

Изобретение относится к области антенной техники, в частности, к технике измерения характеристик излучения антенных устройств и может быть использовано для юстировки антенн в компактных измерительных антенных полигонах.

Под юстировкой антенн понимают определение взаимного расположения в пространстве оптической оси антенны, связанной с датчиками ее углового положения, и электрической оси антенны [1].

Как известно, основой компактного полигона является СВЧ коллиматор. Рабочая область коллиматора (область, где размещается испытываемая антенна) находится на малом расстоянии от отражателя коллиматора, который в данном случае является вспомогательной антенной, т.е. на расстоянии значительно меньшем, чем требуется по приведенной

формуле $R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$. Однако, в силу специфических свойств коллиматора в рабочей области его создается волна с плоским фронтом, т.е. структура поля в рабочей области коллиматора отвечает требованиям, предъявляемым к структуре поля в дальней зоне.

Известен способ юстировки антенн по внеземному радиоизлучению, включающий прием антенной и соответствующим приемником излучения внеземного источника, определение пространственного положения электрической оси антенны по регистрации максимальных или нулевых показаний приемника, определение пространственного положения оптической оси антенны путем наведения ее на источник внеземного радиоизлучения и определение угла разъюстировки электрической и оптической оси антенны [1].

Однако в известном способе юстировки имеются такие недостатки как малые уровни сигналов, принимаемых юстируемой антенной, влияние условий распространения, возможное несовпадение визируемого центра источника с эффективным центром радиоизлучения. Юстировка по известному способу организационно сложна и часто связана с временными ограничениями на измерения из-за выбора требуемого участка траектории источника излучения.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению является способ юстировки антенн методом вышки при измерениях в дальней зоне [1]. В известном способе условие дальней зоны соответствует тому, что фронт волны излучения вспомогательной антенны в месте расположения юстируемой антенны близок к плоскому. Расстояние от испытываемой антенны, на котором выполняется условие дальней зоны определяется по формуле $R \geq 2D^2/\lambda$, где D - раскрыт антенны; λ - длина волны.

Способ включает облучение юстируемой антенны излучением вспомогательной антенны, установленной на передающей вышке, определение пространственного положения электрической оси юстируемой антенны по регистрации, например, максимума диаграммы направленности (ДН) юстируемой антенны, определение пространственного положения оптической оси юстируемой антенны путем наведения ее на котировочную марку,

установленную на передающей вышке в плоскости, перпендикулярной оптической оси юстируемой антенны и определение угла разъюстировки между электрической и оптической осями. Угол разъюстировки определяют как разность показаний первого углового положения юстируемой антенны, в котором производится определение направления электрической оси юстируемой антенны, и второго углового положения юстируемой антенны, когда оптическая ось юстируемой антенны наведена на котировочную марку. Котировочная марка устанавливается в точке удаленной от фазового центра вспомогательной антенны на расстояния по осям X и Y , равные смещениям оптического визира от оси юстируемой антенны, в плоскости, нормальной линии визирования.

Однако, известный способ не пригоден для юстировки антенн в компактном полигоне. Это связано с тем, что на малых расстояниях погрешность установки как юстировочной марки на вспомогательной антенне (отражателе коллиматора), так и оптического визира на юстируемой антенне приводит к большим ошибкам при определении угла разъюстировки между электрической и оптической осями антенны. Так, например, ошибка в установке юстировочной марки, равная 10м (это типичный случай) в методе вышки на расстоянии 400мм дает ошибку $\approx 5^\circ$, а в компактном полигоне в рабочей области на расстоянии 10м дает ошибку более 3 угловых минут, что является неприемлемым для широкого класса остронаправленных антенн.

В основу изобретения поставлена задача создать такой способ юстировки антенн, в котором новые условия в зоне излучения вспомогательной антенны позволили бы получить плоский фронт волны на близком расстоянии от вспомогательной антенны и за счет этого уменьшить ошибки при определении угла разъюстировки (обеспечить возможность юстировки антенн, установленных на близком расстоянии от вспомогательной коллиматорной антенны).

