

АМПЛИФАЗОМЕТР СВЧ

А. Г. ГУЛЯН, Г. А. ДВОЯН, Р. М. МАРТИРОСЯН, Г. А. ПИРУМЯН

Институт радиофизики и электроники НАН Армении

(Поступила в редакцию 20 января 1996г.)

Описан метод построения измерителей одновременного измерения относительного изменения амплитуды и разности фаз СВЧ сигналов с применением фазовой модуляции входных сигналов. Приведена структурная схема амплифазометра.

При решении многих научных и технических задач, таких как исследование параметров СВЧ четырехполюсников, настройка радиотелескопов и фазированных антенных решеток, в радиоголографии и метрологии часто возникает необходимость одновременного измерения амплитуды и фазы СВЧ сигнала.

Существующие амплифазометры в основном многоканальные (двухканальные) [1—3]. Неидентичность амплитуднофазовых и частотных характеристик, а также фазовые флуктуации СВЧ элементов в разных каналах ограничивают возможности по повышению точности измерения.

Чтобы избавиться от указанных недостатков, предлагается один из вариантов построения одноканального амплифазометра, где входные СВЧ сигналы после определенного преобразования объединяются в один СВЧ канал, что дает возможность осуществить их усиление и детектирование, не накладывая на их амплитудно-фазовую характеристику добавочных условий.

Структурная схема такого амплифазометра приведена на рис. 1. Принцип работы прибора основан на преобразовании относительного изменения амплитуды и разности фаз СВЧ сигналов в амплитуду и разность фаз НЧ сигналов путем фазовой модуляции входных сигналов по специальным законам.

Пусть на входы амплифазометра подаются измеряемый $\dot{E}_n = E_n \exp[j(\omega t + \varphi_n)]$ и опорный $\dot{E}_0 = E_0 \exp[j(\omega t + \varphi_0)]$ СВЧ сигналы, где E_n и E_0 — амплитуды, φ_n и φ_0 — начальные фазы, а ω — циклическая частота сигналов. Эти сигналы модулируются по фазе фазовыми манипуляторами (1) и (2) с двумя значениями фазовых индексов „0“ и „ $-\pi/2$ “, по законам $f_1(t)$ и $f_2(t)$.

Законы модуляции

$$f_1(t) = \begin{cases} -j, & \text{при } -\pi + 2\pi n < \Omega t < \frac{\pi}{2} + 2\pi n, \\ 1, & \text{при остальных значениях } \Omega t \end{cases} \quad (1)$$

$$f_2(t) = \begin{cases} -j, & \text{при } -\frac{\pi}{2} + 2\pi n < \Omega t < \pi + 2\pi n \\ 1, & \text{при остальных значениях } \Omega t \end{cases}$$

приведены на рис. 2 (а, б) (Ω —частота модуляции).

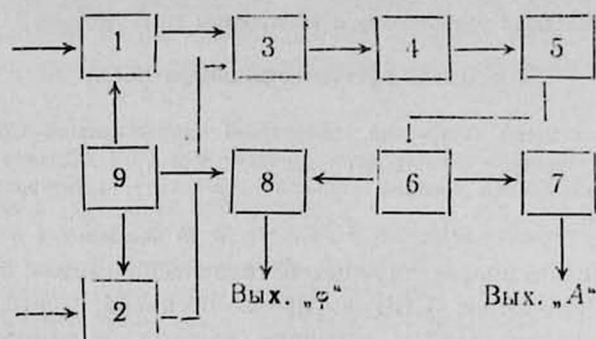


Рис. 1. Структурная схема амплифазометра.

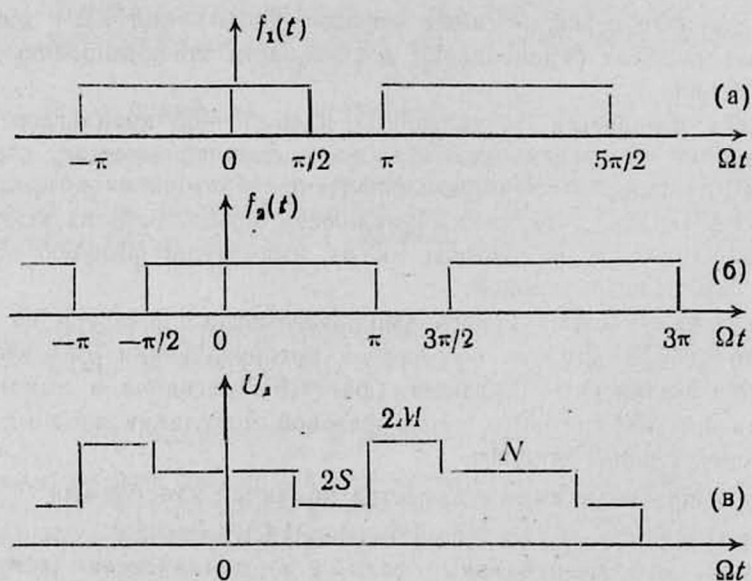


Рис. 2. Графическое изображение законов модуляции (а, б) и огибающая напряжения U_{Δ} (в).

