

УДК 621.396.67 (075.8)

## БИКОНУСНЫЕ АНТЕННЫ С ДИРЕКТОРАМИ

О.А. ЮРЦЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Ю.Ю. БОБКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 21 апреля 2006*

Описываются несколько вариантов антенн, представляющих собой комбинацию биконусной антенны с системой директоров. Директоры предназначены для увеличения коэффициента направленного действия за счет сужения главного лепестка диаграммы направленности в плоскости  $E$ . Приводятся результаты численного моделирования антенн.

*Ключевые слова:* дискоконусная антенна, директоры, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, входное сопротивление.

### Введение

Биконусные и дискоконусные антенны являются широкополосными по согласованию с линией передачи, имеют в плоскости  $H$  изотропную диаграмму направленности (ДН) и широко применяются в линиях радиосвязи диапазона УКВ. Однако их коэффициент направленного действия (КНД) не более 2 дБ, что во многих случаях является недостаточным. Для увеличения КНД используются синфазные линейные (вертикальные) решетки, но они требуют применения фидерной системы распределения мощности. Это усложняет конструкцию антенны и ухудшает ее диапазонные свойства. Далее рассматривается несколько вариантов построения биконусной антенны, в которой КНД увеличивается за счет применения системы директоров. Приводятся результаты численного моделирования и анализируются диапазонные свойства.

### Варианты построения антенны

На рис. 1 показан вариант построения биконусной антенны с системой директоров. Система директоров представляет собой кольцевую решетку прямолинейных проводников или несколько кольцевых решеток. На рис. 1 три кольцевых решетки, в каждой из которых по 4 директора образуют четыре директорных антенны. В каждой антенне по три директора. Возбудителем в каждой директорной антенне является биконусная антенна. Директоры возбуждаются полем биконусной антенны. Биконусная антенна возбуждается обычным способом с помощью коаксиальной линии. Далее рассматриваются антенны, в каждой из которых не более трех директоров. Используются следующие обозначения геометрических параметров:  $L_1, \alpha_1$  — длина образующей и угол при вершине верхнего конуса;  $L_2, \alpha_2$  — длина образующей и угол при вершине нижнего конуса;  $N_p$  — число проводников, образующих конус;  $N_c$  — число директорных антенн;  $N_d$  — число директоров в каждой директорной антенне;  $D_{d1}$  — расстояние между осью конуса и первым директором;  $D_{d2}, D_{d3}$  — расстояния между первым и вторым и между вторым и третьим директорами;  $L_{d1}, L_{d2}, L_{d3}$  — длина первого, второго и третьего директоров;  $2a_0$  — диаметр проводников, из которых сделаны элементы антенны.

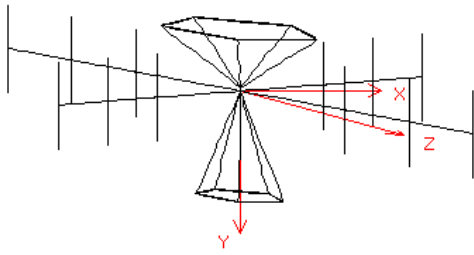


Рис. 1. Биконусная антенна с директорами

Директорные антенны могут быть распределены равномерно вокруг конусов или могут занимать определенный угловой сектор. Концы проводников конусов могут быть замкнуты между собой проводником, как показано на рис. 1. Такой проводник далее называется кольцом. Одно или оба кольца могут отсутствовать. Директоры крепятся с помощью продольной стрелы. Антенна крепится с помощью металлической штанги высотой  $L_s$  (на рис. 1 не показана). Центры директоров могут быть смещены вдоль оси  $Z$  относительно вершины конусов. В частном случае верхний конус может

иметь угол  $\alpha_1=90^\circ$ . В этом случае биконусная антенна превращается в дискоконусную.

Плоскостью  $H$  является плоскость  $XU$  (далее горизонтальная плоскость), плоскостью  $E$  — вертикальная плоскость, содержащая ось конуса. Поляризация антенны вертикальная.

### Метод анализа характеристик и параметров

Целью анализа является выяснение зависимости электрических характеристик и параметров антенны — ДН, КНД, входного сопротивления, коэффициента стоячей волны на входе антенны (КСВ) от геометрических параметров и частоты. Метод анализа — численный эксперимент. Для проведения анализа разработана программа, в которой распределение тока в проводниках определялось путем численного решения интегрального уравнения (ИУ) для тока в тонком проводнике Поклингтона [1]. При сведении ИУ к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) использован метод Галеркина с кусочно-постоянными функциями в качестве базисных и весовых функций.

### Результаты численного моделирования

С помощью разработанной программы проведен большой объем вычислений для различных геометрических параметров и различных вариантов построения антенны. Система директоров уменьшает ширину главного лепестка в вертикальной плоскости, что ведет к увеличению КНД. Одновременно постановка директоров уменьшает активную часть входного сопротивления антенны.

