



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

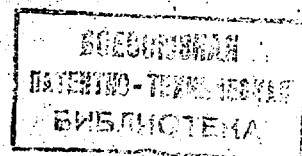
(19) SU (11) 1756838 A1

(51)5 G 01 R 29/10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4835863/09
(22) 12.04.90
(46) 23.08.92. Бюл. № 31
(71) Гомельское конструкторское бюро
"Луч"
(72) Л.А.Летунов, Г.Ю.Мосолов и О.М.Оболоник
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1453339, кл. G 01 R 29/10, 1987.
Авторское свидетельство СССР
№ 1497589, кл. G 01 R 29/10, 1987.
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПА-
РАМЕТРОВ ФАР

2

(57) Изобретение относится к технике антен-
ных измерений и может быть использовано
в составе комплекса для измерения пара-
метров ФАР со строчно-столбцевым управ-
лением с помощью неподвижного зонда.
Цель изобретения — повышение точности.
Для этого устройство содержит три делите-
ля частоты на p , q , r , смеситель, фазовраща-
тель на 90° , усилитель промежуточной
частоты, два синхронных детектора и два
фильтра нижних частот. Коэффициенты де-
ления делителей частоты связаны приве-
денным соотношением, 2 ил.

Изобретение относится к технике ан-
тенных измерений и может быть использо-
вано в составе комплекса для измерения
параметров ФАР со строчно-столбцевым
управлением с помощью неподвижного
зонда.

Известно устройство для измерения ам-
плитуд и фаз излучения элементов ФАР, со-
держащее генератор СВЧ-колебаний,
направленный ответвитель, генератор пря-
моугольных импульсов, измеряемую ФАР с
дискретно-управляемыми фазовращателя-
ми, три коммутатора, счетчик, двухразряд-
ный фазовращатель, делитель частоты на k ,
два делителя частоты на 2, делитель частоты
на s , неподвижный зонд, вентиль, СВЧ-сум-
матор, квадратичный детектор, фазовраща-
тель на 90° , три полосовых фильтра, два
дифференциальных усилителя, два фазовых
детектора, два фильтра низкой частоты.

Недостатками известного устройства
являются существенные ошибки измере-
ния, связанные с тем, что искомый сигнал
определяется как разность между сигналом
строки и столбца, модулированных одно-
временно, и сигналами от строки и столбца,
модулированных отдельно, причем эти
сигналы значительно превосходят искомый
сигнал по амплитуде. Кроме того, время из-
мерения большое, что связано с необходи-
мостью использовать три полосовых
фильтра, имеющих полосу пропускания не-
сколько герц.

Наиболее близким по технической сущ-
ности к предлагаемому изобретению явля-
ется устройство для измерения параметров
ФАР со строчно-столбцевым управлением,
содержащее генератор СВЧ, направленный
ответвитель, генератор прямоугольных им-
пульсов, измеряемую ФАР с дискретно уп-
равляемыми фазовращателями из состава

(19) SU (11) 1756838 A1

измеряемой ФАР, делитель частоты на 2, неподвижный зонд, измеритель разности фаз и ослаблений, фазовращатель на 90° , заградительный фильтр, фазовый манипулятор, усилитель промежуточной частоты, измерители уровня и разности фаз.

Недостатком известного устройства является то, что на вход фазового манипулятора, осуществляющего перемножение измерительного сигнала с сигналом генератора прямоугольных импульсов (манипуляция синхронно с манипуляцией измеряемого элемента), поступает измерительный сигнал, представляющий собой суперпозицию фазоманипулированных сигналов строки, столбца и измеряемого элемента, на пересечении которых он находится. При этом частота манипуляции строки и элемента совпадают, а фаза сдвинута на 90° . Если погрешность перемножения фазового манипулятора составляет 1%, то ввиду того, что в случае синфазного суммирования уровень сигнала от строки для больших ФАР может превышать уровень сигнала от элемента в 100 раз и более, погрешность измерения полезного сигнала от элемента ФАР может достигать величин 100% и более. Уменьшение этой погрешности связано с необходимостью предварительной расфазировки ФАР по строке в направлении на неподвижный зонд, что ведет к существенному увеличению времени измерений.

