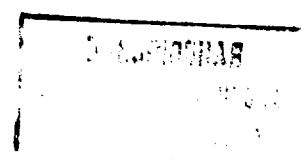




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4639586/09

(22) 19.01.89

(46) 15.08.91. Бюл. № 30

(71) Минский радиотехнический институт

(72) В.Я.Аверьянов, В.Б.Кирильчук, Г.А.Клеван и Г.П.Турук

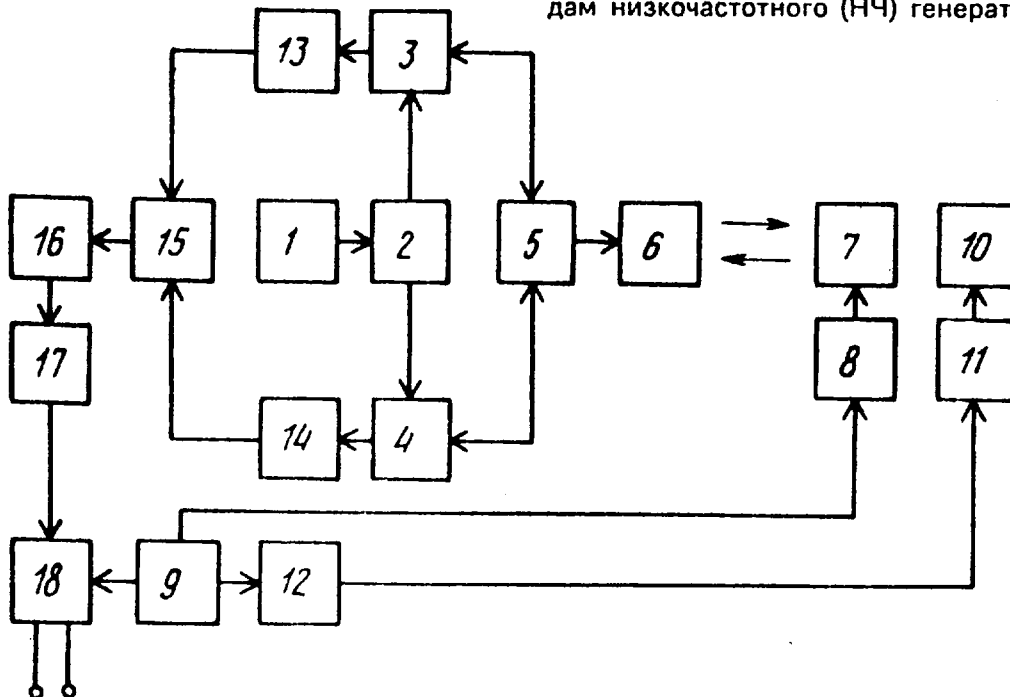
(53) 621.317:621.396.67(088.8)

(56) Захарьев А.И. и др. Методы измерения характеристик антенн СВЧ. М.: Радио и связь, 1985, с.200-201.

Davies D.E.N., Vakil S.M. Field probe for measuring both amplitude and phase of antenna radiation pattern. - Electronics letters, 6th November 1980, 16, № 23, p.874.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗЫ И АМПЛИТУДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ИССЛЕДУЕМОЙ АНТЕННЫ

(57) Изобретение относится к технике антенных измерений и может быть использовано для измерения амплитудно-фазового распределения электромагнитного поля в ближней зоне антенны при ее испытаниях и настройке. Цель изобретения - повышение точности. Устройство содержит генератор 1 СВЧ, подключенный к входу исследуемой антенны 6 через делитель 2 мощности, циркуляторы 3 и 4 и разделитель 5 поляризации. Излученное антенной 6 электромагнитное поле переизлучается отражательными зондами, выполненными из диполей 7 и 10, размещенных ортогонально друг другу, параллельно раскрытию антенны 6 на расстоянии друг от друга, равном четверти рабочей длины волны. Модулирующие диоды 8 и 11 отражательных зондов подключены к выходам низкочастотного (НЧ) генератора 9, а



(19) SU (11) 1670629 A1

один из них через НЧ-фазовращатель 12 на 90° . Отраженный от зондов сигнал принимается антенной 6 и через циркуляторы 3 и 4, аттенюатор 13 и фазовращатель 14, сумматор 15, смеситель 16 и усилитель 17 промежуточной частоты, на к-ром выделяется колебание с частотой модуляции, поступает

на первый вход амплифазометра 18, на второй вход к-рого поступает НЧ-сигнал с выхода НЧ-генератора 9. Изобретение позволяет повысить точность за счет подавления одной боковой полосы и удвоения амплитуды другой боковой полосы. 1 ил.

