

УДК 623.746-519

Кулапин В.И., Князьков А.В., Егоришин А.С., Шевцов П.В.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ПОСАДКОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА) НА НАЗЕМНУЮ ПЛАТФОРМУ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ

Введение

В условиях развития современного мира возникает необходимость осуществлять локальный мониторинг труднодоступных объектов. К числу задач подобного типа можно отнести оценку состояния строящихся объектов, площадей пожаров, мониторинг факельных установок, воздушных линий электропередач, выявление утечек трубопроводов и т.д.

На данный момент одним из эффективных способов решения таких задач является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) мультикоптерного типа, представляющих собой винтокрылые летательные аппараты с произвольным количеством несущих винтов, вращающихся диагонально в противоположных направлениях и имеющих в своем составе микроконтроллерную систему управления. К отличительным характеристикам мультикоптеров следует отнести низкую стоимость, стабильность полета, высокую грузоподъемность, простоту управления. Но все они обладают существенными недостатками: малое время полета (порядка 20-50 минут) и как следствие, необходимость заряда аккумуляторной батареи, либо ее периодической замены. Это требует обязательного вмешательства человека.

Основная часть

Предлагаемая система позволяет избавиться от указанных недостатков. Ее использование планируется в составе комплекса для локального мониторинга объектов, состоящего из:

- беспилотного аппарата мультикоптерного типа, содержащего, GPS приемник, бортовой компьютер, который обеспечивает простое и безопасное управление, систему датчиков расстояния, полетную камеру, камеру с высоким разрешением для фото- и видеосъемки, систему связи с базовой станцией;
- наземной платформы, позволяющей осуществлять прецизионную посадку БПЛА и подзарядку его батареи по беспроводной технологии;
- базовой станции, имеющей рабочее место, оборудованное персональным компьютером или но-

утбуком для управления мультикоптером в ручном режиме, приема и сохранения информации;

- источника энергии, которым может быть аккумуляторная батарея большой емкости, солнечная батарея или бензиновый генератор.

Особенностью рассматриваемой системы является возможность применения БПЛА законченной конструкции и полностью готового к полетам, что существенно упрощает построение комплекса в целом, т.к. в настоящее время на рынке представлено большое количество мультикоптеров от сторонних производителей. Примером такого БПЛА может служить квадрокоптер DJI Phantom производства корейской компании DJI Innovations [1]. Его полетный контроллер имеет функцию автоматической посадки, основанной на использовании данных полученных со спутников GPS, которые обеспечивают погрешность, измеряемую в метрах, и обладают низким быстродействием. Это ограничивает возможность применения этой функции для прецизионной посадки на наземную платформу, но позволяет использовать ее для предварительной пространственной ориентации.

Для осуществления прецизионной посадки требуются более совершенные решения, основанные на использовании видеокamer и алгоритмов компьютерного зрения для отслеживания положения БПЛА. Так, в работе [2] предлагается оснастить мультикоптер видеокamerой и дополнительным микроконтроллером. Видеокamera распознает оптическую метку на посадочной платформе, а микроконтроллер обрабатывает полученные данные и передает их на полетный контроллер мультикоптера, который осуществляет посадку в автоматическом режиме.

Данное решение обладает рядом недостатков: размещение камеры на мультикоптере увеличивает общий вес конструкции, что снижает время полета, а использование контурного анализа оптических меток ограничивает применение БПЛА в условиях плохой видимости.

Предлагаемая система лишена описанных недостатков, а ее структурная схема изображена на рисунке 1.