Цель изобретения – повышение точности и уменьшение времени цикла измерений ФАР со строчно-столбцевым управлением.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для измерения параметров ФАР со строчно-столбцевым управлением, состоящее из генератора СВЧ, направленного ответвителя, генератора прямоугольных импульсов, измеряемой ФАР с дискретно управляемыми фазовращателями из состава измеряемой ФАР, неподвижного зонда, измерителя разности фаз и ослаблений, причем выход генератора СВЧ через один выход направленного ответвителя соединен с входом ФАР, а через второй – с опорным входом измерителя разности фаз и ослаблений, измерительный вход которого соединен с выходом неподвижного зонда, введены три делителя частоты на p , q и r , два балансных смесителя, фазовращатель на 90° , два полосовых фильтра, два синхронных детектора и два фильтра нижних частот, причем выход генератора прямоугольных импульсов соединен с входами делителей частоты на p , q и r , выход делителя частоты на p соединен с входом управле-

ния ФАР по строкам, выход делителя частоты на q соединен с входом управления ФАР по столбцам, выход делителя частоты на r соединен с вторым входом первого синхронного детектора и вторым входом второго синхронного детектора, выход измерительный измерителя разности фаз и ослаблений соединен с первыми входами первого и второго балансных смесителей, вторые входы которых соединены с опорным выходом измерителя разности фаз и ослаблений, второго балансного смесителя непосредственно, а первого балансного смесителя через фазовращатель на 90° , выход первого балансного смесителя соединен с входом первого полосового фильтра, выход которого соединен с первым входом первого синхронного детектора, выход первого синхронного детектора соединен с входом первого ФНЧ, выход второго балансного смесителя соединен с входом второго полосового фильтра, выход которого соединен с первым входом второго синхронного детектора, выход второго синхронного детектора соединен с входом второго ФНЧ.

На фиг.1 приведена структурная схема предлагаемого устройства; на фиг.2 – графики его работы.

Устройство для измерения параметров ФАР со строчно-столбцевым управлением содержит генератор 1 СВЧ, направленный ответвитель 2, генератор 3 прямоугольных импульсов, измеряемую ФАР 4 с дискретно управляемыми фазовращателями 5 из состава измеряемой ФАР, делитель 6 частоты на p , делитель 7 частоты на q , делитель 8 частоты на r , причем коэффициенты деления p , q и r связаны соотношением $\frac{1}{r} = \frac{1}{q} - \frac{1}{p}$.

неподвижный зонд 9, измеритель 10 разности фаз и ослаблений, первый балансный смеситель 11, фазовращатель 12 на 90° , второй балансный смеситель 13, первый полосовой фильтр 14, настроенный на частоту $\frac{\Omega}{2\pi\Gamma}$, где $\frac{\Omega}{2\pi}$ – частота генератора прямоугольных импульсов 3, второй полосовой фильтр 15, настроенный на частоту $\frac{\Omega}{2\pi\Gamma}$, первый синхронный детектор 16, второй синхронный детектор 17, первый ФНЧ 18, второй ФНЧ 19.

В части реализации: генератор СВЧ 1 – стандартный (например Г4-80, Г4-81), направленный ответвитель 2 – стандартный, генератор 3 прямоугольных импульсов – кварцевый генератор, делитель 6–8 частоты – построены на базе интервального таймера КР580ВИ53, неподвижный зонд 9 – рупорная антенна, измеритель 10 разности фаз и

ослаблений – стандартный (например, ФК-2-20-26), балансные смесители 11, 13 реализованы на стандартных микросхемах 284 КН1А, фазовращатель 12 – фазосдвигающая LC-цепочка, полосовые фильтры 14, 15 – реализованы на LC-звеньях, синхронные детекторы 16, 17 – стандартные микросхемы 284 КН1А, ФНЧ 18, 19 – фильтры нижних частот реализованы на последовательно соединенных LC-звеньях.

Устройство работает следующим образом.