Изобретение относится к технике антенных измерений и может быть использовано для измерения амплитудно-фазового распределения электромагнитного поля антенны в ближней зоне антенны при ее испытаниях и настройке.

Цель изобретения – повышение точности.

На чертеже приведена структурная электрическая схема устройства для измерения фазы и амплитуды электромагнитного поля в ближней зоне антенны.

Устройство для измерения фазы и амплитуды электромагнитного поля в ближней зоне антенны включает СВЧ-генератор 1, выход которого подключен к входу делителя 2 мощности, первый и второй выходы которого подключены к первому плечу первого 3 и второго 4 циркуляторов, разделитель 5 поляризации, первый и второй входы которого соединены с вторым плечом первого 3 и второго 4 циркуляторов, а выход является выходом для подключения входа исследуемой антенны 6, первый электрический диполь 7, первый модулирующий диод 8, вход которого соединен с вторым выходом НЧ-генератора 9, а выход – с первым электрическим диполем 7 отражательного зонда, второй электрический диполь 10, второй модулирующий диод 11, вход которого соединен с третьим выходом НЧ-генератора 9 через низкочастотный (НЧ) фазовращатель 12 на 90° , а выход соединен с входом второго электрического диполя 10 отражательного зонда, расположенного ортогонально первому диполю 7 в плоскости, параллельной плоскости раскрыва исследуемой антенны 6, на удалении от первого диполя 7, равном четверти рабочей длины волны, аттенюатор 13, вход которого соединен с третьим плечом первого циркулятора 3, высокочастотный фазовращатель 14, вход которого соединен с третьим плечом второго циркулятора 4, а выход – с вторым входом сумматора 15, смеситель 16, вход которого

соединен с выходом сумматора 15, а выход – с последовательно соединенными усилителем промежуточной частоты (УПЧ) 17 и амплифазометром 18, выход которого является выходом устройства, второй вход амплифазометра 18 соединен с первым выходом НЧ-генератора 9.

Устройство для измерения фазы и амплитуды электромагнитного поля в ближней зоне антенны работает следующим образом.

Сигнал на рабочей частоте от СВЧ-генератора 1 подается на делитель 2 мощности, делится пополам и через циркуляторы 3 и 4 и разделитель 5 поляризации подается на исследуемую антенну 6 и излучается, причем излучаемое антенной 6 электромагнитное поле с помощью разделителя 5 поляризаций представлено в виде вертикальной и горизонтальной составляющих и несет информацию об амплитудном и фазовом распределении электромагнитного поля на раскрыве исследуемой антенны. Часть излучаемой мощности принимается первым 7 и вторым 10 диполями отражательного зонда, при этом диполь 7 принимает вертикальную составляющую, а диполь 10 – горизонтальную. К диполю 7 подключен модулирующий диод 8, на который от НЧ-генератора 9 подается модулирующее напряжение частотой Ω . К диполю 10 подключен модулирующий диод 11, на который от того же генератора 9 через НЧ-фазовращатель 12 на 90° подается модулирующее напряжение той же частоты Ω , не сдвинутое по фазе на величину ψ_D . Принятый от исследуемой антенны сигнал после модуляции переизлучается и часть его принимается исследуемой антенной.

Положим, СВЧ-генератор 1 генерирует гармонический сигнал

$$A_0(t) = A_{0m} \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1)$$

где A_{0m} , ω_0 , φ_0 – амплитуда, частота и начальная фаза колебания.

