

УДК 621.396.677.45

В.Ю. Куприц, А.А. Мещеряков, М.В. Крутиков

Оценка эффекта подавления паразитного излучения широкополосной спиральной антенны методом изменения ширины полоска

Проведена оценка эффекта подавления паразитного излучения широкополосной спиральной антенны методом изменения ширины полоска в диапазоне частот 2–18 ГГц.

Ключевые слова: спиральная антенна, диаграмма направленности, широкополосность.

Рабочий диапазон частот, используемый в современных радиотехнических системах, постоянно расширяется. Это приводит к требованию обеспечения стабильных характеристик диаграмм направленности (ДН) антенн в широкой полосе частот.

Спиральные антенны являются одним из видов широкополосных антенн и успешно применяются в радиотехнических системах. Но при рабочей полосе частот с перекрытием 10:1 и более проявляются некоторые характерные искажения ДН [1], такие как:

- изменение ширины ДН в 1,5–2 раза по половинной мощности;
- изменение направления главного максимума до 20% от ширины ДН по половинной мощности;
- нестабильный коэффициент направленного действия (КНД).

Целью настоящей работы является оценка эффекта подавления паразитного излучения широкополосной спиральной антенны методом изменения ширины полоска двухзаходной спиральной антенны в диапазоне частот 2–18 ГГц.

В [1] анализируется механизм возникновения паразитного излучения многозаходных спиральных антенн с симметрией вращения. Спираль совмещается с собой при повороте вокруг некоторой оси (z) на угол $2\pi/M$, где M – целое число, равное числу заходов (плечей) спирали. При подаче на заходы спирали токов, одинаковых по амплитуде и сдвинутых по фазе на $2\pi q/M$, в антенне возбуждается только q -я нормальная волна. Поле излучения этой волны является периодической функцией азимутальной координаты φ в цилиндрической системе, ось z которой совпадает с осью симметрии антенны, а период равен $2\pi/M$. Эту функцию можно разложить в ряд Фурье на так называемые азимутальные пространственные гармоники [1]. В [1] также показано, что многозаходную спиральную антенну можно заменить системой концентрических излучающих колец. Если на длине некоторого кольца укладывается q длин волн, то это кольцо излучает азимутальную пространственную гармонику с индексом ν :

$$\nu = q + mM, \quad (1)$$

где q – целое число; $-M/2 \leq q \leq M/2$; m – номер разложения q -й нормальной волны в ряд Фурье, $-\infty < m < \infty$.

Гармоники с индексом $\nu = q$ называют основными, другие с индексами $\nu \neq q$ вносят искажения в результирующую ДН, т.е. являются паразитными. В реальных спиральных антеннах присутствуют не только основные, но и паразитные азимутальные гармоники.

Например, при $q=1$ или $q=2$ в двухзаходной спиральной антенне индекс азимутальной гармоники принимает соответствующие значения, которые приведены в таблице.

Значения индекса азимутальной гармоники

m	–2	–1	0	1	2
$\nu(q=1)$	–3	–1	1	3	5
$\nu(q=2)$	–2	0	2	4	6

В случае $q=1$ в формировании ДН участвуют нечетные азимутальные пространственные гармоники с индексами $\nu = \pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$. При этом все гармоники с индексом $|\nu| > 1$ являются паразитными и искажают ДН антенны. Формы расчетных ДН спиральной антен-

ны с диаметром 59 мм для этого случая на различных частотах диапазона 2–18 ГГц в горизонтальной плоскости показаны на рис. 1. Как видно из рисунка, на частоте 2 ГГц диаграмма практически не искажена, а на частоте 12 ГГц диаграмма имеет два максимума в азимутальной плоскости, направленные симметрично относительно оси z . Это обусловлено тем, что на частоте 2 ГГц для выбранных геометрических размеров спирали в длине максимального излучающего кольца не может уложиться более одной целой длины волны и, следовательно, излучается только одна основная гармоника ($\nu=1$), а паразитные гармоники отсутствуют. На частоте 12 ГГц присутствует как основная, так и паразитные азимутальные пространственные гармоники с индексом $|v|=3$, которые вносят указанные искажения ДН.