Генератор 1 СВЧ, работающий на частоте $\frac{\omega_0}{2\pi}$, возбуждает исследуемую антенную решетку 4. На расстоянии порядка размеров ФАР расположен неподвижный зонд 9, соединенный с измерительным входом стандартного измерителя разности фаз и ослаблений, на опорный вход которого поступает опорный сигнал от генератора СВЧ 1. На вход управления строки, на которой находится измеряемый элемент, поступает сигнал управления, представляющий собой меандр с частотой переключений $\frac{\Omega'}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi p}$ от делителя 6 частоты на p , где $\frac{\Omega}{2\pi}$ – частота генератора 3 прямоугольных импульсов. При этом, если задействуется дискрет π фазовращателя, то осуществляется фазовая модуляция СВЧ-сигнала с индексом модуляции $\pi/2$, если задействуется дискрет $\pi/4$ фазовращателя – индекс модуляции $\pi/4$ и т.д. На вход управления столбца, на котором находится измеряемый элемент, поступает сигнал управления – меандр с частотой $\frac{\Omega''}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi q}$ от делителя 7 частоты на q . Если отношение частот сигналов управления столбца и строки $\frac{\Omega''}{\Omega'} = \frac{p}{q}$ выражается простой неделимой рациональной дробью, то спектр сигнала манипуляции элемента, общего для строки и столбца, содержит компоненты на разностной частоте $\Delta\Omega = \Omega'' - \Omega' = \frac{\Omega}{r}$. При этом следует заметить, что спектры фазоманипулированных сигналов от строки и столбца не имеют составляющих на разностной частоте, если Ω' и Ω'' выбрать из условия $\Delta\Omega < \Omega'$ и $\Delta\Omega < \Omega''$. Как будет показано ниже, на основании измерений спектральной составляющей сигнала от элемента ФАР на разностной частоте при различных видах фазовой манипуляции можно полностью определить параметры каналов ФАР и АФР ФАР для различных фазовых состояний каналов, по которому определяются ос-

новные параметры ФАР. Фазоманипулированные сигналы от строки, столбца и элемента ФАР, на пересечении которых он находится, а также немодулированный сигнал от остальных элементов ФАР поступают на измерительный вход стандартного измерителя 10 разности фаз и ослаблений, используемого в качестве переносчика опорного и измерительного сигналов на промежуточную частоту измерителя $F_{пр}$, затем балансные смесители 11 и 13 производят перемножение измерительного сигнала и опорного, причем для балансного смесителя 11 опорный сигнал сдвинут на 90° . В результате на выходах балансных смесителей присутствуют сигналы, пропорциональные квадратурным составляющим измерительного сигнала, перенесенного на низкую частоту. Полосовые фильтры 14 и 15 выделяют составляющие сигнала на разностной частоте $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$, которые детектируются синхронными детекторами 16 и 17 и через фильтры 18 и 19 низких частот, которые отфильтровывают переменные составляющие сигналов, поступают на выход схемы. На выходе ФНЧ 18 и 19 присутствуют сигналы, постоянное напряжение которых пропорционально $\sin$ - и $\cos$ -компонентам спектральной составляющей фазоманипулированного сигнала выбранного элемента ФАР на частоте $\frac{\omega_0 + \Delta\Omega}{2\pi}$. Эти сигналы далее поступают на цифровые вольтметры и считываются ЭВМ, осуществляющей дальнейшую обработку.

Определим спектр фазоманипулированного сигнала элемента, находящегося на пересечении строки, фазовращатели которой манипулированы по фазе меандром с частотой следования импульсов $\frac{\Omega'}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi p}$ и столбца, фазовращатели которого манипулированы по фазе меандром с частотой следования импульсов $\frac{\Omega''}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi q}$. Для этого необходимо определить прямое преобразование Фурье фазоманипулированного сигнала измеряемого элемента, который можно представить в виде

$$f(t) = A(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \Theta(t)] = A_s(t) \cdot \cos \omega_0 t - A_s(t) \sin \omega_0 t = A(t) \cdot \cos \Theta(t) \cdot \cos \omega_0 t - A(t) \cdot \sin \Theta(t) \cdot \sin \omega_0 t$$

где $\frac{\omega_0}{2\pi}$ – несущая частота генератора СВЧ 1.