Поставленная задача решается тем, что в способе юстировки антенн, включающем облучение юстируемой антенны излучением от вспомогательной антенны, определение пространственного положения электрической и оптической осей юстируемой антенны и определение угла разъюстировки между этими осями, согласно изобретению юстируемую антенну устанавливают в зоне коллимированного излучения вспомогательной антенны, измеряют распределение поля в поперечном сечении коллимированного пучка, по результатам измерения этого распределения определяют направление распространения фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны, а пространственное положение оптической оси юстируемой антенны определяют наведением этой оси параллельно направлению распространения фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны.

Сопоставительный анализ заявляемого способа с прототипом показывает, что в заявляемом способе юстируемую антенну устанавливают в зоне коллимированного излучения вспомогательной антенны, измеряют распределение поля в поперечном сечении

коллимированного пучка на близком расстоянии от вспомогательной антенны, по результатам измерений определяют направление распространения фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны, определяют пространственное положение оптической оси юстируемой антенны наведением этой оси параллельно направлению распространения плоского фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны.

Способ юстировки антенн иллюстрируется чертежом (фиг.), на котором изображена схема устройства, с помощью которого можно осуществить заявляемый способ.

Устройство содержит вспомогательную коллимированную антенну (коллиматор) 1, облучатель 2, измерительный зонд 3 апертурно-зондового стенда, первый автоколлимационный теодолит 4, юстируемую антенну 5, автоколлимационный оптический визир 6 юстируемой антенны, второй автоколлимационный теодолит 7, вспомогательное плоское зеркало 8.

Заявляемый способ заключается в следующем. Устанавливают измерительный зонд апертурно-зондового стенда в зоне коллимированного излучателя коллиматора, определяют пространственное положение эквивалентной плоскости сканирования измерительного зонда, измеряют с помощью измерительного зонда 3 распределение СВЧ поля в плоскости сканирования зонда, далее по данным пространственного положения эквивалентной плоскости сканирования измерительного зонда и распределения СВЧ поля определяют направление распространения фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны 1, затем определяют пространственное положение оптической оси юстируемой антенны 5, наводя ее параллельно направлению распространения фронта коллимированного излучения и измеряют первое угловое положение юстируемой антенны. Далее направляют электрическую ось юстируемой антенны 5 параллельно направлению распространения фронта коллимированной волны (например, по максимуму сигнала на выходе юстируемой антенны 5) и измеряют при этом второе угловое положение юстируемой антенны 5, определяют разность первого и второго положения юстируемой антенны, что является искомым углом разъюстировки.

Устройство, с помощью которого можно осуществить способ, работает следующим образом.

Вблизи вспомогательной антенны (коллиматора) 1, в зоне коллимированного излучения, расстояние до которой определяется заранее путем математического моделирования и экспериментальных исследований соответствующего типа коллиматора, обзор методов измерений характеристик антенн в ближней зоне приведен в журнале (2) устанавливают апертурно-зондовый стенд (на фиг.1 на показан) таким образом, чтобы плоскость сканирования его измерительного зонда 3 была примерно перпендикулярна направлению распространения плоского фронта волны и проходила через центр зоны коллимированного

излучения вспомогательной антенны 1. Затем устанавливают теодолит 4 таким образом, чтобы его оптическая ось была параллельна плоскости, в которой находятся направляющие апертурно-зондового стенда. В этом случае плоскость визирования теодолита 4, т.е. плоскость, в которой находится оптическая ось теодолита будет параллельна плоскости сканирования апертурно-зондового стенда. Далее, перемещая зонд в плоскости сканирования апертуры юстируемой антенны 5 на площади, несколько превышающей площадь апертуры юстируемой антенны 5, измеряют отклонения зонда от плоскости визирования теодолита 4. По результатам измерений находят, например, методом наименьших квадратов, пространственное положение эквивалентной плоскости сканирования зонда и углы расхождения плоскости сканирования зонда 3 и плоскости визирования теодолита 4. После чего вводят поправку в теодолит 4 на углы расхождения таким образом, чтобы его плоскость визирования стала параллельной эквивалентной плоскости сканирования измерительного зонда 3. Эквивалентная плоскость сканирования - это плоскость, которая наилучшим образом аппроксимирует поверхность, по которой движется зонд. Положение теодолита 4 служит привязкой к эквивалентной плоскости сканирования измерительного зонда 3. После этого плоскость сканирования измерительного зонда 3 в районе расположения юстируемой антенны 5 облучается коллимированным излучением вспомогательной антенны (коллиматора) 1, в фокусе которого расположен облучатель 2. На площади, несколько превышающей апертуру антенны 5, производят измерение распределения СВЧ-поля.

