

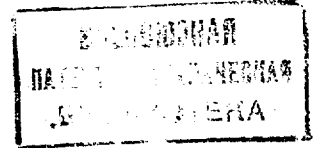


СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1659904 A1

(51)5 G 01 R 27/04

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4640297/09
(22) 19.01.89
(46) 30.06.91. Бюл. № 24
(71) Минский радиотехнический институт
(72) А.С.Елизаров, И.Е.Гришукевич
и В.Б.Гайдук
(53) 621.317.041(088.8)
(56) Microwave and RF. - 1984, v. 23, 10,
с.169 - 172.

Авторское свидетельство СССР
№ 1540497, кл. G 01 R 27/04. 1988.

(54) АНАЛИЗАТОР СВЧ-ЦЕПЕЙ

(57) Изобретение относится к радиоизмерительной технике. Цель изобретения - повышение точности. Анализатор содержит г-р 1 качающейся частоты, направленные ответ-

2

вители 2 и 3, балансный модулятор 5, смесители 6 и 7, дискретный фазовращатель 8, исследуемую СВЧ-цепь 9, делитель 11 мощности, управляюще-вычислительный блок 12, коммутатор 15, г-р 17 модулирующего сигнала и синхронный детектор 19. Цель достигается введением направленного ответвителя 4, согласованной нагрузки 10, полосового фильтра 13, измерителя 14 отношений, детектора 16 и управляемого усилителя 18, с помощью которых отслеживается изменение выходной мощности г-ра 1 в пределах всего диапазона частот путем формирования управляющего сигнала для автоматической регулировки его мощности. 1 ил.

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано для измерения комплексных параметров СВЧ-цепей.

Цель изобретения - повышение точности.

На чертеже приведена структурная схема анализатора СВЧ-цепей.

Анализатор СВЧ-цепей содержит генератор 1 качающейся частоты, первый 2, второй 3 и третий 4 направленные ответвители, балансный модулятор 5, первый 6 и второй 7 смесители, дискретный фазовращатель 8, исследуемую СВЧ-цепь 9, согласованную нагрузку 10, делитель 11 мощности, управляюще-вычислительный блок 12, полосовой фильтр 13, измеритель 14 отношений, коммутатор 15, детекторную секцию 16, генератор 17 модулирующего сигнала, уп-

равляемый усилитель 18, синхронный детектор 19.

Анализатор СВЧ-цепей работает следующим образом.

Выходной сигнал генератора 1 частотой ω делится с помощью первого направленного ответвителя 2 на две части, одна из которых является опорным сигналом, а другая - измерительным. В свою очередь, измерительный сигнал модулируют с помощью балансного модулятора 5 напряжением частоты Ω_0 . При этом на выходе балансного модулятора 5 образуются различные спектральные составляющие, в том числе: $\omega_0 + \Omega_0$ и $\omega_0 - \Omega_0$. Сама же несущая ω_0 будет подавлена за счет балансных свойств модулятора. Затем измерительный сигнал, частично отражаясь от исследуемой СВЧ-цепи 9 и распространяясь через нее, преобразуется в выходные сигналы вторичных каналов второго и треть-

(19) SU (11) 1659904 A1

его направленных ответвителей 3 и 4. Эти сигналы подаются на первые входы первого и второго смесителей 6 и 7. Одновременно на вторые входы первого и второго смесителей 6 и 7 поступает опорный сигнал, предварительно разделенный пополам в делителе 11 и в каждой частотной точке, например ω_0 , обретающий поочередно два значения с равной амплитудой и фазой, сдвинутой на 90° (результат работы дискретного фазовращателя 8). Поступающие на первый и второй смесители 6, 7 сигналы смешиваются, и на их выходах образуются полезные сигналы, несущие информацию об измеряемых параметрах с частотой Ω_0 , а также паразитные гармонические составляющие. Далее сигналы с измерительной информацией поступают на входы коммутатора 15, управляемого от управляюще-вычислительного блока 12, который поочередно подключает выходы первого и второго смесителей 6, 7 на входы измерителя 14 и полосового фильтра 13. При этом за время нахождения коммутатора 15 в одном из положений дискретный фазовращатель 8 половину этого времени находится в одном положении (поворот фазы проходящего через него сигнала на -45°), а половину времени – в другом (поворот фазы на $+45^\circ$). Затем коммутатор 15 переключается и на измеритель 14, а также на полосовой фильтр 13 подается сигнал с другого смесителя. Следовательно, в каждой частотной точке работы анализатора СВЧ-цепей формируются и подвергаются дальнейшей обработке четыре измерительных сигнала – по два с выхода каждого из смесителей, причем их амплитуды равны.

$$U_1 \sim K \cdot E_1 \cdot E_2 \cos \varphi,$$

$$U_2 \sim K \cdot E_1 \cdot E_2 \sin \varphi$$

где K – суммарный коэффициент передачи измерительного канала (определяется при калибровке);

E_1 – амплитуда сигнала, поступающего с генератора 1;

E_2 – амплитуда сигнала, поступающего с генератора 17;

φ – фазовый сдвиг между опорным и измерительным сигналами.

