



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 253** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) МПК⁷ **G 01 R 29/10**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
 ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2003101269/09, 17.01.2003

(24) Дата начала действия патента: 17.01.2003

(45) Дата публикации: 27.09.2004

(56) Ссылки: АНТЕННЫ САНТИМЕТРОВЫХ ВОЛН./Под ред. Я.Н.Фельда. - М.: Сов.Радио, 1950, т.2, с.231. СТРАХОВ А.Ф. Автоматизированные антенные измерения. - М.: Радио и Связь, 1985, с.102 и 103. SU 1829015 A1, 23.07.1993. RU 2097778 C1, 27.11.1997. JP 5322947 A, 07.12.1993. WO 03056349 A, 10.07.2003.

(98) Адрес для переписки:
 123557, Москва, Электрический пер., 1, ОАО "Корпорация" Фазотрон-НИИР", Начальнику патентного подразделения В.И. Фаленко

(72) Изобретатель: Морев Б.Н. (RU)

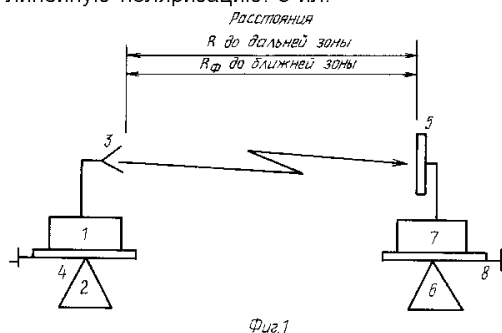
(73) Патентообладатель:
 Открытое акционерное общество "Корпорация "Фазотрон-Научно-исследовательский институт радиостроения" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ФРЕНЕЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к определению диаграмм направленности щелевой антенной решетки по результатам измерений в ближней зоне Френеля. Техническим результатом является определение диаграммы направленности по результатам измерений - в ближней зоне способом, применявшимся для измерения диаграмм направленности щелевой антенной решетки в дальней зоне. Использование изобретения позволяет экономить на аренде антенного полигона, избежать эффекта искажения измеренных данных при переотражении от земли и стен безэховой камеры, сохранить скрытность используемого диапазона частот, экономить на оборудовании ранее применявшемся для определения диаграмм направленности по

результатам измерений в ближней зоне (Френеля), избежать искажений вносимых дополнительным оборудованием. Способ основан на измерении мощности в щелевой антенной решетке в ближней зоне относительно излучающей антенны, имеющей линейную поляризацию. 3 ил.



RU 2 237 253 C1

RU 2 237 253 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 253** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁷ **G 01 R 29/10**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2003101269/09, 17.01.2003
 (24) Effective date for property rights: 17.01.2003
 (45) Date of publication: 27.09.2004
 (98) Mail address:
 123557, Moskva, Elektricheskij per., 1, OAO
 "Korporatsija" Fazotron-NIIR", Nachal'niku
 patentnogo podrazdelenija V.I. Falenko

(72) Inventor: **Morev B.N. (RU)**
 (73) Proprietor:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Korporatsija
"Fazotron-Nauchno-issledovatel'skij institut
radiostroenija" (RU)

(54) **METHOD FOR DETERMINING DIRECTIONAL PATTERN OF SLOT ARRAY ON THE BASIS OF MEASUREMENTS IN THE NEAREST FRESNEL ZONE**

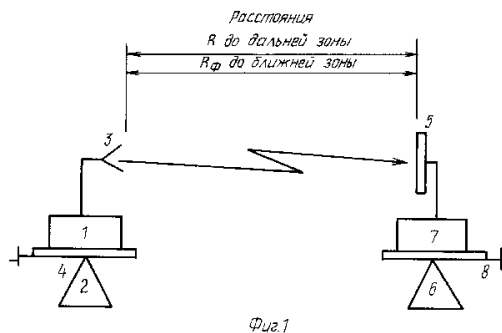
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: method involves measuring power in slot array in the nearest zone relative to the emitting aerial having linear polarization.

