

ФИЗИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНТОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

А.А. Филипас, к.т.н., доцент ОАР
А.П. Бабошин, студент гр. 8Е01
Томский политехнический университет
E-mail: baboshin@tpu.ru

Введение

Отрасль беспилотных летательных аппаратов активно интегрируется во многие сферы деятельности человека и темпы развития рынка дронов не перестают расти. Согласно данным «АЭРОНЕТ», к 2025 в объем Российского рынка составит более 2.5 млн. устройств и общая капитализация составит более 10 млрд. рублей [1]. Так как основой функционала дрона — это способность к перемещению, для существенного повышения КПД всего беспилотника необходимо повышать КПД и энергоэффективность движителя, в том числе подбирать винты оптимального профиля под заданные эксплуатационные задачи. Существующие методики повышения КПД в полете затрагивают только выбор электрической силовой установки и используют неточные, усредненные математические модели для расчетов факторов аэродинамического влияния на тяговые характеристики движителя, делая упор на конфигурации рабочего тока в силовых установках [2]. Это обусловлено высокой сложностью проведения точных расчетов аэродинамических характеристик винтов и, зачастую, невозможностью получения экспериментальных данных, ввиду труднодоступности аэродинамических труб.

Поэтому целью работы стала разработка компактной физической установки для исследования тяговых характеристик винтовых движителей малых БПЛА (согласно классификации AUVSI) [3], с возможностью протоколирования значений тяги при различных режимах токопотребления, для составления точных математических моделей винтовых движителей на основании экспериментальных данных.

Описание физической установки

Для решения поставленной задачи по уточнению математических моделей винтовых движителей, были выявлены основные факторы, влияющие на тягу. Согласно уравнению Жуковского, подъемная сила крыла (лопасти) прямо пропорциональна коэффициенту подъемной силы, устанавливаемому экспериментально, поэтому для составления наиболее точных математических моделей необходимо техническое средство проведения эксперимента, способное измерять и протоколировать данные о тяге, токопотреблении и оборотах винтового движителя.

Заявленная физическая установка представляет собой автоматизированный стенд с возможностью ручного и автоматизированного режимов работы. Исследуемый движитель размещается на стойке, находящейся на удалении от опорной плоскости. С обратной от движителя стороны сопряжен тензометрический датчик, производящий измерение тяги. Также стенд включает в себя защитный акриловый экран, выполняющий роль каркаса.

В современных БПЛА с электрической силовой установкой используют только два вида электродвигателей - коллекторные постоянного тока и вентильные. Коллекторные двигатели постоянного тока магнитно-электрического возбуждения не пользуются популярностью из-за низкой надежности [4]. Поэтому физическая установка оборудована ESC контроллером, позволяющим варьировать мощность, подаваемую на вентильный электродвигатель.

Для избегания экранного эффекта при работе исследуемого винтового движителя конструкция физической установки предусматривает расстояние 0.5 метра от движителя до опорной поверхности. Заявленная высота рассчитана исходя из имеющихся исследований влияния эффекта воздушной подушки и усредненного, среднего значения мощности движителей дронов в выбранной весовой классификации [5].

Измерение частоты вращения вала с установленной нагрузкой в виде винта происходит бесконтактным методом, основанным на аппаратных прерываниях ИК оптрона, возникающих при прохождении лопасти между приемником и передатчиком. Интеграция ИК оптрона для измерений частоты вращения рациональнее использования энкодеров контактного и бесконтактного типов, так

как энкодеры имеют минимальный шаг тиков 5 градусов и требуют прямого сопряжения с валом силовой установки. Погрешность в 5 градусов означает точность измерений около 1.4%, в то время как период релаксации используемого ИК фотоприемника позволяет измерять частоту оборотов до 12 тыс. в минуту без погрешностей, согласно исследованию сегнетоэлектрических релаксоров [6].

Управление установкой осуществляется в ручном и автоматизированном режимах. Конструкция и программное изделие позволяют управлять установкой в ручном режиме посредством потенциометра, элементов управления и экрана для отображения токопотребления, тяги и оборотов. Автоматизированный режим работы обеспечивается программным управлением установкой и протоколированием снимаемых данных посредством КОМ-порта.

Управляющими устройствами выступают ATmega2560 и ATmega328p, соединенных i2c интерфейсом.

Структурная схема заявленного устройства представлен на рисунке 1.