Первый и второй смесители 6 и 7 выполняют также и роль амплитудных детекторов фазоманипулированного сигнала, который образуется за счет манипуляции фазы опорного сигнала при его прохождении через дискретный фазовращатель 8. Причем наличие сигнала, представляющего собой результат амплитудного детектирования фазоманипулированного сигнала, неслож-

но продемонстрировать, исходя из следующего.

Фазоманипулированные колебания можно представить как

$$U_{on} = U_{m \text{ on}} \cos [\omega_0 t + \theta(t)] = U_{m \text{ on}} \cdot \cos \theta(t) \cos \omega_0 t - U_{m \text{ on}} \cdot \sin \theta(t) \cdot \sin \omega_0 t,$$

т.е. мы получаем два амплитудно-манипулированных колебания, которые складываются в квадратуре. При этом $\theta(t)$ изменяется в пределах от $-\pi/4$ до $\pi/4$. Так как $\cos \pi/4 = \cos(-\pi/4)$ то $\cos \theta(t) = \text{const}$ и конкретно при этих пределах изменения $\cos \theta(t) = \sqrt{2}/2$. С другой стороны, $\sin \theta(t)$ раскладывается в ряд

$$\sin \theta(t) = 4/\pi \sin \theta_{\text{max}} (\sin \Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t + \dots)$$

где $\Omega = \frac{2\pi}{T}$ – частота манипуляции выходного сигнала дискретного фазовращателя 8.

$$\sin \theta_{\text{max}} = \frac{\sqrt{2}}{2}. \text{ Получаем}$$

$$\sin \theta(t) = 2 \frac{\sqrt{2}}{\pi} (\sin \Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t + \dots).$$

Подставляя эти значения в исходное выражение, получаем с учетом очевидных преобразований

$$U_{on} = \frac{\sqrt{2}}{2} U_{m \text{ on}} \cos \omega_0 t - \frac{\sqrt{2}}{2} U_{m \text{ on}} \cdot \cos(\omega_0 + \Omega) + \\ + \frac{\sqrt{2}}{2} U_{m \text{ on}} \cdot \cos(\omega_0 - \Omega) - \frac{\sqrt{2}}{2} U_{m \text{ on}} \cdot \cos(\omega_0 + 3\Omega) + \\ \frac{\sqrt{2}}{2} U_{m \text{ on}} \cos(\omega_0 - 3\Omega) \dots$$

Таким образом, мы получаем фактически спектр АМ-колебания, на который и реагирует первый или второй смеситель 6 или 7, выполняющий роль амплитудного детектора.

Итак, гармоническая составляющая спектра выходного сигнала Ω первого или второго смесителя 6 или 7, а также ряд ближайших ее высших гармоник 3Ω , 5Ω , 7Ω , 9Ω могут быть использованы как сигнал для автоматической регулировки мощности [АРМ] генератора 1, так как их величина зависит только от выходной мощности генератора 1, распространяющейся в опорном канале, и не зависит от изменений мощности в измерительном канале за счет подключения различных исследуемых СВЧ-цепей. При этом роль детектора выполняют сами смесители без применения дополнительных детекторных секций и направленного ответвителя петли АРМ, что повышает точность измерений и упрощает структуру СВЧ волноводного тракта.

Далее сигнал с выхода первого или второго смесителя 6 или 7 попадает на вход полосового фильтра 13, полоса пропускания которого включает частоты Ω , 3Ω , 5Ω и т.д.

