

обзора, установленных на периметре, поскольку они должны первыми и с максимальной достоверностью информировать о возникающих угрозах. Важнейшим элементом подобной системы является антенна. Применяемый тип антенны зависит от требований, предъявляемых к ее характеристикам. [3]

Зеркальными антеннами называют антенны, у которых поле в раскрыве формируется в результате отражения электромагнитной волны от металлической поверхности специального рефлектора (зеркала). Источником электромагнитной волны обычно служит какая-нибудь небольшая элементарная антенна, называемая в этом случае облучателем зеркала или просто облучателем. Зеркало и облучатель являются основными элементами зеркальной антенны. [2-4]

Зеркало обычно изготавливается из алюминиевых сплавов. Поверхности зеркала придается форма, обеспечивающая формирование нужной диаграммы направленности. Наиболее распространенными являются зеркала в виде параболоида вращения, усеченного параболоида, параболического цилиндра или цилиндра специального профиля. Облучатель помещается в фокусе параболоида или вдоль фокальной линии цилиндрического зеркала. Соответственно для параболоида облучатель должен быть точечным, для цилиндра – линейным. Наряду с однозеркальными антеннами применяются и двухзеркальные. [2, 7]

Рассмотрим принцип действия зеркальной антенны. Электромагнитная волна, излученная облучателем, достигнув проводящей поверхности зеркала, возбуждает на ней токи, которые создают вторичное поле, обычно называемое полем отраженной волны. Для того чтобы на зеркало попадала основная часть излученной электромагнитной энергии, облучатель должен излучать только в одну полусферу в направлении зеркала и не излучать в другую полусферу. Такие излучатели называют односторонними.

В раскрыве антенны отраженная волна обычно имеет плоский фронт для получения острой диаграммы направленности либо фронт, обеспечивающий

получение диаграммы специальной формы. На больших (по сравнению с длиной волны и диаметром зеркала) расстояниях от антенны эта волна в соответствии с законами излучения становится сферической. Комплексная амплитуда напряженности электрического поля этой волны описывается по формуле:

$$E = E_0 \cdot F(\phi, \theta) \cdot \frac{e^{-jkr}}{r}, \quad (1.1)$$

где $F(\phi, \theta)$ – нормированная диаграмма направленности, сформированная зеркалом.

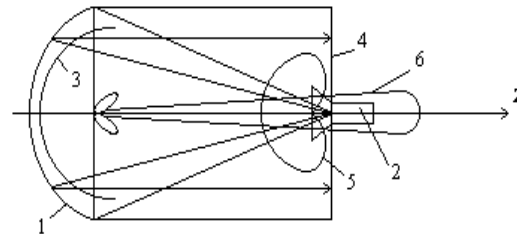


Рисунок 1 – Принцип действия простейшей зеркальной антенны

На рисунке: 1 – зеркало, 2 – облучатель, 3 – сферический фронт волны облучателя, 4 – плоский фронт волны облучателя, 5 – диаграмма направленности облучателя, 6 – диаграмма направленности зеркала.

Точечный облучатель (например, маленький рупор), расположенный в фокусе параболоида, создает у поверхности зеркала сферическую волну. Зеркало преобразует ее в плоскую, т.е. расходящийся пучок лучей преобразуется в параллельный, чем и достигается формирование острой диаграммы направленности. [3, 8]

В области проектирования зеркальных антенн работает большое количество специалистов по всему миру. Приступая к проектированию подобных антенных систем необходимо изучить основные тенденции и полученные результаты исследований, проведенных другими авторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дабкин А.Л., Дабкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г.. Антенно-фидерные устройства. – М.: Сов. радио, 1974.
2. В.С. Филиппов, Л. И. Пономарев, А. Ю. Гринев и др. // Под ред. Д. И. Воскресенского. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1994.
3. Д.И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В.М. Максимов, Л. И. Пономарев // Под ред. Д. И. Воскресенского. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2006.
4. Кочегаров, И.И. Алгоритм прямого перебора с применением теории графов для прогнозирования отказов сложных РЭС / И.И. Кочегаров, В.В. Стюхин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 130-131.
5. Меркульев, А.Ю. Программные комплексы и системы проектирования печатных плат / А.Ю. Меркульев, Ю.А. Сивагина, И.И. Кочегаров, В.Я. Баннов, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 119-128.
6. Кочегаров, И.И. Развитие систем изучения микроконтроллеров и ПЛИС / И.И. Кочегаров, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 166-167.
7. Grishko, A.K. Dynamic analysis and optimization of parameter control of radio systems in conditions of interference / Grishko A.K., Goryachev N.V., Kochegarov I.I., Yurkov N.K. // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 – Proceedings 2016. С. 7491674.
8. Кочегаров, И.И. Системы удалённого рабочего стола при работе с конструкторскими САПР / И.И. Кочегаров, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2009. Т. 2. С. 406-407.

