



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

СИЛОВАЯ РАБОТА
Б. И. 19 94 № 24
ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ. №

С. 6071

(19) **SU** (11) **1662243** **A1**

(51)5 G 01 R 29/26

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4761571/21
(22) 21.11.89
(71) Научно-производственное объединение "Сатурн"
(72) И.И.Очковский и В.А.Бережной
(53) 621.317.75(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1581032, кл. G 01 R 29/26, 1988.

54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТУХАНИЯ
(57) Изобретение может быть использовано для измерения затухания или коэффициентов усиления СВЧ-четырёхполосников. Цель изобретения - расширение области использования вплоть до измерения малых и больших затуханий и коэффициентов усиления в диапазоне частот более 78,33 ГГц при сохранении высокой точности измерения. Для этого измеряют в заданной полосе пропускания уровень P_4 мощности шумового сигнала на выходе согласованного по входу опорного усилителя, уровень P_2 мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной

при температуре окружающей среды, уровень P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырёхполосника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя и уровень P_4 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырёхполосника, согласованного по входу. При этом определяют отношение $\gamma = (P_3 - P_4) / (P_1 - P_2)$, после чего определяют вносимое затухание α или коэффициент усиления K_y измеряемого четырёхполосника из выражений

$\alpha = \alpha_2 / \alpha_1 \cdot \beta \cdot \gamma$, отн. ед.; $K_y = \alpha_1 \cdot \beta \cdot \gamma / \alpha_2$, отн. ед., где α_1 , α_2 - вносимое затухание тракта от выхода опорного усилителя до входа измерителя мощности шумового сигнала соответственно, отн. ед.; β - вносимое затухание тракта от выхода измеряемого четырёхполосника до входа измерителя мощности шумового сигнала, отн. ед. и т.д.

(19) **SU** (11) **1662243** **A1**

Изобретение относится к области электроизмерений и может быть использовано для измерения затухания или коэффициента усиления СВЧ-четырёхполосников в диапазоне частот более 78,33 ГГц.

Целью изобретения является расширение области использования способа.

Предлагаемый способ определения затухания основан, как и способ-прототип, на измерении в заданной полосе пропускания уровня P_4 мощности шумового сигнала на выходе согласованного по входу опорного усилителя, уровня P_2 мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной при температуре окружающей среды, уровня P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырёхполосника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя.

Цель достигается тем, что измеряют в упомянутой заданной полосе пропускания уровень P_2 мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной при температуре окружающей среды, уровень P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырёхполосника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя.

Цель достигается тем, что измеряют в упомянутой заданной полосе пропускания уровень P_2 мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной при температуре окружающей среды, уровень P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырёхполосника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя.

Иллюстрация

ласованного по входу опорного усилителя и уровень P_4 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполюсника, согласованного по входу. При этом определяют отношение γ разности уровней $P_3 - P_4$ мощности к разности уровней $P_1 - P_2$ мощности, после чего определяют вносимое затухание α или коэффициент усиления K_y измеряемого четырехполюсника из выражений

$$\alpha = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 \beta \gamma}, \quad \text{отн. ед.}, \quad (1)$$

$$K_y = \frac{\alpha_1 \beta \gamma}{\alpha_2}, \quad \text{отн. ед.}, \quad (2)$$

где α_1, α_2 - вносимое затухание тракта от выхода опорного усилителя до входа измеряемого четырехполюсника и до входа измерителя мощности шумового сигнала соответственно, отн. ед.;

β - вносимое затухание тракта от выхода измеряемого четырехполюсника до входа измерителя мощности шумового сигнала, отн. ед.

При этом интервал, в котором с вероятностью 0,95 находится допустимая суммарная относительная погрешность δ_α (δ_{K_y}) измерения затухания α (коэффициента усиления K_y) четырехполюсника, определяют из выражения:

$$\delta_\alpha (\delta_{K_y}) = \pm \frac{1,96}{3} \sqrt{\delta_{\alpha_1}^2 + \delta_{\alpha_2}^2 + \delta_\beta^2 + \delta_\gamma^2}, \% \quad (3)$$

где $\delta_{\alpha_1}, \delta_{\alpha_2}, \delta_\beta, \delta_\gamma$ - предельное значение погрешности определения $\alpha_1, \alpha_2, \beta, \gamma$ соответственно, %.

