

Грачев П.Ю.  
Горбачев Е.Е.

Россия  
Самара

Самарский государственный технический университет

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ УМЕНЬШЕННОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

При разработке новых систем автоматизированного электропривода возникают проблемы, связанные не только с повышением качества работы этих систем в статических и динамических режимах, но и с улучшением массообъемных показателей электрооборудования и повышения его энергоэффективности [1]. Особенно остры эти проблемы для автономных систем электропривода [2]. Действительно, при попытке снизить объем электрических машин и аппаратуры управления уменьшением сечения проводников, в рамках традиционных технических решений, растут сопротивления этих проводников и растут потери в меди. В докладе рассмотрены возможности разработке новых систем электропривода, в частности – автономных, с электромеханическими преобразователями со встроенной управляющей электроникой и проводниками обмоток переменного сечения, которые позволяют экономить электроэнергию и существенно снизить металлоемкость силовой части.

В работе [3] рассматриваются электроприводы с ЕС-двигателями (BLDC-двигателями) – синхронными магнитоэлектрическими двигателями, блоки электронного управления которых располагается вблизи двигателей. Их применение уменьшает потребление электроэнергии и увеличивает производительность оборудования. Однако, их электронные блоки располагаются в отдельном корпусе, соединенным с корпусом машины. В работе [4] рассмотрен электропривод для гибридного автомобиля с многополюсной асинхронной машиной, обмотка статора которой выполнена по новой технологии с малой металлоемкостью, но блоки управления электроприводом располагаются отдельно.

Далее рассмотрен пример предлагаемого исполнения интегрированной силовой части электропривода

На рис.1 показана эскизная компоновка силовой части электропривода с машиной переменного тока, проводники обмотки которой имеют переменное сечение и выполнены в виде многослойных колец над торцевыми зубцовыми поверхностями статора. Электропривод снабжен электронной системой управления и защиты. Ротор машины имеет короткозамкнутую обмотку или индуктор из постоянных магнитов, а обмотка статора – коммутируется электронными блоками. Изображены: корпус асинхронной машины 1, статор машины 2, сердечник статора 3, в пазы 4 которого уложена обмотка 5, ротор с сердечником 6 закреплен на валу 7, вращающемся в подшипниках 8. Показаны также проводники выводов фаз обмотки статора 9, с которыми соединены выводы блоков 10 управления и защиты.

Расположение электронных блоков внутри корпуса машины – вблизи обмотки статора, позволяет создать единую систему охлаждения, что приводит к существенной экономии материалов.

На рис. 2 показана схема трехфазной обмотки 5, с электронным блоком управления и защиты, соответствующая эскизной компоновке, представленной на рис.1. Обозначения на схеме соответствуют [5]. Как видно, сердечник статора имеет двенадцать пазов, которые пронумерованы в центре рисунка в направлении чередования фаз. Сплошными линиями в пазах обозначены активные проводники 12 верхнего слоя обмотки, а пунктиром – активные проводники 11 нижнего слоя. На рис. 2 показаны также витковые лобовые перемычки 13, соединяющие активные проводники витков, лобовые перемычки 14, соединяющие витковые группы, а также показаны лобовые перемычки 15, соединяющие ветви фаз.

единяющие активные проводники витков, лобовые перемычки 14, соединяющие витковые группы, а также показаны лобовые перемычки 15, соединяющие ветви фаз.

