

УДК 621.396.946

КОНИЧЕСКАЯ СПИРАЛЬНАЯ АНТЕННА С КВАЗИОПТИМАЛЬНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Михайлюк Ю.П., Слезкин В.Г., Смагин В.В.

Проведена оценка оптимальной формы диаграммы направленности антенны ИСЗ для узкополосных систем связи с ненаправленными антеннами наземных пунктов. На основании экспериментальных результатов показано, что для создания антенны ИСЗ с диаграммой направленности квазиоптимального типа пригодны четырехзаходные спиральные антенны обратного излучения конической формы малой конусности.

В системах связи с подвижными объектами, использующими искусственные спутники Земли (ИСЗ) в качестве активных ретрансляторов, часто применяются слабонаправленные антенны на обеих сторонах системы. В этом случае задача оптимизации диаграмм направленности (ДН) антенн должна, вообще говоря, формулироваться как совместная. Однако следует учесть, что условия работы антенн на корреспондирующих пунктах неодинаковы. В частности, стабилизация антенн наземного подвижного объекта по углу места затруднена, кроме того, излучение этих антенн под малыми углами места снижено по понятным физическим причинам.

Антенна ИСЗ может быть стабилизирована по местной вертикали, а пределы изменения углов визирования сравнительно невелики. Отсюда следует, что задача оптимизации ДН может быть сформулирована фактически как односторонняя: необходимо найти форму ДН антенны ИСЗ, обеспечивающую минимальное изменение уровня сигнала во всей зоне радиовидимости при квазиизотропной ДН антенны подвижного объекта.

Теоретически идеальная ДН в этом случае, как известно [1], имеет вид

$$F(\theta) = R_3 + H \cos \theta - \sqrt{(R_3 - H)^2 \cos^2 \theta - 2R_3H - H^2}, \quad (1)$$

где θ – угол, отсчитываемый от местной вертикали; R_3 – радиус Земли; H – высота полета ИСЗ.

Максимальный угол визирования Θ_{\max} определяется минимальным рабочим углом места ИСЗ β_{\min} :

$$\sin \Theta_{\max} = \frac{R_3 + \cos \beta_{\min}}{R_3 + H}.$$

При разработке экспериментального образца за основу была выбрана цилиндрическая четырехзаходная антенна обратного излучения, исследованная в [2], где приведены обширные данные по результатам экспериментального исследования направленных свойств антенны, но отсутствуют сведения о конструктивных особенностях возбуждающего устройства, ха-

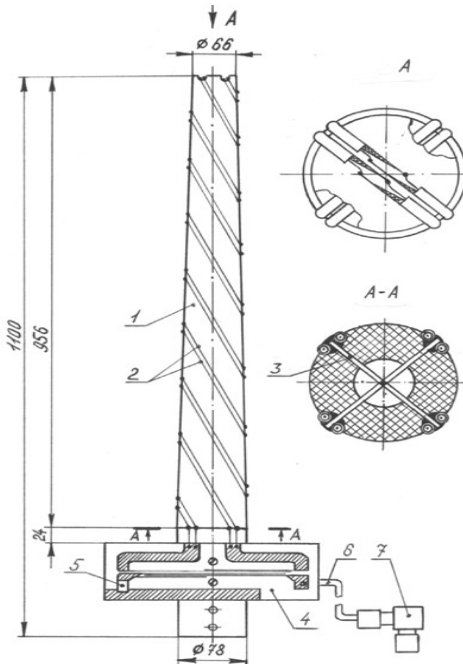


Рисунок 1 – Конструкция антенны

диаметр каркаса $D=40$ мм, число витков $n=2,0$. Проводники структуры были образованы внешней оплеткой отрезков кабеля РК-75-2-12. Питание осуществлялось по соседней паре кабелей с фазовым сдвигом 90° .

При экспериментальном исследовании макета выяснилось, что ДН оказалась близкой к расчетной в относительной полосе частот

$\Delta f/f \approx 2,5\%$. При уменьшении частоты происходит выравнивание ДН, а при увеличении – возрастание неравномерности вплоть до образования многолепестковой структуры. КСВ входа не превышал величины 2,0 в относительной полосе $\pm 5\%$.

