

Климентьев Вячеслав Петрович

МАЛОГАБАРИТНАЯ АНТЕННА S-ДИАПАЗОНА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Предлагается низкопрофильная антенна S-диапазона, предназначенная для установки на беспилотные летательные аппараты, в первую очередь относящиеся к классу малогабаритных комплексов. Данная антенна относится к классу укороченных и представляет собой диполь с емкостной торцевой нагрузкой. Конструкция более чем вдвое ниже прототипа. Антенна с вертикальной поляризацией обладает квазиизотропной диаграммой направленности в азимутальной плоскости с максимальным коэффициентом усиления, равным 2 дБи, и относительно широкой рабочей полосой частот.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2017/6/14.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2017. № 6 (119). С. 50-53. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2017/6/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

и с осторожностью подвижным. Церковь должна быть независимее той, которая имела на тот момент. Иерархия должна быть более смелой, властной, сосредоточенной. Церковь должна смягчить государственность, а не наоборот. Быт должен быть поэтичным, разнообразным в национальном, отличном от Запада, единстве. Законы, принципы власти должны быть более строгими, люди должны стараться быть лично добрее. Одно уравновесит другое. Наука должна развиваться в духе глубокого презрения к своей пользе [7, с. 385-386].

Список источников

1. Байгушкин А. И. Консервативные политико-правовые воззрения в России во второй половине XIX – начале XX века: дисс. ... к.ю.н. М., 1998. 124 с.
2. Беляев Д. А. Политология: семинарские занятия и самостоятельная работа: учебно-методическое пособие для студентов. Липецк: ЛГПУ, 2010. 63 с.
3. Беляев Д. А., Скрипкин И. Н. Византизм К. Н. Леонтьева как концепция русской культурно-цивилизационной идентичности // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2017. № 3 (77): в 2-х ч. Ч. 1. С. 28-31.
4. Данилевский Н. Я. Россия и Европа. М., 1991. 576 с.
5. Леонтьев К. Н. Византизм и славянство / предисл. И. Ковыневой; комм. свящ. Александра Задорнова. М.: Изд-во Сретенского монастыря, 2010. 280 с.
6. Леонтьев К. Н. Восток, Россия и славянство. М., 1885-1886. Т. 1-2. 896 с.
7. Леонтьев К. Н. Избранные письма. 1854-1891. СПб.: Пушкинский фонд, 1993. 640 с.
8. Письма Николая Бердяева // Минувшее: исторический альманах. Париж, 1990. № 9. С. 306-315.

KONSTANTIN NIKOLAYEVICH LEONTYEV AND THE IDEA OF THE RUSSIAN EMPIRE

Kirichenko Evgeniya Sergeevna

*Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University
eva.kirichenko1998@mail.ru*

The article is devoted to the study of K. N. Leontyev's views on formation of the Russian Empire. The author considers K. N. Leontyev's standpoints on the structure of the state system, the main philosophical problems in his theory and analyzes his understanding of national policy and the Russian monarchy. It is ascertained why one should be devoted to his/her culture, live in it, and not focus on purity of blood.

Key words and phrases: Byzantism; empire; monarchy; state; Slavophilia; Church.

УДК 621.369.67

Технические науки

Предлагается низкопрофильная антенна S-диапазона, предназначенная для установки на беспилотные летательные аппараты, в первую очередь относящиеся к классу малогабаритных комплексов. Данная антенна относится к классу укороченных и представляет собой диполь с емкостной торцевой нагрузкой. Конструкция более чем вдвое ниже прототипа. Антенна с вертикальной поляризацией обладает квазиизотропной диаграммой направленности в азимутальной плоскости с максимальным коэффициентом усиления, равным 2 дБи, и относительно широкой рабочей полосой частот.

Ключевые слова и фразы: малогабаритные антенны; укороченные антенны; всенаправленные антенны; емкостная нагрузка; беспилотные летательные аппараты.