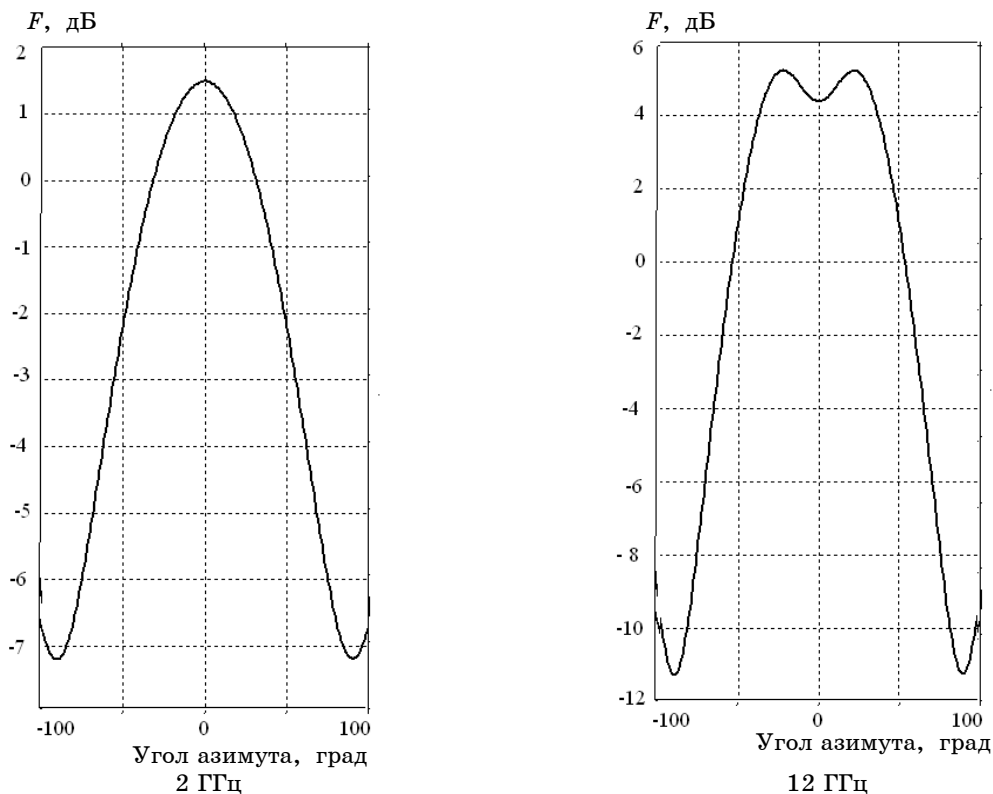


Рис. 1. Расчетные ДН спиральной антенны для различных частот

Для спиральных антенн, работающих в узком диапазоне частот, влияние паразитного излучения исключается ограничением радиуса антенны до величины $\lambda/3$, где λ – длина волны. Для подавления паразитного излучения в широкополосных многозаходных спиральных антеннах (с числом заходов более 4) в работе [2] предлагается использовать переменную ширину полоска спиральной антенны.

На рис. 2 показан внешний вид модели двухзаходной спиральной антенны с диаметром 59 мм, в которой реализован способ подавления паразитного излучения в диапазоне частот 2–18 ГГц с помощью изменения ширины полоска [2]. Каждый виток антенны включает серию последовательно включенных секций, в каждой из которых происходит изменение ширины полоска. Закон изменения ширины полоска описывается гауссовской функцией от радиуса спирали. При этом импеданс полоска антенны уменьшается в первой части секции и увеличивается во второй, чтобы обеспечить подавление высших мод без резких скачков импеданса. Для подавления высших мод необходимо, чтобы длина секции была соизмерима с $\lambda/2$, где λ – длина волны подавляемой высшей моды. Такую секцию можно рассматривать как индуктивную составляющую резонансной системы, резонирующей на длине волны λ . Тогда упомянутое выше излучающее кольцо можно рассматривать как резонансную систему, состоящую из таких секций.

В зависимости от радиуса излучающего кольца и параметров секций будут подавляться азимутальные пространственные гармоники с разными индексами ν . Тогда антенну можно рассматривать как набор излучающих колец, причем при увеличении радиуса кольца будут подавляться высшие гармоники от более низкочастотных сигналов возбуж-

дения антенны. Таким образом, изменяя ширину полоска и длину секций, можно добиться излучения первой пространственной гармоника и подавления высших мод в широкой полосе частот. Частотная зависимость КСВН модели спиральной антенны с изменением ширины полоска показана на рис. 3.