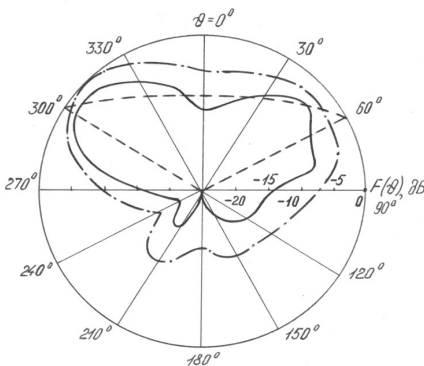


Рисунок 2 – Диаграммы направленности антенны

рактуре входного сопротивления и его частотной зависимости. Из других источников [3] известно, что подобные антенны узкополосны.

В ходе исследований ставились задачи: выяснить адекватность известной методики расчета излучающей структуры [2] при построении антенны дециметрового диапазона с квазиоптимальной ДН, отработать конструкцию питающего устройства, оценить входные характеристики антенны, провести оптимизацию излучающей структуры и возбуждающего устройства. В качестве первоначального варианта был выполнен макет антенны в виде цилиндрической четырехзаходной спирали с размерами: длина $l = 880$ мм,

В процессе обработки конструкции исследовались также спираль в виде усеченного конуса малой конусности и влияние толщины кабеля, образующе-

го заходы, на входные характеристики. Лучшие результаты были получены на структуре из сдвоенных отрезков кабелей.

Конструкция антенны для диапазона 400 МГц схематично изображена на рисунке 1. На схеме обозначено: 1 – диэлектрическое основание; 2 – излучающая структура; 3 – перемычки между внешними проводниками кабелей; 4 – квадратурный делитель; 5 – согласованная нагрузка; 6 – питающий кабель; 7 – радиочастотный соединитель. В качестве квадратурного делителя применен микрополосковый встречно-стержневой мост [4]. Излучающая структура содержит два полных витка.

Теоретическая и экспериментальные диаграммы направленности (ДН) описанной антенны показаны на рисунке 2. Теоретическая ДН (штриховая линия) построена в соответствии с (1,2) при $\beta_{min}=10^\circ$, $H=1000$ км. Экспериментальные ДН (сплошная и штрих-пунктирная линии – ДН в двух взаимно перпендикулярных плоскостях) имели характерный “провал” в относительной полосе частот $\pm 2,5\%$ вокруг центральной частоты.

Таким образом, показано, что для создания узкополосной антенны ИСЗ с ДН квазиоптимального типа пригодны четырехзаходные спиральные антенны обратного излучения конической формы малой конусности. При практическом конструировании конусность основания и толщину заходов излучающей структуры можно варьировать, исходя из требуемой полосы частот, однако данная антенна имеет резонансный характер входного сопротивления, поэтому существенного расширения рабочей полосы частот добиться, по-видимому, невозможно.

Библиография

1 Петрович Н.Т. Космическая радиосвязь / Н.Т.Петрович, Е.Ф.Камнев, М.В.Каблукова. — М.: Сов. радио, 1979. — 280 с.

2 Kilgus C.C. Shaped – conical radiation pattern performance of the backfire quadrifiber helix // IEEE Trans. — 1975. — V.AP-23. — N3. — P. 392 – 397.

3 Bricker R.W.Jr. An S-band resonant quadrifilar antenna for satellite communication / R.W. Jr.Bricker, H.H.Rickert // Int. IEEE/Ap-S Symp., Program and Didg., Atlanta, Ca., sept. 1974y. — Atlanta, 1974. — P. 78 – 82.

4 Веселов Г.И. Микроэлектронные устройства СВЧ / Г.И. Веселов, Е.Н. Егоров, Ю.Н. Алехин; Под ред. Г.И. Веселова. — М.: Высш. шк., 1988. — 280с.

Поступила в редакцию 07.12.2000 г.