Так, если $\alpha = 3 \text{ дБ} = 2 \text{ ед.}$, $\alpha_1 = \alpha_2 = 10 \text{ дБ}$, $\delta_{\alpha_1} = \delta_{\alpha_2} = 1,5\%$, $\beta = 0 \text{ дБ}$, $\delta_\beta \leq 1\%$, $\gamma = 5 \text{ ед.}$, $\delta_\gamma \leq 3,5\%$, то $\delta_\alpha \leq 2,8\%$.

Если $K_y = 30 \text{ дБ} = 1000$, $\alpha_1 = \alpha_2 = 10 \text{ дБ}$, $\delta_{\alpha_1} = \delta_{\alpha_2} = 1,5\%$, $\beta = 20 \text{ дБ} = 100 \text{ ед.}$, $\delta_\beta \leq 5\%$, $\gamma = 10$, $\delta_\gamma \leq 3,5\%$, то $\delta_{K_y} \leq 4,3\% = 0,2 \text{ дБ}$.

Отсюда очевидно, что по точности измерения больших затуханий (более 3 дБ) и коэффициента усиления усилителей предлагаемый способ соответствует известным, а использование его для прецизионного измерения малых затуханий требует тщательного согласования в измерительном тракте и

прецизионного измерения значений α_1, α_2 и β .

Однако данный способ обладает по сравнению со способом-прототипом более широкой областью использования, так как позволяет измерять не только малые, но и большие затухания четырехполюсников, а также коэффициент усиления четырехполюсников-усилителей в реальных условиях их эксплуатации, при этом он не требует для своего осуществления ни опорных источников шумового сигнала, ни прецизионных измерительных аттенуаторов, ни прецизионных измерителей мощности шумового сигнала, поэтому может быть использован в диапазоне СВЧ-более 78, 33 ГГц.

Для осуществления способа достаточно иметь стабильный во времени опорный усилитель в заданном диапазоне частот с известными коэффициентом усиления и шумовой температурой и стабильный во времени даже не измеритель, а индикатор мощности шумового сигнала, так как при определении разностей уровней $P_3 - P_4$ и $P_1 - P_2$ исключается систематическая погрешность измерения уровня мощности, а при определении их отношения γ исключается погрешность масштабного коэффициента.

Так, например, при разработке и изготовлении новых СВЧ-усилителей в диапазоне, например, 200 ГГц можно, используя один из них в качестве опорного усилителя, измерить коэффициент усиления всех остальных усилителей, а в конечном итоге и его самого, а также затухание в этом диапазоне частот различных элементов СВЧ (вентилей, переходов, циркуляторов, аттенуаторов и др.).

Таким образом, предлагаемый способ обладает широкой областью использования для прецизионного измерения затухания и коэффициента усиления СВЧ-четырёхполюсников в диапазоне частот более 78, 33 ГГц, в котором отсутствуют генераторы стандартных сигналов, опорные источники шумового сигнала, прецизионные измерительные аттенуаторы, прецизионные измерители мощности гармонического и шумового сигнала. Он исключает необходимость разработки изготовления сложных, трудоемких и

дорогих вышеперечисленных приборов в указанном диапазоне частот.

Обоснование заявленного способа заключается в следующем.

Измеренный в заданной полосе пропускания Δf уровень мощности шумового сигнала на выходе согласованного по входу опорного усилителя

$$P_1 = K \left[\frac{(T_0 + T_{ш0}) K_{у0} - T_0}{\alpha_2} + T_0 + T_{ш} \right] K_{уш} \cdot \Delta f, \text{ Вт},$$

где $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/град · Гц - постоянная Больцмана;

T_0 - температура окружающей среды, К;

$T_{ш0}$, $K_{у0}$ - эквивалентная шумовая температура входа и коэффициент усиления опорного усилителя, К и отн.ед. соответственно;

$T_{ш}$, $K_{уш}$, Δf - эквивалентная шумовая температура входа, коэффициент

усиления и полоса пропускания измерителя мощности шумового сигнала, К, отн.ед. и Гц соответственно.