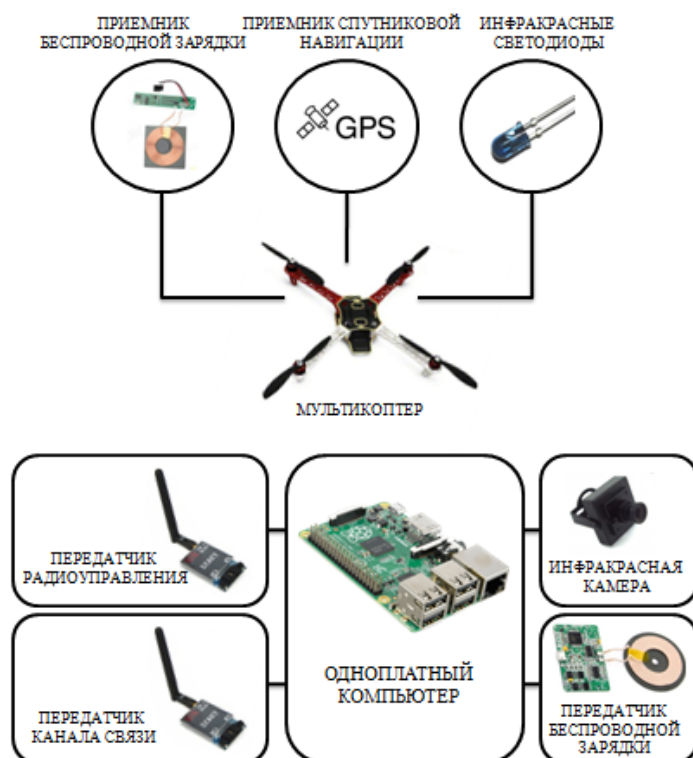


Рисунок 1 - Структурная схема системы прецизионной посадки

Работа предлагаемого устройства осуществляется следующим образом: мультикоптер, дополнительно оснащенный инфракрасными светодиодами и приемником беспроводной зарядки, получает набор спутниковых координат, по которым необходимо осуществить полет, выполняет автоматический взлет и самостоятельный полет в заданных пределах, осуществляет фото и видеосъемку в указанных координатах, а после выполнения задания возвращается на место взлета.

В момент попадания мультикоптера в зону обзора инфракрасной камеры, происходит распознавание инфракрасных меток и переключение управления, осуществляемого полетным контроллером, на управление с помощью одноплатного компьютера. Изображение, полученное с камеры, поступает на одноплатный компьютер (или контроллер по типу [3]), содержащийся в составе посадочной платформы. Компьютер производит распознавание изображения и последующее преобразование в координаты, для передачи по радиоканалу управления на полетный контроллер мультикоптера.

Инфракрасная камера выбрана в качестве отслеживающего датчика по двум причинам: во-первых, инфракрасная цель может быть с легкостью отслежена при различных условиях освещенности, во-вторых, использование инфракрасных меток позволяет применить более выгодные в вычислительном смысле алгоритмы обработки изображения.

После осуществления автоматической посадки, происходит включение модуля беспроводной зарядки, поддерживающего стандарт «Qi» [4], разрабо-

танный Консорциумом беспроводной электромагнитной энергии (Wireless Power Consortium, WPC) для индукционной передачи энергии на расстояние до 4 см. Аппаратура Qi включает в себя модуль передатчика и совместимый модуль приёмника, размещенный на мультикоптере. Стандарт Qi разделен на два диапазона по мощности: от 0 до 5 - низкой мощности и до 120 ватт - средней мощности.

Существующие способы зарядки аккумуляторной батареи БПЛА основаны на использовании посадочной платформы специальной конструкции, содержащей открытые электроды [5], или сложный механизм, позволяющий осуществлять замену батареи [6]. Решения подобного типа, обладают низкой надежностью и плохой устойчивостью к атмосферным осадкам. В отличие от них, зарядка по беспроводной технологии позволяет разместить систему управления в герметизированный пластиковый корпус, который защищен от попадания внутрь пыли и влаги, что позволит ее эксплуатировать при любых погодных условиях.

В системах зарядки по беспроводной технологии для передачи энергии от источника (передатчика) к приемнику используется явление электромагнитной индукции, которое заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур [7]. Система состоит из первичной катушки L1 (источника) и вторичной катушки L2 (приемника). Катушки образуют систему с индуктивной связью (рисунок 2).

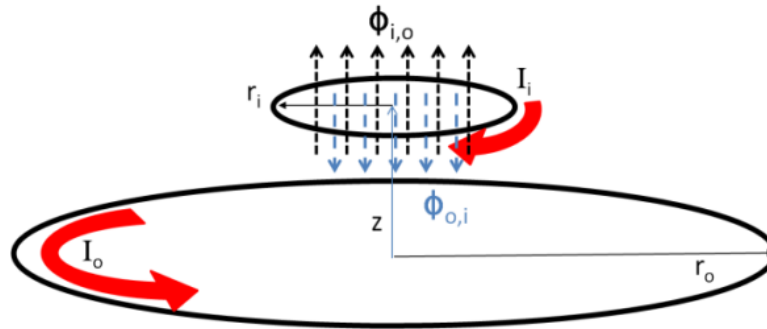


Рисунок 2 - Иллюстрация принципа действия зарядных устройств с использованием беспроводной технологии