Пройдя через делитель 2 мощности и циркуляторы 3 и 4, на выходе разделителя 5 поляризации сигнал будет иметь вертикальную и горизонтальную составляющие поля:

$$A_{1в}(t) = A_{1вм} \cos(\omega_0 t + \varphi_0); \quad (2)$$

$$A_{1г}(t) = A_{1гм} \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (3)$$

где $A_{1вм}$ и $A_{1гм}$ – амплитуды сигналов вертикальной и горизонтальной составляющих.

С выхода разделителя поляризации сигнал поступает в исследуемую антенну 6 и излучается в направлении отражательных зондов. На входах диполей 7 и 10 сигнал можно записать:

для вертикальной составляющей поля на диполе 7

$$A_{2в}(t) = A_{2вм} \cos(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0), \quad (4)$$

для горизонтальной составляющей поля на диполе 10 с учетом его пространственного сдвига

$$A_{2г}(t) = -A_{2гм} \sin(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0), \quad (5)$$

где $A_{2вм}$, $A_{2гм}$ – амплитуды сигнала вертикальной и горизонтальной составляющих;

$$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} - \text{постоянный коэффициент}$$

распространения (λ_0 – длина волны СВЧ-генератора 1);

x – расстояние от плоскости раскрыва исследуемой антенны 6 до диполя 7;

$\Delta\varphi$ – значение дополнительного набегга фазы электромагнитного поля в ближней зоне исследуемой антенны 6 в точке измерения.

На модулирующем диоде 8 наведенные полем излучения исследуемой антенны токи диполя 7 от вертикальной составляющей модулируются сигналом НЧ-генератора 9 с частотой Ω и переизлучаются. В составе спектра излучаемого сигнала появляется кроме несущей частоты ω_0 верхняя боковая частота $\omega_0 + \Omega$ и нижняя $\omega_0 - \Omega$. Мгновенное значение модулированного колебания можно записать в виде (с учетом только первой гармоники модуляции):

$$A_{3в}(t) = A_{3вм} [1 + M \cos(\Omega t + \varphi_\Omega)] \cos(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0) \quad (6)$$

или

$$A_{3в}(t) = A_{3вм} \cos(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0) + \frac{MA_{3вм}}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0 + \varphi_\Omega] + \frac{MA_{3вм}}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0 - \varphi_\Omega], \quad (7)$$

где $A_{3вм}$ – амплитуда сигнала;

M – коэффициент модуляции;

φ_Ω – начальная фаза модулирующего сигнала.

На модулирующем диоде 11 и диполе 10 для горизонтальной составляющей с учетом разности на $\frac{\lambda_0}{4}$ и дополнительного фазового

сдвига на φ_Ω модулированное колебание можно представить в виде

$$A_{3г}(t) = A_{3гм} [1 + M \cos(\Omega t + \varphi_\Omega + \varphi_\Omega)] \times \cos(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0 + k_0 \frac{\lambda_0}{4}). \quad (8)$$

Полагая $\psi_\Omega = \frac{\pi}{2}$, соотношение (8) примет вид

$$A_{3г}(t) = A_{3гм} \sin(\omega_0 t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0) - \frac{A_{3гм}}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0 + \varphi_\Omega] + \frac{A_{3гм}}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - \Delta\varphi + \varphi_0 - \varphi_\Omega], \quad (9)$$

где $A_{3гм}$ – амплитуда несущего колебания.

Из выражений (7) и (9) видно, что вертикальная и горизонтальная составляющие кроме несущего колебания содержат в своем спектре боковые частоты $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$. Переизлученные зондами сигналы принимаются антенной 6, приобретая на пути распространения дополнительные фазовые сдвиги на несущей и боковых частотах.

Выражение для сигналов можно записать в следующем виде:

для вертикальной составляющей

$$A_{4в}(t) = A_{4вм} \cos(\omega_0 t - 2k_0 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0) + A_{4вм} \cos[(\omega_0 + \Omega)t - k_0 x - k_1 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0 + \varphi_\Omega] + A_{4вм} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - k_2 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0 - \varphi_\Omega], \quad (10)$$

где $A_{4вм}$, $A_{4вм}'$ – амплитуды переизлученных сигналов несущей и боковых частот;

k_1 , k_2 – постоянные распространения верхней и нижней боковых частот.