Зависимости амплитуды $A(t)$ и фазы $\Theta(t)$ сигнала $f(t)$ от времени определяются сигналами

лами управления по строке и по столбцу. Если при манипуляции оба сигнала управления задействуют только дискрет π фазовращателей строки и столбца, то измеряемый элемент, общий для строки и столбца, будет проманипулирован по фазе результирующим сигналом управления, представляющим собой объединение управляющих сигналов строки и столбца операций ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (фиг.2):

$$1(t) = 1'(t) \oplus 1''(t), \quad (2)$$

где $1'(t)$ — управляющие сигналы строки и столбца, принимающие два значения: 0 — дискрет π фазовращателей выключен, 1 — включен.

Комплексную амплитуду сигнала $f(t)$ (1)

$$\dot{a}(t) = A_c(t) + jA_s(t), \quad (3)$$

где j — мнимая единица,

при двух значениях сигнала управления $1(t)$ 0 и 1 обозначим $\dot{a}_0$ и $\dot{a}_1$ соответственно

$$\dot{a}_0 = A_{c0} + jA_{s0}, \quad (4)$$

$$\dot{a}_1 = A_{c1} + jA_{s1}.$$

Используя (3) и (4), сигнал $f(t)$ можно переписать в виде

$$f(t) = A_{c1} \cdot \cos \omega_0 t - A_{s1} \cdot \sin \omega_0 t \cdot 1(t) + (A_{c0} \cdot \cos \omega_0 t - A_{s0} \cdot \sin \omega_0 t) \cdot [1 - 1(t)], \quad (5)$$

или

$$f(t) = A_{c0} \cdot \cos \omega_0 t - A_{s0} \cdot \sin \omega_0 t + [(A_{c1} - A_{c0}) \cdot \cos \omega_0 t - (A_{s1} - A_{s0}) \cdot \sin \omega_0 t] \cdot 1(t) \quad (6)$$

Найдем преобразование Фурье функции $1(t)$. Для этого в выражение (2) операцию ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ запишем в виде

$$1(t) = 1'(t) \oplus 1''(t) = 1'(t) + 1''(t) - 2 \cdot 1'(t) \cdot 1''(t). \quad (7)$$

Преобразования Фурье сигналов $1'(t) \leftrightarrow F_1'(\omega)$ и $1''(t) \leftrightarrow F_1''(\omega)$ известны.

$$F_1'(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-j \frac{3\pi n}{2}} \cdot \frac{\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{\left(\frac{n\pi}{2}\right)} \cdot \delta(\omega - n\Omega'),$$

$$F_1''(\omega) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} e^{-j \frac{3\pi m}{2}} \cdot \frac{\sin\left(\frac{m\pi}{2}\right)}{\left(\frac{m\pi}{2}\right)} \cdot \delta(\omega - m\Omega''),$$

где $\delta(\omega)$ — дельта-функция.

Поэтому для преобразования Фурье сигнала $1(t)$ получим

$$1(t) \leftrightarrow F_1(\omega) = F_1'(\omega) + F_1''(\omega) - \frac{1}{\pi} F_1'(\omega) * F_1''(\omega), \quad (9)$$

где $*$ — операция свертки спектров.

Используя известные преобразования Фурье для функций $\cos \omega_0 t$ и $\sin \omega_0 t$

$$\cos \omega_0 t \leftrightarrow \pi [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)],$$

$$\sin \omega_0 t \leftrightarrow -j\pi [\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)],$$

найдем преобразование Фурье сигнала от измеряемого элемента $f(t)$ (6):

$$\begin{aligned} f(t) \leftrightarrow F(\omega) = & A_{c0} \pi [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)] + \\ & + j A_{s0} \pi [\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)] + \\ & + (A_{c1} - A_{c0}) \cdot \frac{1}{2} [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)] * F_1'(\omega) + \\ & + (A_{s1} - A_{s0}) \cdot \frac{1}{2} [\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)] * F_1''(\omega). \end{aligned}$$

Используя (4), выражение (11) можно переписать в виде

$$\begin{aligned} F(\omega) = & \pi [\dot{a}_0 \cdot \delta(\omega - \omega_0) + \dot{a}_0^* \cdot \delta(\omega + \omega_0)] + \\ & + \frac{1}{2} [(\dot{a}_1 - \dot{a}_0) \cdot F_1'(\omega) * \delta(\omega - \omega_0) + \\ & + (\dot{a}_1^* - \dot{a}_0^*) \cdot F_1''(\omega) * \delta(\omega + \omega_0)], \quad (12) \end{aligned}$$

где верхний индекс $*$ обозначает операцию комплексного сопряжения.

