Союз Советских Социалистических Республик

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 836603

(61) Дополнительное к авт. свид-ву –

(22) Заявлено 15.01.79 (21) 2713704/18-21

с присоединением заявки № –

(23) Приоритет –

Опубликовано 07.06.81. Бюллетень № 21

Дата опубликования описания 07.06.81

(51) М. Кл.³ G 01 R 27/28

(53) УДК 621.317.77(088.8)

(72) Автор изобретения И. Г. Кашапов

(71) Заявитель –

ВСЕСОЮЗНАЯ 13 ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ 13 БИБЛИОТЕКА

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ СВЧ

1

Изобретение относится к технике измерений фазочастотных характеристик (ФЧХ) четырехполюсников СВЧ.

Известно устройство для наблюдения ФЧХ на экране осциллографа, содержащее осциллограф, фазовый детектор, генератор линейно-частотных колебаний, устройство выделения нуль-переходов, линию задержки и генератор линейно-нарастающего напряжения [1].

Недостатком его является ограниченный частичный диапазон измерений ФЧХ и низкая точность измерений, обусловленные отсутствием технических средств для исключения неидентичности каналов фазового детектора.

Известно также устройство для автоматического измерения ФЧХ, которое содержит фазовую систему синхронизации частоты стабильного генератора, два смесителя, делители мощности и осциллографический индикатор [2].

Низкая помехоустойчивость этого устройства обусловлена неустойчивостью фазовой системы синхронизации частоты при больших расстройках.

Целью изобретения является расширение частотного диапазона и повышение точности измерений.

2

Достигается это тем, что в измерителе, содержащем два делителя мощности, стабильный генератор, два смесителя, фазочувствительный элемент, управляемый фазовращатель и осциллографический индикатор, введены волномер, усилитель, третий делитель мощности, третий и четвертый смесители, два усилителя промежуточной частоты, двухканальный коммутатор, линия задержки, ограничитель, два формирующих элемента, делитель частоты, сумматор, синхронизатор, однопозиционный переключатель и элемент памяти, при этом вход первого из упомянутых делителей мощности соединен с одним из входов измерителя, а первый выход названного делителя мощности через последовательно соединенные волномер и усилитель подключен к управляющему входу синхронизатора, к входу "X" осциллографического индикатора и к входу первого формирующего элемента, а второй выход первого делителя мощности соединен с одним из подвижных контактов двухканального коммутатора, второй подвижный контакт которого соединен с одним из выходов второго из упомянутых делителей мощности, входом соединенного с

вторым входом измерителя, а вторым выходом соединенным через линию задержки с входом третьего делителя мощности, первый выход которого соединен с одним из входов третьего смесителя, второй вход которого подключен к первому и четвертому неподвижным контактам двухканального коммутатора, а второй выход третьего делителя мощности соединен с одним из входов четвертого смесителя, второй вход которого подключен к второму и третьему неподвижным контактам двухканального коммутатора, управляющий вход которого соединен с одним из выходов первого формирующего элемента, второй выход которого соединен с управляющим входом однопозиционного переключателя, первый неподвижный контакт которого через один из входов элемента памяти соединен с входом синхронизатора, выход которого подключен к второму входу элемента памяти, второй выход которого подключен к одному из входов сумматора, второй вход которого подключен к входу "Y" осциллографического индикатора и ковторому неподвижному контакту однопозиционного переключателя, подвижный контакт которого соединен с выходом фазочувствительного элемента, первый вход которого подключен к выходу управляемого фазовращателя, управляющим входом, соединенным с выходом сумматора, а второй вход фазочувствительного элемента подключен к выходу первого из упомянутых смесителей, первый вход которого через первый усилитель промежуточной частоты подключен к выходу третьего смесителя, а второй вход смесителя соединен с выходом второго из упомянутых смесителей, первый вход которого соединен с выходом стабильного генератора и с входом управляемого фазовращателя, а второй вход второго смесителя через второй усилитель промежуточной частоты подключен к выходу четвертого смесителя и через последовательно соединенные ограничитель, второй формирующий элемент и делитель частоты подключен к входу "Z" яркостной модуляции осциллографического индикатора.

