

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ МОТОРОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Алексин А.В.¹, Проскоков А.В.²

¹*Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ, группа 10А11,
E-mail: alignasir@gmail.com*

²*Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ, к.т.н., доцент,
E-mail: proskokov@tpu.ru*

Эволюция совершенствования технологий, переход на цифровые системы и роботизация всех сфер человеческой деятельности оказывают влияние на уровень востребованности новых машин, на варианты ее применения без участия человека. Одним из стратегически важных и быстроразвивающихся в РФ направлений является отрасль малой беспилотной авиации. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) совершенствуются как в плане развития систем управления, так и в создании новых электросиловых установок, обеспечивающих движение летательного аппарата. С развитием компактной микроконтроллерной электроники появилась возможность применения бесколлекторных моторов, как представителя высокоэффективного устройства с возможностью мгновенной регулировки скорости вращения ротора.

С целью дальнейшего совершенствования технических характеристик бесколлекторных двигателей (BLDC – Brushless DC electric motor) и проработки возможной технологии их изготовления в условиях лаборатории металлорежущих станков ЮТИ ТПУ была поставлена задача изучения особенностей конструкции и систематизации типоразмеров.

С учетом проведенного анализа различных конструкций были сделаны следующие выводы: при конструировании архитектура BLDC моторов является важной составляющей их конструирования. Они состоят из статора и ротора, причем в статоре находятся обмотки, а в роторе – постоянные магниты. Правильный выбор материалов и оптимизированный дизайн обмоток и магнитов позволит достичь высокой эффективности работы мотора.

Эффективность и мощность являются ключевыми характеристиками бесколлекторных моторов для БПЛА. При конструировании моторов необходимо учесть требуемую мощность и как можно более компактный размер для обеспечения оптимальной производительности и веса самого БПЛА. Это может быть достигнуто через оптимизацию материалов, геометрии и конфигурации компонентов мотора.

Следующий важный аспект – теплоотвод. При работе на высоких скоростях и нагрузках мотор может нагреваться, что может вызвать проблемы с его работоспособностью. Поэтому особое внимание необходимо уделить разработке эффективной системы теплоотвода, например, используя радиаторы или вентиляторы. Это позволит увеличить надежность работы мотора и продлить его срок службы.

Бесколлекторные моторы требуют настройку электронной системы управления, которая позволяет точно регулировать скорость вращения ротора. Поэтому необходимо разработать эффективную и надежную электронику управления, которая способна обеспечить стабильную и точную работу мотора.

Ресурс работы БПЛА должен определяться высокой степенью надежности и долговечности двигателей, так как именно они являются важными составляющими компонентами, влияющими на безопасность и эффективность полета БПЛА. При конструировании моторов необходимо учесть различные факторы, которые могут влиять на их надежность, такие как выбор качественных компонентов, правильная система охлаждения и учет факторов, вызывающих износ или поломку.

С целью определения технологических характеристик процесса сборки моторов был приобретен неисправный BLDC мотор производства Китай. Типоразмер А12 (VC1290). Мотор был разобран и протестирован на наличие неисправностей. Установлено, что в нем нарушена целостность обмотки и повышенное биение подшипников качения. Поэтому была произведена перемотка двигателя и заменены два подшипника на новые.

Основным геометрическим параметром для конструирования является статор, который имеет размеры наружного диаметра и толщину на данной модели размеры статора составляют 83×12 мм. Также важным параметром будет количество пазов для намотки обмоточного провода. Количество пазов всегда меньше на единицу числа установленных на статор магнитов. На данной модели число магнитов равно 40 размером 5×2×13 мм. Для трехфазного двигателя количество катушек для намотки должно быть кратно трем и равно 36.

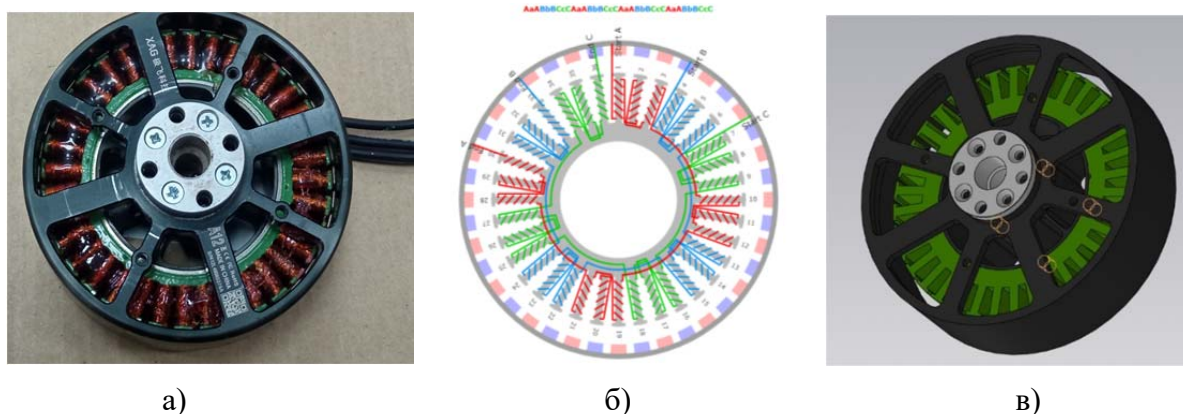


Рис. 1. Мотор серии A12:

а) Общий вид восстановленного мотора; б) схема намотки для трехфазного двигателя; в) 3D модель

По заявленным характеристикам данный двигатель работает на напряжении 50,4 Вольта и должен обеспечить максимальную мощность до 2,5 кВт. Следовательно ток в цепи может соответствовать до 50 А. На одну обмотку максимальный ток будет соответствовать трети от общей нагрузки 16,6 А. Для удобства намотки катушек и обеспечения плотности и равномерности заполнения пространства между зубьями статора общее сечение провода разбивают на несколько изолированных жил эмалированного провода. На данном моторе количество ниток равно 9, диаметр одной нитки провода составил 0,2 мм. Общая площадь поперечного сечения провода обмотки статора составила $S = 0,283 \text{ мм}^2$. С учетом измеренных характеристик общая длина провода на одну фазу с учетом подключения обмоток по схеме «Звезда» и сечением одного зуба статора составила $l = 4048 \text{ мм}$.

Определим общее сопротивление для восстановленного двигателя, которое должно быть на обмотке статора по формуле [1]:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,0175 \cdot 4.048}{0.283} = 0,25 \text{ Ом},$$

где $\rho = 0.0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ – удельное сопротивление медного проводника;

После намотки обмоток на статор двигателя, катушки были пропитаны эпоксидной смолой. После затвердевания слоя клея произведена сборка и мотор был подвергнут испытаниям под нагрузкой.

С целью разработки технологии изготовления подобных двигателей в системе Компас 21 на данный мотор была подготовлена 3Д модель, состоящая из всех деталей электродвигателя. Были подготовлены чертежи, которые отработали на технологичность изготовления.

В результате проведенной работы сделаны выводы, что наибольшую технологическую сложность в изготовлении имеет статор, который состоит из специальной электротехнической стали, а технологический процесс включает наличие специальной штамповой оснастки. Все остальные детали будут включать в себя традиционные способы механической обработки на металлорежущем оборудовании.

При наличии готового статора возможно проектирование оборудования для автоматизации намотки катушек и также возможна сборка роторов.

Список литературы

1. Управление синхронными машинами с постоянными магнитами: учебное пособие / Р.С. Гаврилов, Ю.Н. Мустафаев; Балт. гос. техн. ун-т.– СПб., 2019 – 78 с.