Подставляя выражение для $F_1'(\omega)$ (9) в (12), окончательно получим общее выражение для спектра сигнала $f(t)$:

$$\begin{aligned} F(\omega) = & \pi [\dot{a}_0 \delta(\omega - \omega_0) + \dot{a}_0^* \delta(\omega + \omega_0)] + \\ & + \frac{1}{2} \{ (\dot{a}_1 - \dot{a}_0) [F_1'(\omega - \omega_0) + F_1''(\omega - \omega_0)] + \\ & + (\dot{a}_1^* - \dot{a}_0^*) [F_1'(\omega + \omega_0) + F_1''(\omega + \omega_0)] \} - \\ & - \frac{1}{2\pi} \{ (\dot{a}_1 - \dot{a}_0) [F_1'(\omega) * F_1''(\omega) * \delta(\omega - \omega_0)] + \\ & + (\dot{a}_1^* - \dot{a}_0^*) [F_1'(\omega) * F_1''(\omega) * \delta(\omega + \omega_0)] \}. \end{aligned}$$

Если частоты $\frac{\Omega''}{2\pi}$ и $\frac{\Omega'}{2\pi}$ выбрать таким образом, чтобы их отношение $\frac{\Omega''}{\Omega'} = \frac{p}{q}$ выражалось простой неделимой дробью, где p и q целые положительные числа $p > q$, а также их разность удовлетворяла условию $\Delta\Omega < \Omega'$ (меньше самой меньшей из частот), то в выражении (13) первые два слагаемых не имеют спектральных составляющих

на разностной частоте $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$ и, следовательно, подавляются полосовыми фильтрами 14 и 15, настроенными на частоту $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$. Спектральную компоненту на разностной частоте $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$ дает только третье слагаемое, которое с учетом (8) можно записать

50

$$\begin{aligned} F(\omega) = & \frac{2}{\pi} \{ (\dot{a}_1 - \dot{a}_0) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} e^{-j \frac{3\pi(n+m)}{2}} \times \\ & \times \frac{\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{m\pi}{2}\right)}{n \cdot m} \delta(\omega - \omega_0 - n\Omega' - m\Omega'') + \end{aligned}$$

$$+ (\dot{a}_1^* - \dot{a}_0^*) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} e^{+j \frac{3\pi(n+m)}{2}} \times \\ \times \frac{\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{m\pi}{2}\right)}{n \cdot m} \delta(\omega + \omega_0 + n\Omega' + m\Omega'') \}.$$

Из всей суммы необходимо выбрать только те слагаемые, которые дают вклад на частоте $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$.

$$n\Omega' + m\Omega'' = \Delta\Omega. \quad (15)$$

Отсюда, используя выражение $\frac{\Omega''}{\Omega'} = \frac{p}{q}$, получим

$$n = -1 - \frac{p}{q} (m-1). \quad (16)$$

Суммирование в (14) ведется только по целым n и m , поэтому очевидно, что уравнению (16) удовлетворяют только те из них, которые определяются выражениями

$$m = 1 + qK, \\ n = -1 - pK, K = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (17)$$

Следовательно, для спектральной составляющей сигнала $f(t)$ на частоте $(\omega_0 + \Delta\Omega)/2\pi$ получим

$$F(\omega = \omega_0 + \Delta\Omega) = -\frac{2}{\pi} \{ (\dot{a}_1 - \dot{a}_0) \cdot S(p, q) \cdot \delta(\omega - \omega_0 - \Delta\Omega) + \\ + (\dot{a}_1^* - \dot{a}_0^*) \cdot S^*(p, q) \delta(\omega + \omega_0 + \Delta\Omega) \}, \quad (18)$$

где

$$S(p, q) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j \frac{3\pi}{2} (p-q)k} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} pk\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} qk\right)}{(1 + pK)(1 + qK)}. \quad (19)$$

