



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

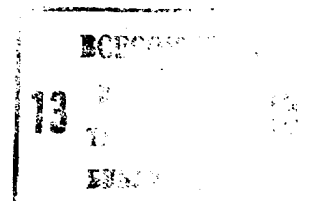
(19) **SU** (11) **1402955**

A 2

(51) 4 G 01 R 23/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(61) 1228028

(21) 4145517/24-21

(22) 10.11.86

(46) 15.06.88. Бюл. № 22

(72) Н.Г. Батулин, А.В. Зюзин
и Ю.Н. Судаков

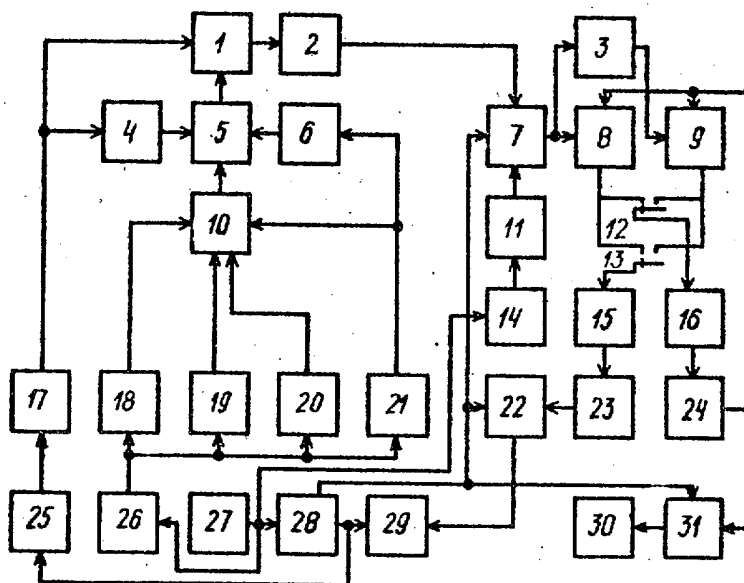
(53) 621.317 (088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1228028, кл. G 01 R 23/00, 1985.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕД-
НЕЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ И
ЛИНЕЙНОСТИ МОДУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИ-
СТИК ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ ГЕНЕРА-
ТОРОВ

(57) Изобретение относится к области
радиоизмерительной техники. Устройст-
во содержит смеситель 1, усилитель 2
промежуточной частоты, умножитель 3
частоты, блок 4 задержки, лампу 5
бегущей волны, фазовращатель 6, ком-

мутатор 7, частотные детекторы 8
и 9, переключатели 12 и 13, интегра-
тор 15 и фильтр 16 нижних частот.
Кроме того, устройство включает в
себя частотно-модулированный генера-
тор 17, резонансные усилители 18-21,
строб-каскады 22 и 31, видеоусилитель
23, усилитель 24 сигнала ошибки, ге-
нератор 25 пилообразного напряжения,
нелинейный элемент 26, генератор 27
высокой частоты, делитель 28 частоты,
индикатор 29 и электронно-счетный
вольтметр 30. Введение генератора
14 высокой частоты, фазовращателя 11,
электронного коммутатора и образова-
ние новых функциональных связей поз-
воляют устранить влияние переходных
процессов на результат измерения и
тем самым повысить точность измере-
ния. 1 ил.



(19) **SU** (11) **1402955** **A 2**

Изобретение относится к радиоизмерительной технике, может быть использовано для измерения скорости изменения частоты и линейности модуляционных характеристик частотно-модулированных сигналов и является усовершенствованием устройства по авт. св. № 1228028.

Целью изобретения является повышение точности измерений.

На чертеже приведена структурная схема устройства.

