

СНИЖЕНИЕ МЕЖКОММУТАЦИОННЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА В БДПТ

Ульянов Д.И., аспирант
Научный руководитель: Гарганеев А.Г.
НИ ТПУ
E-mail: diu3@tpu.ru

Важнейшим требованием, выдвигаемым к современным электроприводам (ЭП), является улучшение их виброшумовых характеристик. Почти всегда шум и вибрация вызываются одними и теми же причинами, существуют одновременно и определенным образом связаны друг с другом. Вибрация – это механические колебания машин и механизмов, характеризующиеся такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение [1].

В электрических машинах вибрация возникает из-за пульсаций электромагнитного момента, которые, в свою очередь, порождают колебания ротора и всей механической системы, связанной с ротором. При векторном управлении пульсации электромагнитного момента возникают в основном по двум причинам: пульсации магнитной индукции в воздушном зазоре над полюсами, вызванные наличием высших гармонических составляющих (как пространственных, так и временных) в электромагнитном поле и нестабильность угла α между вектором магнитного поля ротора и статора [2].

Пульсации момента, возникающие от нестабильности угла α между вектором магнитного поля ротора и статора, зависят от качества и настройки используемого датчика положения, и от скорости обработки контроллером сигнала с датчика. В таком случае, точность определения положения ротора будет не одинакова на различных скоростях вращения, и с увеличением скорости вращения ротора будут увеличиваться и пульсации электромагнитного момента.

В бесколлекторном двигателе постоянного тока (БДПТ), работающем по сигналам с трёх цифровых датчиков Холла, положение ротора определяется лишь 6 раз на пару полюсов, что даёт информацию о направлении вектора магнитного поля ротора с точностью в 60 электрических градусов. В отношении к пульсациям электромагнитного момента это имеет как свои плюсы, так и минусы. К плюсам можно отнести простоту обработки сигналов: при работе БДПТ контроллеру не нужно производить никаких математических вычислений, поэтому точность определения положения ротора практически не зависит от скорости вращения ротора. Однако отсюда следует и существенный недостаток: слишком большой шаг фиксации положения ротора (60°) создаёт пульсации момента при синусоидальном изменении результирующего магнитного потока, которые могут достигать 25 %. Отсюда следует, что для снижения пульсаций момента, электродвигатель должен обладать такой магнитной системой, которая бы обеспечивала постоянство результирующего магнитного потока в «слепом» диапазоне [3].

Данное исследование направлено на поиск магнитной системы БДПТ с минимальными пульсациями электромагнитного момента. После множества итераций было установлено, что оптимальное количество пазов на полюс и фазу (q) в БДПТ равно 1.

На рис. 1 представлена магнитная система с 12 пазами статора и 4 полюсами на роторе.

Данная конфигурация имеет трапецеидальное изменение результирующего магнитного потока, поэтому при работе электродвигателя напряжение подводится к фазам, витки которой уже пронизаны установившимся значением магнитного потока ротора. После коммутации в работающих фазах значение тока и потока поддерживается практически неизменным вплоть до следующей коммутации через 60 электрических градусов. Следовательно пульсации электромагнитного момента в межкоммутационный период снижаются (в данном случае 7,2 %). На рис. 2 представлен график изменения электромагнитного момента магнитной системы без скоса пазов.

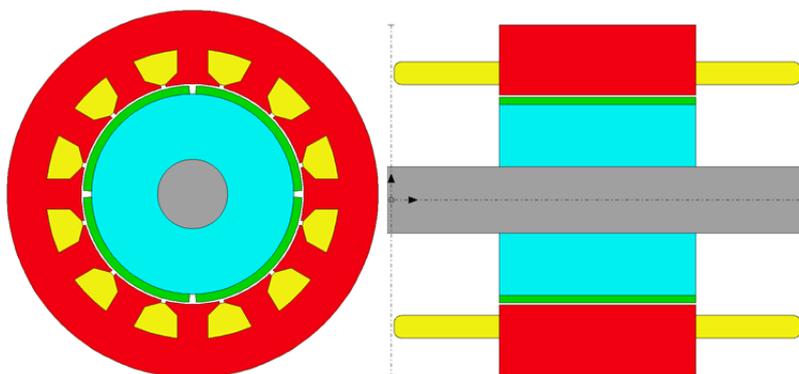


Рис. 1. Конфигурация магнитной системы БДПТ без скоса пазов

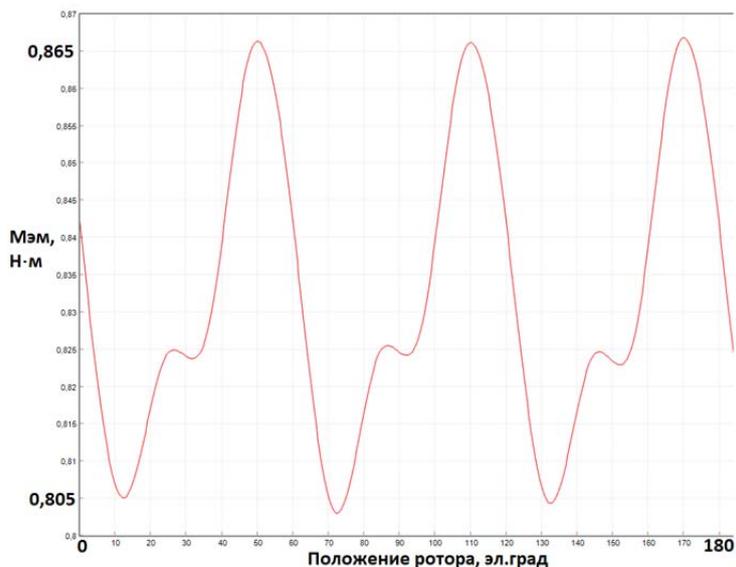


Рис. 2. График изменения электромагнитного момента магнитной системы без скоса пазов