По результатам измерений методом наименьших квадратов находят пространственное положение эквивалентной плоскости фронта волны, а также угол расхождения между эквивалентным плоским фронтом волны и плоскостью визирования теодолита 4 и выставляют теодолит так, чтобы его плоскость визирования была параллельна эквивалентному плоскому фронту волны коллимированного излучения вспомогательной антенны (коллиматора) 1. Таким образом, положение теодолита 4 в результате перечисленных выше операций будет определять пространственное положение эквивалентного плоского фронта волны коллимированного излучения вспомогательной антенны 1. Далее, учитывая то, что направление распространения плоского фронта волны перпендикулярно последнему, ориентацию этого направления в пространстве определяют с помощью теодолита 7, плоскость визирования которого нужно выставить перпендикулярно плоскости визирования теодолита 4. Для этого автоколлимационные теодолиты 4 и 7 наводят друг на друга до совмещения их оптических осей и отсчитывают угол α относительно пространственного положения эквивалентного фронта волны, где α - угол между эквивалентной плоскостью фронта волны коллимированного излучения и линией соединяющей оптические центры теодолитов 4 и 7. Теодолит 7 устанавливается примерно на одной высоте с теодолитом 4 и оптически визиром 6 юстируемой антенны 5. После этого теодолит 7

поворачивают на угол $(90^\circ - \alpha)$ (фиг.1). Поворот оптической оси теодолита 7 на угол $(90^\circ - \alpha)$ обеспечивает установку его оптической оси перпендикулярно плоскому фронту волны, т.е. оптическая ось теодолита 7 будет установлена параллельно направлению распространения плоского фронта волны коллимированной антенны (коллиматора) 1. После определения пространственного положения эквивалентной плоскости фронта волны в ближней зоне вспомогательной антенны (коллиматора) 1 устанавливают юстируемую антенну 5 таким образом, чтобы ее апертура находилась в центре зоны коллимированного излучения вблизи плоскости сканирования измерительного зонда 3.

После этого определяется пространственное положение электрической оси юстируемой антенны 5 по методике, описанной, например, в [1] и измеряют при этом первое угловое положение юстируемой антенны 5 (ее азимут и угол места). После этого поворотом вспомогательного плоского зеркала 8, установленного в поле зрения теодолита 7 и оптического визира 6 юстируемой антенны 5, добиваются совмещения перекрестия теодолита 7 с его отражением от плоского вспомогательного зеркала 8, после чего положение зеркала 8 фиксируется. Далее поворотом юстируемой антенны 5 добиваются совмещения перекрестия автоколлимационного оптического визира 6 юстируемой антенны 5 с его отражением от того же вспомогательного зеркала 8 и измеряют при этом второе угловое положение юстируемой антенны 5 (ее азимут и угол места). Когда такое совмещение получено, то это значит, что ось оптического визира 6 юстируемой антенны 5 (т.е. ее оптическая ось) выставлена параллельно плоскости визирования теодолита 7, а, следовательно, параллельно направлению распространения плоского фронта волны. Таким образом определяется пространственное положение оптической оси юстируемой антенны. Затем находят искомый угол разъюстировки как разность первого и второго угловых положений юстируемой антенны 5.

