



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1515125 A1**

(5D) 4 G 01 R 29/10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4298672/24-09

(22) 31.08.87

(46) 15.10.89. Бюл. № 38

(72) Л.А.Летунов, О.Е.Евтюхина,

С.В.Качанов и В.С.Рабинович

(53) 621.396.621.317.67 (088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР

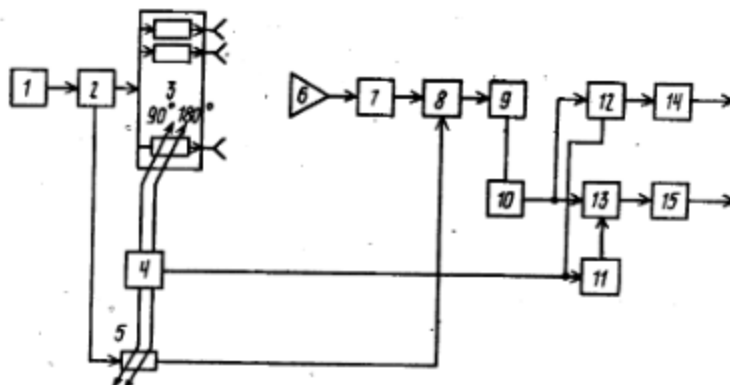
№ 1318941, кл. G 01 R 29/10,

Методы измерения характеристик
антенн СВЧ/Под ред. Н.М.Цейтлина.
М.: Сов. радио, 1985.

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФА-
ЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

(57) Изобретение относится к технике
антенных измерений. Цель изобретения -
повышение точности измерений путем
определения параметров управляемых
дискретных фазовращателей. Устройство,
реализующее способ, содержит г-р
1 СВЧ, направленный ответвитель 2,

исследуемую фазированную антенную
решетку (ФАР) 3 с управляемыми дис-
кретными фазовращателями, блок управ-
ления ФАР 4, управляемый дискретный
фазовращатель 5 опорного сигнала, не-
подвижный зонд 6, вентиль 7, СВЧ-сум-
матор 8, квадратичный детектор 9,
у-ль промежуточной частоты 10, фазо-
вращатель на 90° 11, фазовые детек-
торы 12, 13, фильтры нижних частот
14, 15. С целью повышения точности
измерений фазовую манипуляцию осу-
ществляют в режиме $0-90^\circ$ для дискре-
тов $0-\pi$ и в режиме $0-180^\circ$ для дискре-
тов $0-\pi/4, \pi/2$, по разности фаз и
отношению модулей коэффициентов пере-
дачи при фазовой манипуляции опреде-
ляют коэффициент передачи управляемых
дискретных фазовращателей соответст-
вующего дискрета. 1 ил.



(19) **SU** (11) **1515125 A1**

Иллюстрации к патенту 1515125

Способ измерения параметров фазированной антенной решетки

3

1515125

Изобретение относится к технике антенных измерений и может быть использовано для измерения дискретов управляемых фазовращателей антенных модулей и амплитудно-фазового распределения ФАР с помощью неподвижного зонда.

Цель изобретения — повышение точности измерений путем определения параметров управляемых дискретных фазовращателей (УДФ).

На чертеже приведена структурная электрическая схема устройства, реализующего способ измерения параметров ФАР.

Устройство содержит генератор СВЧ 1, направленный ответвитель 2, исследуемую ФАР 3 с управляемыми дискретными фазовращателями, блок управления ФАР 4, управляемый дискретный фазовращатель 5 опорного сигнала, неподвижный зонд 6, вентиль 7, СВЧ сумматор 8, квадратичный детектор 9, усилитель промежуточной частоты (УПЧ) 10, фазовращатель на 90° 11, фазовые детекторы 12, 13, фильтры нижних частот (ФНЧ) 14, 15.