Переменный ток, протекая в обмотке первичной катушки, создает магнитное поле, индуцирующее напряжение в приемной катушке, которое может быть использовано для зарядки аккумулятора мультикоптера. По мере удаления вторичной катушки (расположенной на мультикоптере) от первичной (находящейся в платформе), все большая часть магнитного поля рассеивается и не достигает вторичной катушки. Упрощенная эквивалентная схема связанных контуров приведена на рисунке 3 [8].

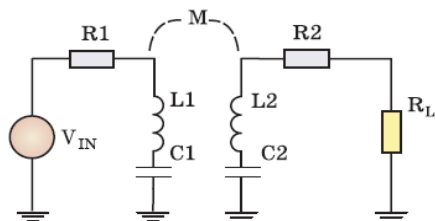


Рисунок 3 - Эквивалентная схема связанных контуров

Взаимная индуктивность M определяется из известного соотношения:

$$M = k\sqrt{L_1 L_2}$$

где k - коэффициент связи между катушками, зависящий от расстояния между катушками, соотношения их диаметров, смещения между их центрами, от формы катушек и др.

Анализируя эквивалентную схему на частоте резонанса, можно прийти к выводу, что эффективность системы (η), определяемая как $\eta = P_L / P_1$ (где P_L - мощность на нагрузке R_L , P_1 - на резисторе потерь R_1), будет наибольшей при оптимальном значении сопротивления нагрузки, которое равно [8]:

$$R_L = R_2 \sqrt{1 + \frac{\omega_0^2 M^2}{R_1 R_2}}$$

где, ω_0 - резонансная частота, M - взаимная индуктивность, R_1 и R_2 - омическое сопротивление потерь катушек индуктивности. Соответственно при оптимальном значении сопротивления нагрузки оптимальная эффективность системы на частоте резонанса равна

$$\eta = \frac{\sqrt{1 + Q_M^2} - 1}{\sqrt{1 + Q_M^2} + 1}$$

где, Q_M - эффективная добротность системы, определяемая из выражения

$$Q_M = k\sqrt{Q_1 Q_2}$$

где, Q_1 и Q_2 - добротность резонансных контуров источника и приемника.

Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи между катушками и их добротности. Оценку этих параметров возможно осуществить при помощи комплекса, предложенным в [9].

Так как зарядка батареи мультикоптера, а также взлет, полет, посадка осуществляются в автоматическом режиме, то в случае возникновения нештатных ситуаций - столкновения с препятствием, потерей связи с посадочной платформой,

критическом разряде аккумулятора, система управления оповещает об этом оператора, передавая ему информацию о неисправности по радиоканалу связи.

Заключение

Таким образом, современное развитие БПЛА позволяет решать такие задачи мониторинга, которые ранее не были доступны. Автоматизация про-

цессов посадки и зарядки аккумуляторной батареи БПЛА позволит оператору с минимальным участием в процессе управления, получить фото- и видеоинформацию, в кратчайшие сроки оценить, а впоследствии - проанализировать состояние исследуемых объектов, а в общем случае - использовать этот перспективный вид летательных аппаратов для решения множества задач мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.dji.com/>
2. Bahram Lavi Sefidgari.: Auto landing process for autonomous flying robot by using image processing based on EDGE detection. International Conference on Foundations of Computer Science & Technology. 2014.
3. Использование программируемых аналоговых интегральных схем (ПАИС) в составе устройства для измерения проводимости кондуктометрического датчика / Князьков А.В., Кулапин В.И., Маньков А.М. // Надежность и качество. - 2012.: Труды Международного симпозиума: Пенза: Изд-во ПГУ, 2012.- Т.2.-с. 10-13.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Qi> (стандарт питания)
5. Tuna Toksoz, Joshua Redding, Matthew Michini, Bernard Michini, Jonathan P. How Automated.: Battery Swap and Recharge to Enable Persistent UAV Missions. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. 2009.
6. Koji A. O., Suzuki.: Automatic Battery Replacement System for UAVs. Journal of Intelligent & Robotic Systems. September 2011.
7. Kamil A. Grajski, Ryan Tseng and Chuck Wheatley. Qualcomm Incorporated. LooselyCoupled Wireless Power Transfer: Physics, Circuits, Standards. - IEEE, 2012.
8. Технология беспроводной зарядки, часть 2 / В. Охрименко // Электронные компоненты и системы. - №10-12, октябрь- декабрь 2014, с.11-19.
9. Меркульев А.Ю., Сивагина Ю.А., Кочегаров И.И., Баннов В.Я., Юрков Н.К. // Современные информационные технологии. 2014. № 19 (19). С. 119-128.
10. Принципы построения аппаратно-программных комплексов для формирования и измерения параметров импульсных сигналов / Паршуков М. Ю., Светлов А.В., Ханин И.В., Мишра П. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2009. - № 3. - С. 102 - 112.

