

используя понимание потребителей, обеспечивая плавные, персонализированные процессы покупки, инвестируя в инновационные технологии и, в целом, отражая «новый» имидж покупки в магазине.

### *Литература*

1. Amazon протестирует Dash Cart, умную тележку для покупок, которая видит, что вы покупаете. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.msn.com/en-us/news/technology/amazon-to-test-dash-cart-a-smart-grocery-shopping-cart-that-sees-what-you-buy/ar-BB16ISCO>

2. Amazon unveils its own smart grocery cart, in new effort to automate physical retail checkout [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geekwire.com/2020/amazon-unveils-smart-grocery-cart-new-effort-automate-physical-retail-checkout/>

УДК 621.350.11

## **БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

студент гр. 10703118 Нестерович А.С.

*Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Бесколлекторные двигатели постоянного тока являются разновидностью синхронных двигателей с постоянными магнитами, которые питаются от цепи постоянного тока через инвертор, управляемый контроллером с обратной связью. Контроллер подаёт на фазы двигателя напряжения и токи, необходимые для создания требуемого момента и работы с нужной скоростью. Такой контроллер заменяет щёточно-коллекторный узел, используемый в коллекторных двигателях постоянного тока. Бесколлекторные двигатели могут работать как с напряжениями на обмотках в форме чистой синусоиды, так и кучечно-ступенчатой формы (например, при блочной коммутации).

Бесколлекторные двигатели имеют много преимуществ по сравнению с двигателями постоянного тока с постоянными магнитами. Главное преимущество – это отсутствие щёточно-коллекторного узла. Этот узел представляет собой вращающийся контакт, который

соприкасается с графитовой щёткой. Данное соприкосновение является слабым местом в коллекторных двигателях и существенно снижает ресурс двигателя. Также данный узел является источником искры при пуске и, следовательно, появляются большие потери при пуске.

### ***Принцип работы и устройство двигателя***

Как и все двигатели, бесколлекторный двигатель состоит из двух основных частей – ротора (подвижная часть) и статора (неподвижная часть). На статоре располагается трёхфазная обмотка. Ротор несёт на себе постоянный магнит, который может иметь одну или несколько пар полюсов. Когда к обмотке статора приложена трёхфазная система напряжений, то обмотка создаёт вращающееся магнитное поле. Оно взаимодействует с постоянным магнитом на роторе и приводит его в движение. По мере того как ротор поворачивается, вектор его магнитного поля проворачивается по направлению к магнитному полю статора. Управляющая электроника отслеживает направление, которое имеет магнитное поле ротора и изменяет напряжения, приложенные к обмотке статора, таким образом, чтобы магнитное поле, создаваемое обмотками статора, повернулось, опережая магнитное поле ротора. Для определения направления магнитного поля ротора используется датчик положения ротора, поскольку магнит, создающий это поле жёстко закреплён на роторе. Напряжения на обмотках бесколлекторного двигателя можно формировать различными способами: простое переключение обмоток через каждые  $60^\circ$  поворота ротора или формирование напряжений синусоидальной формы при помощи широтно-импульсной модуляции.

### ***Варианты конструкции двигателя***

Обмотка двигателя может иметь различную конструкцию. Обмотка классической конструкции наматывается на стальной сердечник. Другой вариант конструкции обмотки – это обмотка без стального сердечника. Проводники этой обмотки равномерно распределяются вдоль окружности статора. Характеристики обмотки получаются различными, что отражается и на характеристиках двигателя. Кроме того, обмотки могут быть выполнены на различное число фаз и с различным количеством пар полюсов.

Бесколлекторные двигатели также могут иметь конструкции, различающиеся по взаимному расположению ротора и статора. Наиболее распространена конструкция, когда ротор охватывается статором снаружи – двигатели с внутренним ротором. Но также возможна, и встречается на практике конструкция в которой ротор расположен снаружи статора – двигатели с внешним ротором. Третий вариант – статор расположен параллельно ротору и оба располагаются перпендикулярно оси вращения двигателя. Такие двигатели называют двигателями аксиальной конструкции.

Датчик положения, который измеряет угловое положение ротора двигателя – это важная часть приводной системы, построенной на бесколлекторном двигателе. Этот датчик может быть самым разным как по типу, так и по принципу действия. Традиционно используемый для этой цели тип датчиков – датчики Холла с логическим выходом, устанавливаемые на каждую фазу двигателя. Выходные сигналы этих датчиков позволяют определить положение ротора с точностью до  $60^\circ$  – достаточной реализации самых простых способов управления обмотками. Для реализации способов управления двигателем, предполагающих формирование на обмотках двигателя системы синусоидальных напряжений при помощи ШИМ необходим более точный датчик, например, энкодер. Инкрементные энкодеры, очень широко используемые в современном электроприводе, могут обеспечить достаточно информации о положении ротора только при использовании их вместе с датчиками Холла. Если бесколлекторный двигатель оснащён абсолютным датчиком положения – абсолютным энкодером или резольвером, то датчики Холла становятся не нужны, так как любой из этих датчиков обеспечивает полную информацию о положении ротора.

Можно управлять бесколлекторным двигателем, и не используя датчика положения ротора – бездатчиковая коммутация. В этом случае информация о положении ротора восстанавливается на основании показаний других датчиков, например, датчиков фазных токов двигателя или датчиков напряжения. Такой способ управления часто влечёт за собой ряд недостатков (ограниченный диапазон скоростей, высокая чувствительность к параметрам двигателя, специальная процедура старта), что ограничивает его распространение.

### ***Применение бесколлекторных двигателей***

Бесколлекторные двигатели широко применяются в тех системах где их характеристики дают им преимущество перед двигателями других типов. Например, там, где требуется скорость вращения несколько десятков тысяч оборотов в минуту. Если от изделия требуется большой срок службы, а ремонт невозможен или ограничен из-за особенностей эксплуатации изделия, то и тогда бесколлекторный двигатель будет хорошим выбором.

УДК 621.350.11

### **МЕТЕОРОЛОГИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ**

студент гр. 10703117 Походня В.О.

*Научный руководитель – ст. преподаватель Матрунчик Ю.Н*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Метеорология – это наука изучающая строение и свойства земной атмосферы, а также совершающиеся в физико-химические процессы. Первое что приходит человеку на ум при произнесении “метеорология” – это прогноз погоды. Метеорология в современном мире играет важную роль в жизни каждого человека и каждого отдельно взятого государства. Метеорология кроме прогнозирования погоды занимается такими вещами как перемещения воздушных масс, изменение климата, изучение верхних слоев атмосферы, авиационная метеорология, агрометеорология и т.д. Данная наука позволяет определять благоприятные участки для сельского хозяйства, производства (например, электроэнергии), предупреждать о надвигающихся катастрофах (например, ураганы и тайфуны). Имея столь много сложных задач, для достижение каждой из которых требуется учесть множество факторов таких как рельеф местности, сезонные температуры, изменение климата, влияние деятельности человека на движение воздушных масс и т.д., требуются большие вычислительные ресурсы. Во время появления первого компьютера, выполнять все задачи все-таки приходилось людям, из-за малой вычислительной мощности для комплексного выполнения подобных задач, компьютеры служили лишь как помощник для человека для вычисления необходи-