



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

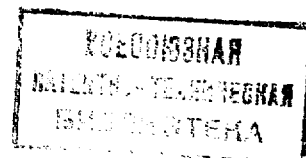
(11) SU (11) 1774290 A1

(51) G 01 R 29/10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4889121/09
(22) 07.12.90
(46) 07.11.92. Бюл. № 41
(71) Гомельское конструкторское бюро "Луч"
(72) В.В.Потрашков и Ф.Н.Петросян
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1679417, кл. G 01 R 29/10, 1988.
(54) СПОСОБ НАСТРОЙКИ ФАЗИРОВАННОЙ
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ
(57) Использование: в технике антенных из-
мерений для определения кодов установки
фазовых сдвигов в трактах крупноапертур-
ной фазированной антенной решетки, обес-

2

печивающих максимальный сигнал в ее
дальней зоне. Сущность изобретения: для
каждой i -той подрешетки ФАР осуществляют
последовательную фазовую манипуля-
цию значений фазовых сдвигов на
элементах ФАР до получения maximum-
го сигнала, измеряемого посредством вспо-
могательной антенны, расположенной на
расстоянии $r \gg 2d^2/\lambda$ по нормали, проходя-
щей через центр i -той подрешетки к ее пло-
скости, d — максимальный размер
подрешетки. 1 ил.

Изобретение относится к технике ан-
тенных измерений и может быть использо-
вано для экспериментального определения
кодов установки фазовых сдвигов в трактах
крупноапертурной фазированной антенной
решетки, обеспечивающих максимальный
сигнал в ее дальней зоне (максимальный
КУ).

В технике антенных измерений извест-
ны способы получения матрицы кодов фазо-
вых сдвигов на элементах фазированной
антенной решетки, обеспечивающих макси-
мальный сигнал в ее дальней зоне, опреде-
ляемой путем расчета этих кодов исходя из
геометрии ФАР и законов геометрической
оптики. Но эти способы не позволяют до-
стичь максимального сигнала, так как не
учитывают смещения фазового центра и
элементов ФАР из-за наличия технологиче-
ских и электрических допусков на узлы и
элементы ФАР при ее изготовлении, а также
из-за зависимости между ее элементами.

Известен способ определения строочно-
столбцовых кодов фазовых сдвигов, обеспе-
чивающих максимальный сигнал в зоне
Фраунгофера от фазированной антенной
решетки со строочно-столбцовым управлени-
ем путем ее настройки на радиологическом
стенде в ближнем поле, с помощью
измерительного зонда, передвигаемого ко-
ординатно-измерительным устройством
(КИУ) в раскрыве антенны на расстоянии,
много меньшем ее длины волны. Этот спо-
соб нельзя применять для антенных реше-
ток, в которых элементы ФАР укрыты
радиопрозрачным укрытием (РПУ), или для
ФАР отражательного типа, так как для таких
ФАР минимальное расстояние от управляе-
мых элементов до измерительного зонда
много больше длины волны, что практиче-
ски исключает идентификацию АФР изме-
ряемого поля АФР на излучателях ФАР.

Наиболее близким техническим реше-
нием является способ фокусировки фазиро-
ванной антенной решетки, основанный на

(11) SU (11) 1774290 A1

размещении вспомогательной измерительной антенны в зоне Френеля настраиваемой ФАР. При этом осуществляют ее настройку подбором оптимальных кодов фазовых сдвигов на элементах фазированной антенной решетки в итерационном процессе настройки на максимум сигнала, принимаемого от вспомогательной антенны.

Однако этот способ имеет следующие недостатки. Фокусирующие коды, определенные для зоны Френеля, не создают максимального сигнала в зоне Фраунгофера, так как глубина фокального пятна при этом имеет конечные размеры. Если переместить вспомогательную антенну в зону Фраунгофера на расстоянии $R > 2D^2/\lambda$, где D — диаметр ФАР, λ — длина волны, сфокусировать на нее ФАР, глубина фокального пятна при этом будет стремиться к бесконечности. Однако провести процесс поэлементной настройки для крупноапертурной ФАР и вспомогательной антенны, расположенной в ее дальней зоне, практически невозможно, так как расстояние до вспомогательной антенны при этом может быть от сотен до десятков тысяч метров. Получить при этом в суммарном сигнале разрешение сигнала от отдельного излучателя невозможно.

