

**Я.М. Парнес<sup>1,2</sup>, А.И. Задорожный<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический

университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>2</sup>ООО "Аскор ЛТД"

## **Кольцевая антенная решетка базовой станции wimax 5.8 ГГц для летно-подъемного средства**

*В данном докладе описывается шестнадцатиплучевая кольцевая антенная решетка, предназначенная для установки на привязной аэростат для создания канала связи. Описана разработка подрешетки антенны исходя из заданного усиления и ширины диаграммы направленности, а также переключателя на 16 каналов, содержащего p-i-n-диоды в качестве ключей.*

### **Антенна, антенная решетка, переключатель, wimax, беспроводная связь**

На сегодняшний день расширение зоны покрытия беспроводных сетей является очень актуальной задачей. Высотные здания современных мегаполисов переполнены базовыми станциями сетей мобильной связи, WiMax интернета, систем спутникового телевидения и т.п. Это приводит к проблемам электромагнитной совместимости, и, как следствие, к ухудшению качества связи. В России и в других странах мира в последнее время активно ведутся работы по внедрению нового вида телекоммуникационных платформ – аэростатов. Этому есть несколько причин. Высотное размещение передатчиков и ретрансляторов позволяет достичь зоны покрытия в десятки километров. Низкая стоимость таких платформ по сравнению со стоимостью мачт-антенн для получения той же зоны покрытия. С помощью аэростатных систем можно решить телекоммуникационные проблемы в местах, где базовые станции построить невозможно или нецелесообразно. Наиболее простая и дешевая технология высотных платформ – это привязной аэростат. Трос, который удерживает аэростат, решает не только проблему стационарности его положения, но также проблему питания телекоммуникационной станции и обмена данными с наземным пунктом управления. Такие платформы размещаются на высоте нескольких километров над землей. Подобная система под названием «БАРС» (абб. Беспроводная Аэростатная РадиоСеть) была реализована в России в 1999 в г. Москве. «БАРС» успешно функционирует и имеет зону покрытия диаметром 50-70 км [1]. В Санкт-Петербурге также ведутся работы по внедрению телекоммуникационных сетей с использованием привязных аэростатов. В состав радиоаппаратуры аэростата должна входить сканирующая антенна для создания канала связи между ним и удаленным (порядка 200 км) пунктом управления. Фирме «Аскор» было предложено разработать и изготовить такую антенну. Технические характеристики антенны следующие:

- Функционирование в диапазоне частот 5750-5850 МГц
- Угол электронного сканирования по азимуту 360°
- Ширина диаграммы направленности по элевации не менее 10°
- Коэффициент усиления антенны – не менее 16 дБ

Из заданных параметров становится очевидным, что проще всего использовать плоские антенны, расположенные на гранях восьми или шестнадцатигранника (рис.1), так как меньше восьми граней не дадут нужного усиления, а больше шестнадцати граней сделает конструкцию слишком громоздкой и сложной в изготовлении. Также было решено иметь равномерное распределение мощности по антенной решетке, так как никаких параметров по поводу боковых лепестков задано не было. По аналитическим формулам для равномерного распределения были оценены ширина главного лепестка ДН по уровню 3дБ и коэффициент направленного действия [2]:

$$\Theta = 0,88 \frac{\lambda}{a} \quad (1)$$

$$КНД = 4\pi \frac{F}{\lambda^2} \quad (2)$$

где  $\Theta$  - ширина луча в радианах,  $\lambda$  - длина волны в свободном пространстве,  $F$  – эффективная площадь излучения антенны.

Диаграммы направленности соседних антенн должны пересекаться на уровне не менее -1 дБ. Для возможности кругового сканирования пространства в случае восьмигранника нужно иметь ширину луча в горизонтальной плоскости  $45^\circ$ , а для шестнадцатигранника соответственно  $22,5^\circ$ . В таблице 1 приведены данные полученные из формул (1) и (2).