Устройство содержит смеситель 1, усилитель 2 промежуточной частоты, умножитель 3 частоты, блок 4 задержки, лампу 5 бегущей волны, первый фазовращатель 6, коммутатор 7, основной частотный детектор 8, дополнительный частотный детектор 9, сумматор 10, второй фазовращатель 11, первый и второй переключатели 12 и 13, второй генератор 14 высокой частоты, интегратор 15, фильтр 16 нижних частот, частотно-модулированный генератор 17, четвертый, третий, второй и первый резонансные усилители 18-21, первый строб-каскад 22, видеоусилитель 23, усилитель 24 сигнала ошибки, генератор 25 пилообразного напряжения, нелинейный элемент 26, первый генератор 27 высокой частоты, делитель 28 частоты, индикатор 29, электронно-счетный вольтметр 30, второй строб-каскад 31.

При этом выход делителя 28 частоты, вход которого соединен с выходом первого генератора 27 высокой частоты, подключен к второму входу индикатора 29 и через последовательно соединенные генератор 25 пилообразного напряжения, частотно-модулированный генератор 17, блок 4 задержки, лампу 5 бегущей волны, смеситель 1, усилитель 2 промежуточной частоты, коммутатор 7 - к входу дополнительного частотного детектора 9 через умножитель 3 частоты, а также к входу основного детектора 8, выход которого подключен к первым входам первого 12 и второго 13 переключателей, вторые входы которых соединены с выходом дополнительного частотного детектора 9. Выход первого переключателя 12 через последовательно соединенные фильтр 16 нижних частот, усилитель 24 сигнала ошибки и второй строб-каскад 31 подключен к входу электронно-счетного вольтметра 30, при этом выход

усилителя 24 сигнала ошибки соединен также с управляющими входами частотных детекторов 8 и 9. Выход второго переключателя 13 через последовательно соединенные интегратор 15, видеоусилитель 23 и первый строб-каскад 22 соединен с первым входом индикатора 29. Выход первого генератора 27 высокой частоты через нелинейный элемент 26 подключен к входам первого 21, второго 20, третьего 19 и четвертого 18 резонансных усилителей, выходы которых через сумматор 10 соединен с вторым входом лампы 5 бегущей волны. Кроме того, выход первого резонансного усилителя 21 через первый фазовращатель 6 подключен также к третьему входу лампы 5 бегущей волны, а второй вход смесителя 1 соединен с выходом частотно-модулированного генератора 17. Второй генератор 14 высокой частоты своим входом соединен с выходом первого генератора 27 высокой частоты, а выходом через второй фазовращатель - с первым входом коммутатора 7, при этом вторые входы коммутатора 7, первого 22 и второго 31 строб-каскадов подключены к второму выходу делителя 28 частоты.

Устройство работает следующим образом.

Напряжение с выхода первого генератора 27 высокой частоты

$$U(t) = U_r \cos(2\pi F_{сав} t + \varphi_n),$$

где U_r , $F_{сав}$ и φ_n - амплитуда, частота и начальная фаза генератора 27.

поступает на входы делителя 28 частоты и второго генератора 14 высокой частоты и навязывает колебаниям последнего свою начальную фазу φ_n . Монохроматическое колебание с частотой $F_{сав} + \gamma \tau_z$ и начальной фазой φ_n , где γ - скорость перестройки частоты частотно-модулированного генератора 17; τ_z - время задержки в блоке 4 задержки подается на второй фазовращатель 11, в котором начальная фаза колебаний второго генератора 14 высокой частоты изменяется на величину $\varphi = \omega_0 \tau_z - 0,5 \gamma \tau_z^2$. Таким образом, начальная фаза колебания промежуточной частоты на выходе второго фазовращателя 11 составляет $\varphi_2 = \varphi_n + \omega_0 \tau_z - 0,5 \gamma \tau_z^2$. Эти колебания через открытый электронный

коммутатор 7 поступают на вход основного частотного детектора 8 непосредственно, а на вход дополнительного частотного детектора 9 - через умножитель 3 частоты.

