляющим входам дополнительного СВЧ переключателя, первого и второго электронных коммутаторов и арифметического блока.

На чертеже приведена структурная схема предлагаемого измерителя.

Измеритель содержит генератор 1 качающейся частоты, модулятор 2, СВЧ переключатель 3, первый 4 и второй 5 ферритовые вентили, первый 6, второй 7, третий 8, четвертый 9 направленные ответвители, первый 10 и второй 11 СВЧ переключатели, отрезок волновода 12, исследуемый четырехполюсник 13, первый 14 и второй 15 квадратурные восьмиполосники, первый 16, второй 17, третий 18, четвертый 19 детекторы, первый 20 и второй 21 вычитатели, первый 22 и второй 23 двухканальные электронные коммутаторы, синхронный детектор 24, цифро-аналоговый преобразователь 25, ЭЛТ 26, аналого-цифровой преобразователь 27, блок памяти 28, арифметический блок 29, цифровой индикатор 30 и блок 31 управления.

Измеритель работает следующим образом.

В режиме калибровки переключатели 10 и 11 устанавливаются в первое положение, генератор 1 качающейся частоты и блок 31 управления переводятся в ручной режим работы, при этом частота СВЧ сигнала устанавливается равной средней рабочей частоте исследуемого четырехполюсника, а блок 31 управления устанавливается в такое положение, при котором к кольцевому измерительному тракту подключен первый выход управляемого СВЧ переключателя 3, к входу синхронного детектора 24 подключен выход вычитателя 20, а к выходу — вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ 26. При таком состоянии измерителя СВЧ сигнал поступает от генератора 1 качающейся частоты на вход переключателя 3 и с первого выхода его проходит последовательно ферритовый вентиль 4, направленные ответвители 6 и 7, отрезок тракта, направленные ответвители 8 и 9 и поглощается ферритовым вентиляем 5. На первый и второй входы квадратурного восьмиполосника поступают СВЧ сигналы с выходов вторичных каналов первого 6 и третьего 8 направленных ответвителей (поскольку они ориентированы на подающую волну)

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

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

где A и B — амплитуды СВЧ сигналов;

φ — фазовый сдвиг отрезка волновода.

Если детекторы 16 и 17 являются квадратичными, то видеосигналы на их выходах равны

$$U_{16} = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 - AB \sin \varphi, \quad (3)$$

$$U_{17} = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} B^2 + AB \sin \varphi, \quad (4)$$

На выходе вычитателя 20 имеется сигнал, равный разности этих двух видеосигналов

$$U = U_{17} - U_{16} = 2AB \sin \varphi. \quad (5)$$

Регулировкой фазовой характеристики его показание цифрового индикатора 30 устанавливается равным нулю.

Калибровка измерителя на измерение обратных фазовых сдвигов производится аналогично, но при этом с помощью СВЧ переключателя 3 изменяется направление распространения СВЧ волны в кольцевом тракте на обратное, к входу синхронного детектора 24 подключается через электронный коммутатор 22 выход вычитателя 21.

В режиме измерения фазовых сдвигов СВЧ переключатели 10 и 11 переводятся во второе положение, блок 31 управления и генератор 1 качающейся частоты переводятся в автоматический режим. При этом в момент каждого измерения осуществляется автоматическая остановка обтирания генератора 1 качающейся частоты, в результате чего, например, при измерении фазовых сдвигов невзаимных четырехполюсников, возможно наблюдение прямого, обратного и невзаимного фазового сдвига четырехполюсника.

Рассмотрим процесс измерения фазовых сдвигов и одновременно покажем осуществление возможности измерения фазовых сдвигов как взаимных, так и невзаимных четырехполюсников, а также повышение точности измерения. В режиме измерения фазового сдвига взаимного четырехполюсника переключатели 10 и 11 устанавливаются во второе положение, блок 31 управления переводится в ручной режим, при этом к кольцевому измерительному тракту подключен первый выход СВЧ переключателя 3, к входу синхронного детектора 24 подключен выход вычитателя 20, а к выходу — вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ 26. В этом случае на вход синхронного детектора 24 подается видеосигнал, с выхода которого снимается постоянное напряжение, пропорциональное измеряемому фазовому сдвигу четырехполюсника. Это напряжение индицируется на экране ЭЛТ в функции двух координат: по оси y отклонение луча пропорционально измеряемому фазовому сдвигу, а по оси x — пропорционально частоте СВЧ сигнала. Затем по сигналу от блока 31 управле-

ния генератор 1 качающейся частоты перестраивается на новую частоту, и процесс измерения повторяется. После окончания одного периода свипирования на экране трубки получаем совокупность точек $\gamma = \gamma(f)$. Постоянное напряжение с выхода синхронного детектора 24 поступает также на аналого-цифровой преобразователь 27, с выхода которого напряжение в цифровой форме поступает на цифровой индикатор 30.

Измерение прямых и обратных фазовых сдвигов невзаимных четырехполюсников происходит аналогично измерению фазового сдвига взаимного четырехполюсника, но при этом напряжения в цифровой форме, поступающие с выхода аналого-цифрового преобразователя 27, пропорциональные $\varphi_{\text{пр.}}$ и $\varphi_{\text{обр.}}$, запоминаются блоком 28 памяти.