Генератор СВЧ записывает исследуемую антенную решетку на частоте ω_0 . На расстоянии порядка размеров антенной решетки расположен неподвижный

зонд 6, принимающий сигнал ФАР. Сигнал одного из каналов ФАР проманипулирован по фазе, дискрет манипуляции $0-180^\circ$. Измерения производятся, начиная с дискретов $0,45; 90^\circ$. Сигнал, принятый неподвижным зондом 6, подается на СВЧ сумматор 8, на второй вход которого подан опорный сигнал, проманипулированный по фазе частотой F_2 , после квадратичного детектирования из суммарного сигнала УПЧ, настроенный на частоту $F_1 - F_2$, выделяет сигнал измеряемого канала ФАР, с помощью фазовых детекторов производится выделение уровней, соответствующих \sin и \cos компонентам сигнала. Далее математически будет обосновано, что при начале фазовой манипуляции с дискрета 45° по измеренному сигналу можно определить параметры фазового сдвига $0-45^\circ$, при начале с 90° — параметры дискрета $0-90^\circ$, аналогично определяются параметры дискрета $0-180^\circ$ по измеренным сигналам канала при манипуляции $0-90^\circ$, начиная с дискретов 0 и 180° , частота манипуляции в обоих режимах — F_1 .

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$ начиная с нулевого дискрета манипулированный сигнал имеет вид

$$a_1(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t + \varphi_1) & 0 < t \leq \frac{T}{2}; \\ A(1 - \Delta K_1) \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_1 + \varphi_1); & \frac{T}{2} < t \leq T. \end{cases} \quad (1)$$

Первая гармоника этого колебания

$$\frac{1}{\pi} [-(1 - \Delta K_1) \sin \Delta\varphi_1 + 1] \sin(\omega_0 + \Omega_1)t + \cos \Delta\varphi_1 (1 - \Delta K_1) \cos(\omega_0 + \Omega_1)t]. \quad (2)$$

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$, начиная с дискрета 180° , сигнал можно записать:

$$a_2(t) = \begin{cases} A(1 - \Delta K_2) \sin(\omega_0 t + \pi + \Delta\varphi_2 + \varphi_2); & 0 < t \leq \frac{T}{2}; \\ A(1 - \Delta K_1)(1 - \Delta K_2) \cos(\omega_0 t + 3/2\pi + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \varphi_2); & \frac{T}{2} < t \leq T, \end{cases} \quad (3)$$

первая гармоника:

$$\frac{1}{\pi} [(1 - \Delta K_2) [((1 - \Delta K_1) \sin \Delta\varphi_1 + 1) \sin((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta\varphi_2) - \cos \Delta\varphi_1 (1 - \Delta K_1) \cos((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta\varphi_2)]]]. \quad (4)$$

Иллюстрации к патенту 1515125

Способ измерения параметров фазированной антенной решетки

3

1515125

4

Изобретение относится к технике антенных измерений и может быть использовано для измерения дискретов управляемых фазовращателей антенных модулей и амплитудно-фазового распределения ФАР с помощью неподвижного зонда.

Цель изобретения - повышение точности измерений путем определения параметров управляемых дискретных фазовращателей (УДФ).

На чертеже приведена структурная электрическая схема устройства, реализующего способ измерения параметров ФАР.

Устройство содержит генератор СВЧ 1, направленный ответвитель 2, исследуемую ФАР 3 с управляемыми дискретными фазовращателями, блок управления ФАР 4, управляемый дискретный фазовращатель 5 опорного сигнала, неподвижный зонд 6, вентиль 7, СВЧ сумматор 8, квадратичный детектор 9, усилитель промежуточной частоты (УПЧ) 10, фазовращатель на 90° 11, фазовые детекторы 12, 13, фильтры нижних частот (ФНЧ) 14, 15.

Генератор СВЧ записывает исследуемую антенную решетку на частоте ω_0 . На расстоянии порядка размеров антенной решетки расположен неподвижный

зонд 6, принимающий сигнал ФАР. Сигнал одного из каналов ФАР проманипулирован по фазе, дискрет манипуляции $0-180^\circ$. Измерения производятся, начиная с дискретов $0,45; 90^\circ$. Сигнал, принятый неподвижным зондом 6, подается на СВЧ сумматор 8, на второй вход которого подан опорный сигнал, проманипулированный по фазе частотой F_2 , после квадратичного детектирования из суммарного сигнала УПЧ, настроенный на частоту $F_1 - F_2$, выделяет сигнал измеряемого канала ФАР, с помощью фазовых детекторов производится выделение уровней, соответствующих \sin и \cos компонентам сигнала. Далее математически будет обосновано, что при начале фазовой манипуляции с дискрета 45° по измеренному сигналу можно определить параметры фазового сдвига $0-45^\circ$, при начале с 90° - параметры дискрета $0-90^\circ$, аналогично определяются параметры дискрета $0-180^\circ$ по измеренным сигналам канала при манипуляции $0-90^\circ$, начиная с дискретов 0 и 180° , частота манипуляции в обоих режимах - F_1 .

