



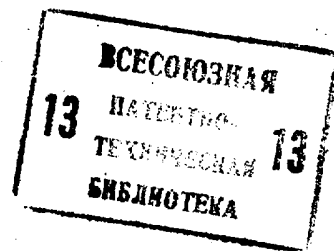
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1228036** **A 2**

(51) 4 G 01 R 23/20

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

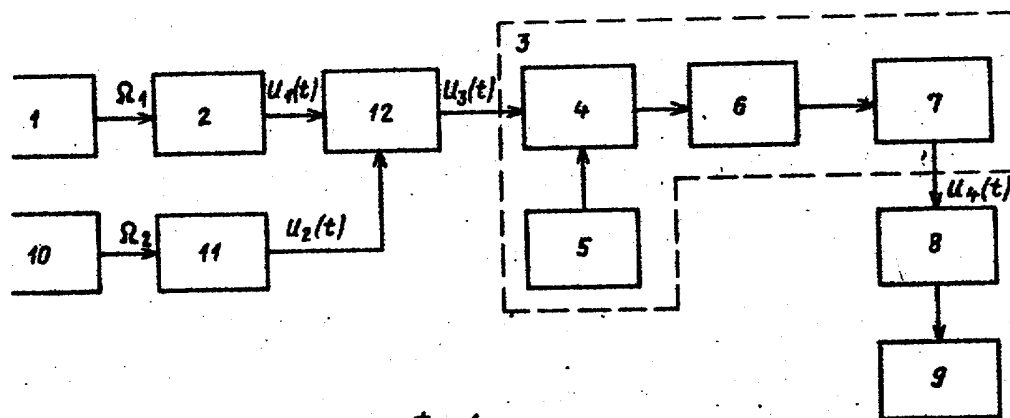
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(61) 1026074
(21) 3818361/24-21
(22) 27.11.84
(46) 30.04.86. Бюл. № 16
(72) Ю.Д. Болмусов
(53) 621.317(088.8)
(56) Кушнир В.Ф., Ферсман Б.А. Теория нелинейных электрических цепей. М.: Связь, 1974, с.66-67.

Авторское свидетельство СССР
№ 1026074, кл. G 01 R 23/20, 1983.
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В ГЕНЕРАТОРАХ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ
(57) Изобретение относится к радиоизмерительной технике, может быть использовано в измерительных генераторах и является дополнительным к авт.св. № 1026074. Цель изобретения - повышение разрешающей способности измерения нелинейных искажений при

высоких модулирующих частотах. Устройство содержит источники 1 и 10 модулирующего сигнала, проверяемый генератор 2 ЧМ-сигналов, супергетеродинный приемник 3 ЧМ-сигналов, включающий смеситель 4 с перестраиваемым гетеродином 5, усилитель 6 промежуточной частоты с амплитудным ограничителем и частотный детектор 7. Кроме того, устройство содержит регулируемый нелинейный функциональный преобразователь 8, анализатор спектра 9, ЧМ-гетеродин 11 и смеситель 12. Введение источника 10 модулирующего сигнала, ЧМ-гетеродина 11, смесителя 12 и их соединение с элементами устройства обеспечило возможность компенсации собственных нелинейных искажений супергетеродинного приемника, как по четным, так и по нечетным гармоникам. 2 ил.



Фиг.1

(19) **SU** (11) **1228036** **A 2**

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и предназначено для точных и прецизионных измерений нелинейных искажений модулирующего напряжения в генераторах частотно-модулированных (ЧМ) сигналов различного назначения, в частности, в измерительных генераторах, используемых в различных областях радиотехники, метрологии и поверочной практике.

Цель изобретения - повышение разрешающей способности измерения нелинейных искажений в генераторах ЧМ-сигналов при высоких модулирующих частотах.

На фиг.1 изображена блок-схема устройства; на фиг.2 - спектрограмма сигнала на входе анализатора спектра.