для горизонтальной составляющей

$$A_{4г}(t) = -A_{4гм} \sin(\omega_0 t - 2k_0 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0) - A_{4гм}' \cos[(\omega_0 + \Omega)t - k_0 x - k_2 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0 + \varphi_\Omega] + A_{4гм}' \cos[(\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - k_2 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0 - \varphi_\Omega], \quad (11)$$

где $A_{4гм}$, $A_{4гм}'$ – амплитуды переизлученных сигналов несущей и боковых частот.

Принятый антенной 6 сигнал проходит через разделитель 5 поляризации, причем вертикальная составляющая поступает на второе плечо первого циркулятора 3, а горизонтальная – на второе плечо второго циркулятора 4. Далее через аттенюатор 13 и фазовращатель 14 вертикальная и горизон-

тальная составляющие соответственно поступают на входы сумматора, где складываются с учетом знаков их амплитуд. В случае равенства амплитуд вертикальной и горизонтальной составляющих результат сложения выражений (10) и (11) на выходе сумматора с учетом сигнала от СВЧ-генератора 1 можно записать

$$\begin{aligned} A_5(t) &= A_{4b}(t) - A_{4r}(t) + A_r(t) = \\ &= A_{5m} \cos(\omega_0 t - 2k_0 x - 2\Delta\varphi - \varphi_0 - \\ &- A_{5m} \sin(\omega_0 t - 2k_0 x - 2\Delta\varphi + \varphi_0) + \\ &+ A'_{5m} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - k_2 x - 2\Delta\varphi - \\ &- \varphi_0 - \varphi_\Omega] + A_{7m} \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \end{aligned} \quad (12)$$

где A_{5m} , A'_{5m} — амплитуды сигналов несущей и нижней боковой частот;

A_{7m} — амплитуда сигнала от СВЧ-генератора 1, поступающего на сумматор 15 через делитель 2 мощности, циркуляторы 3 и 4, аттенюатор 13 и фазовращатель 14 за счет просачивания через циркулятор.

Учитывая, что амплитуды сигналов, принятые от отражательного зонда, много меньше амплитуды сигнала СВЧ-генератора 1, на выходе смесителя 16 преобладают составляющие преобразования сигналов с частотами ω_0 и $2\omega_0 - \Omega$. Выражение для этого случая можно записать в виде

$$\begin{aligned} A_6(t) &= A_{6m} \cos[(2\omega_0 - \Omega)t - k_0 x - k_2 x - \\ &- 2\Delta\varphi - 2\varphi_0 - \varphi_\Omega] + A'_{6m} \cos(\Omega t + k_0 x + \\ &+ k_2 x + 2\Delta\varphi + \varphi_\Omega), \end{aligned} \quad (13)$$

где A_{6m} , A'_{6m} — амплитуды сигналов с частотой $2\omega_0 - \Omega$ и Ω соответственно.

Первое слагаемое, содержащее удвоенную несущую $2\omega_0 - \Omega$, и другие продукты преобразования после УПЧ 17 подавляются им. На выходе УПЧ 17 выделяется напряжение с частотой, которое можно записать в виде

$$A_7(t) = A_{7m} \cos(\Omega t + k_0 x + k_2 x + 2\Delta\varphi + \varphi_\Omega), \quad (14)$$

где A_{7m} — амплитуда сигнала на выходе фильтра 18.

Для выделения фазы и амплитуды поля на раскрыве исследуемой антенны 6 сигнал поступает на первый вход амплифазометра 18, на второй вход которого от НЧ-генератора 9 подается опорное напряжение:

$$A_8(t) = A_{8m} \cos/\Omega t + \varphi_\Omega / \quad (15)$$

На первом выходе амплифазометра 18 выделяется напряжение, пропорциональное фазе поля в точке измерения сигнала. Оно может быть записано в виде

$$A_9(t) = A_{9m} \cos(k_0 x + k_2 x + 2\Delta\varphi) \quad (16)$$

где A_{9m} — амплитуда сигнала.