Климентьев Вячеслав Петрович

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
имени В. И. Ульянова (Ленина)
vklimentyev@gmail.com*

**МАЛОГАБАРИТНАЯ АНТЕННА S-ДИАПАЗОНА
ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям
(программа «УМНИК», № договора 12.01.2017).*

*Статья посвящается Степанову Валерию Александровичу (1934-2013),
доц. каф. ТОР СПбГЭТУ «ЛЭТИ», открывшему мне увлекательный мир электродинамики.*

С каждым годом возрастают масштабы практического применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В военной отрасли дроны, так называют БПЛА, используются для разведывательных целей и ведения

боевых действий [2]. В гражданской – для производственного и экологического мониторинга объектов нефте- и газодобывающей промышленности, мониторинга чрезвычайных ситуаций, решения различных задач картографирования [3].

Неотъемлемой частью радиоканала являются антенны, расположенные как на базе, так и на самом БПЛА. Если требования к первому типу антенн не вызывают сложностей для их проектирования, то требования, предъявляемые к антеннам, устанавливаемым на БПЛА, являются довольно противоречивыми. Особую сложность представляет собой изготовление антенн для БПЛА класса «микро». Ниже приведены основные требования к антеннам для этого класса.

Требования к бортовым антеннам БПЛА

Антенны, устанавливаемые на БПЛА, должны обладать изотропной диаграммой направленности (ДН) в азимутальной плоскости; быть низкопрофильными; обладать довольно широкой рабочей полосой частот; обеспечивать коэффициент усиления (КУ) не менее, чем у полуволнового диполя, а именно 2 дБи.

Изотропная ДН в азимутальной плоскости необходима для обеспечения надежного канала связи между БПЛА и базой независимо от их геометрического расположения. Антенна должна иметь минимально возможные габариты при обеспечении электрических характеристик, предъявляемых к ней. Особенно критичным параметром является высота антенны. С целью уменьшения аэродинамического сопротивления необходимо применять *низкопрофильные антенны*. Современные видеокамеры, снимающие видео в режиме 4К, требуют радиоканал с довольно большой полосой частот. Также при эксплуатации БПЛА требуется наличие возможности перехода из одного частотного диапазона в другой (например, для борьбы с помехами). Типичными значениями *ширины рабочей полосы частот* являются 100-200 МГц и более. Не составляет особого труда спроектировать малогабаритную антенну, обладающую чрезвычайно малой высотой (например, сильно укороченный монополю), однако такая конструкция будет обладать отрицательным КУ. Слабое усиление антенны сократит дальность полета БПЛА, если не увеличивать мощность передатчика, либо же потребует дополнительных энергетических затрат для обеспечения требуемой дальности. При рассмотрении используемых антенн для БПЛА становится очевидным, что обеспечение всех перечисленных выше требований является довольно сложной научной и инженерной задачей.

Используемые технологические решения

Проанализировав литературу, можно выделить следующие типы антенн, устанавливаемых на корпус БПЛА.

Штыревые антенны. Данные антенны получили наибольшее распространение в силу простоты разработки и изготовления. Типичными антеннами являются вертикальные антенны с длиной излучателя $5/8 \lambda_0$, $\lambda_0/2$ и $\lambda_0/4$, где λ_0 – длина волны. Зачастую подобные антенны снабжены дисковым резонансным противовесом. Обладая хорошим КУ (от 5 дБи до 8 дБи в зависимости от длины излучателя), данные антенны довольно высоки. Так, при работе в диапазоне частот WiFi четвертьволновый монополю имеет высоту равную 30 мм. Кроме того, монополю с длиной $5/8 \lambda_0$ не обладает изотропной ДН в азимутальной плоскости. Дополнительно могут возникать сложности при согласовании антенн, установленных на диэлектрическую или металлическую поверхности корпуса БПЛА. Помимо монополей, в литературе встречаются примеры использования дипольных антенн для БПЛА [5].

Печатные микрополосковые антенны. Данный класс антенн обладает наименьшей высотой (порядка нескольких мм) и хорошим КУ (единичный круглый печатный элемент обеспечивает КУ вплоть до 9 дБи). Однако ДН этих антенн не является всенаправленной. Существуют решения с использованием микрополосковых печатных фазированных антенных решеток [8]. При этом площадь антенны увеличивается в несколько раз, требуются энергетические затраты на управление блоком фазовращателей, что негативно сказывается на длительности полета БПЛА. Таким образом, применение печатных антенн на БПЛА класса «микро» выглядит весьма сомнительным.

