

СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ВИНТОМОТОРНОЙ ГРУППЫ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ):

Алексей Вячеславович Сычёв, ведущий инженер каф.203 МАИ, аспирант
Кирилл Вячеславович Белянский, инженер каф. 203 МАИ
Дмитрий Алексеевич Борисов, инженер каф. 203 МАИ
Константин Валерьевич Кузнецов, инженер, "КСК инжиниринг"

Описана конструкция и принципы применения испытательного стенда для Электрической винтомоторной группы (ЭВМГ). Приведены полученные результаты исследований и тестирования ЭВМГ. Показана схема сверхлёгкого электрического самолёта для дальнейших лётных испытаний.

The design and application principles of the test bench for the Electric propeller end motor group (EPMG) are described. The results of research and testing are presented. The diagram of an ultralight electric aircraft for further flight tests is shown.

Ключевые слова: Электрическая винтомоторная группа, испытательный стенд, электрический самолёт.
Keywords: Electric propeller end motor group, test bench, electric aircraft.

В настоящее время во всем мире разрабатываются летательные аппараты с электрическими силовыми установками. Переход части лёгких и сверхлёгких летательных аппаратов на электрические винтомоторные группы обуславливается основными преимуществами: надёжность; снижение выбросов в атмосферу; простота обслуживания и эксплуатации; снижение затрат на 50 % по сравнению с традиционными СУ.

Для разработки, испытаний и получения опыта эксплуатации требуется большой объём экспериментов. Появляется необходимость создания испытательных стендов.

В рамках работы по проекту электрического сверхлёгкого самолета был создан стенд для испытания электрической винтомоторной группы (ЭВМГ). Параметры ЭВМГ были определены из требуемой энерговооружённости одноместного электросамолёта. Данный тип летательных аппаратов имеет массу менее 115 кг (без учета массы аккумуляторной батареи, спасательной системы (парашюта) и пилота), и не требует регистрации, сертификации и лицензии пилота. Поэтому они наиболее подходят для проведения исследований и дальнейшего массового внедрения. Основные данные электросамолета приведены на рис. 1.

ного винта в статическом режиме (скорость полета 0 км/ч) около 80...100 кг. Расчетные мощность и тяга ЭВМГ в зависимости от скорости и оборотов воздушного винта приведена на рис. 2.

В качестве основного воздушного винта используется винт, разработанный и изготовленный группой исследователей (рис. 3, рис. 5).



Рис. 3 Воздушный винт, разработанный и изготовленный группой исследователей, компоновка ЭВМГ на самолёте

Общий вид и основные характеристики самолета Efly-2

Лётно-технические характеристики		Массово-размерные характеристики	
Макс. аэродинамическое качество	12,0	Масса пилота (без АНБ)	60-85 кг
Продолжительность полета (запас, набор высоты 300 м)	От 25 мин	Максимальная полетная масса	114 кг
Скорость полета	64 км/ч	Масса аккумуляторной батареи	230 кг
Минимальная скорость полета	53 км/ч	Размер крыла	11 м
Наивысшая скорость планирования (режим максимальной дальности)	70 км/ч	габаритные размеры (ДхШхВ)	5,4м x 1,1м x 1,3 м
Экономическая скорость планирования	60 км/ч	Дополнительная информация	
Мин. вертикальная скорость снижения	1,5 м/с	Масса аккумуляторной батареи	21 кг
Максимальная скорость полета	90 км/ч	Мин. время зарядки АНБ	90 мин.
Длина разбега	65 м	Мощность эл.двиг. (валет)	25 л.с.
Макс. эксплуатационные нагрузки	+3,5...-1,0	Мощность эл.двиг. (номин)	36 л.с.
		Диаметр воздушного винта	1,3 м

Рис. 1 Общий вид и основные характеристики электросамолета

Основными элементами ЭВМГ являются: электродвигатель, воздушный винт, контроллер, аккумуляторная батарея, приборный блок. Приборный блок ЭВМГ позволяет измерять обороты воздушного винта, потребляемый ток и напряжение, температуру (двигателя, контроллера и аккумуляторной батареи). На рис. 4 показана схема контроля параметров работы ЭВМГ.