Модулированные таким образом СВЧ сигналы суммируются сумматором мощности (3) и усиливаются СВЧ усилителем (4), на выходе которого напряженность сигнала имеет вид

$$\dot{E} = k_1 \exp(j\theta) (Q) \begin{pmatrix} \dot{E}_n \\ \dot{E}_0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где

$$Q = \frac{\sqrt{2}}{2} (f_1(t), f_2(t)) \quad (3)$$

есть матрица преобразования фазовых манипуляторов с сумматором мощности, k_1 —коэффициент усиления СВЧ, θ —некоторая фаза, вносимая усилителем.

На выходе СВЧ детектора (5) получим низкочастотный сигнал, равный

$$U_d = \alpha \dot{E} E, \quad (4)$$

где α —некоторый постоянный коэффициент, зависящий от параметров СВЧ детектора.

Учитывая (1)–(3), из выражения (4) получим значения детектированного напряжения

$$U_d = \begin{cases} M, & \text{при } -\pi + 2\pi n < \Omega t < -\frac{\pi}{2} + 2\pi n, \\ N, & \text{при } -\frac{\pi}{2} + 2\pi n < \Omega t < \frac{\pi}{2} + 2\pi n, \\ S, & \text{при } \frac{\pi}{2} + 2\pi n < \Omega t < \pi + 2\pi n, \end{cases} \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} M &= \frac{\alpha k_1^2}{2} (E_0^2 + E_n^2 + 2E_0 E_n \sin \varphi), \\ N &= \frac{\alpha k_1^2}{2} (E_0^2 + E_n^2 + 2E_0 E_n \cos \varphi), \\ S &= \frac{\alpha k_1^2}{2} (E_0^2 + E_n^2 - 2E_0 E_n \sin \varphi), \end{aligned} \quad (6)$$

$\varphi = \varphi_n - \varphi_0$ —разность фаз между входными СВЧ сигналами.

Вид огибающего напряжения U_d на выходе квадратичного детектора показан на рис. 2(в).

Из выражения (6) видно, что выходное напряжение квадратичного детектора не зависит от θ , т.е. в одноканальном амплифазометре фазовая характеристика усилителя СВЧ не влияет на точность измерения.

С выхода СВЧ детектора сигнал подается на вход селективного низкочастотного усилителя, настроенного на циклическую частоту модуляции Ω . Выполнив несложное для данного случая фурье-преобразование [4], получаем, что на выходе низкочастотного усилителя (6) усиленная первая гармоника сигнала равна

$$U_{yc} = \beta E_n \cos(\Omega t - \varphi), \quad (7)$$

где

$$\beta = \frac{2\pi k_1^2 k_2}{\pi} E_0, \quad (8)$$

k_2 — коэффициент усиления НЧ усилителя.

Низкочастотный сигнал $U_{\text{ус}}$ одновременно подается на вход линейного детектора (7) и на один из входов НЧ фазометра (8), а на другой вход фазометра подается низкочастотное напряжение $U_{\text{оп}} = U_0 \cos \Omega t$ от генератора опорных напряжений (9).

На выходах линейного детектора и низкочастотного фазометра будем иметь напряжение $U = \beta E_n$, прямо пропорциональное амплитуде измеряемого сигнала, и показание разности фаз φ между входными сигналами.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что предлагаемый одноканальный амплифазометр работоспособен и имеет очевидное преимущество над многоканальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Гладкий, И. С. Пархоменко. ПТЭ, № 4, 242 (1990).
2. Г. А. Двоян, Г. А. Пирумян, В. В. Мусатов. Тез. докладов XIV Всес. радионастрономической конференции, Ереван, 1985, с. 249—250.
3. О. П. Галахова, Е. Д. Колтик, С. А. Кравченко. Основы фазометрии. Л., Энергия, 1976.
4. Г. М. Фихтенгольц. Основы математического анализа, т. 1. М., Наука, 1964.

ԳՐԶ ԼԱՅՆՈՒՅԹԱՓՈՒԼԱԶՈՓ

Ա. Դ. ՂՈՒՅԱՆ, Գ. Ա. ԴՎՈՅԱՆ, Ի. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Հ. Ա. ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ

Նկարագրված է ԳՐԶ ազդանշանի լայնույթի և փուլի միաժամանակյա չափման մեթոդ՝ հիմնված մուտքային ազդանշանների փուլային մոդուլյացիայի վրա: Բերված է լայնույթափուլաչափի կառուցվածքային սխեման:

MICROWAVE AMPLITUDE-PHASEMETER

A. G. GOULIAN, G. A. DVOYAN, R. M. MARTIROSSIAN, H. A. PIROUMIAN

A construction method of a device designed for simultaneous measurement of relative amplitude and phase difference of microwave signals is described, where a phase manipulation of input signals is used. The structural diagram of the gauge is given.