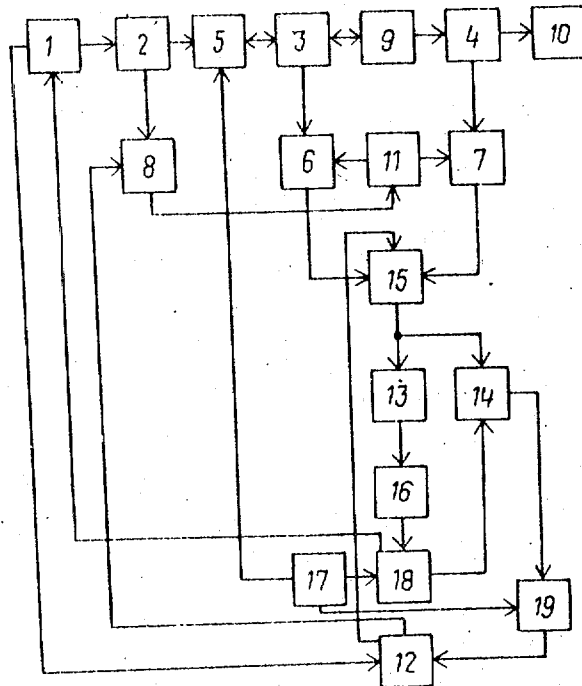
до тех пор, пока составляющая $(2n + 1) \cdot \Omega$ еще достаточно существенна с точки зрения энергетической. Экспериментально установлено, что можно ограничиться значением 9Ω . Чтобы убедиться в том, что частота Ω и частота модуляции Ω_0 не влияют друг на друга, достаточно их сравнить. Обычно $\Omega = 256$ Гц, $\Omega_0 = 100.000$ Гц. Измеритель 14, на вход которого поступает сигнал с выхода смесителя, имеет селективный вход, настроенный на частоту модуляции Ω_0 , тем самым отфильтровываются различные паразитные гармоники и комбинации. По прохождении полосового фильтра 13 сигнал поступает на детекторную секцию 16, служащую для детектирования низкочастотного сигнала, превращения его в постоянное напряжение, которым управляется управляемый усилитель 18. Сигнал с генератора 17, поступая на управляемый усилитель 18, отслеживает изменения выходной мощности генератора 1 и поступает на вход "АРМ" генератора 1, а также на второй вход измерителя 14. Так как мощность генератора 1 может в пределах всего диапазона частот изменяться несколько раз, то система АРМ не может обеспечить в достаточной степени постоянство выходной мощности. Эти отклонения устраняет использование измерителя 14, выходной сигнал которого меняется в зависимости лишь от исследуемой СВЧ-цепи, но не от колебаний мощности генератора 1, так как эти изменения приводят к изменениям сигнала с выхода управляемого усилителя 18, а отношение сигналов с обеих входов измерителя 14 не меняется.

С измерителя 14 сигнал поступает на синхронный детектор 19, который детектирует синхронно с сигналом от генератора 17, и на выходе детектора 19 получаем постоянные напряжения, несущие информацию об измеряемых параметрах. Далее информация обрабатывается в управляюще-вычислительном блоке 12 по известным алгоритмам.

Формула изобретения

Анализатор СВЧ-цепей, содержащий последовательно соединенные генератор качающейся частоты и первый направленный ответвитель, ориентированный на па-

дающую волну, выход вторичного канала которого соединен с входом дискретного фазовращателя, генератор модулирующего сигнала, соединенный с модулирующим входом балансного модулятора и опорным входом синхронного детектора, управляюще-вычислительный блок, первый выход которого соединен с входом управления частотой генератора качающейся частоты, второй выход – с управляющим входом коммутатора, третий выход – с управляющим входом дискретного фазовращателя, а вход – с выходом синхронного детектора, делитель мощности, первый выход которого соединен с первым входом первого смесителя, и второй направленный ответвитель, выход первичного канала которого предназначен для подключения исследуемой СВЧ-цепи, ориентированный на отраженную волну выход вторичного канала соединен с вторым входом первого смесителя, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности, выход коммутатора через введенные последовательно соединенные полосовой фильтр и детектор подсоединен к управляемому входу введенного управляемого усилителя, управляющий вход которого соединен с выходом генератора модулирующего сигнала, а выход – с первым входом введенного измерителя отношений и входом управления мощностью генератора качающейся частоты, второй вход измерителя отношений соединен с выходом коммутатора, а выход – с сигнальным входом синхронного детектора, введен третий направленный ответвитель, вход первичного канала которого предназначен для подключения выхода исследуемой СВЧ-цепи, к выходу первичного канала подсоединена введенная согласованная нагрузка, а ориентированный на падающую волну выход вторичного канала соединен с вторым входом введенного второго смесителя, первый вход которого подключен к второму выходу делителя мощности, а выход – к второму входу коммутатора, при этом выход дискретного фазовращателя соединен с входом делителя мощности, а балансный модулятор включен между выходом первичного канала первого и входом первичного канала второго направленных ответвителей.



Редактор Т.Орловская

Составитель М.Кромин
Техред М.Моргентал

Корректор И.Муска

Заказ 1842

Тираж 424

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101