Трехмерное компьютерное 3D моделирование проводилось в программе Ansoft HFSS, также для оценочных расчетов производилось 2.5D моделирование в программе Ansoft Designer. Программы имеют различные численные методы решения задач, поэтому результаты заметно отличаются. Это видно из рисунков 2 и 3, где имеются 2 различных шкалы для КНД.

Ширина луча ДН	КНД
$10^\circ \times 22.5^\circ$	21.5
$15^\circ \times 22.5^\circ$	19.7
$10^\circ \times 45^\circ$	18.5
$15^\circ \times 22.5^\circ$	16.8

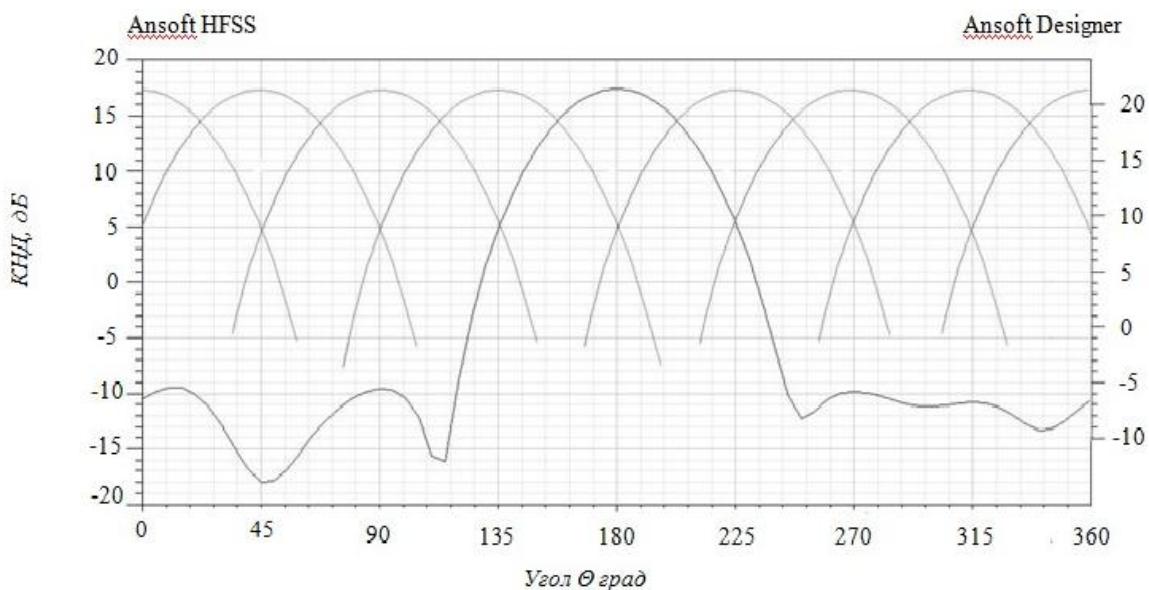


Рис. 2.