На фиг. 1 приведена блок-схема устройства; на фиг. 2 - временные диаграммы работы устройства.

Устройство содержит делители мощности 1 и 2, двухканальный коммутатор 3, смесители 4 и 5, усилители промежуточной частоты (УПЧ) 6 и 7, смесители 8 и 9, стабильный генератор 10, фазоизмерительный элемент 11, управляемый фазовращатель 12, однопозиционный переключатель 13, осциллографический индикатор 14, элемент памяти 15, синхронизатор 16, сумматор 17, волномер 18, усилитель 19, первый формирующий элемент 20, линия задержки 21, третий делитель мощности 22, ограничитель 23, второй формирующий элемент 24, делитель частоты 25 и входы 26 и 27 измерителя.

Устройство работает следующим образом.

Входы 26 и 27 измерителя подключаются к выходу исследуемого четырехполюсника и к выходу опорного генератора с линейночастотной модуляцией (ЛЧМ) по несимметричному пилообразному закону (на фиг. 1 не показаны).

Сигналы через делители мощности 1 и 2 и через двухканальный коммутатор 3 поступают на входы смесителей 4 и 5, к которым в качестве сигнала гетеродина подается сигнал, снимаемый с делителя мощности 22, задержанный по времени линией задержки 21. В результате смешивания сигнала ЛЧМ, задержанных по времени относительно друг друга, на выходе смесителей 4 и 5 возникают сигналы биений с частотами

$$F_{\delta 1} = \gamma t_з; \quad (1)$$

$$F_{\delta 2} = \gamma(T - t_з), \quad (2)$$

где $F_{\delta 1}$, $F_{\delta 2}$ - значения частот биений;
$t_з$ - время задержки сигналов;
γ - скорость изменения частоты;
T - длительность ЛЧМ сигналов.

$F_{\delta 2} > F_{\delta 1}$

Сигналы биений поступают на входы УПЧ 7 и 6, полоса пропускания которых выбрана таким образом, что они усиливают только сигналы биений с частотой $F_{\delta 1}$, которые имеют форму, приведенную на фиг. 2 в,г.

Из выражения (1) очевидно, что могут возникать нестабильности частоты $F_{\delta 1}$ за счет непостоянства скорости изменения частоты входных сигналов и времени задержки. Поэтому для компенсации нестабильности частоты $F_{\delta 1}$, в устройство введены стабильный генератор 10 и смесители 8 и 9, с помощью которых фаза исследуемых сигналов переносится на сигнал стабильного генератора. Для этого сигналы с выхода УПЧ 6 и 7 поступают соответственно на смесители 8 и 9. На выходе смесителя 8 выделяется сигнал с разностной частотой. Аналитическое выражение сигнала на выходе смесителя 8 имеет вид

$$U_{пр.з}(t) = U_{пр.з} \cos[(f_г - F_{\delta 1})t + \varphi_{tз} - \varphi_2], \quad (3)$$

где $U_{пр.з}$ - амплитуда сигнала на выходе смесителя 8;
$f_г$ - частота колебаний генератора;
φ_2 - фаза, вносимая опорным каналом;
$\varphi_{tз}$ - фаза, вносимая линией задержки.

Этот сигнал поступает на смеситель 9, на выходе которого выделяется сиг-

нал с суммарной частотой, аналитическое выражение которого

$$U_{пр.4}(t) = U_{пр.4}\cos(f_r t + \varphi_и + \varphi_1 - \varphi_2), \quad (4)$$

где $U_{пр.4}$ - амплитуда выходного сигнала;

φ_1 - фаза, вносимая измерительным каналом;

$\varphi_и$ - измерительное значение фазы.

