

УДК 621.313.13

БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Грищенко М.Ю., Демидович А.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Когда заходит речь о внедрении электродвигателя в механизм возникает вопрос: какой тип двигателя выбрать? В современном мире сложные механизмы зачастую стараются сконструировать как можно более компактно при минимальной массе. С небольшими мощностями с лёгкостью справляются коллекторные двигатели, они просты в использовании, в них легко регулируются выходные обороты вала. Но что же делать, если нужна большая мощность на выходном валу, и при этом часто нужно чтобы обороты вала были высокими?

С этими задачами может справиться бесколлекторный двигатель, пример внешнего вида, которого изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Бесколлекторный двигатель

Бесколлекторные двигатели постоянного тока называют в зарубежной литературе *BLDCM (BrushLes Direct Current Motor)*.

Данные двигатели уже продолжительное время применяются во многих сферах жизни общества, начиная от масштабных гоночных моделей автомобилей (которые могут развивать скорости свыше 200 км/ч) вплоть до реальных авто, разгоняющихся до 100 км/ч за 2 секунды (рисунок 2). Электродвигатель данного класса может развивать мощность на валу в 7 кВт, при этом имея небольшие размеры.



Рисунок 2 –Электромобиль Tesla Roadster 2020

Посмотрим, как устроен данный тип двигателей. Простейший электрический двигатель состоит из неподвижной части называемой статором и подвижной части – ротора. Чтобы началось вращение необходимо по очереди менять направление тока в обмотках

якоря, которое осуществляется с помощью коллектора и щеток. В бесколлекторном двигателе ток в нескольких обмотках статора переключает специальная электронная схема. Необходимо на каждую обмотку статора подать импульсы напряжения постоянного тока в определённой последовательности. Конструктивные отличия бесколлекторного двигателя и коллекторного двигателя изображены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Конструктивные отличия бесколлекторного двигателя и коллекторного двигателя

Конструктивно бесколлекторный двигатель состоит из ротора с постоянными магнитами и статора с обмотками [рис. 4].

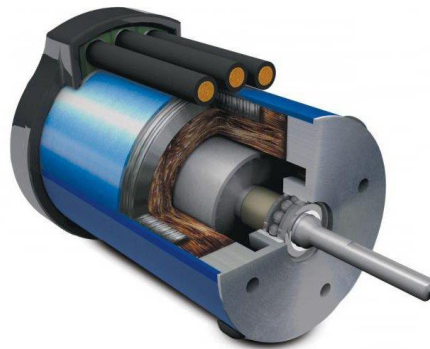


Рисунок 4. Бесколлекторный двигатель в разрезе

Роль статора выполняет сердечник из тонких пластин электротехнической стали. В пазах размещаются несколько обмоток из медной проволоки, от их количества зависит число фаз, и корпус (Рисунок 5).

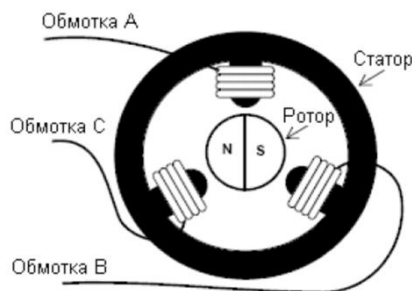


Рисунок 5 – Схема бесколлекторного электродвигателя

Электродвигатели по типу проходящего тока в обмотках статора делятся на два типа: синусоидальной формы; трапецидальной формы. В соответствующих видах двигателя электрический фазный ток меняется синусоидально или трапецидально.

Ротор представляет собой пару магнитов, жёстко связанных с выходными валом двигателя. Количество пар полюсов может варьироваться от 1 до 4. В качестве магнитов могут применяться как ферритовые, так и неодимовые магниты. Первые же являются более дешёвым вариантом для изготовления ротора.

Имея лишь только узлы, описанные выше уже можно изготовить добротный бесколлекторный двигатель, имеющий хорошие тягово-мощностные показатели. В таком случае обороты выходного вала могут составлять большие величины (100000 об/мин и более), однако зачастую в автомобилестроении очень важно запустить двигатель на малых оборотах. И в случае отсутствия датчика положения ротора — это сделать крайне проблематично. Чтобы решить данную проблему применяют следующие виды датчиков: индуктивный, фотоэлектрический, датчик Холла (например, SS41) (Рис. 6).

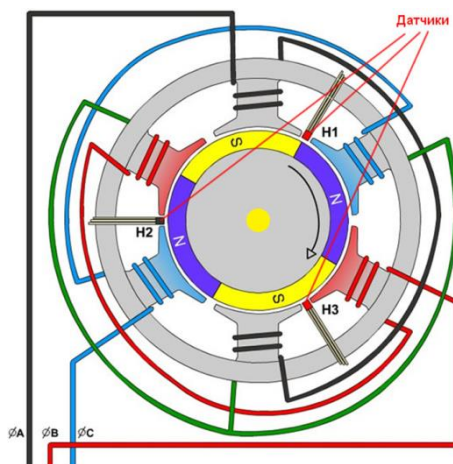


Рисунок 6. Расположение датчиков в бесколлекторном двигателе

Последний тип датчиков (датчик Холла) получил наибольшую популярность благодаря своим практически абсолютным безынерционным свойствам. В трехфазном бесколлекторном двигателе используется 3 датчика. Благодаря таким датчикам электронный блок управления всегда знает, в каком положении находится ротор и на какие обмотки подавать напряжение в каждый момент времени.

Принцип работы заключается в том, что контроллер с помощью драйверов коммутирует определенное количество обмоток статора таким образом, чтобы вектор магнитных полей статора и ротора были ортогональны.

Для управления двигателем применяется электронный регулятор (Рисунок 7). В зарубежной литературе *ESC (Electronic speed control)*. И к главному недостатку двигателей данного класса можно отнести именно сложность устройства электронного регулятора, особенно при наличии дополнительных датчиков. Также следует упомянуть о необходимости установки принудительного охлаждения на бесколлекторный двигатель, т.к. в процессе работы температура может повышаться до 60-95 градусов по Цельсию.



Рисунок 7. Регулятор как элемент управления бесколлекторным электродвигателем

Бесколлекторные двигатели широко используются в автомобилестроении, обеспечивая хорошие тягово-скоростные характеристики, как на старте, так и при движении автомобиля со значительной скоростью. На рисунке 8 изображено шасси электромобиля.



Рисунок 8 – Шасси электромобиля

Используются они в бытовой технике, а также в масштабных радиоуправляемых моделях (Рис. 9) и дронах (Рис. 10).



Рисунок 9. Шасси масштабной радиоуправляемой модели автомобиля с бесколлекторным двигателем



Рисунок 10 – Дрон *DJI Inspire*