Использование всех ранее известных методов и аппаратуры настройки ФАР не позволяло реализовать достижения таких значений потерь в относительном КНД_{отн} = КНД_{экспер.}/КНД_{расч.}, при котором потери в КНД определялись бы только значением дискрета управления фазовым сдвигом в фазовращателях ФАР.

Целью изобретения является достижение высокой точности настройки фазированной антенной решетки (КНД_{отн} = 1) путем последовательного определения оптимальных кодов фазовых сдвигов на ее управляемых элементах, обеспечивающих максимальный сигнал в дальней зоне, а также повышение производительности.

Поставленная цель достигается тем, что в способе настройки фазированной антенной решетки оптимальные фокусирующие коды для дальней зоны ФАР определяют для N положений вспомогательной измерительной антенны, устанавливаемой в зоне Френеля настраиваемой ФАР. При этом настраиваемую ФАР разбивают на N фрагментов диаметром d , а вспомогательную антенну последовательно помещают на расстоянии r перед центром каждого из N фрагментов, где для r соблюдается соотношение $r > 2d^2/\lambda$, последовательно настраивают каждый фрагмент ФАР на максимум сигнала,

принимаемого от вспомогательной антенны, путем итерационного процесса настройки всех элементов фрагмента ФАР, обеспечивающего максимальный сигнал каждого i -го фрагмента.

После настройки всех фрагментов, на которые разбивают ФАР, полученные N матриц $\{fk\}$ и оптимальных фокусирующих кодов, определенные в зоне Френеля, настраиваемой ФАР, объединяют в одну матрицу кодов фазовых сдвигов $\{F\}$ следующим образом. Определяют средний код для каждого i -го фрагмента

$$\bar{f}_i = \left(\sum_{k=1}^P fk \right) / P,$$

где P — количество управляемых элементов в i -ом фрагменте ФАР;

$K = 1 - P$ — номер управляемого элемента в фрагменте ФАР.

Определяют матрицы $\{\Delta fk\}_i = \{\bar{f}_i - fki\}$. Выбирают матрицу $\{\Delta fk\}_i$ мин., для которой значения ее элементов Δfki минимальны по отношению к другим матрицам, $\bar{f} = \bar{f}_i$ и $\{fk\}_i$, соответствующим этой матрице. Выравнивают по электрической длине путем коррекции кодов фазовые сдвиги оставшихся $N - 1$ матриц

$$\Delta f_i = \bar{f}_i - \bar{f};$$

$$\{fk\}_i = \{fki + \Delta f_i\}.$$

Выравненные по электрической длине N матриц $\{fk\}_i$ объединяют в одну матрицу $\{F\}$ кодов фазовых сдвигов, которые устанавливают на управляемых элементах настраиваемой ФАР и обеспечивают ее фокусировку в зоне Фраунгофера. При этом минимальное расстояние от настраиваемой ФАР до вспомогательной антенны уменьшается примерно в N раз, погрешность, связанная с возмущением поля измеряемой ФАР измерительной антенной, уменьшается в $1/r^2$ раз.

Использование предлагаемого способа настройки фазированной антенной решетки по сравнению с существующими обеспечивает следующие преимущества.

1. Кардинально изменяет требования к координатно-измерительным системам (КИУ) для настройки ФАР в ближней зоне;

1.1. КИУ для этого метода находится в значительном отдалении от полотна ФАР и практически не приносит ошибок из-за переотражений; это позволяет создать принципиально новые системы координатно-измерительных устройств даже для очень больших ФАР (габаритами в 10–50 м);

1.2. КПД использования по времени КИУ для предлагаемого метода возрастает с

0,1–0,3 до 50–90%, так как оно обеспечивает вывод с требуемой точностью измерительной антенны всего лишь в N точек, количество которых может быть на несколько порядков ниже, чем в обычных радиологических стендах. Метод реализует многоканальные измерения при настройке ФАР в стационарных положениях зонда КИУ.

2. Повышает точность настройки ФАР на 0,5–1,0 дБ по сравнению с радиологическими способами за счет многократного уменьшения погрешности, вносимой измерительной антенной в поле настраиваемой ФАР.

3. Позволяет настраивать фазированные решетки отражательного типа и ФАР, у которых элементы находятся в радиопрозрачном укрытии, где способ настройки по ближнему полю не может быть применен.

4. Во много раз сокращает стоимость настройки крупноапертурных ФАР по дальней зоне за счет уменьшения минимального расстояния от настраиваемой ФАР до измерительной антенны в N^2 раз и отказа вследствие этого от дорогостоящих методов, таких, как облетный.