УДК 621.3

Бормотин С.О., Юдин А.А., Севцов И.А., Тюрин С.А., Жумашев Н.Г.

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

²Военный институт сил воздушной обороны, Астана, Казахстан

СИСТЕМА ПРОВОДНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРА

Ключевые слова:

мультикоптер, проводное питание, летательный аппарат, импульсный преобразователь

Актуальность

На сегодняшний момент времени с появлением в свободном доступе беспилотников любого класса резко повышается требования к безопасности энергетически важных объектов, таких как атомные электростанции, энергетические коммуникации.

Так же появляются задачи контроля чрезвычайных ситуаций (пожаров, наводнений). Особая актуальность приобретает контроль безопасности с учетом возможности беспилотных террористических воздействий беспилотной авиации. Для контроля дан-

ной безопасности эффективным средством может являться применение мультикоптеров, которые в дежурном режиме могут обеспечить обзор периметра безопасности особо важных объектов. Одним из существенных недостатков таких мультикоптеров на сегодняшний день является ограниченный ресурс полета.

С целью решения этой задачи предлагается установка проводного питания на мультикоптеры.

Обзор существующих БПЛА на базе мультикоптеров.

Мультикоптерами, как правило, называют аппараты с количеством роторов больше одного и расположенных в одной плоскости. Приставка, на греческом и латинском языке, перед словом «коптер» означает количество роторов.

Бикоптер (два ротора).

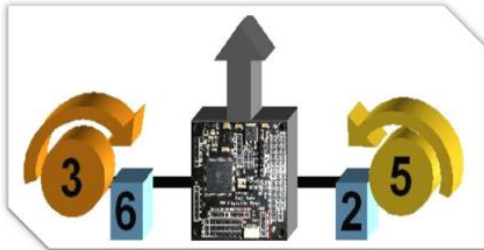


Рисунок 1 – Бикоптер

Особенности: моторы вращаются в разных направлениях с целью компенсации реактивного момента. Для стабилизации аппарата моторы отклоняются с помощью сервоприводов (6 и 2).

Достоинства: низкое энергопотребление, маленькие габариты, низкая цена.

Недостатки: при отказе одного двигателя – неизбежное падение, маленькая грузоподъемность, низкая стабильность, сложная конструкция.

В основном, такие коптеры используются в качестве игрушек.

Трикоптер (три ротора).

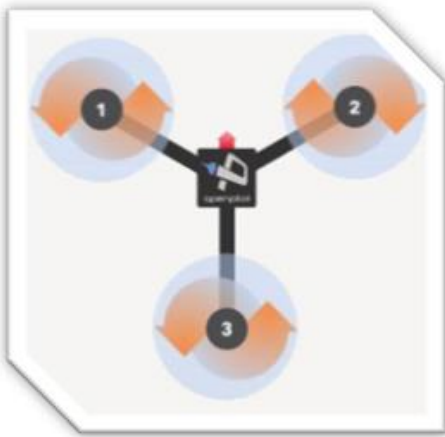


Рисунок 2 – Трикоптер

Особенности: два передних мотора вращаются в противоположных направлениях, а третий в любую сторону. Для компенсации реактивного момента и поворота аппарата отклоняется хвостовой мотор с помощью сервопривода.

Достоинства: низкий вес, компактность, это самые дешевые мультикоптеры, поскольку для их постройки требуется всего 3 мотора и 3 регулятора скорости.

Недостатками таких аппаратов является сложная конструкция, маленькая грузоподъемность и при отказе одного двигателя коптер, неизбежно, падает.

На рисунке 3 представлена типовая схема квадрокоптера (четыре ротора).

Особенностью таких аппаратов является вращение моторов диагонально, в противоположных

направлениях (например, если моторы 1 и 3 вращаются по часовой стрелке, то моторы 2 и 4 – против часовой стрелки). Таким образом компенсируется реактивный момент.