Рис. 4 Схема контроля параметров работы ЭВМГ

Расчётами была определена потребная мощность электродвигателя и тяга воздушного винта. Мощность электродвигателя находится в диапазоне 20...25 кВт, что соответствует тяге воздушного

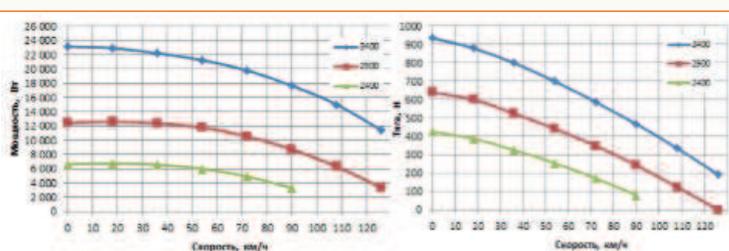


Рис. 2 Расчетные характеристики ЭВМГ

Для подтверждения расчетных характеристик ЭВМГ был изготовлен испытательный стенд (рис. 5). Стенд состоит из 4-колесной тележки, которая изготовлена из алюминиевого профиля и собрана на болтовых соединениях, что позволяет при необходимости доработать или полностью разобрать стенд.

На стенде установлен датчик для измерения тяги воздушного винта, а для измерения крутящего момента на стенд установлен шарнирный рычаг с тензометрическим датчиком, что в совокупности с другими датчиками позволяет определить основные характеристики ЭВМГ. Все измеряемые параметры (электрические и механические) обрабатываются специально разработанным приборным блоком.



Рис. 5 Общий вид стенда для испытания ЭВМГ

ройку параметров микропроцессора, что позволяет его использовать с двигателями разной мощности без перепрограммирования.



Рис. 8 - Общий вид приборной панели

Цели испытаний:

1. Верификация расчетов.
2. Получение опыта эксплуатации и проектирования силовых установок.
3. Оценка КПД всей ЭВМГ.
4. Подтверждение правильности выбранной конфигурации силовой установки (напряжение, ток, обороты двигателя, система отвода тепла от двигателя, обороты и диаметр воздушного винта).
5. Исследование параметров силовой установки при изменении крутящего момента (за счет использования разных воздушных винтов и перестановки угла установки лопастей воздушного винта).
6. Оценка работы ЭВМГ в режиме пиковой мощности (имитация взлетного режима электросамолета).
7. Отработка использования разработанного программно-аппаратного комплекса бортовой аппаратуры, с целью последующего улучшения.

По результатам испытаний ЭВМГ измеренные значения совпали с расчетными с погрешностью менее $\pm 5\%$.

Работа электрической силовой установки на критических режимах (режим пиковой потребляемой мощности) показала свою работоспособность и надежность, что позволило провести серию летных испытаний с данной силовой установкой. Однако, после стендовых испытаний было принято решение заменить покрытие катушек электродвигателя на высокотемпературный лак, так как температура двигателя поднималась до 130...150 °С.

В процессе летных испытаний (рис. 9) температура двигателя была ниже, чем при стендовых испытаниях (при той же мощности) благодаря большей площади соприкосновения двигателя с дюралюминиевой конструкцией электросамолета (большого теплоотвода), а также за счет набегаемого потока воздуха в полете. **П**