EFFECT: high accuracy in determining directional pattern in the nearest zone.

3 dwg



RU 2 237 253 C1

RU 2 237 253 C1

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к определению диаграмм направленности щелевых антенных решеток по результатам измерений в ближней зоне (зоне Френеля). Изобретение может использоваться для измерения диаграмм направленности любых щелевых антенных решеток.

Известны способы определения диаграмм направленности антенн по результатам измерений в дальней зоне и ближней зоне [1, 2, 3]. По результатам измерений в ближней зоне известны три основных способа определения диаграмм направленности антенн [2]. В первом из них амплитудное и фазовое распределение в апертуре антенны исследуют сканирующим зондом, а затем измеренные распределения пересчитывают в поле дальней зоны с помощью электронной вычислительной машины. Во втором способе в непосредственной близости от измеряемой антенны, с помощью облучателя и большого рефлектора, создают плоскую волну с амплитудой приблизительно постоянной по фронту. Диаграмма измеряется сканированием щелевой антенной решетки. Третий способ заключается в том, что измеряют щелевую антенную решетку, фокусируя ее в ближней зоне, если фокусировка возможна, и диаграмму направленности измеряют на уменьшенном расстоянии.

Однако первые два способа имеют тот недостаток, что требуют изменения технологии измерения диаграмм направленности щелевых антенных решеток и приобретения дополнительного оборудования, что также вносит дополнительные амплитудные и фазовые искажения. Третий способ измерения диаграмм направленности щелевых антенных решеток вообще не применим, он требует изменения геометрии щелевых антенных решеток для фокусировки их в ближней зоне.

Из известных технических решений наиболее близким (прототипом) является способ определения диаграмм направленности щелевых антенных решеток по результатам измерений в дальней зоне [1].

Его сущность заключается в следующем. Необходимо устанавливать щелевую антенную решетку на высоте h исходя из параметров измеряемой и излучающей антенн.

$$h = \frac{L^2}{d}$$

где L - апертура измеряемой щелевой антенной решетки;

d - апертура излучающей антенны.

Полигон для способа измерения диаграммы направленности щелевой антенной решетки содержит поворотный стол для излучающей антенны, соединенной с источником сигнала, поворотный стол для измеряемой щелевой антенной решетки, соединенной с регистрирующей аппаратурой. Каждый поворотный стол имеет ручку поворота для сканирования излучающей и измеряемой антенн по азимуту и наклону. Излучающая антенна создает около измеряемой щелевой антенной решетки плоское поляризованное поле. Сканируют измеряемую щелевую антенную решетку относительно излучающей антенны,

установленной перед измеряемой щелевой антенной решеткой на расстоянии R , и измеряют $F(\theta)$ и $F(\phi)$ - мощность, поступающую в измеряемую щелевую антенную решетку в зависимости от угла сканирования θ в плоскости E или от угла сканирования ϕ в плоскости H . Расстояние R определяется из формулы (4). Полученные таким образом измерения и представляют собой диаграмму направленности щелевой антенной решетки $F(\theta)$ и $F(\phi)$.

Недостатком прототипа являются большие размеры антенного полигона, необходимость строительства полигонных вышек для измерения диаграмм направленности щелевой антенной решетки большой апертуры, отражения сигнала от земли, искажающие результаты измерений. Некоторые типы антенн вообще нельзя измерить в дальней зоне.

Таким образом, задачей изобретения является уменьшение размеров антенного полигона, это позволит не строить полигонных вышек и исключить отражения от земли. Позволит определять диаграммы направленности для щелевой антенной решетки, которую нельзя измерять в дальней зоне. Позволит определять диаграмму направленности в безэховой камере, сохраняя скрытность рабочих частот.