Для иллюстрации этих выводов на рис. 2 приведены зависимости входного сопротивления от частоты для биконусной антенны без директоров (сплошной линией показана активная часть входного сопротивления, пунктирной — реактивная часть). Антенна имеет параметры:  $L_1=L_2=280$  мм;  $\alpha_1=\alpha_2=40^\circ$ ;  $2a_0=12$  мм;  $N_p=5$ . На графиках рис. 3 — зависимость КСВ для этой антенны от частоты (сплошная линия — в линии передачи с волновым сопротивлением  $\rho=50$  Ом, пунктирная линия — для линии с  $\rho=75$  Ом). На средней частоте, соответствующей минимуму КСВ, антенна имеет КНД=1,8 дБ.

На рис. 4 и 5 показаны аналогичные зависимости для той же антенны, но с шестью системами директоров, в каждой из которых по одному директору ( $N_d=1$ ) с параметрами:  $D_{d1}=650$  мм,  $L_{d1}=700$  мм. На средней частоте КНД=2,44 дБ.

На рис. 6 представлена зависимость КСВ от частоты для антенны с  $N_d=2$ ,  $D_{d1}=650$  мм,  $D_{d2}=450$  мм,  $L_{d1}=L_{d2}=700$  мм, на средней частоте КНД=3 дБ; на рис. 7 — результаты для антенны с  $N_d=3$ ,  $D_{d1}=650$  мм,  $D_{d2}=D_{d3}=450$  мм,  $L_{d1}=L_{d2}=L_{d3}=700$  мм, КНД=3,14 дБ (на верхней частоте КНД=4 дБ).

С увеличением числа директоров в каждой директорной антенне ДН в плоскости  $H$  (горизонтальной) становится более неравномерной. Так, неравномерность ДН на средней частоте в антенне без директоров составляет 0 дБ, с  $N_d=2$ —0,45 дБ, с  $N_d=3$ —1,1 дБ.

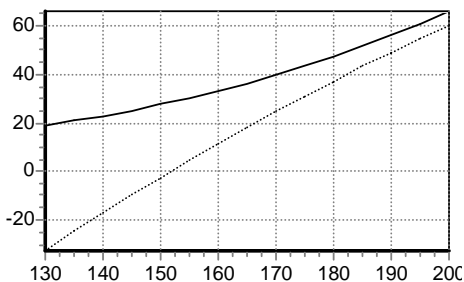


Рис. 2. Зависимость входного сопротивления от частоты

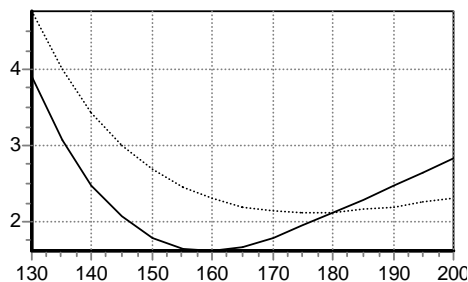


Рис. 3. Зависимость КСВ от частоты

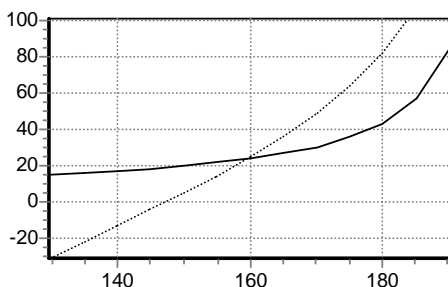


Рис. 4. Зависимость входного сопротивления от частоты

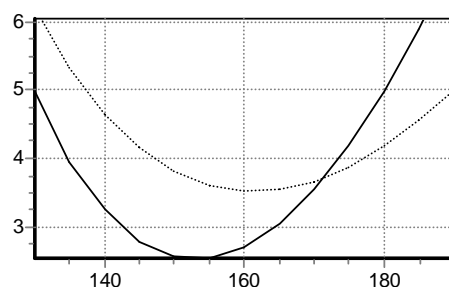


Рис. 5. Зависимость КСВ от частоты  $N_d=1$

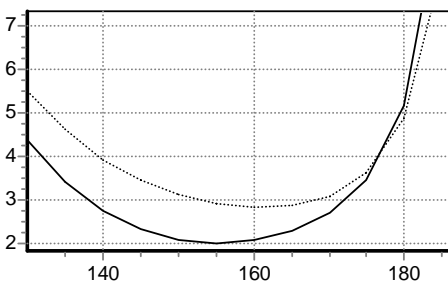


Рис. 6. Зависимость КСВ от частоты  $N_d=2$

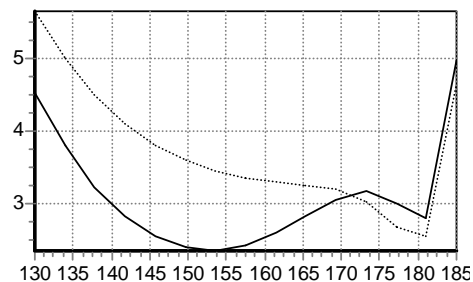


Рис. 7. Зависимость КСВ от частоты  $N_d=3$

С увеличением числа директорных антенн неравномерность ДН в горизонтальной плоскости уменьшается. Эти выводы иллюстрируют графики ДН, показанные на рис. 8 для антенны с  $N_c=6$  и  $N_d=3$ .