В режиме измерения невзаимного фазового сдвига с блока управления поступает сигнал на блок памяти 28, которое выдает напряжение, пропорциональное $\varphi_{\text{пр.}}$ и $\varphi_{\text{обр.}}$, на арифметический блок 29. Одновременно с блока 31 управления поступает сигнал на электронный коммутатор 23, который подключает к вертикально отклоняющим пластинам ЭЛТ 26 выход цифро-аналогового преобразователя 25.

С выхода арифметического блока 29 напряжение, равное $\Delta\varphi = \varphi_{\text{пр.}} - \varphi_{\text{обр.}}$, поступает на вход цифро-аналогового преобразователя 25, с выхода которого напряжение в аналоговой форме подается на вертикально-отклоняющие пластины ЭЛТ 26.

Операции измерения $\varphi_{\text{пр.}}$, $\varphi_{\text{обр.}}$ и $\Delta\varphi$ осуществляются последовательно по командам с блока 31 управления. В результате на экране ЭЛТ 26 индицируются зависимости: $\varphi_{\text{пр.}} = \gamma_1(f)$; $\varphi_{\text{обр.}} = \gamma_2(f)$; $\Delta\varphi = \gamma_3(f)$.

Если предположить, что в режиме измерения $\varphi_{\text{пр.}}$ тракт записывается одновременно и со стороны вентилей 4 и со стороны вентилей 5, то в ответитель 6, вследствие его конечной направленности, попадает часть СВЧ сигнала обратной волны, прошедшей через отрезок тракта, а в ответитель 8 попадает часть СВЧ сигнала обратной волны и часть этого сигнала, отраженного от выхода четырехполюсника, на которую этот ответитель оказывается включенным в прямом направлении. Поэтому возникает дополнительная погрешность измерения $\varphi_{\text{пр.}}$, обусловленная тем, что с выхода вторичного канала направленного ответителя 6 снимается сигнал

$$U_1 = A \sin \omega t + C \sin(\omega t + \varphi_{\text{обр.}}),$$

а с выхода вторичного канала направленного ответителя 8 снимается сигнал

$$U_2 = B \sin(\omega t + \varphi_{\text{пр.}}) + E \sin \omega t + D \sin(\omega t + \varphi),$$

где φ' — фаза сигнала, отраженного от выхода четырехполюсника В.

Здесь С — амплитуда обратной волны, прошедшей через исследуемый четырехполюсник и попавшей во вторичный канал направленного ответителя 6;

Е — амплитуда обратной волны, попавшей во вторичный канал направленного ответителя 8;

Д — амплитуда обратной волны, отраженной от выхода исследуемого четырехполюсника и попавшей во вторичный канал направленного ответителя 8;

φ' — фаза сигнала, отраженного от выхода исследуемого четырехполюсника.

Аналогичные рассуждения можно привести и для случая измерения.

Технико-экономические преимущества предлагаемого изобретения заключаются в следующем. Устройство позволяет измерить фазовые сдвиги как взаимных, так и невзаимных СВЧ четырехполюсников. Имеет более высокую точность измерения, которая достигается, во-первых, за счет временного разделения каналов парциальных волн в кольцевом тракте, во-вторых, точность измерения повышается за счет исключения из измерительного тракта двух СВЧ переключателей, и в-третьих, за счет применения только одного синхронного детектора, и позволяет панорамно воспроизводить зависимость фазовых сдвигов от частоты.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Измеритель фазовых сдвигов четырехполюсников, содержащий модулятор, первый и второй ферритовые вентили, выходы которых соответственно через первый и второй, третий и четвертый направленные ответители подключены к входам первого и второго СВЧ переключателей, к первым выходам которых подключены зажимы для включения отрезка волновода, а ко вторым — исследуемого четырехполюсника, первый квадратурный восьмиполюсник, первый и второй вычитатели, синхронный детектор и электроннолучевую трубку, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения фазовых сдвигов и расширения функциональных возможностей, в него введены генератор качающейся частоты, дополнительный СВЧ переключатель, второй квадратурный восьмиполюсник, первый, второй, третий и четвертый детекторы, первый и второй электронные коммутаторы, аналого-цифровой преобразователь.