Поставленная задача достигается тем, что измеряют мощность $f_{\text{бл}}(\theta_j)$ и $f_{\text{бл}}(\phi_j)$ в щелевой антенной решетке в ближней зоне плоскостей $E(\theta)$ и $H(\phi)$ соответственно в зависимости от угла сканирования θ и ϕ относительно излучающей антенны, имеющей линейную поляризацию, отличающийся тем, что предварительно определяют минимально допустимое расстояние $R_{\text{ф}}$ от щелевой антенной решетки до излучающей антенны в ближней зоне, согласно зависимости

$$R_{\text{ф}} \geq \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{L}{\lambda} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

где L - апертура, λ - длина волны щелевой антенной решетки на полученном расстоянии $R_{\text{ф}}$ устанавливают излучающую антенну, перед щелевой антенной решеткой, затем измеряют мощность в щелевой антенной решетке $f_{\text{бл}}(\theta_j)$ и $f_{\text{бл}}(\phi_j)$, сканируя ее относительно излучающей антенны в плоскости $E(\theta)$ и $H(\phi)$, умножают ее на отношение комплексных амплитуд полей щелевой антенной решетки, сфокусированной в ближней и дальней зоне определяют диаграмму направленности $F(\theta_j)$ в плоскости $E(\theta)$

$$F(\theta_j) = \left| f_{\text{бл}}(\theta_j) \cdot \frac{\left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (\alpha \theta_j) \cdot x - \pi (\theta_j) \cdot x^2} dx \right]}{\left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (\alpha \theta_0) \cdot x - \pi (\theta_0) \cdot x^2} dx \right]} \right| \quad (2)$$

где $j=0, 1, 2 \dots N$ (N - общее число угловых отсчетов) и $F(\phi_j)$ в плоскости $H(\phi)$

$$F(\phi_j) = \left| f_{\text{бл}}(\phi_j) \cdot \frac{\left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (\alpha \phi_j) \cdot x - \pi (\phi_j) \cdot x^2} dx \right]}{\left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (\alpha \phi_0) \cdot x - \pi (\phi_0) \cdot x^2} dx \right]} \right| \quad (3)$$

где $u(\theta_j) = \frac{(\pi \cdot L)}{\lambda} \cdot \sin(\theta_j)$

обобщенный угол в плоскости E;
 $u(\phi_j) = \frac{(\pi \cdot L)}{\lambda} \cdot \sin(\phi_j)$ - обобщенный

угол в плоскости H;
 $k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$ - волновое число;

$\theta_j = \frac{-\pi}{2} + \frac{\pi \cdot j}{180}$ - диапазон

пространственных углов в плоскости E;
 $\phi_j = \frac{-\pi}{2} + \frac{\pi \cdot j}{180}$ - диапазон

пространственных углов в плоскости H;
 $i = \sqrt{-1}$;

$x = -1 \dots 1$ - переменная интегрирования,
 дискретизация 0.01;

$$R \geq \frac{2 \cdot L^2}{\lambda} \quad (4)$$

- расстояние до дальней зоны;

$$x^2_j = \left(\frac{\pi \cdot L^2}{4 \cdot \lambda} \right) \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R\phi} \right)$$

На фиг.1 изображена схема полигона для измерения диаграммы направленности щелевой антенной решетки в дальней зоне и определения диаграммы направленности щелевой антенной решетки по результатам измерений в ближней зоне.

На фиг.2 сравниваются диаграмма, измеренная в дальней зоне, и диаграмма, которую определили по результатам измерений в ближней зоне заявленным способом, одной щелевой антенной решетки.

На фиг.3 изображен участок диаграмм фиг.2 по уровню -3дБ.

На фиг.1 введены следующие обозначения:

1 - источник сигнала, 2 - поворотный стол, 3 - излучающая антенна, 4 - ручка поворота поворотного стола, 5 - измеряемая щелевая антенная решетка, 6 - поворотный стол щелевой антенной решетки, 7 - регистрирующая аппаратура, 8 - ручка поворота поворотного стола, Rф - фокусное расстояние до ближней зоны, R - фокусное расстояние до дальней зоны.