Устройство для измерения нелинейных искажений в генераторах ЧМ-сигналов содержит источник 1 модулирующего сигнала, собственно проверяемый генератор 2 ЧМ-сигналов, супергетеродинный приемник 3 ЧМ-сигналов, содержащий смеситель 4 с перестраиваемым гетеродином 5, усилитель промежуточной частоты с амплитудным ограничителем 6, частотный детектор 7, регулируемый нелинейный функциональный преобразователь 8, анализатор 9 спектра, второй источник 10 модулирующего сигнала, ЧМ-гетеродин 11 и смеситель 12. К первому входу смесителя 12 подключены последовательно соединенные первый источник 1 модулирующего сигнала и проверяемый генератор 2 ЧМ-сигналов, к второму входу смесителя 12 подключены последовательно соединенные второй источник модулирующего сигнала 10 и ЧМ-гетеродин 11. К выходу смесителя 12 подключен супергетеродинный приемник 3 ЧМ-сигналов, состоящий из последовательно соединенных смесителя 4 с перестраиваемым гетеродином 5, усилителя промежуточной частоты с амплитудным ограничителем 6 и частотного детектора 7. К выходу супергетеродинного приемника 3 ЧМ-сигналов последовательно подключены регулируемый нелинейный функциональный преобразователь 8 и анализатор 9 спектра.

Устройство работает следующим образом.

На проверяемый генератор 2 ЧМ-сигналов подается синусоидальное модулирующее напряжение с частотой Ω_1 и

малым уровнем нелинейных искажений. На выходе проверяемого генератора 2 закон модуляции искажается и содержит гармоники $2\Omega_1, 3\Omega_1, \dots, p\Omega_1$ (где $p = 1, 2, 3 \dots$ целое число) модулирующей частоты Ω_1 .

$$U_1(t) = U_1 \cos \left[\omega_0 t + \sum_{p=1}^{+\infty} \frac{\Delta \omega_p(\Omega_1)}{p \Omega_1} \sin p \Omega_1 t \right], \quad (1)$$

где U_1, ω_0 - соответственно амплитуда и несущая частота сигнала проверяемого генератора;

$\Delta \omega_p(\Omega_1)$ - девиация p -й гармоники модулирующей частоты Ω_1 .

ЧМ-гетеродин 11 модулируется синусоидальным напряжением частоты Ω_2 от источника 10. Закон модуляции сигнала на выходе гетеродина 11 также искажен и имеет вид

$$U_2(t) = U_2 \cos \left[\omega_1 t + \sum_{q=1}^{+\infty} \frac{\Delta \omega_q(\Omega_2)}{q \Omega_2} \sin q \Omega_2 t \right], \quad (2)$$

где ω_1 - несущая частота гетеродина;

$\Delta \omega_q(\Omega_2)$ - девиация q -й гармоники ($q = 1, 2, 3 \dots$) модулирующей частоты Ω_2 .

Сигнал суммарной несущей частоты $\omega_0^* = \omega_0 + \omega_1$ (в принципе для измерения может быть использован и сигнал разностной частоты $\omega_0 - \omega_1$) на выходе смесителя 12 имеет двухтональный закон частотной модуляции:

$$U_3(t) = U_3 \cos \left[\omega_0^* t + \sum_{p=1}^{+\infty} \frac{\Delta \omega_p(\Omega_1)}{p \Omega_1} \sin p \Omega_1 t + \sum_{q=1}^{+\infty} \frac{\Delta \omega_q(\Omega_2)}{q \Omega_2} \sin q \Omega_2 t \right], \quad (3)$$

т.е. в законе модуляции содержатся составляющие первых ($p = q = 1$) и высших гармоник модулирующих частот Ω_1 и Ω_2 . На сигнал суммарной частоты (3) настраивается супергетеродинный приемник 3.