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$ начиная с нулевого дискрета манипулированный сигнал имеет вид

$$a_1(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t + \varphi_1) & 0 < t \leq \frac{T}{2}; \\ A(1 - \Delta K_1) \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_1 + \varphi_1); & \frac{T}{2} < t \leq T. \end{cases} \quad (1)$$

Первая гармоника этого колебания

$$\frac{1}{\pi} \left[-((1 - \Delta K_1) \sin \Delta\varphi_1 + 1) \sin(\omega_0 + \Omega_1)t + \cos \Delta\varphi_1 (1 - \Delta K_1) \cos(\omega_0 + \Omega_1)t \right]. \quad (2)$$

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$, начиная с дискрета 180° , сигнал можно записать:

$$a_2(t) = \begin{cases} A(1 - \Delta K_2) \sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_2 + \varphi_2); & 0 < t \leq \frac{T}{2}; \\ A(1 - \Delta K_1)(1 - \Delta K_2) \cos(\omega_0 t + 3/2\pi + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \varphi_2); & \frac{T}{2} < t \leq T, \end{cases} \quad (3)$$

первая гармоника:

$$\frac{1}{\pi} \left[(1 - \Delta K_2) \left[((1 - \Delta K_1) \sin \Delta\varphi_1 + 1) \sin((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta\varphi_2) - \cos \Delta\varphi_1 (1 - \Delta K_1) \cos((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta\varphi_2) \right] \right]. \quad (4)$$

Иллюстрации к патенту 1515125

Способ измерения параметров фазированной антенной решетки

5 1515125- 6
Разность фаз и отношение уровней сигналов (2) и (4) определяет параметры (неточность установки и коэффициент ослабления дискретов 180°). При фазовой манипуляции $0-180^\circ$, начиная с нулевого дискрета, манипулируемый сигнал записывается в виде

$$a_3(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t + \varphi_1); & 0 < t \leq \frac{T}{2} \\ A(1 - \Delta K_2) \sin(\omega_0 t + \hat{\varphi}_1 + \Delta \varphi_1 + \varphi_1); & \frac{T}{2} < t \leq T \end{cases} \quad (5)$$

Первая гармоника этого колебания

$$\frac{1}{\pi} \left[-(1 + (1 - \Delta K_2) \cos \Delta \varphi_2) \sin((\omega_0 + \Omega_1)t - \sin \Delta \varphi_2 (1 - \Delta K_2) \pi \cos(\omega_0 + \Omega_1)t) \right] \quad (6)$$

При фазовой манипуляции $0-180^\circ$, начиная с дискрета 45° , манипулируемый сигнал

$$a_4(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t + \varphi_1 + 45^\circ + \Delta \varphi_1)(1 - \Delta K_3); & 0 < t \leq T/2 \\ A(1 - \Delta K_3) \cos(\omega_0 t + \varphi_1 + 45^\circ + \Delta \varphi_1 + \hat{\varphi}_1 + \Delta \varphi_2)(1 - \Delta K_2); & T/2 < t \leq T \end{cases} \quad (7)$$

первая гармоника:

$$\frac{1}{\pi} \left[(1 - \Delta K_3) \left[-(1 + (1 - \Delta K_2) \cos \Delta \varphi_2) \sin((\omega_0 + \Omega_1)t + \frac{\pi}{4} + \Delta \varphi_1) - \sin \Delta \varphi_2 (1 - \Delta K_2) \cos((\omega_0 + \Omega_1)t + \frac{\pi}{4} + \Delta \varphi_1) \right] \right] \quad (8)$$

При фазовой манипуляции $0-180^\circ$, начиная с дискрета 90° , сигнал

$$a_5(t) = \begin{cases} A(1 - \Delta K_1) \cos(\omega_0 t + \varphi_1 + \frac{\pi}{2} + \Delta \varphi_1); & 0 < t \leq T/2 \\ A(1 - \Delta K_1)(1 - \Delta K_2) \cos(\omega_0 t + \varphi_1 + 3/2\pi + \Delta \varphi_1 + \Delta \varphi_2); & T/2 < t \leq T \end{cases} \quad (9)$$

первая гармоника:

$$\frac{1}{\pi} \left[(1 - \Delta K_1) \left[-(1 + (1 + \Delta K_2) \cos \Delta \varphi_2) \cos((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta \varphi_1) + \sin \Delta \varphi_2 (1 + \Delta K_2) \sin((\omega_0 + \Omega_1)t + \Delta \varphi_1) \right] \right] \quad (10)$$

Разность фаз и отношение уровней сигналов (7) и (8) определяет параметры дискрета 45° , а сигналов (6) и (10) - параметры дискрета $0-90^\circ$.