Заявленный способ позволяет определить диаграмму направленности по результатам измерений в ближней зоне, определив недостающую информацию с помощью уравнений (1, 2, 3, 4) из формулы изобретения и осуществляется следующим образом.

На фиг.1 изображена схема полигона для осуществления способа определения диаграммы направленности щелевой антенной решетки по результатам измерений в ближней зоне. Полигон содержит поворотный стол 2 для излучающей антенны 3 соединенной с источником сигнала 1. Поворотный стол 6 для измеряемой щелевой антенной решетки 5, соединенной с аппаратурой регистрации 7. Поворотные ручки 4 и 8 для поворота стола излучающей антенны 3 и щелевой антенной решетки 5 по азимуту и наклону. В ближней зоне излучающая антенна 3 создает около измеряемой щелевой антенной решетки 5

искаженное поле. Это и вызывает необходимость определения дополнительных данных. Сканируют измеряемую щелевую антенную решетку 5 относительно излучающей антенны 3, установленной перед измеряемой щелевой антенной решеткой 5 на расстоянии Rф, и измеряют fbl(θ_j) и fbl(φ_j) - мощность в измеряемой щелевой антенной решетке в зависимости от угла сканирования θ в плоскости E или угла сканирования φ в плоскости H. Индексы j=0,1,...N определяют число измерений. В данном случае данные измерялись через 1° от 0 до 180°, поэтому N=180, откуда $\theta_j = \frac{-\pi}{2} + \frac{\pi \cdot j}{N}$. Расстояние Rф определяется из формулы (1).

Но для определения диаграмм направленности, по результатам измерений в ближней зоне, необходимы дополнительные данные, корректирующие искаженное поле ближней зоны. Из принципа подобия диаграммы направленности одинаковы у модели и антенны [5]. Дополнительные данные определяются из отношения комплексных амплитуд полей щелевой антенной решетки, сфокусированной в ближней зоне [4].

$$E1(\theta_j) = \left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (u(\theta_j) \cdot x - \pi(\phi_j) \cdot x^2)} dx \right]$$

и дальней зоне [4]

$$E(\theta_j) = \left[\left(\frac{1}{2 \cdot R} \right) \cdot \int_{-1}^1 e^{i \cdot (u(\theta_j) \cdot x - \pi(\phi_j) \cdot x^2)} dx \right]$$

Отношение полей вычисляется на ЭВМ, работающей под управлением операционной системы Windows и программы, например MathCad. Измеренные в ближней зоне данные fbl заносит в ЭВМ как одномерные массивы, умножают в соответствии с формулами (2) и (3), получают диаграммы направленности F(θ_j) и F(φ_j).

Для выполнения заявленного способа может быть использовано оборудование для измерений в дальней зоне с использованием ТУ ЮСТИ464 652 002 и способа заявителя. На фиг.2 изображена, сплошной линией, диаграмма направленности щелевой антенной решетки, полученная по результатам измерений в дальней зоне, пунктирной линией изображена диаграмма направленности, определенная по результатам измерений в ближней зоне при L=350 мм, Rф=2 м, θ=0-180°, N=180 измерений. Получен коэффициент корреляции 0.98. На фиг.3 изображен участок диаграммы фиг.2 по уровню -3дБ.

Использование изобретения позволит экономить на аренде большого антенного полигона, избежать эффекта искажения данных измеряемой диаграммы направленности, при переотражении от земли и стен безэховой камеры, сохранить скрытность используемого диапазона частот, оборудование становится универсальным для дальней и ближней зоны, избежать искажений вносимых дополнительным оборудованием.

Источники информации

1. Антенны сантиметровых волн. Т.2. М.: Советское радио, 1950, стр.231.

2. ТИИЭР, Т.61, 1973, №12, стр.5.
3. Е.Н.Воронин, Е.Е.Нечаев, В.Ф.Шашенков. Реконструктивные антенные измерения. М.: Наука, 1995, стр.32, 65, 222.
4. Справочник по антенной технике. Т.1. М.: ИПРЖР, 1997, стр.177, 189.
5. А.З.Фрадин, Е.В.Рыжков. Измерение параметров антенно-фидерных устройств. М.: Связь, 1972, стр.276.