УДК 531.3:681.2

Хади¹ О.Ш., Литвинов² А.Н., Гуральник³ Г.В.

¹Технологический Университет (Багдад, Ирак),

²ФГБОУ ВПО "Пензенский государственный университет" Пенза, Россия

³ФГУП ФНПЦ " ПО СТАРТ им. М.В. Проценко", Заречный, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАТ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Введение

Динамический расчет современных конструкций радиоэлектронных систем (РЭС) изделий приборостроения должен учитывать сложный характер воздействия и весь комплекс требований, предъявляемый к ним, в числе которых низкий уровень шума, долговечность и высокая надежность конструкций. При эксплуатации диапазон внешних возмущений, как правило, является достаточно широким. Это в значительной степени затрудняет, а в подавляющем большинстве случаев не позволяет проектировать безрезонансные конструкции РЭС[1]. Статистика показывает, что около половины отказов элементов радиоэлектронной аппаратуры происходит на резонансных частотах колебаний шасси электронных блоков, несущих панелей и плат. В связи с этим необходимо уже на начальной стадии проектирования моделировать динамические процессы, происходящие в основных элементах конструкций РЭС: контактных системах [2], панелях, платах[1,3], электронных блоков изделий различного назначения [4].

1. Выбор динамической модели

При анализе динамических процессов большое значение имеет выбор математической модели, учитывающий особенности исследуемой конструкции РЭС: способ крепления платы, расположение элементов на поверхности платы или панели, их размеры, способ их крепления к плате и т.п. Существующие модели, как правило, не учитывают в полной мере эти особенности, что приводит к грубой оценке собственных частот этих конструкций, а в некоторых случаях может приводить к ошибочным результатам и выводам[5,6].

Рассмотрим это на примере прямоугольной платы электронного блока. Размеры платы в плане ($a \times b$), толщина h . На её поверхности расположены электро-радио элементы (ЭРЭ), имеющие различные размеры и массы. Плата крепится к корпусу прибора винтами в четырех угловых точках и имеет дополнительное крепление в пятой точке, смещенной от центра платы. На рис. 1 сохранены в масштабе реальные габариты ЭРЭ и их место расположения на плате.

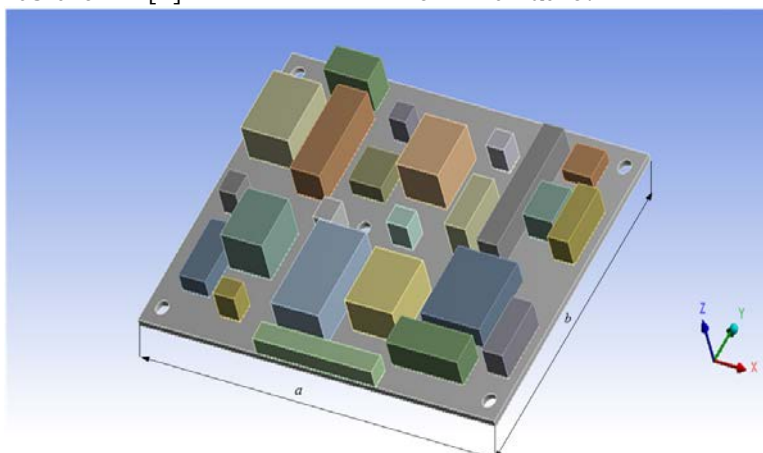


Рисунок 1 - Плата с элементами