

Давлетова Ф.Э., Ходарова А.Э. Особенности высоконаправленных линзовых антенн Люнеберга // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2017. – № 09 (сентябрь). – АРТ 394-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.39

Давлетова Фарида Эрмековна
студентка 2-го курса магистратуры
Институт информационных технологий и коммуникаций
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
г. Астрахань, Российская Федерация
e-mail: farida_h1995@mail.ru

Ходарова Алина Эрмековна
студентка 1-го курса магистратуры
Институт информационных технологий и коммуникаций
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
г. Астрахань, Российская Федерация
e-mail: h.alina.e@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОНАПРАВЛЕННЫХ ЛИНЗОВЫХ АНТЕНН ЛЮНЕБЕРГА

Аннотация: В данной статье рассматривается необычный тип антенны в форме шара. Проанализированы характерные особенности технической реализации антенны, а также показан принцип ее работы и возможность применения.

Ключевые слова: высоконаправленные антенны, линзы, многоканальные системы.

Davletova Farida Ermekovna
Student of the second year of magistracy
Institute of Information Technologies and Communications
FGBOU VO "Astrakhan State Technical University"
Astrakhan, Russian Federation
e-mail: farida_h1995@[mail.ru](mailto:farida_h1995@mail.ru)

Khodarova Alina Ermekovna
Student of the first year of magistracy
Institute of Information Technologies and Communications
FGBOU VO "Astrakhan State Technical University"
Astrakhan, Russian Federation
e-mail: h.alina.e@mail.ru

FEATURES OF HIGH-DIRECTED LINE ANTENNAS OF LUNEBERG

Annotation: In this article we consider an unusual type of antenna in the form of a ball. The characteristic features of the technical implementation of the antenna are analyzed, and the principle of its operation and the possibility of application are shown.

Keywords: highly directional antennas, lenses, multi-channel systems.

В настоящее время известно большое количество высоконаправленных антенн, применяемых в радионавигации, радиолокации, радиопротиводействии, а также системах космической и наземной радиосвязи.

Как правило, задача любой высоконаправленной антенны заключается в том, чтобы сопровождать какой-либо объект в широком диапазоне углов. Для этих целей антенны должны иметь систему управления лучом (диаграммой направленности). Это управление в самом простом случае осуществляется путем механического поворота антенной системы, либо путем электрического управления формой диаграммы

направленности, применяемого в ФАР. Условная схема работы такой системы поясняется рисунком ниже:



Рис. 1 – Работа ФАР в составе оборонного ракетного комплекса

Некоторые виды антенны, такие как плоские линзовые антенны, зеркальные и другие антенные системы имеют ограничения на ширину рабочих частот и что самое важное – ограниченный диапазон углов сканирования. Альтернатива перечисленным высоконаправленным антеннам - линза Лüneберга (ЛЛ), лишённая перечисленных недостатков.

Изначально линза Лüneберга должна была работать в оптическом диапазоне длин волн, соответственно должна быть изготовлена из оптически прозрачного материала. В оптике применения такие линзы не нашли, а вот со временем, когда научились делать нужные радиопрозрачные материалы, такая линза нашла свое применение в радиолокации.

Из курса физики известно, что функционал любой линзы заключается в том, чтобы каким-либо образом изменять ход лучей (фокусировать, расфокусировать, производить разбиение луча и др.) в теле линзы. Принцип работы линзы Лüneберга точно такой же. Лüneберг получил формулу:

$$n(r) = \sqrt{\varepsilon'(r)} = \sqrt{2 - \left(\frac{r}{a}\right)^2} = \sqrt{2 - \tilde{r}^2} \quad (1)$$

где $\varepsilon'(r)$ – относительная диэлектрическая проницаемость материала линзы в точке r ;

r – текущая радиальная координата;

a – радиус сферы.

Вид этой формулы говорит о том, что если коэффициент преломления сферического тела меняется от 2 в центре до 1 на поверхности, то это тело преломляет падающие на него лучи таким образом, что они выходят из сферы параллельно своему диаметру. Схема прохождения лучей показана на рисунке ниже:

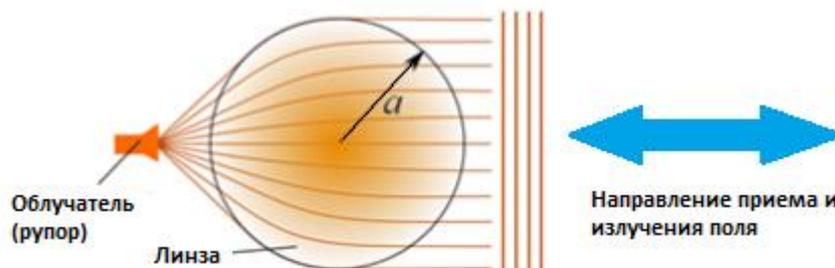


Рис. 2 – Схема прохождения лучей через линзу Лунеберга

Антенна на базе ЛЛ обладает рядом полезных свойств. Во-первых, такая антенна позволяет осуществлять сканирование лучей практически в любом диапазоне углов, путем перемещения малого облучателя вдоль поверхности. Во-вторых, в силу своей сферически-симметричной конструкции, линза способна формировать несколько независимых диаграмм направленности одновременно (при использовании нескольких облучателей). По своей конструктивной особенности линзовые антенны эргономичны и имеют малое аэродинамическое сопротивление, что позволяет устанавливать их на движущиеся объекты.