Амплитуда выходного напряжения определяется набегом фазы $k_0 x$ для несущего колебания ω_0 , $k_2 x$ для нижней боковой частоты $\omega_0 - \Omega$ и $2\Delta\varphi$ удвоенным значением набега фазы на раскрыве исследуемой антенны в точке измерения.

Если учесть, что $k_2 = k_0 - \Delta k$, где $\Delta k \frac{2\pi}{\lambda}$ (λ — длина волны модулирующего НЧ-генератора), то выражение (16) примет вид: $A_{10}(x, \Delta\varphi) = A_{10m} \cos[(2k_0 - \Delta k)x + 2\Delta\varphi]$, (17)

Учитывая, что λ может быть выбрано достаточно большой, число $\Delta k \ll k_0$. Поэтому величиной постоянного распространения Δk можно пренебречь по сравнению с $2k_0$. Тогда окончательно фаза сигнала на первом выходе амплифазометра 18 определяется выражением

$$A_{11}(x, \Delta\varphi) = A_{11m} \cos 2(k_0 x + \Delta\varphi), \quad (18)$$

где A_{11m} — амплитуда сигнала.

При неизменном для данного измерения расстоянии x между исследуемой антенной 6 и отражательным зондом напряжение на первом выходе амплифазометра пропорционально удвоенному значению фазы ($2\Delta\varphi$) электромагнитного поля на раскрыве антенны в точке измерения. Влияние постоянной составляющей ($2k_0 x$) устраняется при калибровке амплифазометра.

На втором выходе амплифазометра измеряется напряжение, пропорциональное амплитуде сигнала поля на раскрыве исследуемой антенны в точке измерения.

Таким образом, использование поляризованного метода формирования сигнала в модулирующем отражательном зонде предлагаемого устройства позволяет повысить точность за счет увеличения амплитуды одной боковой частоты при подавлении другой боковой частоты.

При неравенстве амплитуд горизонтальной и вертикальной составляющих сигнала, не превышающем 0,5%, и точности их фазовых сдвигов не хуже 1° подавление одной из боковых частот достигает 40 дБ.

При подавлении одной из боковых частот с использованием поляризационного метода на 40 дБ пиковая ошибка измерения фазы составляет $0,6^\circ$, а реально не превышает 3° .

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для измерения фазы и амплитуды электромагнитного поля в ближней зоне исследуемой антенны, содержащее СВЧ-генератор, трехплечий циркулятор, исследуемую антенну, смеситель, усилитель, полосовой фильтр, амплифазометр, низкочастотный генератор, модулирующий отра-

жательный зонд, последовательно соединенные смеситель, усилитель промежуточной частоты и амплифазометр, выход которого является выходом устройства, а второй вход амплифазометра подключен к первому выходу низкочастотного генератора, второй выход которого подсоединен к входу модулирующего отражательного зонда, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности, в него введены последовательно соединенные низкочастотный фазовращатель на 90° , вход которого подключен к третьему выходу низкочастотного генератора, и второй модулирующий зонд, последовательно соединенные аттенюатор, вход которого подключен к третьему плечу циркулятора, и сумматор, выход которого подсоединен к входу смесителя, последовательно соединенные делитель мощности,

5

10

15

20

вход которого подключен к выходу СВЧ-генератора, второй циркулятор и высокочастотный фазовращатель, выход которого подключен к второму входу сумматора, а второй выход делителя мощности подключен к первому плечу первого циркулятора, разделитель поляризаций, первый и второй входы которого подсоединены к второму плечу первого и второго циркуляторов соответственно, а выход является выходом для подключения входа исследуемой антенны, причем первый и второй отражательные зонды выполнены в виде электрических диполей с модулирующими диодами, причем электрические диполя установлены перпендикулярно друг другу, параллельно плоскости исследуемой антенны на расстоянии друг от друга, равном четверти рабочей длины волны.

Редактор М. Петрова

Составитель П. Савельев
Техред М.Моргентал

Корректор М. Демчик

Заказ 2749

Тираж 400

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