При этом опорный сигнал описывается выражением

$$1/\pi \left[\cos(\omega_0 + \Omega_1)t + \sin(\omega_0 + \Omega_1)t \right] \quad (11)$$

где $\Omega_1/2\pi$ - частота переключения дискретов в опорном канале.

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$, начиная с нулевого дискрета, измерительный сигнал имеет вид

$$\sum_{n=1}^{N-1} \frac{A_n}{N} \frac{K_n}{r_n} \cos(\omega_0 t + \varphi_n) + \frac{A_N}{N} \frac{K_N}{2\pi} \frac{1}{\pi} \left[-(1 - \Delta K_1) \sin \Delta \varphi_1 + \sin((\omega_0 + \Omega_1)t + \varphi_1) + \cos \Delta \varphi_1 (1 - \Delta K_1) \cos((\omega_0 + \Omega_1)t + \varphi_1) \right] \quad (12)$$

Иллюстрации к патенту 1515125

Способ измерения параметров фазированной антенной решетки

7

1515125

8

При этом УПЧ, настроенный на частоту $F_1 - F_2$, с точностью до погрешности

первого порядка малости выделяет сигнал вида

$$\frac{A_0}{N} \frac{K_1}{r_x} \frac{1}{n} \left[-((1-\Delta K_1) \sin \Delta \varphi_1 + 1) \sin ((\Omega_1 - \Omega_2)t + (\varphi_1 + \cos \Delta \varphi_1 (1-\Delta K_1) \cos ((\Omega_1 - \Omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_x))) \right] \quad (13)$$

Фазовые детекторы осуществляют разделение \sin и \cos компонент измеряемого сигнала.

При фазовой манипуляции $0-90^\circ$ начиная с дискрета 180° УПЧ выделяет сигнал вида:

$$\frac{A_0}{N} \frac{K_1}{r_x} \frac{1}{n} (1-\Delta K_2) \left[(1-\Delta K_1) \sin \Delta \varphi_1 + 1 \right] \sin ((\Omega_1 - \Omega_2)t + \Delta \varphi_1 + (\varphi_1) - \cos \Delta \varphi_1 (1-\Delta K_1) \cos ((\Omega_1 - \Omega_2)t + \Delta \varphi_1 + (\varphi_1)) \quad (14)$$

По \sin и \cos компонентам сигналов (13) и (14) определяются при начале манипуляции с нулевого дискрета и дискрета 180° . Разность фаз за вычетом дискрета 180° дает погрешность установки дискрета 180° , а отношение уровней -1 — коэффициент ослабления дискрета 180° .

Аналогично при манипуляции $0-90^\circ$ определяются параметры дискретов 45° и 90° .

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ измерения параметров фазированной антенной решетки (ФАР), включающий возбуждение исследуемой ФАР высокочастотным сигналом, фазовую манипуляцию в канале ФАР с частотой F_1 , прием и измерение излученного сигнала неподвижным зондом, суммирование с опорным сигналом, промодулированным

по фазе по пилообразному закону с частотой F_2 , квадратичное детектирование суммарного сигнала, частотную селекцию сигнала с частотой $(F_1 - F_2)$, выделение их синусных и косинусных компонент и определение по ним модуля и фазы коэффициента передачи, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерений путем определения параметров управляемых дискретных фазовращателей с дискретами $0-\pi/4$, $0-\pi/2$, $0-\pi$, фазовую манипуляцию осуществляют в режиме $0-90^\circ$ для дискретов $0-\pi$ и в режиме $0-180^\circ$ для дискретов $0-\pi/4$, $\pi/2$, по разности фаз и отношению модулей коэффициентов передачи при фазовой манипуляции определяют коэффициент передачи управляемых дискретных фазовращателей соответствующего дискрета.

Составитель А.Хау

Редактор М.Циткина

Техред Л.Олийник

Корректор Л.Патай

Заказ 6273/44

Тираж 714

Подписное

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