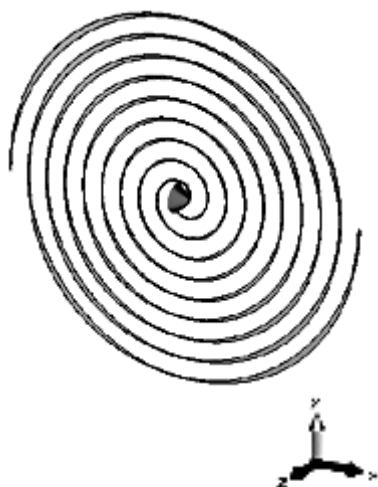


Рис. 2. Внешний вид модели спиральной антенны с изменением ширины полоска

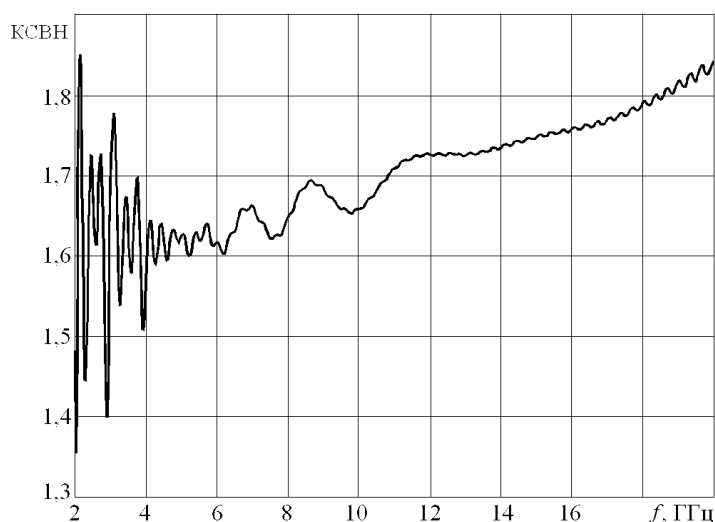


Рис. 3. Частотная зависимость КСВН модели спиральной антенны с изменением ширины полоска

Расчетные ДН модели антенны для различных частот в горизонтальной плоскости (ZOX) показаны на рис. 4. Частотные зависимости КНД, ширины ДН по половинной мощности $\theta_{0,5}$ и изменения направления главного максимума $\Delta\alpha$ рассматриваемых вариантов спиральных антенн показаны на рис. 5.

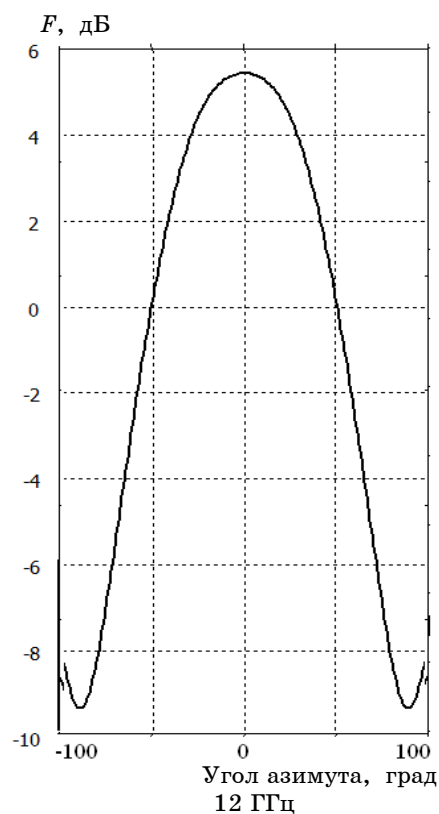
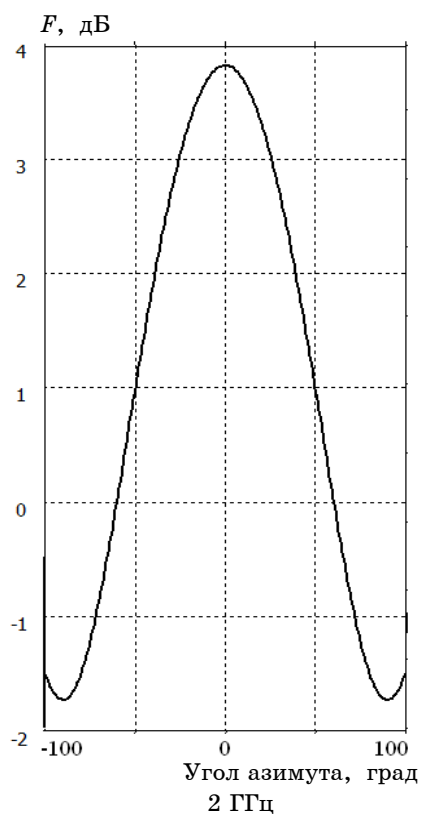