Формула изобретения:

Способ определения диаграмм направленности щелевой антенной решетки по результатам измерений в ближней зоне Френеля, основанный на измерении мощности $f_{\text{бл}}(\theta_j)$ и $f_{\text{бл}}(\phi_j)$ в щелевой антенной решетке в ближней зоне плоскостей $E(\theta)$ и $H(\phi)$ соответственно в зависимости от угла сканирования θ и ϕ относительно излучающей антенны, имеющей линейную поляризацию, отличающийся тем, что предварительно определяют минимально допустимое расстояние $R_{\text{ф}}$ от щелевой антенной решетки до излучающей антенны в ближней зоне, согласно зависимости

$$R_{\text{ф}} \geq \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{L}{\lambda} \right)^{\frac{1}{3}},$$

где L -апертура;
 λ -длина волны щелевой антенной решетки,
на полученном расстоянии $R_{\text{ф}}$ устанавливают излучающую антенну, перед щелевой антенной решеткой, затем измеряют мощность в щелевой антенной решетке $f_{\text{бл}}(\theta_j)$ и $f_{\text{бл}}(\phi_j)$, сканируя ее относительно излучающей антенны в плоскости $E(\theta)$ и $H(\phi)$, умножают ее на отношение комплексных амплитуд полей щелевой антенной решетки, сфокусированной в ближней и дальней зоне, определяют диаграмму направленности $F(\theta_j)$ в плоскости $E(\theta)$

$$F(\theta_j) = \left| \frac{f_{\text{бл}}(\theta_j) \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot R} \cdot \int_{-1}^1 e^{i(u(\theta_j) \cdot x - \pi(\theta_j) \cdot x^2)} dx \right]}{\left[\frac{1}{2 \cdot R} \cdot \int_{-1}^1 e^{i(u(\theta_j) \cdot x - \pi(\theta_j) \cdot x^2)} dx \right]} \right|,$$

где $j = 0, 1, 2, \dots, N$ - общее число угловых отсчетов,
и $F(\phi_j)$ в плоскости $H(\phi)$

$$F(\phi_j) = \left| \frac{f_{\text{бл}}(\phi_j) \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot R} \cdot \int_{-1}^1 e^{i(u(\phi_j) \cdot x - \pi(\phi_j) \cdot x^2)} dx \right]}{\left[\frac{1}{2 \cdot R} \cdot \int_{-1}^1 e^{i(u(\phi_j) \cdot x - \pi(\phi_j) \cdot x^2)} dx \right]} \right|,$$

где
$$u(\theta_j) = \frac{(\pi \cdot L)}{\lambda} \cdot \sin(\theta_j)$$

обобщенный угол в плоскости E ;

обобщенный
$$u(\phi_j) = \frac{(\pi \cdot L)}{\lambda} \cdot \sin(\phi_j)$$

угол в плоскости H ;

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$$
 волновое число;

$$\theta_j = \frac{-\pi}{2} + \frac{\pi \cdot j}{180}$$
 диапазон

пространственных углов в плоскости E ;

$$\phi_j = \frac{-\pi}{2} + \frac{\pi \cdot j}{180}$$
 диапазон

пространственных углов в плоскости H ;

$$i = \sqrt{-1}$$
;