Для коэффициента экспоненциального ряда Фурье функции $f(t)$ на частоте $\omega = \omega_0 + \Delta\Omega$ получим

$$\dot{F}_{\omega+\Delta\Omega} = -\frac{1}{\pi^2} (\dot{a}_1 - \dot{a}_0) \cdot S(p, q). \quad (20)$$

Величина $S(p, q)$ является функцией только частот управляющих сигналов манипуляции строки и столбца, задаваемых делителями 6 и 7 на p и на q соответственно и является постоянной для постоянных коэффициентов деления делителей.

На основании измерений гармоник фазоманипулированного сигнала от измеряемого элемента ФАР на разностной частоте (20) для различных видов манипуляций можно определить комплексные коэффициенты передачи каналов ФАР.

Для определения коэффициента передачи выбранного канала (элемента) ФАР для различных состояний фазовращателя необходимо произвести пять измерений гармоник $\dot{F}_{\omega+\Delta\Omega}$ следующих манипуляций:

Строка Столбец

1. 0-180°	0-180°
2. 45-225°	0-180°
3. 90-270°	0-180°
4. 0-45°	0-90°
5. 180-225°	0-90°

(21)

Обозначим измеренные значения величины $\dot{F}_{\omega+\Delta\Omega}$ соответственно

$$10 \dot{F}_{(0-180)}, \dot{F}_{(45-225)}, \dot{F}_{(90-270)}, \dot{F}_{(0-45)}, \dot{F}_{(180-225)}, \\ \dot{F}_{(0-180)}, \dot{F}_{(0-180)}, \dot{F}_{(0-180)}, \dot{F}_{(0-90)}, \dot{F}_{(0-90)}.$$

Если строка и столбец манипулируются дискретом π фазовращателей и при этом все остальные дискреты отключены (первая манипуляция), то для комплексных амплитуд $\dot{a}_1$ и $\dot{a}_0$ получим

$$\dot{a}_1 = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{180} e^{j\varphi_{180}};$$

$$\dot{a}_0 = A_0 e^{j\varphi_0},$$

где $A_0 e^{j\varphi_0}$ — комплексная амплитуда волны на входе неподвижного зонда при выключенных дискретах фазовращателя;

$K_{180} e^{j\varphi_{180}}$ — комплексный коэффициент передачи дискрета π фазовращателя, характеризующий изменение комплексной амплитуды волны на входе неподвижного зонда при включении дискрета π фазовращателя.

Тогда на основании выражения (20) можно записать

$$\dot{F}_{(0-180)} = -\frac{S(p, q)}{\pi^2} A_0 e^{j\varphi_0} (K_{180} e^{j\varphi_{180}} - 1).$$

Если строка и столбец манипулируются дискретом $\pi/4$ фазовращателей и при этом дискрет $\pi/4$ постоянно включен управляющим сигналом по строке (вторая манипуляция), то для комплексных амплитуд $\dot{a}_1$ и $\dot{a}_0$ получим:

$$\dot{a}_1 = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{45} e^{j\varphi_{45}} \cdot K_{180} e^{j\varphi_{180}};$$

$$\dot{a}_0 = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{45} e^{j\varphi_{45}},$$

где $K_{45} e^{j\varphi_{45}}$ — комплексный коэффициент передачи дискрета $\pi/4$ фазовращателя, характеризующий изменение комплексной амплитуды волны на входе неподвижного зонда при включении дискрета $\pi/4$. Тогда

$$\dot{F}_{(45-225)} = -\frac{S(p, q)}{\pi^2} A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{45} e^{j\varphi_{45}} (K_{180} e^{j\varphi_{180}} - 1)$$

Отсюда с учетом (23)

$$K_{45} e^{j\varphi_{45}} = \dot{F}_{(45-225)} / \dot{F}_{(0-180)}.$$

Используя ту же схему рассуждений для других коэффициентов передач, получим

$$K_{90} e^{j\varphi_{90}} = \frac{\dot{F}(90-270)}{\dot{F}(0-180)} / \frac{\dot{F}(0-180)}{\dot{F}(0-180)};$$

$$K_{180} e^{j\varphi_{180}} = \frac{\dot{F}(180-225)}{\dot{F}(0-90)} / \frac{\dot{F}(0-45)}{\dot{F}(0-90)}.$$