Квадрифилярные спиральные антенны. В [6] проводится исследование радиоканала при использовании квадрифилярной антенны, установленной на БПЛА. Антенны данного типа обладают круговой поляризацией и способны обеспечивать хорошие направленные свойства или при небольшом КУ быть достаточно широкополосными. С точки зрения установки таких антенн на корпус БПЛА интересен второй вариант. Так, в спецификации [7] указано, что квадрифилярная антенна с центральной частотой 2,45 ГГц обладает КУ, равным 2 дБи, и шириной рабочей полосы частот, равной 12% по уровню коэффициента стоячей волны (КСВ), меньшему 2. Недостатком данной антенны являются её габариты, соизмеримые с длиной волны. В S-диапазоне высота квадрифилярной антенны составляет порядка 100 мм.

Кольцевые антенны (annular antennas). В [9] предлагается миниатюрная кольцевая антенна высотой $0,03 \lambda_0$, что соответствует примерно 3,5 мм при работе в WiFi диапазоне. Обладая квазиизотропной ДН в азимутальной плоскости с максимальным КУ, равным 2,5 дБи, такая конструкция может видаться хорошим кандидатом для использования в качестве бортовых антенн БПЛА. Однако, согласно принципам электродинамики, связывающим добротность системы с её объемом, становится очевидным, что рабочая полоса частот антенны будет невелика. В WiFi диапазоне полоса 2,62% по уровню КСВ < 2 соответствует порядка 60-70 МГц.

Проведя анализ характеристик антенн, устанавливаемых на БПЛА, становится очевидным, что ни одна из них не удовлетворяет полностью поставленным требованиям.

Сотрудниками кафедры теоретических основ радиотехники (ТОР) СПбГЭТУ «ЛЭТИ» была предпринята успешная попытка по проектированию малогабаритной низкопрофильной антенны L-диапазона для установки на корпусе БПЛА [1]. Данная антенна, являющаяся укороченной штыревой с емкостной торцевой

нагрузкой, имеет высоту $0,06 \lambda_0$, максимальное значение КУ, равное 2 дБи, и рабочую полосу частот по критерию КСВ < 2 , равную 4%.

В [4] приводится исследование характеристик монополярной антенны с «землей» в виде металлического диска. У этой антенны рабочая полоса частот по критерию КСВ < 2 составляет более 13%, максимальное значение КУ равняется 1,6 дБи. Однако её высота чуть более $0,2 \lambda_0$. Данная конструкция из-за её широкополосности и простоты изготовления послужила прототипом антенны, предложенной в данной статье.

Укороченная антенна с торцевой емкостной нагрузкой

Антенна, в отличие от прототипа [Ibidem], содержит торцевую емкостную нагрузку в виде тонкого металлического диска, расположенного сверху антенны и имеющего меньший диаметр по сравнению с нижним диском (Рис. 1). Применение данной нагрузки приводит к укорочению антенны более чем в 2 раза. Размеры антенны: $D = 42$ мм, $d = 24$ мм, $H = 11$ мм, $h = 6$ мм, $a = 6$ мм, толщина дисков и вибратора – 0,5 мм.