Сигналы с выходов смесителя 9 и стабильного генератора 10 поступают на фазоизмерительный элемент 11, с выхода которого снимается сигнал, пропорциональный разности фаз входных сигналов, поступающий на переключатель 13. Коммутатор 3 и переключатель 13 управляются импульсами, снимаемыми с формирующего элемента 20, на вход которого поступают импульсы с волномера 18, подключенного к делителю мощности (на фиг. 2 д,е). Измерения ФЧХ производятся в два цикла. Первый цикл, когда переключатель 13, коммутатор 3 находятся в положении I. При этом сигнал опорного канала поступает на смеситель 5, а сигнал измерительного канала на смеситель 4, и с выхода фазоизмерительного элемента снимается сигнал, пропорциональный значению разности фаз φ_1.

$$\varphi_1 = -\varphi_и + \varphi_1 - \varphi_2. \quad (5)$$

Этот сигнал записывается в элемент памяти 15. Элемент памяти 15 и синхронизатор 16 предназначены для запоминания сигнала и выдачи его при очередном цикле измерения, когда переключатель 13 и коммутатор 3 находятся в положении II, на сумматор 17, на второй вход которого поступает в этот момент времени сигнал с фазоизмерительного элемента 11, пропорциональный значению разности фаз φ_2

$$\varphi_2 = \varphi_и + \varphi_1 - \varphi_2. \quad (6)$$

При этом на выходе сумматора появится сигнал, пропорциональный значению разности фаз φ_3.

$$\varphi_3 = 2(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (7)$$

Этот сигнал в виде сигнала ошибки поступает на управляемый фазовращатель 12, который изменяет фазу колебаний высокостабильного генератора до тех пор, пока на выходе сумматора сигнал ошибки не будет равен нулю, тем самым компенсируя ошибку измерений из-за неидентичности каналов. Для обеспечения синхронной выдачи, записанную информацию на сумматор, в предлагаемое устройство введен синхронизатор. Он представляет собой временной дискриминатор, который управляет элементом памяти путем временного совмещения записанных импульсов волномера 18 с поступающим на его вход при очередном цикле измерения, обеспечивая тем самым синхронную с входным сигналом сумматора выдачу записанной информации.

Для повышения точности измерений и удобства отсчета показаний, устройство снабжено схемой формирования частотных меток, содержащий ограничитель, формирующий элемент 24 и делитель частоты 25. Если в выражение (1) подставить значения

$$\gamma = \frac{\Delta f}{T} \quad \text{и} \quad F_{\delta_1} = 1/T_{\delta_1}, \quad (8)$$

где Δf - величина девиации частоты;

T_{δ_1} - период частот биений,

то получим $\Delta f = T/t_з \cdot T_{\delta_1}$. (9)

Из этого выражения очевидно то, что если отрезок времени, равный длительности ЛЧМ сигнала, разделить с дискретностью, равной T_{δ_1}, то количество дискретов будет определять величину девиации частоты, а их номер - его текущее значение. При этом из выражения (8) очевидно то, что величина каждого дискрета будет равна изменению частоты на величину

$$f_{Дискр} = 1/t_з. \quad (10)$$

При этом отсчет значения частоты производится по формуле

$$f = f_o + \frac{1}{t_з} n, \quad (11)$$

где f - значение частоты входных сигналов;

f_o - начальная частота девиации;

n - номер импульса на индикаторе.

При больших значениях скорости изменения частоты входных сигналов величина F_{δ_1} может быть достаточно высокой, поэтому в предлагаемом устройстве для обеспечения удобства снятия показаний предусмотрен делитель частоты (25). В этом случае отсчет значения частоты производится по формуле:

$$f = f_o + \frac{1}{t_з} kn, \quad (12)$$

где k - коэффициент деления делителя частоты.

Для того, чтобы получить частотные метки, сигнал с выхода УПЧ 6 подается на последовательно соединенные ограничитель 23, формирователь 24, делитель 25, с которого сигнал поступает на индикатор, представляющий собой осциллографическое устройство, развертка которого запускается и срывается импульсами с волномера 18. На индикатор исследуемый сигнал поступает с переключателя 13, когда он находится в положении II. Результат измерений высвечивается в виде графика с частотными метками. Диапазон измеряемых частот составляет от 3 до 60 Ггц.