блок памяти, арифметический блок, цифро-аналоговый преобразователь, цифровой индикатор и блок управления, причем вход генератора качающейся частоты соединен с выходом модулятора, а первый выход — к входу дополнительно СВЧ переключателя, первый и второй выходы которого подключены к первому и второму ферритовым вентилям, при этом первый и второй входы первого и второго квадратурных восьмиполюсников подсоединены соответственно к выходам первого и третьего, второго и четвертого направленных ответвителей, а первый и второй выходы их через первый и второй, третий и четвертый детекторы — к первому и второму входам первого и второго вычитателей, первый и второй входы первого электронного коммутатора соединены с выходами указанных вычитателей, а выход — с первым входом синхронного детектора, второй вход которого подключен к выходу модулятора, при этом вход аналого-цифрового преобразователя подсоединен к выходу синхронного детектора, а выход — через последовательно соединенные блок памяти и арифме-

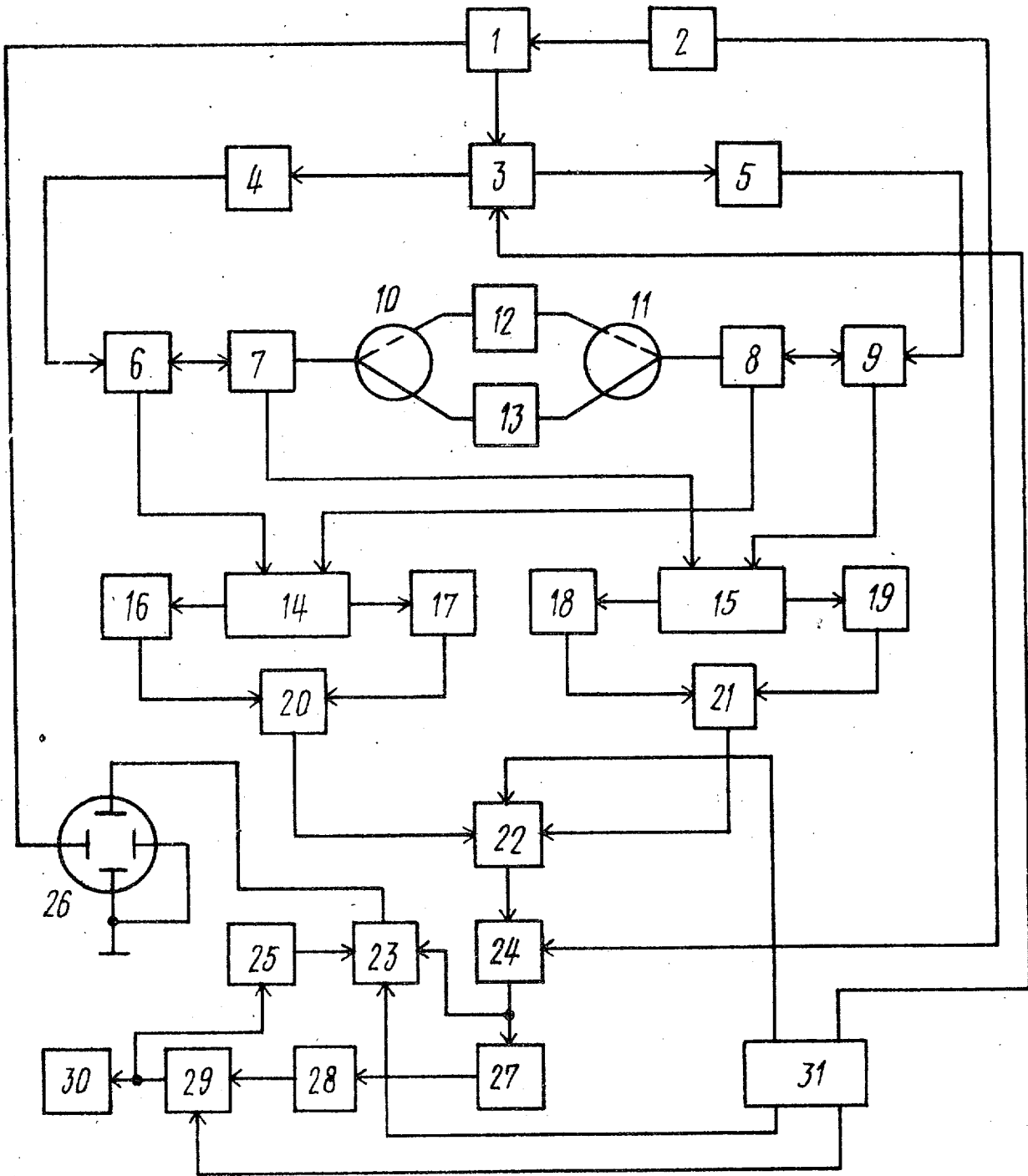
5 тический блок — к входам цифрового индикатора и цифро-аналогового преобразователя, первый и второй входы второго электронного коммутатора соединены соответственно с выходами цифро-аналогового преобразователя и синхронного детектора, а выход — с вертикально отклоняющими пластинами электроннолучевой трубки, с горизонтально отклоняющими пластинами которой соединен второй выход генератора качающейся частоты, а первый, второй, третий и четвертый выходы блока управления 10 подключены к управляющим входам дополнительного СВЧ переключателя, первого и второго электронных коммутаторов и арифметического блока. 15

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Елизаров А. С. "Автоматизация измерения параметров линейных невзаимных СВЧ четырехполюсников. М., "Советское радио", 1978. 20

2. Авторское свидетельство СССР № 363043, кл. G 01 R 25/00, 1973.



Составитель А. Старостина
 Редактор О. Персиянцева Техред М. Рейвес Корректор Н. Стен

Заказ 10962/72 Тираж 735 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