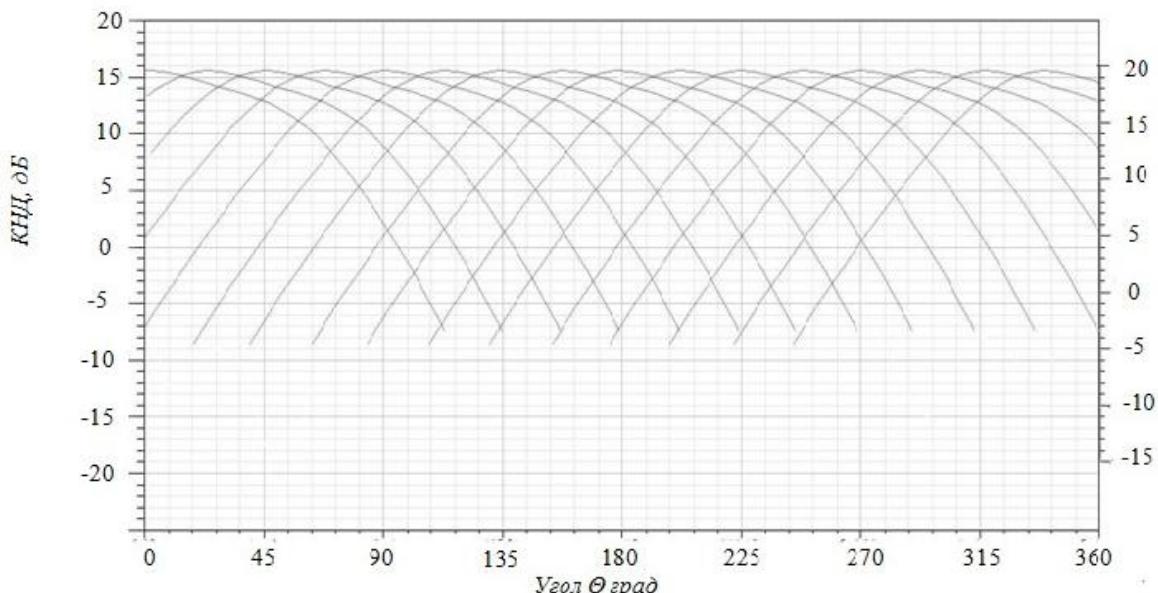


Рис. 3

Для достижения поставленных в техническом задании параметров антенны, был выбран шестнадцатилучевой вариант исполнения.

### Переключатель

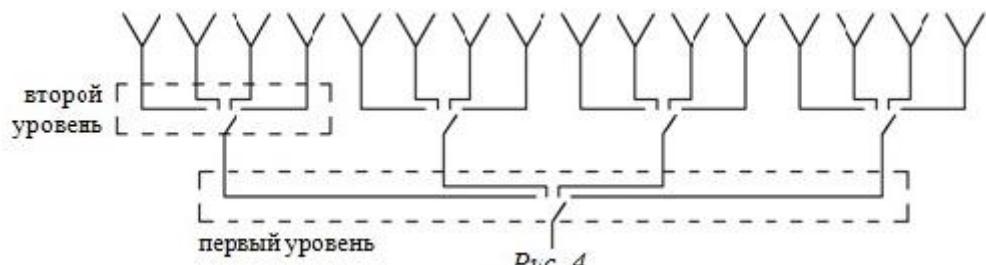


Рис. 4

Общая схема переключателя приведена на рисунке 4. Как видно, она содержит пять идентичных переключателей на четыре канала, они и будут рассмотрены далее. Для применения в данной кольцевой антенной решетке (КАР) была выбрана параллельная схема (рис.6) переключателя [3]. По сравнению с последовательной

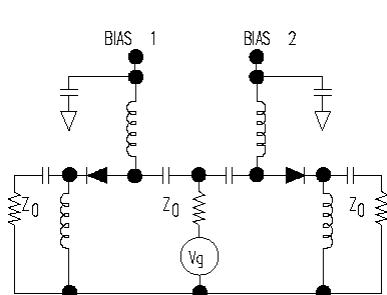


Рис. 5

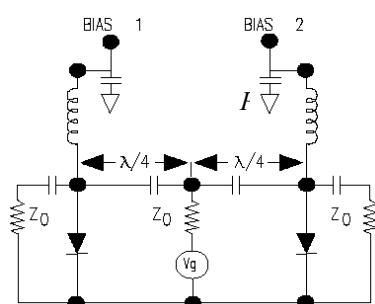


Рис. 6

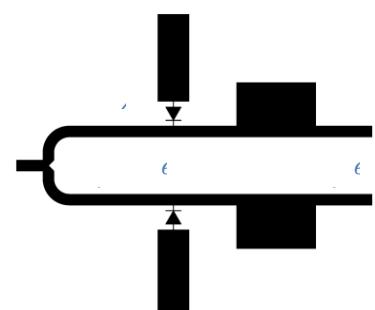


Рис. 7

схемой (рис.5), кроме преимуществ с точки зрения уровня пропускаемой мощности, она обеспечивает лучшую развязку, что является одним из ключевых моментов данной