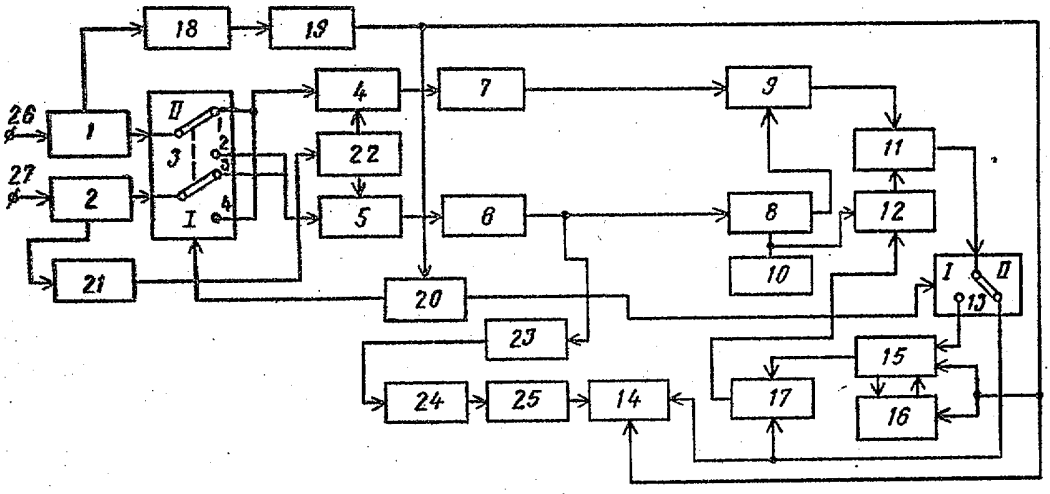
Формула изобретения

Измеритель фазочастотных характеристик четырехполюсников СВЧ, содер-

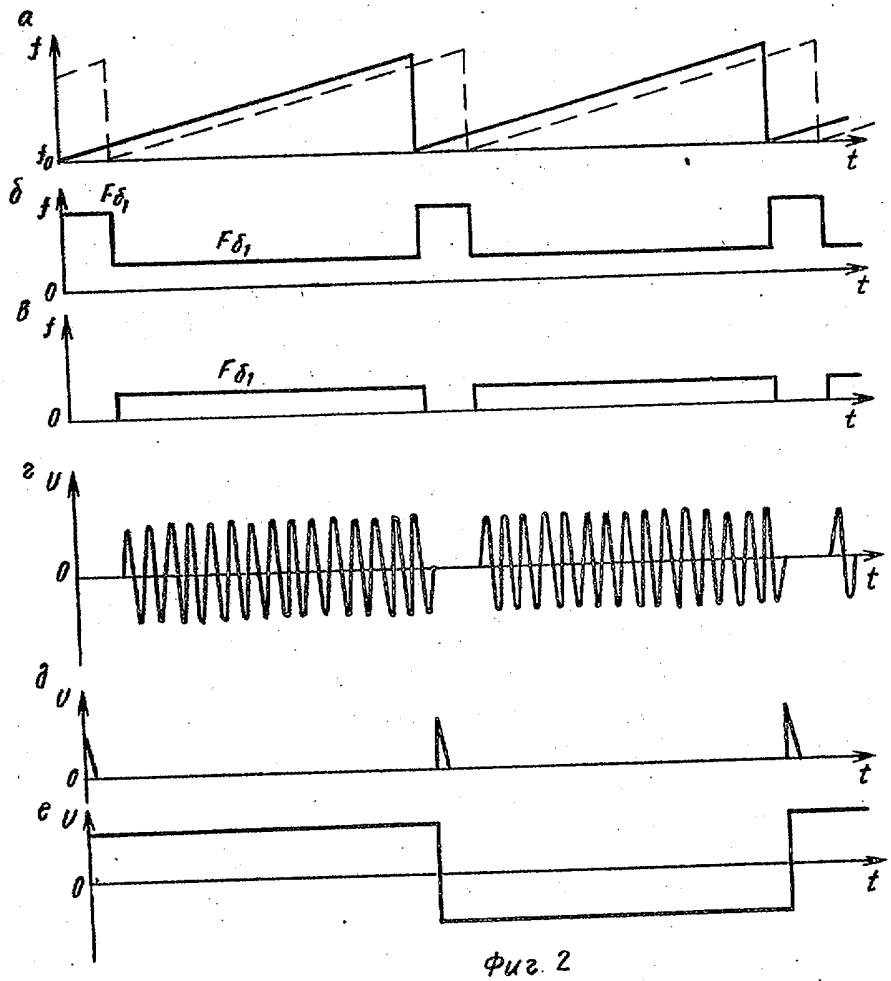
жащий два делителя мощности, стабильный генератор, два смесителя, фазочувствительный элемент, управляемый фазовращатель и осциллографический индикатор, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения частотного диапазона и повышения точности измерений, в него введены волномер, усилитель, третий делитель мощности, третий и четвертый смесители, два усилителя промежуточной частоты, двухканальный коммутатор, линия задержки, ограничитель, два формирующих элемента, делитель частоты, сумматор, синхронизатор, однопозиционный переключатель и элемент памяти, при этом вход первого из упомянутых делителей мощности соединен с одним из входов измерителя, а первый выход названного делителя мощности через последовательно соединенные волномер и усилитель подключен к управляющему входу синхронизатора, к входу "X" осциллографического индикатора и к входу первого формирующего элемента, а второй выход первого делителя мощности соединен с одним из подвижных контактов двухканального коммутатора, второй подвижный контакт которого соединен с одним из выходов второго из упомянутых делителей мощности, входом соединенного с вторым входом измерителя, а вторым выходом, соединенным через линию задержки с входом третьего делителя мощности, первый выход которого соединен с одним из входов третьего смесителя, второй вход которого подключен к первому и четвертому неподвижным контактам двухканального коммутатора, а второй выход третьего делителя мощности соединен с одним из входов четвертого смесителя, второй вход которого подключен к второму и третьему неподвижным контактам двухканального коммутатора, управляющий вход которого соединен