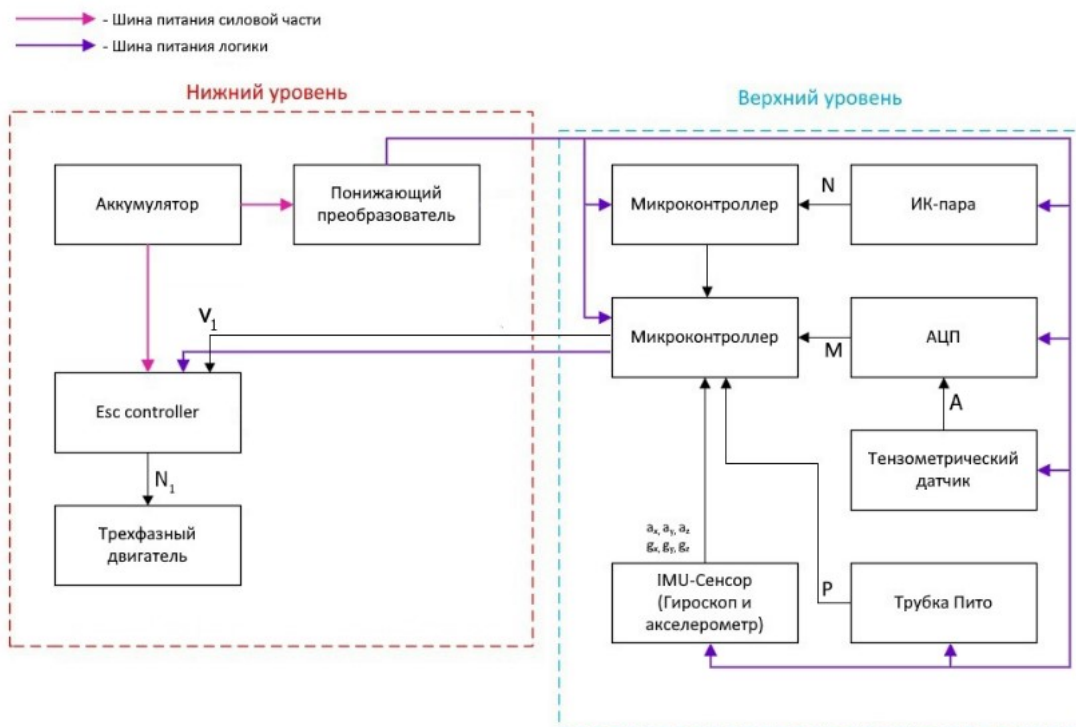


Рис. 1. Структурная схема

Заключение

По результатам тестирования были зафиксированы статистические данные исследуемого винтового движителя. Полученные данные применимы для составления и верификация математической модели, так как были получены напрямую с выходных параметров исследуемого объекта.

Физическая установка позволяет составлять математические модели в рамках теории идеального винта [7], без учета флуктуаций потока и атмосферы, что делает невозможным формирование наиболее точных математических моделей воздушных винтов.

Список использованных источников

1. Анализ существующего состояния международного и отечественного рынка применений БАС гражданского назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://nti-aeronet.ru/blog/2019/04/15/analiz-sushhestvujushhego-sostojaniya-mezhdunarodnogo-i-otechestvennogo-rynka-primenenij-bas-grazhdanskogo-naznachenija/>, свободный. – Загл. с экрана. (Дата обращения 20.01.2022).
2. Иголкин Д.С, Масько А.Н., Сухов В.В. Алгоритм выбора параметров электрической силовой установки беспилотного летального аппарата с учетом маршрута полёта // Информационные системы, механика и управление. - 2015. - №13. - С. 98-110.

3. Классификация UVS International [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://arsenal-info.ru/b/book/3398882726/14>, свободный. – Загл. с экрана. (Дата обращения 20.01.2022).
4. Иголкин Д.С, Крылов А.А., Иванов М.С. Современное состояние и перспективы развития силовых установок беспилотных летательных аппаратов // Военная мысль. - 2019. - №4. - С. 57-72.
5. Марашан М.В. Экранный эффект: разработка экспериментальной методики определения аэродинамических характеристик моделей с учетом влияния экрана // Молодой ученый. - 2015. - №24. - С. 157-160.
6. Чабанов Ю.А., Я.И. Пешев. Бесконтактное измерение угловых перемещений и частоты вращения электродвигателя // Вестник самарского государственного технического университета. Серия «технические науки». - 2013. - №2. - С. 223-227.
7. Работа НВ с позиции импульсной теории [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://infopedia.su/17xafcc.html>, свободный. – Загл. с экрана. (Дата обращения 20.01.2022).