При прохождении сигнала (3) через смеситель 4, усилитель 6 промежуточной частоты с ограничителем и частотный детектор 7 супергетеродинного приемника 3 из-за собственных нелинейных искажений тракта частотного детектирования в сигнал (3) добавляются новые составляющие. Причем из-за наличия двухтонального сигнала при нелинейности тракта частотного детектирования возникают как гармоники модулирующих частот, так и комбинационные составляющие вида $p \Omega_1 \pm q \Omega_2$. С учетом этого, для напряжения на

выходе частотного детектора 7 с крутизной преобразования S можно записать

$$U_4(t) \approx 5 \left[\sum_{p=1}^{+\infty} \Delta \omega_p(\Omega_1) \cos p \Omega_1 t + \sum_{q=1}^{+\infty} \Delta \omega_q(\Omega_2) \times \right. \\ \times \cos q \Omega_2 t + \sum_{p=2}^{+\infty} \Delta \omega_p^*(\Omega_1) \cos(p \Omega_1 + \varphi_p) t + \\ \left. + \sum_{q=2}^{+\infty} \Delta \omega_q^*(\Omega_2) \cos(q \Omega_2 + \varphi_q) t + \sum_{p=1}^{+\infty} \sum_{q=1}^{+\infty} \Delta \omega_{p,q}^* \times \right. \\ \left. \times (p \Omega_1 \pm q \Omega_2) \cos(p \Omega_1 \pm q \Omega_2) t \right]. \quad (4)$$

В выражении (4) третье и четвертое слагаемые в квадратных скобках характеризуют гармоники модулирующих частот, возникающие в супергетеродинном приемнике 3. Причем каждая из гармоник имеет произвольный сдвиг по фазе φ_p и φ_q относительно соответствующей гармоники проверяемого ЧМ-генератора (первое и второе слагаемые в квадратных скобках формулы (4) и векторно суммируется с ней. Поэтому сигнал (4) можно записать в виде

$$U_4(t) \approx 5 \left[\sum_{p=1}^{+\infty} r_p \Delta \omega_p(\Omega_1) \cos(p \Omega_1 + \varphi_p^*) t + \right. \\ \left. + \sum_{q=1}^{+\infty} r_q \Delta \omega_q(\Omega_2) \cos(q \Omega_2 + \varphi_q^*) t + \right. \\ \left. + \sum_{p=1}^{+\infty} \sum_{q=1}^{+\infty} \Delta \omega_{p,q}^*(p \Omega_1 \pm q \Omega_2) \cos(p \Omega_1 \pm q \Omega_2) t \right], \quad (5)$$

где r_p и r_q - весовые коэффициенты, учитывающие суммирование с учетом фаз гармоник частот Ω_1 и Ω_2 , возникающих в проверяемом генераторе 2 и супергетеродинном приемнике 3.

Спектрограмма сигнала (5) на выходе частотного детектора 7 с учетом гармоник и комбинационных частот до третьего порядка показана на фиг. 2. Пунктиром на фиг. 2 обведены составляющие, в которых заключена информация о нелинейных искажениях проверяемого генератора 2.

Непосредственно измерение нелинейных искажений как относительных амплитуд второй и третьей гармоник модулирующей частоты на выходе частотного детектора 7 невозможно, т.к. вторая и третья гармоники образовались в результате векторного суммирования гармоник проверяемого генератора 2 и супергетеродинного приемника 3. Однако благодаря наличию

комбинационных составляющих $\Omega_1 + \Omega_2$, $2\Omega_1 + \Omega_2$, $2\Omega_1 + \Omega_1$ и т.д., возникающих только в супергетеродинном приемнике 3 и несущих полную информацию о его собственных нелинейных искажениях, возможно точное измерение амплитуд гармоник модулирующей частоты Ω_1 , возникших в проверяемом генераторе.

Известно, что при соответствующем выборе частот модуляции Ω_1 и Ω_2 в двухтональном ЧМ-сигнале существует однозначная связь между уровнем амплитуд комбинационных составляющих и уровнем гармонических составляющих при прохождении сигнала через искажающую цепь. Аналогичная связь существует и для случая прохождения суммы двух гармонических колебаний через нелинейную цепь. Следовательно, если сигналы (5) пропустить через регулируемый нелинейный функциональный преобразователь 8, с помощью которого по экрану анализатора 9 скомпенсировать комбинационные составляющие второго ($\Omega_1 + \Omega_2$) или третьего ($2\Omega_1 + \Omega_2$ или $\Omega_1 + 2\Omega_2$) порядка, то можно утверждать, что скомпенсированы и собственные нелинейные искажения супергетеродинного приемника 3, т.е. исчезают третье и четвертое слагаемые в формуле (4). Это позволяет точно измерить искажения в проверяемом генераторе и с высокой разрешающей способностью.