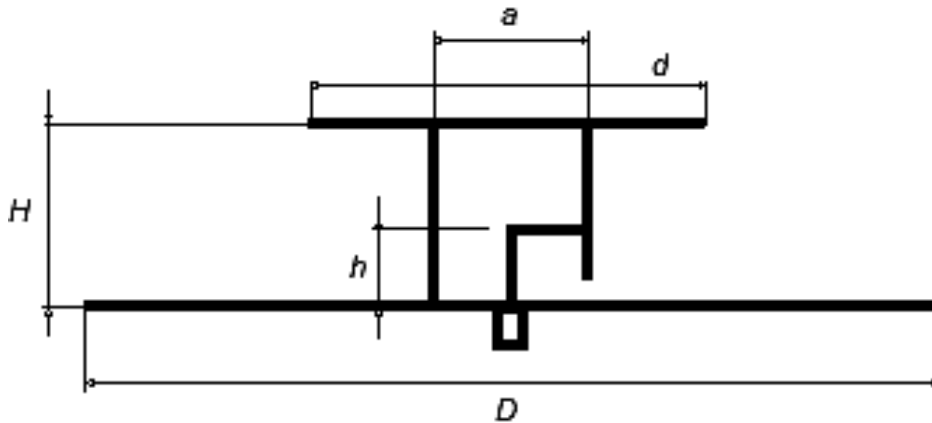


Рис. 1. Укороченная антенна с торцевой емкостной нагрузкой

Частотная зависимость коэффициента модуля отражения изображена для электродинамического моделирования в пакетах CST (метод конечного интегрирования) и HFSS (метод конечных элементов) и эксперимента (Рис. 2). Полоса пропускания по уровню КСВ < 2 составляет не менее 12%, что в 3 раза больше, чем у антенны [1] при увеличении высоты в 1,5 раза (до $0,08 \lambda_0$). Большая полоса позволяет обеспечивать хорошее согласование антенны при установке на различные поверхности. Для предотвращения возможного затекания токов под нижний диск и, как следствие, ухудшения согласования можно использовать дроссельную полость радиуса $\lambda_0/4$ (два нижних диска на расстоянии менее 1 мм друг от друга). Трехмерная диаграмма направленности (коэффициент усиления с учетом всех потерь) приведена на Рис. 3. Максимальный коэффициент усиления составляет 2 дБи. Имеется незначительная неравномерность диаграммы из-за неполной симметричности антенны (максимум со стороны запитки антенны).