разработки. Это обусловлено необходимостью достижения высокой точности установки луча, что невозможно, если соседние с рабочим каналы будут слабо связанны. Из недостатков выбранной схемы стоит отметить, во-первых, меньшую компактность по сравнению с последовательной схемой, а во-вторых, больший ток, потребляемый pin-диодами. Так как схема шестнадцатиканального переключателя имеет 2 уровня деления (рис.4), то в последовательной схеме открытыми, и, следовательно, потребляющими ток, являются всего 2 pin-диода. В параллельной же схеме одновременно открыты 18 pin-диодов. Но оба этих недостатка в данном случае являются несущественными. В данной работе использован корпусированный pin-диод компании Infineon, в закрытом состоянии представляющий собой емкость 0,42 пФ, а в открытом - резистор 0,5 Ом. Также надо отметить, что при проектировании были учтены паразитные параметры корпуса pin-диода.

Топология переключателя на два канала приведена на рисунке 7. На расстоянии, равном четверти длины волны, от места разветвления полосков, расположены pin-диоды, электродинамически соединенные с землей с помощью разомкнутого на конце четвертьволнового шлейфа, длина которого определяет частотное положение развязки при более тонкой настройке. Далее расположены элементы, обеспечивающие согласование в открытом канале. Переключатель реализован на органическом диэлектрике с  $\epsilon = 2.2$  и  $tgd = 0.0009$  толщиной 0,76 мм. Полученный шестнадцатигранник может быть описан окружностью диаметром 130 мм. Фильтры в цепях питания реализованы в полосковом варианте, что оправданно при ширине полосы рабочих частот 2%. Кроме того, это упрощает монтаж. Реализованная микрополосковая плата изображена на рисунке 8. Изображенная справа на рисунке 8 низкочастотная коммутационная плата спрессовывается с СВЧ-переключателем, а расположенные на ней контактные площадки соединяются сквозными металлизированными отверстиями с контактными площадками, расположенные на верхней плате. Так же на коммутационной плате располагается двадцатидвухконтактный разъем, к которому в дальнейшем подключается кабель платы управления. Входной СВЧ-сигнал подводится к переключателю снизу с помощью коаксиального кабеля.