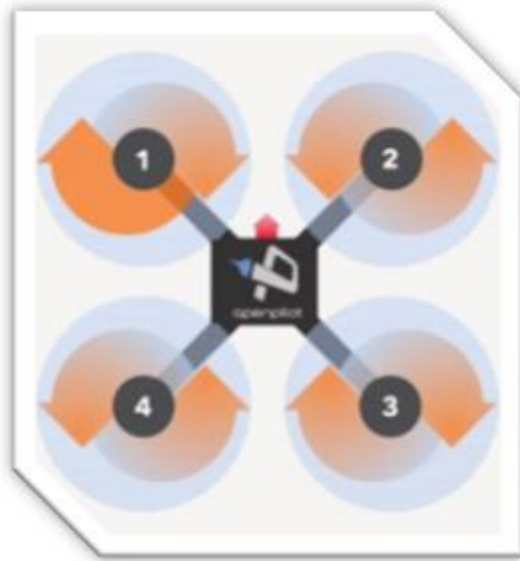


Рисунок 3 – Квадрокоптер

Достоинства: простая конструкция без поворотных механизмов, как у двух предыдущих аппаратов.

Недостатки: при отказе одного двигателя – неизбежное падение.

В полете такие коптеры более устойчивы и способны летать чуть дольше – либо за счет более емкой батареи, либо за счет более экономичного режима работы моторов, не на пике оборотов. Квадрокоптеры так же не способны летать при поломке одного мотора, поэтому для серьезных применений – полетов с камерой например – они малоприменимы.

Гексокоптер (шесть роторов).

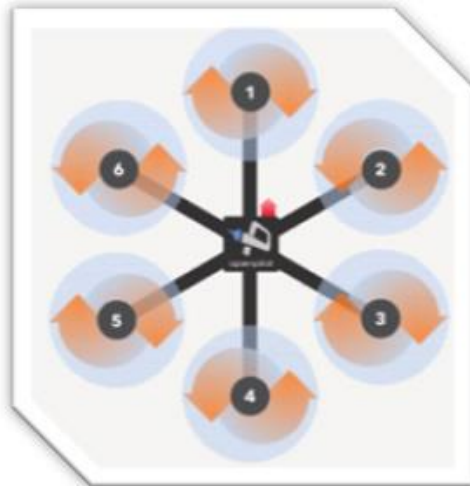


Рисунок 4 – Гексакоптер

Они вбирают в себя все положительные черты квадрокоптеров.

Достоинства: при отказе одного мотора аппарат не падает, большая грузоподъемность, стабильность, маленькая чувствительность к ветру.

Недостатки: короткое время полета, большие габариты и высокая цена.

Октокоптер (восемь роторов).

Достоинства: крайне стабилен и не чувствителен к ветру, при отказе одного и даже двух моторов – аппарат не падает! Очень большая грузоподъемность (до 16-17 кг!). Только этим аппаратам можно доверить подъем в воздух таких дорогих камер, как RED EPIC и ей подобных.

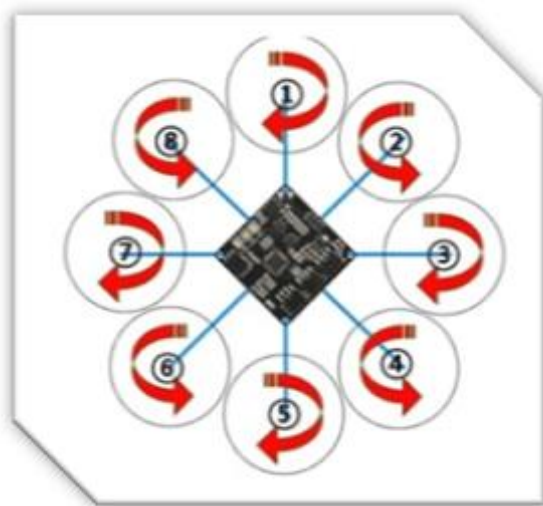


Рисунок 5 – Октокоптер

Недостатками этих аппаратов является большое энергопотребление и высокая цена.

Все варианты схем мультикоптеров могут быть коаксиальными (на одном луче расположены два мотора друг над другом)

Достоинства: более стабильны при отказе моторов, имеют меньшие габариты при, практически, тех же тяговых характеристиках.

Предлагаемое решение.

Одним из самых важных элементов решения этой задачи является создание устройства проводного питания мультикоптера. Предлагается следующая схема решения электропитания квадрокоптера в двух в нескольких вариантах:

Первый вариант представлен на рисунке 6.