Рис. 4. Расчетные ДН модели спиральной антенны с изменением ширины полоска для различных частот

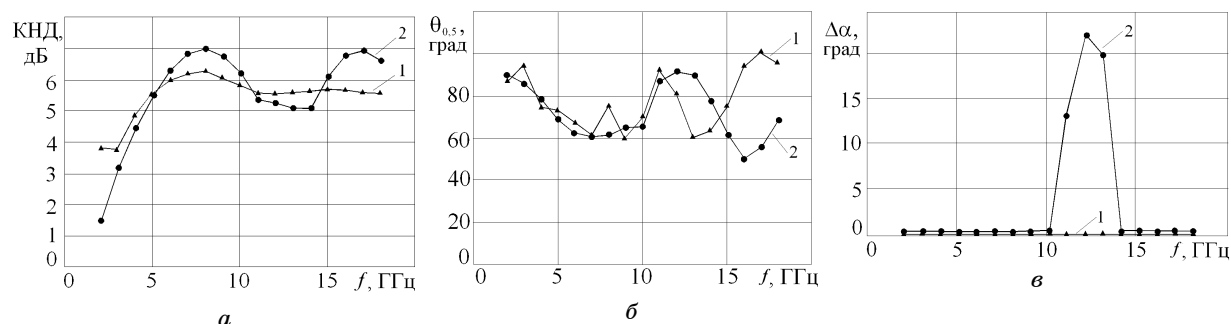


Рис. 5. Частотные зависимости: а – КНД; б – изменения ширины ДН по половинной мощности и в – изменения направления главного максимума моделей спиральной антенны: 1 – с изменением ширины полоска; 2 – без изменения ширины полоска

Как видно из графиков, КНД антенны с изменением ширины полоска выше на 2 дБ в низкочастотной части рабочего диапазона, чем у спиральной антенны с постоянной шириной полоска. В остальной части рабочего диапазона частот разброс КНД этой антенны составляет 0,5 дБ, в то время как у антенны с постоянной шириной полоска разброс равен примерно 1,5 дБ. Таким образом, КНД антенны с изменением ширины полоска более стабильный в рабочей полосе частот. Направление главного максимума антенны с изменением ширины полоска не изменяется, в отличие от антенны с постоянной шириной полоска, у которой положение максимума изменяется до 23 град. Изменение ширины ДН по половинной мощности примерно одинаковое у обоих видов антенн, что обусловлено вращением ДН из-за конструктивных особенностей спиральных антенн.

Литература

1. Юрцев О.А. Спиральные антенны / О.А. Юрцев, А.В. Рунов, А.Н. Казарин. – М.: Советское радио, 1974. – 224 с.
2. Pat. 4 605 934 US, Int. Cl. H 01 Q 1/36. Broad band spiral antenna with tapered arm width modulation / George S. Andrews (US). – 12.08.1986. – 19 p.

Куприц Владимир Юрьевич

Мл. науч. сотрудник НИИ радиотехнических систем ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-38-89
Эл. почта: tomskvlad@mail.ru

Мещеряков Александр Алексеевич

Канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник НИИ радиотехнических систем ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-34-55
Эл. почта: rwplab@ms.tusur.ru

Крутиков Михаил Владимирович

Зав. лаб. распространения радиоволн НИИ радиотехнических систем ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-39-69
Эл. почта: rwplab@ms.tusur.ru

Kuprith V.U., Mescheryakov A.A., Krutikov M.V.

Estimation of suppression effect of the parasitic radiation of broadband spiral antenna by changing its arm width

The estimation of suppression effect of the parasitic radiation of broadband spiral antenna by its arm width changing in the range of 2 to 18 GHz is performed.

Keywords: spiral antenna, pattern, broadband.