Таким образом, заявляемый способ позволяет решить поставленную задачу за счет того, что заявляемая совокупность признаков позволяет создать в зоне коллимированного излучения вспомогательной антенны (коллиматора) условия, которые позволяют юстировать антенну в ближней зоне такой вспомогательной антенны (коллиматора). В реальных условиях при натурных измерениях антенна облучается излучением с плоским фронтом волны, обеспечиваемым за счет больших расстояний между вспомогательной и юстируемой антеннами, т.е. в дальней зоне вспомогательной антенны. В заявляемом способе плоский фронт волны на близком расстоянии от вспомогательной коллиматорной антенны получается за счет коллимированного излучения.

Определение эквивалентного плоского фронта волны производится по результатам усреднения многократно проведенных измерений. Это приводит к уменьшению погрешности определения эквивалентного плоского фронта волны и направления его распространения за счет устранения случайных погрешностей при перемещении измерительного зонда, так и

случайных погрешностей измерения распределения СВЧ-поля. Снижение погрешностей в определении направления распространения плоского фронта волны позволяет более точно навести оптическую ось юстируемой антенны параллельно направлению распространения плоского фронта волны юстируемой антенны, а следовательно снизить погрешность определения угла разъюстировки антенны при юстировке в ближней зоне вспомогательной антенны.

Проведена апробация предлагаемого способа юстировки. В эксперименте использовались следующие измерительные приборы и специальная аппаратура:

1. Амплифазометр ФК2-33.

2. Теодолиты 2Т2А.

3 Компактный полигон КП-2 (расстояние до центра рабочей области 7,5м).

4. Апертурно-зондовый стенд АЗО1.

5. Антенна С 11.1.

Результаты измерений и расчетов:

СКО положений зонда 0,1мм

СКО амплифазометра 1°

Кратность измерений - 10

Длина волны излучения - 32мм

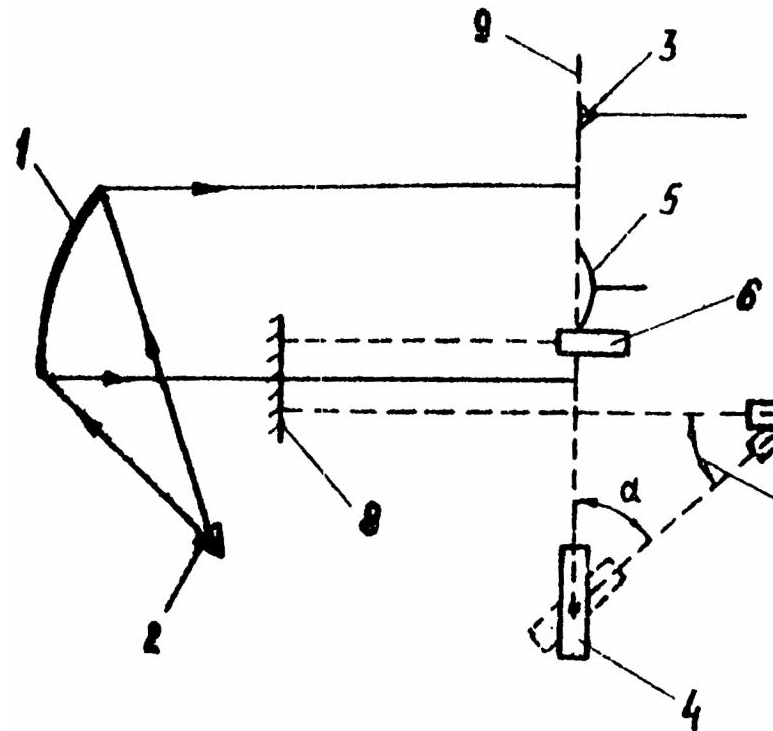
Шаг измерений - 16мм

Площадь сканирования - 2000 × 2000мм

Ошибка определения направления распространения фронта волны составляет 1 - 2 угловых секунды.

Ошибка в определении угла разъюстировки не более 5 угловых секунд.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет производить юстировку антенн, расположенных на близком расстоянии от вспомогательной коллимированной антенны.



Фиг.