Сравнение предлагаемого технического решения с прототипом позволило установить соответствие его критерию "Новизна". При изучении других известных технических решений в данной области техники признаки, отличающие это изобретение от прототипа, не были выявлены, и потому они обеспечивают данному техническому решению соответствие критерию "существенные отличия".

На чертеже представлена блок-схема устройства для реализации способа настройки фазированной антенной решетки.

Устройство содержит генератор 1, вспомогательную измерительную антенну 2, расположенную в дальней зоне настраиваемой ФАР на расстоянии R , генератор 3, вспомогательную измерительную антенну 4, расположенную в зоне Френеля настраиваемой ФАР на расстоянии r , линейное координатное устройство 5, перемещающее вспомогательную антенну 4, настраиваемую ФАР 6, измерительный приемник 7, управляющую ЭВМ 8, устройство 9 управления лучом, устанавливающее коды фазовых сдвигов на управляемых элементах фазированной антенной решетки.

Устройство работает следующим образом. Сигнал с выхода генератора 1 поступает на вход вспомогательной антенны 4, расположенной в зоне Френеля настраиваемой ФАР 6. С помощью линейного координатного устройства 5 вспомогательную

антенну устанавливают на нормали, проходящей через центр i -го настраиваемого фрагмента ФАР на расстоянии $r > 2d^2/\lambda$, на элементах управления других $(N - 1)$ фрагментов ФАР 6 через устройство 9 управления лучом устанавливают специальные коды фазовых распределений, обеспечивающие минимальный сигнал от антенны 4 на настраиваемой ФАР 6, следующим образом. Производят последовательную фазовую манипуляцию группами управляемых элементов (фрагмент, подрешетка, строка, столбец), не входящими в i -ый фрагмент и не граничащими с ним, определяют для каждой группы элементов код фазового сдвига, соответствующий минимальному значению сигнала, принимаемого антенной 4. Полученный код устанавливают на всех управляемых элементах настраиваемой на минимум сигнала группы. Затем таким же образом настраивают на минимум сигнала следующую группу управляемых элементов ФАР из $N - 1$ фрагментов до тех пор, пока сигнал, измеряемый антенной 4, не опустится до уровня $1/(2N \cdot nD)$,

где n – количество излучателей в фрагменте;
 D – количество кодов фазовых сдвигов управляемого элемента,

т.е. до уровня разрешения одного дискрета фазовращателя. Затем настраивают управляемые элементы i -го фрагмента ФАР на максимум сигнала. В процессе выполнения итерационного процесса настройки по программе, заложенной в ЭВМ 8, через устройство 9 управления лучом производят фазовую манипуляцию заданным элементом ФАР путем установки на нем последовательности кодов фазовых сдвигов от 0 до 360. При этом каждый сигнал с выхода ФАР 6, соответствующий коду, установленному на данном элементе, измеряется приемником 5, преобразуется в нем в цифровую форму и поступает в ЭВМ 8 в виде чисел, где из массива измеренных значений сигнала определяют наибольшее по величине значение и код фазового сдвига, соответствующий ему, прекращается фазовая манипуляция элемента ФАР и через устройство 9 управления на нем устанавливается этот код. Затем вышеприведенная последовательность действий повторяется для всех элементов настраиваемого фрагмента ФАР. После настройки последнего элемента i -го фрагмента ФАР заканчивается текущий цикл его настройки. Значение сигнала, измеренное по окончании текущего цикла, сравнивается со значением сигнала, полученным после предыдущего цикла, и, если оно превышает его, начинается следующий