По окончании переходных процессов в частотных детекторах 8 и 9, обусловленных их инерционностью, в момент времени t_2 делитель 28 частоты запускает генератор 25 пилообразного напряжения, с выхода которого напряжение управления подается на вход частотно-модулированного генератора 17. Последний формирует сигнал с линейно изменяющейся частотой, который поступает на первый вход смесителя 1 и в блок 4 задержки с временем задержки τ_z . ЛЧМ-сигнал с выхода блока задержки поступает на преобразователь частоты, содержащий лампу 5 бегущей волны, первый фазовращатель 6 и формирователь квазипилообразного напряжения, в состав которого входят нелинейный элемент 26, первый 21, 25 второй 20, третий 19, четвертый 18 резонансные усилители и сумматор 10. Частота смещения $F_{сав}$ преобразователя частоты выбирается из условия однозначного измерения параметров выходного сигнала частотно-модулированного генератора 17 и составляет десятки мегагерц. Величина τ_z выбирается из условия обеспечения требуемого диапазона измеряемых величин и составляет 35 десятичные доли микросекунды.

Преобразователь частоты работает следующим образом.

Напряжение с частотой $F_{сав}$ с выхода генератора 27 высокой частоты поступает на вход нелинейного элемента 26. Рабочим режимом нелинейного элемента 26 является режим с отсечкой тока. Выходной сигнал нелинейного элемента содержит гармонические колебания с частотами $K F_{сав}$ ($K=1, 2, 3, \dots$), причем амплитуды гармоник распределены по коэффициентам Берга, которые зависят от угла отсечки. Подбирая режим работы нелинейного элемента 26 (регулируя угол отсечки) и изменяя коэффициенты усиления резонансных усилителей 18-21, настроенных соответственно на $4F_{сав}$, $3F_{сав}$, $2F_{сав}$, $F_{сав}$, можно получить квазипилообразное напряжение. С выхода сумматора 10 квазипилообразное на-

пряжение подается на спираль лампы 5 бегущей волны и тем самым осуществляется фазовая модуляция сигнала, поступающего на ее СВЧ-вход. Спектр сигнала на выходе лампы 5 бегущей волны представляет собой сумму четырехкратных произведений бесселевых функций. Для подавления зеркальной составляющей $f_c(t) + F_{сав}$ в спектре выходного сигнала напряжение первой гармоники с выхода первого резонансного усилителя 21 через первый фазовращатель 6 на $\pi/2$ подается на первый анод лампы 5 бегущей волны. Тем самым осуществляется дополнительная квадратурная амплитудная модуляция.

Таким образом, на входы смесителя 1 поступают два сигнала:

$$U_1(t) = U_1 \cos \left\{ \omega_0 t + 0,5 \gamma t^2 + \int_0^t \xi(t) dt + \varphi_0 \right\};$$

$$U_2(t) = U_2 \cos \left\{ \omega_0(t - \tau_z) + 2\pi F_{сав} t + 0,5 \gamma(t - \tau_z)^2 + \int_0^t \xi(t - \tau_z) dt + \varphi_0 + \varphi_m \right\}.$$

Усилитель 2 промежуточной частоты выделяет разностное колебание выходного сигнала смесителя 1

$$U_{упч}(t) = U_{упч} \cos \left\{ (\Omega_{сав} + \gamma \tau_z) t + \int_0^t [\xi(t) - \xi(t - \tau_z)] dt + \omega_0 \tau_z + \varphi_m - 0,5 \gamma \tau_z^2 \right\}.$$

Если величину τ_z выбирать так, чтобы при любом t , выполнялось условие

$$-\frac{1}{2} \left[\frac{d\xi(t)}{dt} \tau_z / \xi(t) \right] \Big|_{t=t_i} \ll 1,$$

то при разложении функции $\xi(t - \tau_z)$ в ряд Тейлора можно ограничиться двумя первыми членами. Тогда:

$$U_{упч}(t) = U_{упч} \cos \left\{ (\Omega_{сав} + \gamma \tau_z) t + \tau_z \xi(t) + \varphi_m + \omega_0 \tau_z - 0,5 \gamma \tau_z^2 \right\}.$$

Это напряжение подается на третий вход электронного коммутатора 7, где осуществляется "сшивание" по фазе колебания с выходным сигналом фазовращателя 11.