С ростом частоты КНД возрастает, но при этом увеличивается неравномерность ДН в плоскости  $H$ . С приближением системы директоров к оси конуса уменьшается неравномерность ДН в плоскости  $H$ , уменьшается активная часть входного сопротивления антенны и КНД. Продольные стрелы, на которых крепятся директоры, практически не влияют на ДН и входное сопротивление антенны.

Исследовано влияние колец, замыкающих свободные концы проводников верхнего и нижнего конусов. Кольца уменьшают резонансную частоту антенны

При смещении систем директоров вдоль оси конусов главный максимум ДН также смещается в ту же сторону. Этот эффект выражен тем сильнее, чем больше число директоров в каждой директорной антенне.

Исследованы характеристики и параметры антенны с крестообразными директорами. Такие директоры уменьшают резонансную частоту антенны и увеличивают КНД, что иллюстрируется рис. 9 и 10.

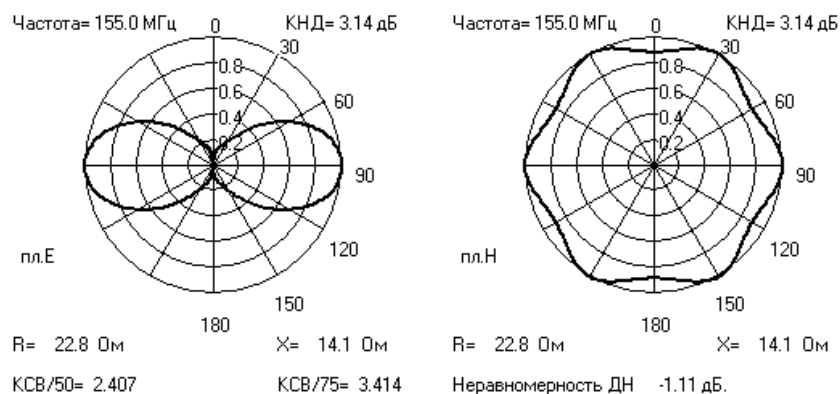


Рис.8. Диаграмма направленности антенны с директорами в плоскостях *E* и *H*

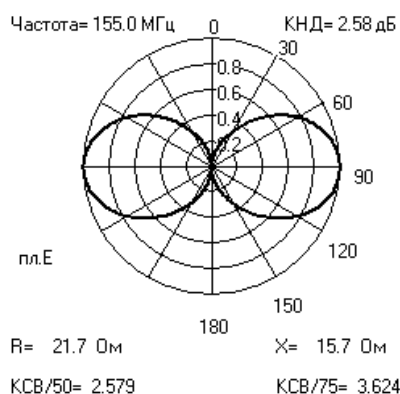


Рис. 9. Антенна с линейными директорами

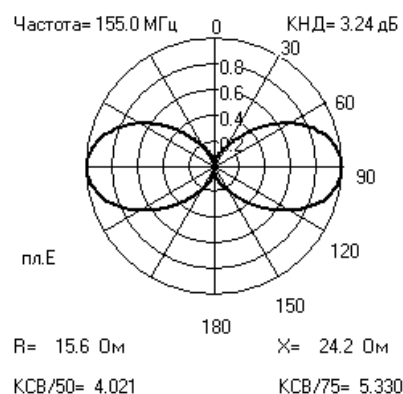


Рис. 10. Антенна с крестообразными директорами

### Заключение

Проведенные исследования показали, что для увеличения КНД биконусной антенны можно использовать директорные антенны. Число директоров нецелесообразно делать более трех, так как поперечные размеры антенны существенно возрастают с увеличением числа директоров. При этом КНД возрастает на 1,5–2,0 дБ. Диапазонные свойства антенны ухудшаются.

## BICONICAL ANTENNAS WITH DIRECTORS

O.A. YURTSEV, D.V. LIKHACHEUSKI, Y.Y. BOBKOV

### Abstract

Results of numerical biconical aerial with directors are resulted. Application of directors increases coefficient of the directed action aerials and diminishes the bar of frequencies.

### Литература

1. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. М., 1977. 485 с.