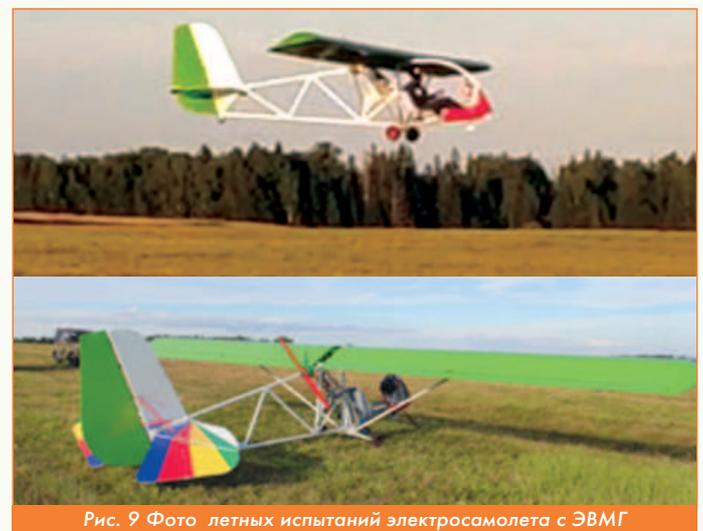


Рис. 9 Фото летных испытаний электросамолета с ЭВМГ

Приборный блок состоит из трех основных компонентов (рис. 6). Первым компонентом является высоковольтный контактор, служит для подачи питания на силовой контроллер управления двигателя, управление контактором происходит с приборной панели. Вторым компонентом, без которого не обходится ни один электронный прибор - это система питания. В задачи системы питания входит понижение напряжения с тяговой батареи до напряжения питания микропроцессора и датчиков, которые относятся к третьему компоненту блока. Плата микропроцессора принимает и обрабатывает сигналы от внешних датчиков, а после передаёт данные на устройства вывода и записи.



Рис. 6 Приборный блок

Для измерения основных характеристик электродвигателя были установлены следующие датчики: напряжения, тока, оборотов, крутящего момента, температуры, текущего заданного значения уровня мощности контроллера. Полученные данные с датчиков записываются на внешний носитель для последующего анализа данных, а также выводятся на приборную панель. Пример записи параметров работы ЭВМГ показан на рис. 7.

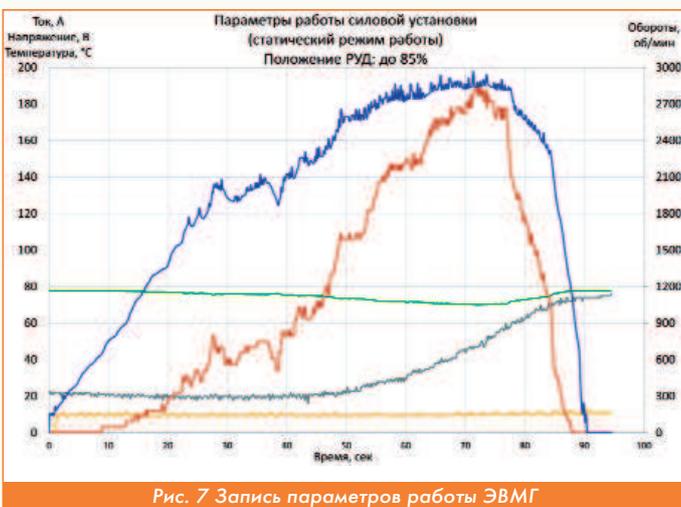


Рис. 7 Запись параметров работы ЭВМГ

На приборной панели (рис. 8) расположен дисплей (сенсорный экран с диагональю 7 дюймов) и два тумблера: тумблер включения питания и тумблер управления контактором. Дисплей отображает текущие параметры с датчиков, а также их производные. С помощью сенсорного экрана можно проводить гибкую на-

Литература

1. Бадягин А.А., Мухамедов Ф.А. Проектирование легких самолетов. - М.: Машиностроение, 1978. -208 с, ил.
2. Арепьев А.Н. Вопросы проектирование легких самолетов. Выбор конструкции. - М., МГТУА, 2001.
3. Югов О.К., Селиванов О.Д. Согласование характеристик самолета и двигателя. М. Машиностроение. 1975г. 204 с., с ил.

Связь с авторами: saavia@mail.ru