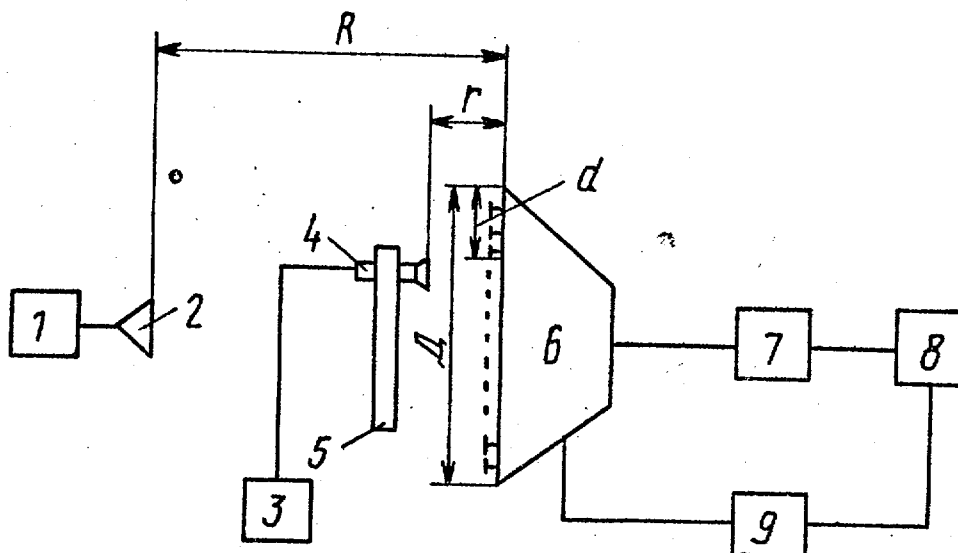
цикл настройки i -го фрагмента, если нет, коды фазовых сдвигов, полученные в последнем цикле настройки, запоминаются в ЭВМ в виде матрицы $\{fk\}$ i -го фрагмента ФАР, где $k = (1 - P)$ — номер настраиваемого элемента в i -ом фрагменте, $i = (1 - N)$ — номер текущего фрагмента.

Затем измерительная антенна 4 перемещается линейным координатным устройством 5 в точку, расположенную на нормали, проходящей через центр $i+1$ -го фрагмента ФАР, и весь цикл настройки производится для $i+1$ -го фрагмента. После настройки всех N фрагментов ФАР матрицы $\{fk\}$ объединяются в ЭВМ в одну матрицу кодов фазовых сдвигов $\{F\}$, которая устанавливается на управляемых элементах ФАР. Генератор 3 отключается, включается генератор 1, подающий сигнал на измерительную антенну 2, расположенную в зоне Фраунгофера настраиваемой ФАР на нормали, проходящей через ее центр. При этом сигнал, регистрируемый ФАР 6 для матрицы кодов $\{F\}$, полученной в результате ее настройки и установленной на ее элементах, максимален по отношению к любой другой возможной комбинации кодов фазовых сдвигов, которые можно определить для ФАР другими известными способами. Предлагаемый способ испытан на действующем радиолокационном стенде, размещенном в безэховой камере. При этом использовали генератор типа Г4, приемник типа ПК7, ЭВМ СОУ-2, ФАР с индивидуальным управлением с более чем 500 управляемых элементов. При реализации способа ФАР разбивали на четыре фрагмента. Вспомогательную измерительную антенну 4 типа полуволнового вибратора устанавливали перед фрагментами ФАР на расстоянии 1 м с помощью линейного координатного устройства. Вспомогательную антенну 2 размещали на

расстоянии 16 м от настраиваемой ФАР. Проводили сравнительную настройку ФАР по предлагаемой методике и методике прототипа. Сигнал, полученный при реализации предлагаемого способа, на 1,0 дБ выше. Использование предлагаемого способа особенно эффективно для фазированных антенных решеток отражательного типа и ФАР, в которых управляемые элементы находятся в радиопрозрачном укрытии.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ настройки фазированной антенной решетки, заключающийся в последовательной фазовой манипуляции значений фазовых сдвигов на элементах ФАР до получения максимального сигнала, измеряемого посредством вспомогательной антенны, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, последовательную фазовую манипуляцию значений фазовых сдвигов производят для каждой i -той подрешетки, где $i = 2, \dots, N$, измерение максимального сигнала посредством вспомогательной антенны осуществляют для каждой подрешетки на расстоянии $r \geq 2d^2/\lambda$ по нормали, проходящей через центр i -той подрешетки к ее плоскости, где d — максимальный линейный размер подрешетки, λ — длина волны, при этом для каждой из подрешеток определяют среднее значение фазовых сдвигов, определяют отклонение значений фазовых сдвигов от среднего, определяют разницу между средним значением i -той подрешетки, для которой отклонение от среднего значения фазовых сдвигов на ее элементах является минимальным, и средним значением фазового сдвига соответствующей подрешетки, соответствующую разницу средних значений добавляют к значениям фазовых сдвигов на элементах ФАР соответствующей подрешетки.



Редактор Б.Федотов

Составитель Н.Негреев
Техред М.Моргентал

Корректор П.Герши

Заказ 3925

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