Измерения с помощью устройства проводят следующим образом.

Регулируемый нелинейный функциональный преобразователь 8 устанавливают в режим линейного преобразования и по экрану анализатора спектра 9 наблюдают спектрограмму (фиг. 2). После этого регулировкой нелинейной характеристики преобразователя 8 добиваются уменьшения и исчезновения отклика комбинационной составляющей второго порядка $\Omega_1 + \Omega_2$. Это соответствует полной компенсации собственных искажений супергетеродинного приемника по второй гармонике. Анализатором спектра измеряют уровень второй гармоники модулирующей частоты Ω_1 . Затем регулировкой нелинейной характеристики преобразователя 8 добиваются уменьшения и исчезновения отклика комбинационной составляющей третьего порядка $2\Omega_1 + \Omega_2$ или $2\Omega_2 + \Omega_1$ и измеряют уровень третьей гармоники модулирующей частоты Ω_1 . По результа-

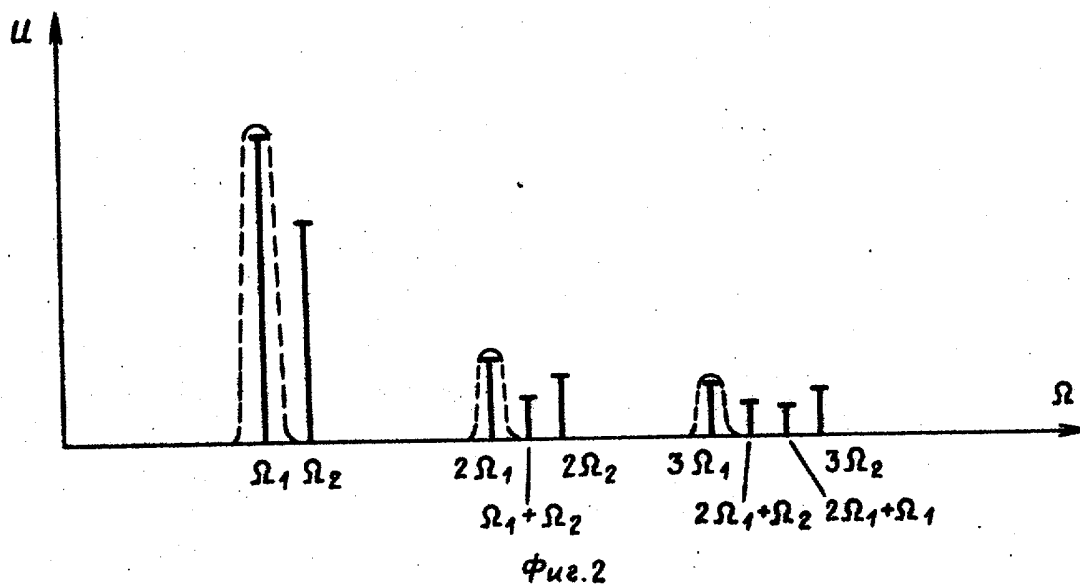
там измерений уровня гармоник определяют коэффициент нелинейных искажений проверяемого генератора.

Благодаря введению в устройство второго источника модулирующего сигнала, ЧМ-гетеродина и смесителя возможна компенсация собственных нелинейных искажений супергетеродинного приемника как по четным, так и по нечетным гармоникам.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для измерения нелинейных искажений в генераторах частотно-

модулированных сигналов по авт.св. № 1026074, отличающееся тем, что, с целью повышения разрешающей способности измерения нелинейных искажений при высоких модулирующих частотах, в него дополнительно введены последовательно соединенные второй источник модулирующего сигнала, частотно-модулированный гетеродин и смеситель, выход которого подключен к входу супергетеродинного приемника частотно-модулированных сигналов, а второй вход введенного смесителя соединен с выходом проверяемого генератора частотно-модулированных сигналов.



Редактор Л.Пчелинская Составитель Е.Минкин Техред Г.Гербер Корректор Е.Сирохман

Заказ 2284/46 Тираж 728 Подписное

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

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4