с одним из выходов первого формирующего элемента, второй выход которого соединен с управляющим входом однопозиционного переключателя, первый неподвижный контакт которого через один из входов элемента памяти соединен с входом синхронизатора, выход которого подключен к второму входу элемента памяти, второй выход которого подключен к одному из входов сумматора, второй вход которого подключен к входу "Y" осциллографического индикатора и к второму неподвижному контакту однопозиционного переключателя, подвижный контакт которого соединен с выходом фазочувствительного элемента, первый вход которого подключен к выходу управляемого фазовращателя, управляющим входом, соединенным с выходом сумматора, а второй вход фазочувствительного элемента подключен к выходу первого из упомянутых смесителей, первый вход которого через первый усилитель промежуточной частоты подключен к выходу третьего смесителя, а второй вход смесителя соединен с выходом второго из упомянутых смесителей, первый вход которого соединен с выходом стабильного генератора и с входом управляемого фазовращателя, а второй вход второго смесителя через второй усилитель промежуточной частоты подключен к выходу четвертого смесителя и через последовательно соединенные ограничитель, второй формирующий элемент и делитель частоты подключен к входу "Z" яркостной модуляции осциллографического индикатора.

Источники информации,
принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 371534, кл. G 01 R 29/00, 1971.
2. Авторское свидетельство СССР № 428302, кл. G 01 R 27/28, 1972 (прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2

Составитель Л. Муранов
Редактор Е. Гончар Техред М. Коштура Корректор М.Демчик

Заказ 3109/35 Тираж 732 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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