$x = -1 \dots 1$ переменная интегрирования, дискретизация 0,01;

$$R \geq \frac{(2 \cdot L^2)}{\lambda^2}$$
 расстояние до дальней

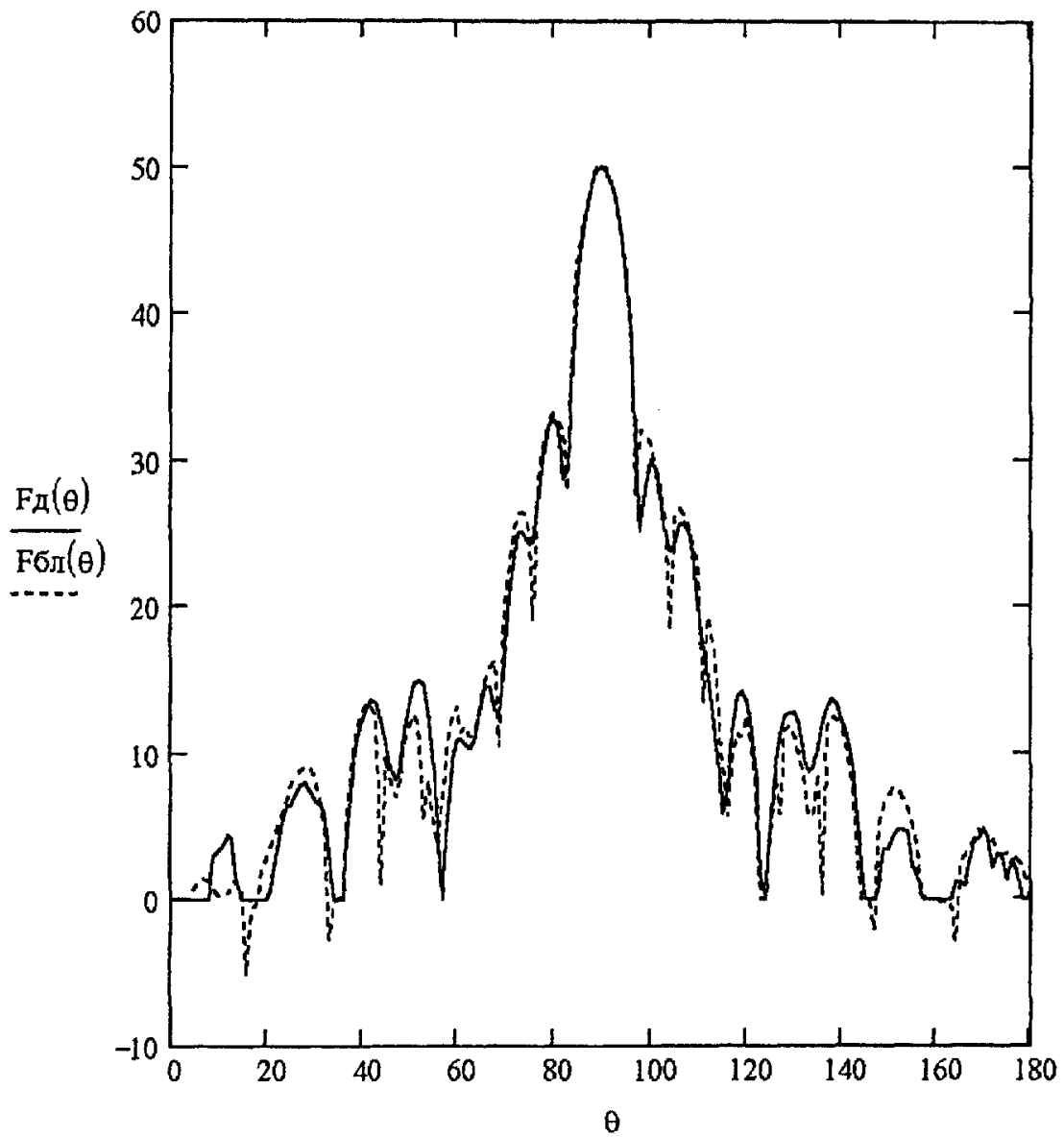
зоны;

$$\chi_{1j} = \frac{(\pi \cdot L^2)}{4 \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{\text{ф}}} \right).$$