Также она имеет простую технологию изготовления, не требующую ни скоса пазов на статоре, ни сегментацию магнитов в осевом направлении на роторе со скосом, однако, у такой конфигурации присутствует относительно большой вылет лобовых частей обмотки статора, что негативно сказывается как на габаритах машины, так и на энергоэффективности при её эксплуатации.

На рис. 3 представлена магнитная система с 24 пазми статора и 8 полюсами на роторе.

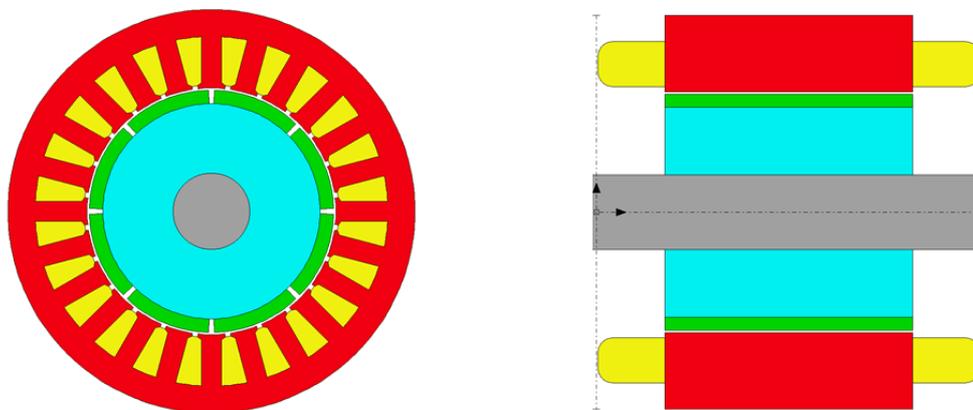


Рис. 3. Конфигурация магнитной системы БДПТ со скосом пазов на 15°

На рис. 4 представлен график изменения электромагнитного момента магнитной системы со скосом пазов на статоре на 15°.

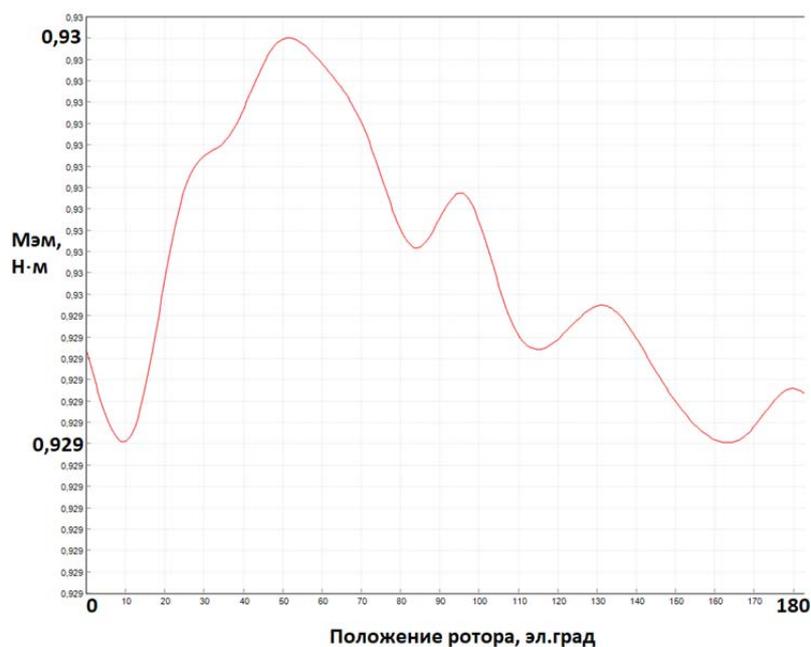


Рис. 4. График изменения электромагнитного момента магнитной системы со скосом пазов на 15°

Такая конфигурация выигрывает у предыдущей в энергоэффективности и в габаритах за счёт уменьшения вылета лобовых частей. Также у такой магнитной системы на порядок меньше пульсации электромагнитного момента (0,11 %). Однако, скос пазов на статоре или сегментация магнитов в осевом направлении со скосом приводит к усложнению конструкции в сравнении с предыдущим вариантом. Усложнение конструкции требует дополнительные технологические операции, что непосредственно сказывается на стоимости изделия.

Список литературы

1. Вибрация. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вибрация>. (дата обращения: 18.04.2022).
2. Панасюк М.Б. Особенности конструкции высокоскоростных синхронных генераторов с постоянными магнитами, предназначенные для работы в составе системы электропривода / Панасюк М.Б., Магин В.В. // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2015. – Т. 149, № 6. – С. 18–23. – EDN XXYCHF.
3. Пульсации электромагнитного момента бесконтактного двигателя постоянного тока / Сапсалева А.В., Савин Н.П., Харитонов С.А., Овчинникова О.Е. // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 369–373. – EDN PNUBCX.