Измеренный в заданной полосе пропускания Δf уровень мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной при температуре окружающей среды T_0 ,

$$P_2 = K(T_0 + T_{ш}) K_{уш} \Delta f, \text{ Вт}$$

Измеренный в заданной полосе пропускания Δf уровень мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполюсника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя

$$P_3 = K \left[\frac{(T_0 + T_{ш0}) K_{у0} - T_0}{\alpha_1 \alpha_2 \beta} + T_0 + T_{ш} \right] K_{уш} \Delta f, \text{ Вт},$$

если четырехполюсник обладает затуханием α

$$P_3'' = K \left\{ \frac{[(T_0 + T_{ш0}) K_{у0} - T_0 + T_0 + T_{ш}] K_{уш} - T_0}{\beta} + T_0 + T_{ш} \right\} K_{уш} \Delta f, \text{ Вт},$$

если четырехполюсник обладает коэффициентом усиления $K_{у}$, где $T_{ш}$ - эквивалентная шумовая температура входа измеряемого четырехполюсника-усилителя, К,

Измеренный в заданной полосе пропускания уровень мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполюсника, согласованного по входу

$$P_4 = K(T_0 + T_{ш}) K_{уш} \Delta f, \text{ Вт},$$

если четырехполюсник обладает затуханием

$$P_4'' = K \left[\frac{(T_0 + T_{ш}) K_{уш} - T_0}{\beta} + T_0 + T_{ш} \right] K_{уш} \Delta f, \text{ Вт},$$

если четырехполюсник-усилитель с коэффициентом усиления $K_{у}$,

При этом отношение разности уровней $P_3 - P_4$ мощности к разности уровней $P_1 - P_2$ мощности

$$\gamma' = \frac{P_3' - P_4'}{P_1 - P_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 \alpha_2 \beta};$$

$$\gamma'' = \frac{P_3'' - P_4''}{P_1 - P_2} = \frac{\alpha_2 K_{уш}}{\alpha_1 \beta}.$$

Отсюда путем простого преобразования получают выражение (1) для определения затухания α измеряемого четырехполюсника и выражение (2) для определения коэффициента усиления $K_{уш}$ четырехполюсника-усилителя.

На чертеже приведен один из возможных вариантов устройства для осуществления способа.

По предлагаемому способу измеряют в заданной полосе пропускания Δf уровень P_1 мощности шумового сигнала на выходе согласованного по входу опорного усилителя 1 измерительным приемником 2 шумового сигнала с установленной входной полосой пропускания Δf через постоянный ограничительный attenuator 3 и СВЧ-переключатель 4 в положении I-II, III-IV, для чего источник 5 пита-

ния опорного усилителя включен, а к его входу подключена согласованная нагрузка б.

Измеряют в заданной полосе пропускания Δf уровень P_2 мощности шумового сигнала на выходе согласованной нагрузки при температуре окружающей среды T_0 (источник 5 питания опорного усилителя 1 выключен, при этом ограничительный 3 аттенюатор в выключенном состоянии усилителя служит согласованной нагрузкой для измерительного приемника 2 в положении СВЧ-переключателя 4 I-II, III-IV).

Измеряют в заданной полосе пропускания Δf уровень P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполосника 7 при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя 1 (источник 5 питания включен, СВЧ-переключатель находится в положении I-III, II-IV, при этом источник 8 питания четырехполосника-усилителя 7 включен, его выход подключен к входу измерительного приемника 2 через ограничительный аттенюатор 9).

Измеряют в заданной полосе пропускания Δf уровень P_4 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполосника, согласованного по входу (СВЧ-переключатель находится в положении I-III, II-IV, источник питания 5 опорного усилителя 1 выключен, а источник 8 питания измеряемого четырехполосника-усилителя 7 включен, при этом ограничительный аттенюатор 3 в выключенном состоянии опорного усилителя 1 служит согласованной нагрузкой для измеряемого четырехполосника).