RU 2237253 C1

RU 2237253 C1

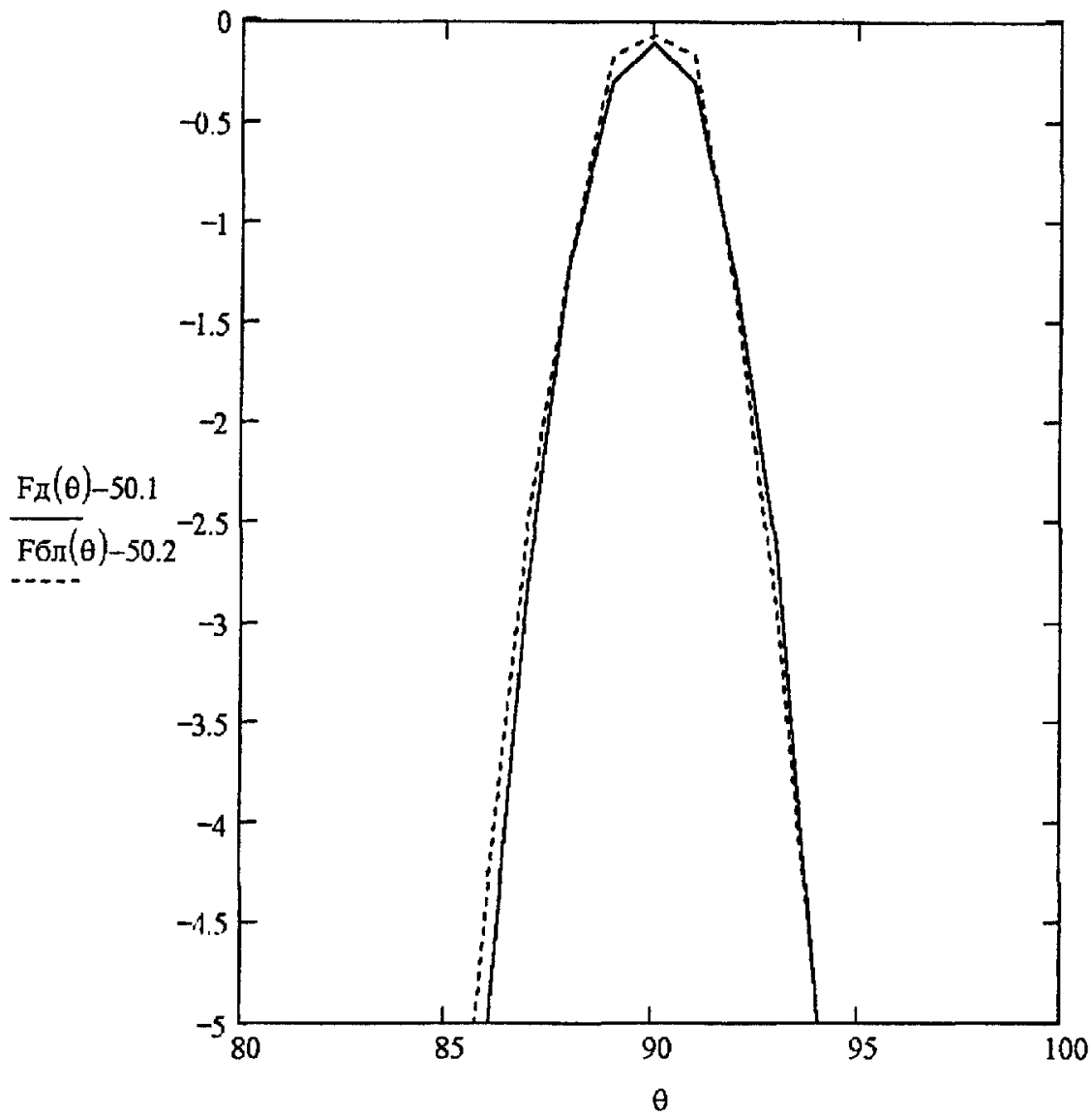
RU 2237253 C1



Фиг. 2

RU 2237253 C1

RU 2237253 C1



Фиг .3

RU 2237253 C1