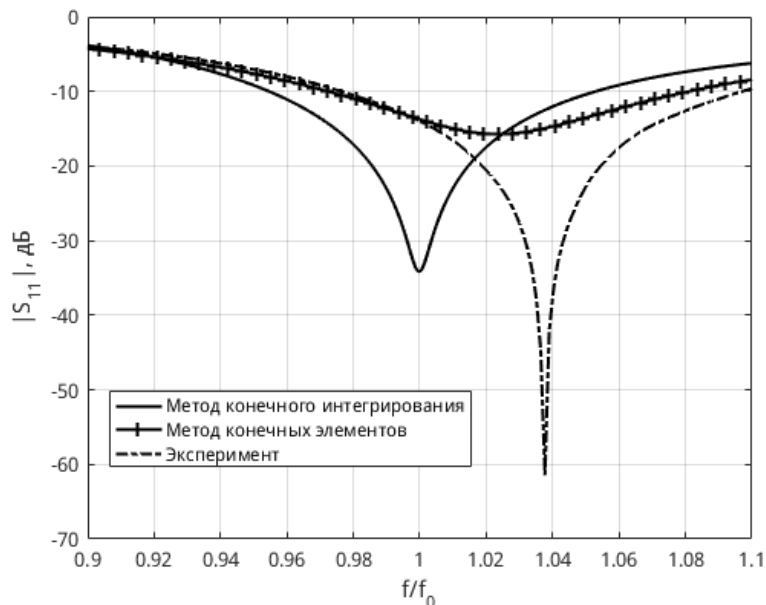


Рис. 2. Частотная зависимость модуля коэффициента отражения

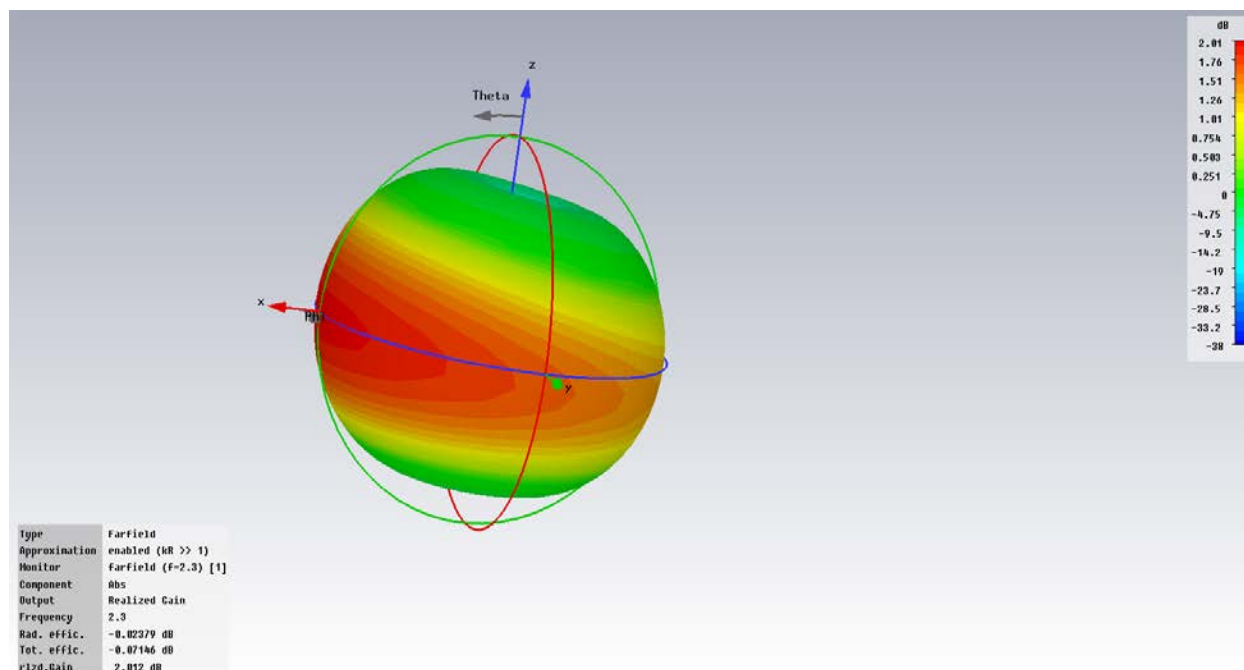


Рис. 3. Трехмерная диаграмма направленности

Список источников

1. Антонов А. С., Антонов Ю. Г., Балландович С. В., Сугак М. И. Низкопрофильная антенна для БПЛА // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 6. С. 3-7.
2. Трофимов Н. А. Технологии беспилотных летательных аппаратов: применение в военных конфликтах будущего // Наука за рубежом. 2012. № 12. С. 1-15.
3. Трубников Г. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях [Электронный ресурс]. URL: http://www.uav.ru/articles/civil_uav_th.pdf (дата обращения: 05.07.2017).
4. Boev N. M. Design and Implementation Antenna for Small UAV // 2011 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Krasnoyarsk, 2011. P. 152-154.
5. Moorehouse D., Humen A. Improved UAV Datalink Performance Using Embedded Antennas [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cobham.com/media/83838/AUVSI-Paper.pdf> (дата обращения: 05.07.2017).
6. Mrema D. D., Shimamoto S. Performance of Quadrifilar Helix Antenna on EAD Channel Model for UAV to LEO Satellite Link // IEEE International Conference on Collaboration Technologies and Systems (Denver, 21-25 May 2012). Piscataway: IEEE, 2012. P. 170-175.
7. Quadrifilar Helix RHCP Omni or LHCP Omni High Power Antenna [Электронный ресурс]. URL: <http://www.antennaexperts.in/docs/QHA-2326-Datasheet.pdf> (дата обращения: 05.07.2017).
8. Sharawi M. S., Alofi D. N., Rawashdeh O. A. Design and Implementation of Embedded Printed Antenna Arrays in Small UAV Wing Structure // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2010. Vol. 58. Iss. 8. P. 2531-2538.
9. Sun L., Sun B.-H., Sun Q., Huang W. Miniaturized Annular Ring Slot Antenna for Small/Mini UAV Applications // Progress in Electromagnetics Research C. 2014. Vol. 54. P. 1-7.

SMALL-SIZE ANTENNA OF S-RANGE FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE

Kliment'ev Vyacheslav Petrovich
 Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"
 vklimentyev@gmail.com

A low-profile S-range antenna is proposed for installation on unmanned aerial vehicles, primarily those related to the class of small-size complexes. This antenna belongs to the class of shortened ones and represents a dipole with the capacitive end load. The design is more than half the size of the prototype. The antenna with vertical polarization has a quasi-isotropic direction pattern in the azimuth plane with the maximum gain of 2 dBi and relatively wide operating frequency band.

Key words and phrases: small-size antennas; shortened antennas; omnidirectional antennas; capacitive load; unmanned aerial vehicles.