Техническая реализация линзы Люнеберга

Точно реализовать требуемый непрерывный закон изменения коэффициента преломления крайне сложно. Поэтому при технической реализации линзы оптимальный способ изготовления – это ее разбиение на сферические слои из материалов с разными электрофизическими параметрами. Например, вся линза от центра до поверхности разбивается на участки равной длины и далее по закону Люнеберга высчитывается требуемая относительная диэлектрическая проницаемость каждого участка.

Приведём несколько примеров технической реализации линзы Люнеберга. На рисунке 3 представлена конструктивная реализация многослойных ЛЛ в виде полусфер различного радиуса из натурального пенистого полистирола.



Рис. 3 – Конструктивная реализация многослойной линзы

То, что диэлектрическая проницаемость меняется довольно в узких пределах – от 2 до 1 создает трудности при синтезе материала линзы. Но на сегодня доступные технологии позволяют регулировать эти параметры с достаточной степенью точности. Так, например, при использовании искусственного диэлектрика при изготовлении линзы возможно внесение в него неоднородностей различного размера и формы, или, наоборот, образование в нем проницаемых отверстий и щелей.

Применение и существующие антенные комплексы

На сегодняшний день наиболее перспективное направление применения линз Люнеберга - организация связи по произвольным направлениям в пространстве. На рисунке 4 показан вариант возможного применения ЛЛ при работе в многоканальных системах связи.

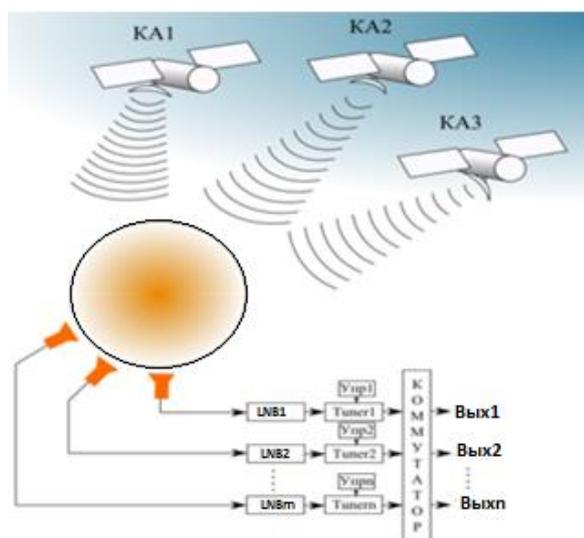


Рис. 4 – Многоканальный терминал спутниковой связи с ЛЛ

Такой вариант применения довольно перспективен по сравнению с системами, использующими для тех же целей параболические или зеркальные антенны, которых необходимо намного большее количество, из-за того, что спутники расположены на большом угловом расстоянии друг от друга. К тому же, используя линзу Люнеберга для сканирования пространства, нет необходимости перемещать всю конструкцию, как это принято в зеркальных антеннах, достаточно лишь перемещать слабонаправленный облучатель по поверхности линзы. Таким образом, линза Люнеберга способна заменить целый парк параболических антенн.

Линза Лüneберга может быть использована в качестве многолучевой антенны в СВЧ-системах картографирования: в спутниковых системах для мониторинга подстилающей поверхности, влажности почвы, борьбы с лесными пожарами. Она успешно используется в спутниковых системах слежения, где спутник и пользователь перемещаются относительно друг друга.

В настоящее время можно рассматривать Линзу Лüneберга как альтернативу зеркальным антеннам и фазированным антенным решеткам. Новые технологии производства, использующие композитные диэлектрические материалы с низкими потерями, в совокупности со сложными электромагнитными технологиями проектирования позволяют построить мощные линзовые антенны с высоким коэффициентом усиления.

Список использованной литературы:

1. Павлов Н.М. Параметры атмосферного канала и надежность АОЛП, «Технологии и средства и связи», №2, 2003
2. Рекомендация МСЭ-Т М.30Ю Принципы организации сети управления электросвязью (TMN).
3. Шехтман Л.И. Системы телекоммуникаций: проблемы и перспективы. (Опыт системного исследования)- М.: Радио и связь, 1998.

Дата поступления в редакцию: 15.09.2017 г.

Опубликовано: 19.09.2017 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2017

© Давлетова Ф.Э., Ходарова А.Э., 2017