Используя вычисленное значение $K_{180} e^{j\varphi_{180}}$ и выражение (23), получим

$$A_0 e^{j\varphi_0} = - \frac{\hat{1}^2}{5(p,q)} \cdot \frac{\dot{F}(0-180)}{\dot{F}(0-180)} \cdot (K_{180} e^{j\varphi_{180}} - 1).$$

На основании определений (22) и (24) получим выражение для комплексных амплитуд волны на входе зонда при различных состояниях фазовращателя:

$$\dot{a}_{45} = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{45} e^{j\varphi_{45}};$$

$$\dot{a}_{90} = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{90} e^{j\varphi_{90}};$$

$$\dot{a}_{180} = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{180} e^{j\varphi_{180}};$$

$$\dot{a}_{135} = A_0 e^{j\varphi_0} \cdot K_{45} e^{j\varphi_{45}} \cdot K_{90} e^{j\varphi_{90}},$$

и т.д.

По известному расстоянию от элементов ФАР до неподвижного зонда определяются амплитуды возбуждения каналов ФАР для различных состояний фазовращателей. И исходя из этого рассчитываются основные параметры ФАР.

Построение предлагаемого устройства для измерения параметров ФАР со строчно-столбцевым управлением лишено недостатков, присущих известному устройству, ввиду того, что здесь решена задача частотного разделения фазоманипулированных сигналов строки, столбца и элемента, на пересечении которых он находится. Интересующий сигнал от измеряемого элемента выделяется из остальных сигналов при помощи полосовых фильтров 14 и 15, настроенных на разностную частоту $\frac{\Delta\Omega}{2\pi}$ (частоту сигнала от измеряемого элемента). При этом точность измерения определяется величиной подавления частотных составляющих вне полосы пропускания полосовых

фильтров 14 и 15. Коэффициент подавления может достигать величин порядка 110–120 дБ, что вполне достаточно для того, чтобы погрешность измерения была не хуже 1–2%. Дополнительно также отпадает необходимость в предварительной расфазировке ФАР, что приводит к уменьшению времени измерений.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет повысить точность и уменьшить время цикла измерений ФАР со строчно-столбцевым управлением.

Формула изобретения

Устройство для измерения параметров ФАР, включающее последовательно соединенные генератор СВЧ и направленный ответвитель, первый выход которого является выходом для подключения входа исследуемой ФАР, последовательно соединенные неподвижный зонд, вентиль, смеситель, усилитель промежуточной частоты, первый фазовый детектор и первый фильтр нижних частот, выход которого является первым выходом устройства, последовательно соединенные второй фазовый детектор, первый вход которого подключен к выходу усилителя промежуточной частоты, и второй фильтр нижних частот, выход которого является вторым выходом устройства, последовательно соединенные генератор прямоугольных импульсов и делитель частоты на p , выход которого подключен к первому входу управления исследуемой ФАР, делитель частоты на r , вход которого подсоединен к выходу генератора прямоугольных импульсов, а выход – к второму входу первого фазового детектора и через фазовращатель на 90° – к второму входу второго фазового детектора, делитель частоты на q , вход которого подключен к выходу генератора прямоугольных импульсов, отличающееся тем, что, с целью обеспечения возможности измерения параметров ФАР со строчно-столбцевым управлением и повышения точности, второй выход направленного ответвителя подключен к второму входу смесителя, выход делителя частоты на q подсоединен к второму входу управления ФАР, а коэффициенты деления делителей частоты должны удовлетворять условию $\frac{1}{r} = \frac{1}{q} - \frac{1}{p}$; $q < r$, $p < r$.



$i'(t)$ - сигнал управления по строке



$1''(t)$ — сигнал управления по столбцу

 $i'(t) \oplus i''(t)$ - сигнал управления элемента

Фиг. 2

Редактор Е.Папп

Составитель
Техред М.Моргентал

Корректор О.Кравцова

Заказ 3086

Тираж

Подписное

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

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