В момент времени $t_3 = t_2 + \tau_z$ с делителя 28 частоты приходит импульс управления работой электронного коммутатора 7, строб-каскадов 22 и 31. При этом строб-каскады открываются,

а электронный коммутатор 7 переключается, соединяя выход усилителя 2 промежуточной частоты с входом дополнительного частотного детектора 9 через умножитель 3 частоты с коэффициентом умножения N , а с входом основного частотного детектора — непосредственно.

Основной 8 и дополнительный 9 частотные детекторы имеют переходные частоты F_0 соответственно $F_0 = F_{с48}$ и $F_0' = NF_{с48}$ при $\gamma\hat{c}_3 + \xi(t) = 0$. С выходов частотных детекторов напряжения, пропорциональные $\gamma\hat{c}_3 + \xi(t)$ и $N[\gamma\hat{c}_3 + \xi(t)]$, поступают соответственно на первый и второй входы переключателей 12 и 13. Выход первого переключателя 12 подключен через последовательно соединенные фильтр 16 нижних частот и усилитель сигнала ошибки к управляющим входам частотных детекторов, образуя цепь обратной связи системы автоподстройки переходной частоты. В фильтре нижних частот осуществляется интегрирование импульсного сигнала ошибки. Поэтому система автоподстройки частот отслеживает изменения частот, пропорциональные только средней скорости перестройки частотно-модулированного генератора. Изменения напряжения сигнала ошибки, пропорциональные средней скорости перестройки частоты, фиксируются электронно-счетным вольтметром. Скорость перестройки частоты γ определяется по величине и знаку напряжения сигнала ошибки. Напряжение с выхода второго переключателя 13 через интегратор 15, видеоусилитель 23 и первый строб-каскад 22 поступает на вход осциллографического индикатора 29, на синхронизирующий вход которого поступают импульсы запуска, вырабатываемые делителем 28 частоты. Фиксация результатов измерения отклонения модуляционной характеристики от линейного закона $\xi(t)$ осуществляется на экране индикатора 29 в реальном масштабе времени. С помощью первого 22 и второго 31 строб-каскадов измерения производятся только в течение длительности сигнала с выхода усилителя 2 промежуточной частоты. Поскольку переходные процессы в частотных детекторах 8 и 9 к моменту времени t_3 закончены за счет сигнала второго генератора 14 высокой частоты, то их

выходные сигналы не имеют выброса в начале импульса и информация об отклонениях модуляционной характеристики частотно-модулированного генератора 17 не теряется.

По окончании импульса частотно-модулированного генератора 17 процесс измерения заканчивается и устройство переходит в исходное состояние. Цикличность процесса измерения обеспечивается выработкой делителем частоты циклично повторяющихся импульсов синхронизации. С помощью двух переключателей выбирается необходимый диапазон измеряемых величин.

В известном устройстве во время переходных процессов, обусловленных инерционностью частотных детекторов и имеющих длительность порядка 2 мкс, измерение отклонений модуляционной характеристики частотно-модулированного генератора от линейного закона невозможно. В результате происходит потеря части полезной информации. Предлагаемое устройство позволяет устранить влияние этих переходных процессов на результат измерения и тем самым повысить точность измерения.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для измерения средней скорости изменения частоты и линейности модуляционных характеристик частотно-модулированных генераторов по авт.св. № 1228028, отличающаяся тем, что, с целью повышения точности измерений, в него введены последовательно соединенные второй генератор высокой частоты, второй фазовращатель и электронный коммутатор, третий вход которого соединен с выходом усилителя промежуточной частоты, а выход подключен к входам основного частотного детектора и умножителя частоты, а также первый и второй строб-каскады, выходы которых соединены соответственно с входами индикатора и электронно-счетного вольтметра, а первые входы подключены соответственно к выходам видеоусилителя и усилителя сигнала ошибки, кроме того, вход второго генератора высокой частоты соединен с выходом первого генератора высокой частоты, а вторые входы коммутатора, первого и второго строб-каскадов подключены к второму выходу делителя частоты.