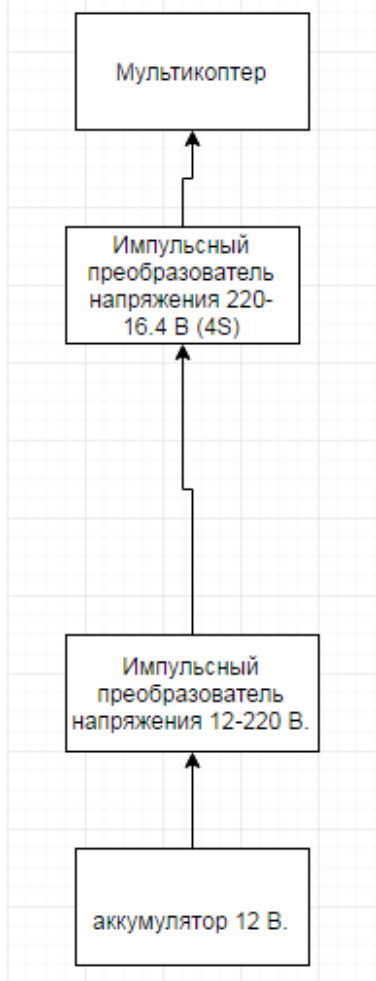


Рисунок 6 – Первый вариант питания

Второй вариант представлен на рисунке 7.

Суть первого решения заключается в преобразовании стандартного источника питания, в данном случае 12-ти вольтового аккумулятора в напряжение 220 вольт 50 герц. Использование 220 вольт 50 герц обусловлено доступностью готовых решений преобразователей 12-220 вольт на рынке как на зарубежном, так и на отечественном. Помимо 220 вольт так же можно использовать 380, и более высокие напряжения, но для этого придется разработать соответствующий преобразователь 12 в эн-ного напряжения.



Рисунок 7 – Второй вариант питания

В свою очередь передача напряжения 12 вольт без преобразования не рациональна, по сколько при передаче такого напряжения с током до 70 ампер приведет к громадным потерям, а так же наличием длинного и толстого провода, соответствующего данному току. Поскольку высота полета данного мультикоптера составляет минимум 100 м, данный провод будет иметь достаточно высокий вес, тем самым превышая вес полезной нагрузки мультикоптера. Вторая схема питания отличается отсутствием импульсного преобразователя 12-220 В, поскольку дизель или бензогенераторы и так имеют выходное напряжение 220 вольт. В качестве проводника предлагается использовать провод МГТФ 0.35мм. Длина данного провода будет составлять 100 метров (в два провода), что составит его вес 0.830 кг. Данной толщины провода достаточно, чтобы пропускать ток в 2 ампера 220 в, с небольшим запасом.

Рассматриваемая схема импульсного преобразователя напряжения представлена на рисунке 8.

Принцип работы данной схемы заключается в следующем. Переменный ток с напряжением в 220 вольт 50 Гц. протекает через выпрямитель и за тем преобразуется в постоянный (1). Далее ток попадает в полупроводниковый модулятор 2, где вновь превращается в переменный ток, но уже с более высокой частотой (до 100 кГц.), после чего понижается до требуемого, с повышением силы тока (3). После понижения напряжения ток выпрямляется и фильтруется фильтрами ВЧ.

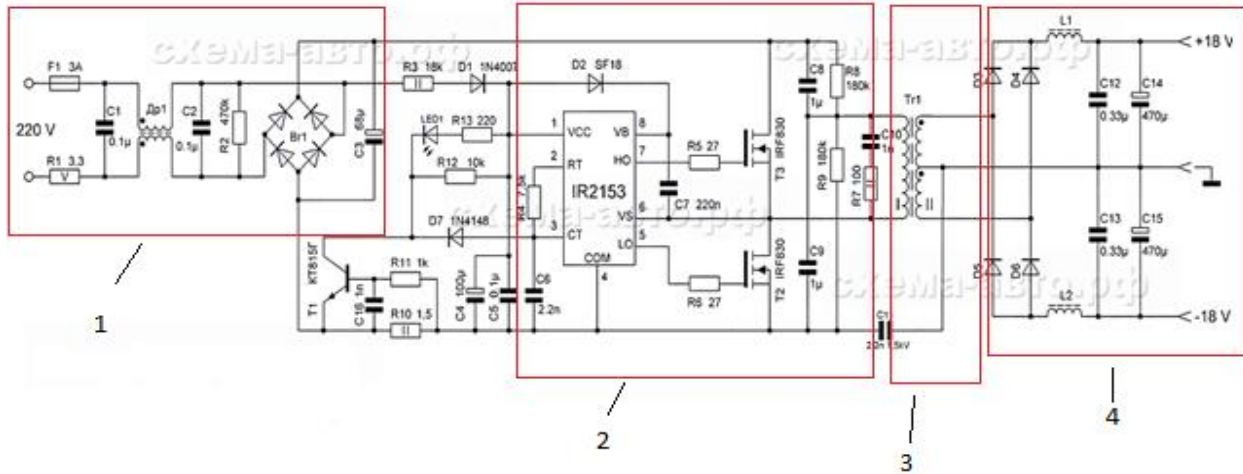


Рисунок 8 – Вариант на IR2153

Конструктивные исполнения:

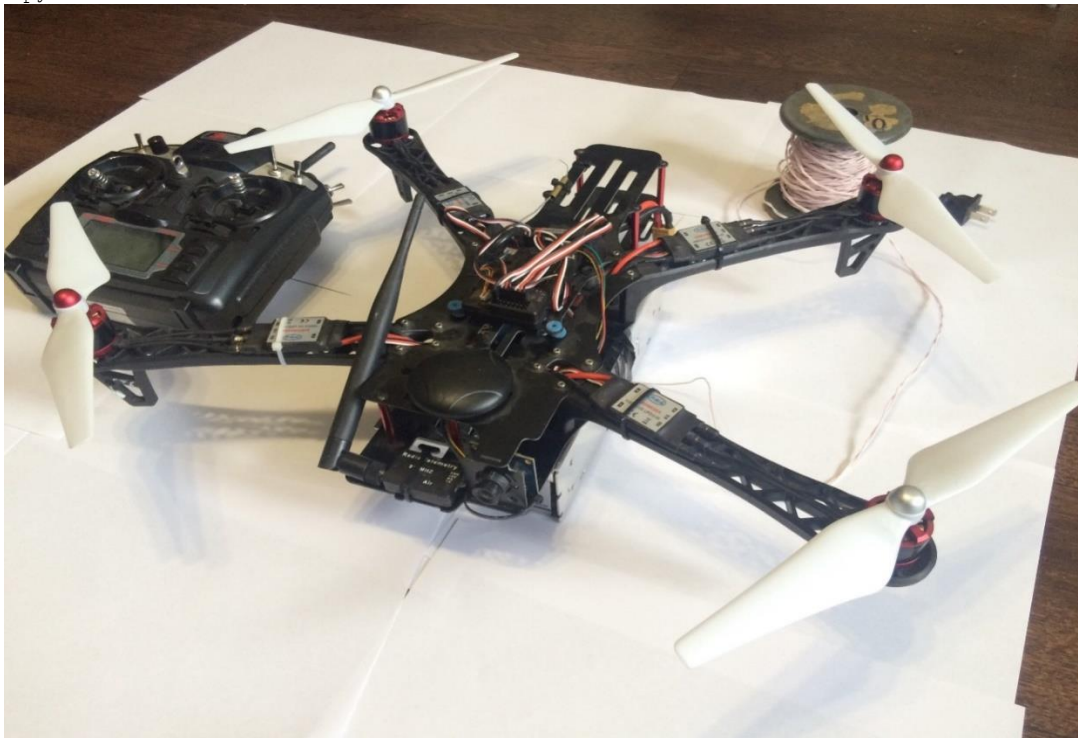


Рисунок 10 – Прототип мультикоптера с блоком питания.

Заключение

Данный мультикоптер может быть использован для решения широкого круга в течении долгого времени, например в МЧС, охране периметров особо опасных объектов, лесном хозяйстве, туристическом бизнесе и т.д.

На данном этапе развития, проект имеет свои недостатки, которые в дальнейшем планируется устранить, в частности низкий полетный вес

квадрокоптера (в связи с малой мощностью двигателей); высокий вес и низкая производительность импульсного источника питания 220-12 В. Планируется создание своего источника питания, имеющего более высокую характеристику удельной мощности на вес.

Разработка намоточного устройства провода, для того чтобы он был под небольшим натяжением.

Устранение этих недостатков позволит создать востребованное устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочегаров, И.И. Алгоритм прямого перебора с применением теории графов для прогнозирования отказов сложных РЭС / И.И. Кочегаров, В.В. Стюхин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 130-131.
2. Меркульев, А.Ю. Программные комплексы и системы проектирования печатных плат / А.Ю. Меркульев, Ю.А. Сивагина, И.И. Кочегаров, В.Я. Баннов, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 119-128.
3. Кочегаров, И.И. Развитие систем изучения микроконтроллеров и ПЛИС / И.И. Кочегаров, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 166-167.
4. Grishko, A.K. Dynamic analysis and optimization of parameter control of radio systems in conditions of interference / Grishko A.K., Goryachev N.V., Kochegarov I.I., Yurkov N.K. // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 - Proceedings 2016. С. 7491674.
5. Кочегаров, И.И. Системы удалённого рабочего стола при работе с конструкторскими САПР / И.И. Кочегаров, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2009. Т. 2. С. 406-407.