РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ермолаева В.В., Антипов О.Е., Соколов Р.А.

Малогабаритная антенна S-диапазона для беспилотных летательных аппаратов

*Саратовский Государственный технический университет имени Ю.А.Гагарина
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/lj-12-2019-19

idsp: ljournal-12-2019-19

Аннотация

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: Малогабаритные антенны, укороченные антенны, всенаправленные антенны, емкостная нагрузка, беспилотные летательные аппараты.

Abstract

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

Keywords: Small-sized antennas, shortened antennas, Omni-directional antennas, capacitive load, unmanned aerial vehicles.

С каждым годом масштабы практического применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) увеличиваются. В военной промышленности беспилотники, так называемые БПЛА, используются в разведывательных целях и ведут боевые действия. В гражданском строительстве он применяется для промышленного и экологического мониторинга объектов нефтегазодобычи, мониторинга чрезвычайных ситуаций, решения различных картографических задач.

Неотъемлемой частью радиоканала являются антенны, расположенные как на базе, так и на самом БПЛА. Если требования к антеннам первого типа не вызывают затруднений при их проектировании, то требования к антеннам, устанавливаемым на БПЛА, достаточно противоречивы. Особую сложность представляет изготовление антенн для БПЛА класса "Микро". Ниже приведены основные требования к антеннам этого класса.

Требования к бортовым антеннам БПЛА

Антенны, устанавливаемые на БПЛА, должны иметь изотропную диаграмму направленности (ДН) в азимутальной плоскости; быть низкопрофильными; иметь достаточно широкую рабочую полосу частот; обеспечивать коэффициент усиления (КУ) не менее 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 размеры при обеспечении требуемых для нее электрических характеристик. Особенно важным параметром является высота антенны. Для снижения аэродинамического сопротивления необходимо использовать низкопрофильные антенны. Современные видеокамеры, которые снимают видео в режиме 4К, требуют наличия радиоканала с достаточно большой полосой частот. Также при эксплуатации БПЛА требуется возможность перехода из одного частотного диапазона в другой (например, для борьбы с помехами). Типичные значения ширины рабочих полос частот составляют 100-200 МГц и более. Нетрудно спроектировать малогабаритную антенну, имеющую предельно малую высоту (например, сильно укороченный монополь), но такая конструкция будет иметь отрицательный КУ. Слабый коэффициент усиления антенны уменьшит дальность действия БПЛА, если не увеличить мощность передатчика, или потребует дополнительных затрат энергии для обеспечения необходимой дальности. При рассмотрении антенн, используемых для БПЛА, становится очевидным, что обеспечение всех вышеперечисленных требований является достаточно сложной научно-технической задачей.

Укороченная антенна с емкостной концевой нагрузкой

Антенна содержит концевую емкостную нагрузку в виде тонкого металлического диска, расположенного сверху антенны и имеющего меньший диаметр по сравнению с нижним диском (Рис. 1). Использование этой 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 показана для электродинамического моделирования в пакетах CST (метод конечных элементов), HFSS (метод конечных элементов) и эксперимента (Рис. 2). Полоса пропускания на уровне $K_{CB} < 2$ составляет не менее 12%, что в 3 раза больше, чем у антенны с увеличением высоты в 1,5 раза (до $0,08 \lambda_0$). Большая полоса пропускания обеспечивает хорошую центровку антенны при установке на разных поверхностях. Для предотвращения возможной утечки токов под нижним диском и, как следствие, ухудшения координации, 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) показана на Рис. 3. Максимальный выигрыш составляет 2 дБи. Имеется небольшая неровность диаграммы из-за неполной симметрии антенны (максимум на стороне источника питания антенны).

Рис.2. Частотная зависимость модуля коэффициента отражения

Рис. 3. Трехмерная диаграмма направленности

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: 22.12.2019).
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