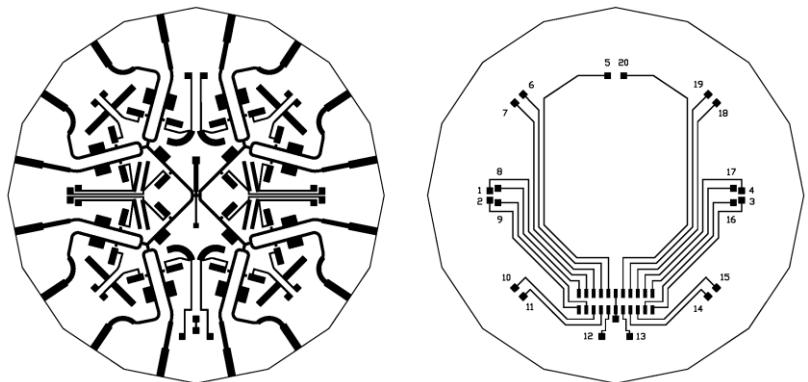
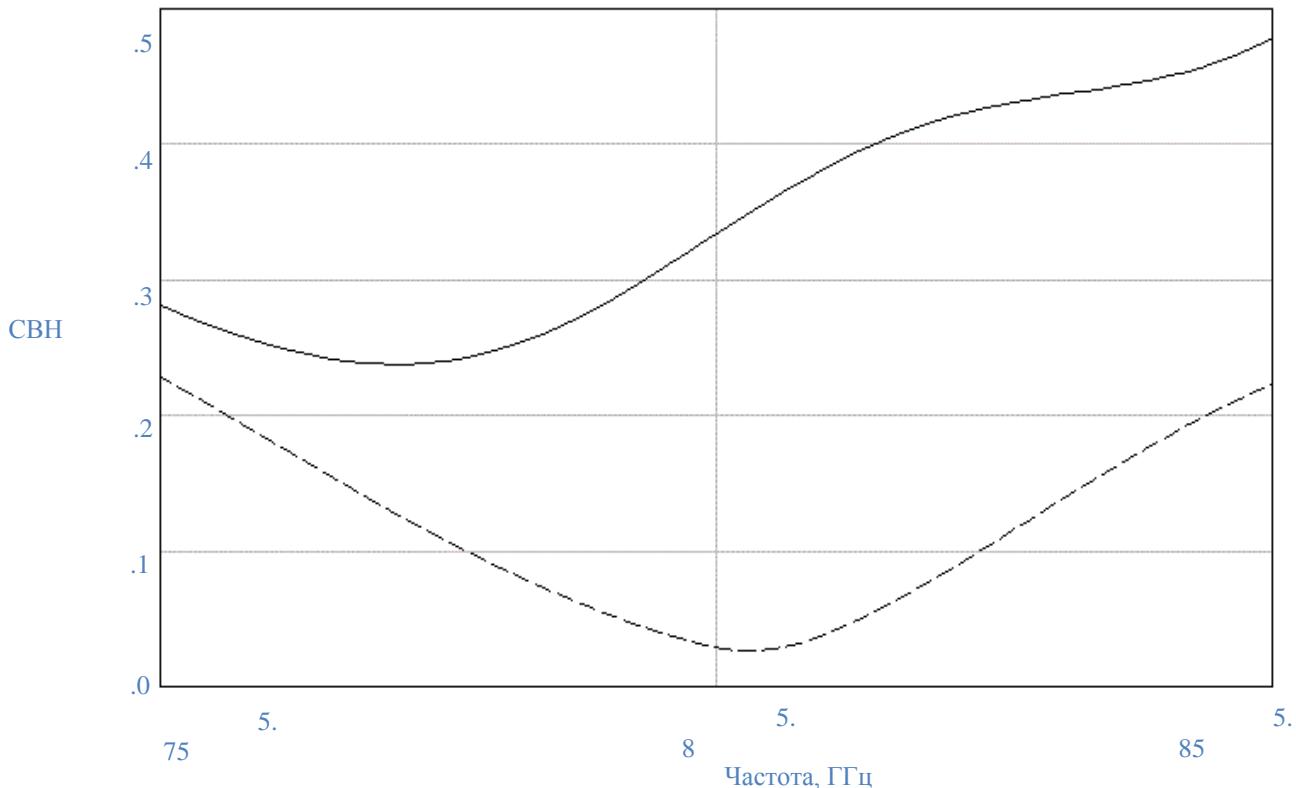


Рис. 8



*Рис. 9*

На рисунке 9 приведен график КСВН по входу антенны и одному из 16 выходов антенны, находящемся в открытом состоянии. Приводить все кривые для 16 состояний не представляется целесообразным, поэтому показаны типичные характеристики. Ослабление сигнала при прохождении им открытого канала не превышает 1,8 дБ. Полученные результаты являются приемлемыми и соответствуют расчетным данным.

#### Библиографический список

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В., Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. С. 569-578
2. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н., Антенны УКВ // часть 1. М.: Связь, 1977.
3. Хиж Г. С., Вендики И. Б., Серебрякова Е. А. СВЧ-фазовращатели и переключатели. М.: Радио и связь, 1984.