Определяют отношение γ из выражения

$$\gamma = \frac{P_3 - P_4}{P_1 - P_2}, \text{ отн.ед.}$$

Определяют затухание α , если измеряемый четырехполосник обладает затуханием, или коэффициент усиления K_y , если измеряемый четырехполосник - усилитель, из выражения (1) или (2) соответственно.

Предложенный способ целесообразно использовать для прецизионного измерения малого (≤ 3 дБ) и большого (более 3 дБ) затухания и коэффи-

циента усиления СВЧ-четыреполосников в рабочем диапазоне частот более 78, 33 ГГц, что исключает необходимость разработки и изготовления в этом диапазоне генераторов гармонического сигнала или опорных источников шумового сигнала, прецизионных измерительных аттенюаторов и измерителей мощности гармонического или шумового сигнала, сложных в изготовлении и дорогостоящих, что экономит миллионы рублей.

Более того, так как предлагаемый способ не предусматривает для измерения α или K_y сравнения этих величин с затуханием эталонных аттенюаторов или с отношением мощностей прецизионных измерителей мощности, то он может быть использован как эталонный метод для проверки методов измерения α и K_y и самих значений α и K_y четырехполосников в любом диапазоне частот.

Для доведения способа до промышленного использования не требуется доработка существующей измерительной аппаратуры.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

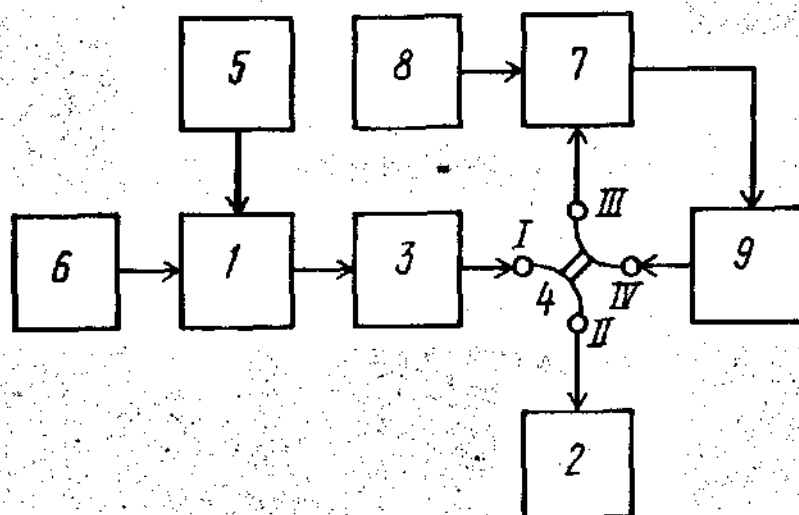
Способ определения затухания путем измерения в заданной полосе пропускания уровня P_1 мощности шумового сигнала на выходе согласованного по входу опорного усилителя, отличающийся тем, что, с целью расширения области его использования, измеряют в упомянутой заданной полосе пропускания уровень P_2 мощности шумового сигнала на выходе нагрузки, согласованной при температуре окружающей среды, уровень P_3 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполосника при подаче на его вход шумового сигнала с выхода согласованного по входу опорного усилителя и уровень P_4 мощности шумового сигнала на выходе измеряемого четырехполосника, согласованного по входу, при этом определяют отношение γ разности уровней $P_3 - P_4$ мощности к разности уровней $P_1 - P_2$ мощности, после чего определяют затухание α или коэффициент усиления K_y измеряемого четырехполосника из выражений

$$\alpha = \frac{\alpha}{\alpha_1 \beta \gamma}, \text{ отн.ед.},$$

$$K_y = \frac{\alpha_1 \beta \gamma}{\alpha_2}, \text{ отн.ед.}$$

где α_1, α_2 - вносимое затухание тракта от выхода опорного усилителя до входа измеряемого четырехполюсника и до входа измерителя мощности шумового сигнала соответственно, отн.ед.;

β - вносимое затухание тракта от выхода измеряемого четырехполюсника до входа измерителя мощности шумового сигнала, отн.ед.



Редактор Т.Юрчикова

Составитель Л.Сорокина

Техред А.Кравчук

Корректор А.Обручар

Заказ 2582/ДСП

Тираж 294

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

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