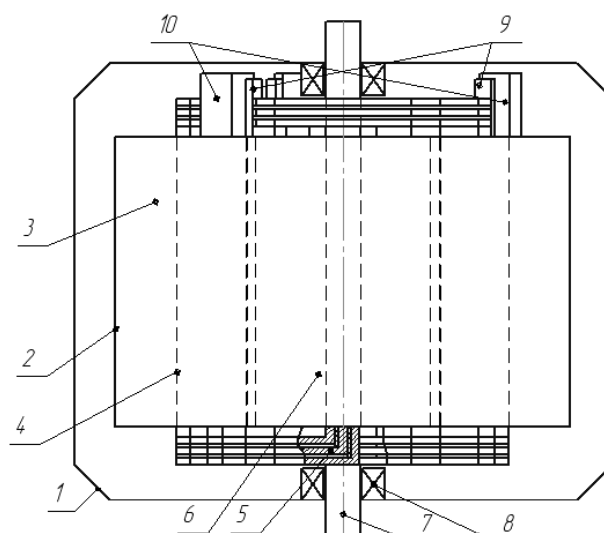


Рис. 1. Силовая часть электропривода

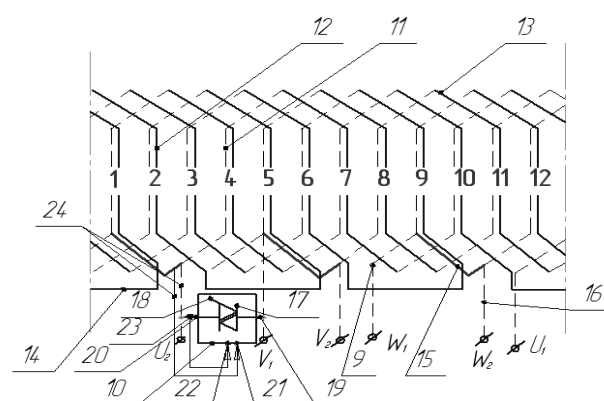


Рис. 2. Обмотка статора машины с одним из электронных блоков

Выводы фаз обмотки статора имеют следующие обозначения: начало и конец первой фазы обозначены  $U_1$  и  $U_2$ , начало и конец второй –  $V_1, V_2$ , третьей –  $W_1, W_2$ . Эта схема соответствует трехфазной волновой обмотке с диаметральным шагом.

Блоки 10 управления и защиты соединяют концы и начала фаз, образуя схему соединения «треугольник». Они включают симметричные тиристоры 17 с управляющими электродами 18 и имеют силовые выводы 19, 20, с которыми соединены катоды тиристоров 17. Силовые выводы 19, 20 соединены с выводами 16 фаз обмотки 5. Управляющие электроды 18 связаны с синхронизирующими входами 21, а также с входами защиты 22 блоков 10. К входам защиты 22 присоединены выходы датчиков токов 23, расположенных между силовыми выводами 20 электронных блоков и выводами концов фаз (например,  $U_2$ ). Синхронизирующие входы 21 блоков 10 соединены с выходами датчиков напряжения 24, которые представляют собой последние ветви фаз обмотки 5.

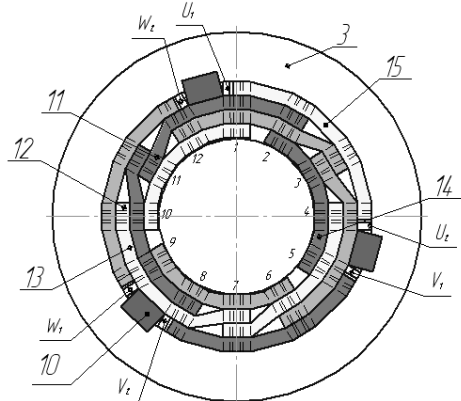


Рис. 3. Вид статора машины со стороны выводов обмотки

Площади сечения лобовых перемычек 13, 14 и 15 в местах их соединения с активными проводниками 11, 12 обмотки в два раза меньше площадей поперечных сечений соединяемых проводников. Такое выполнение позволяет минимизировать объем обмотки статора машины и разместить электронные блоки управления и защиты 10 между выводами обмотки статора, над торцевой поверхностью сердечника. На рис. 3 показано расположение трех блоков управления и защиты. Третий электронный блок позволяет обеспечить резервирование и повысить надежность работы системы управления и защиты интегрированной машиновентильной системы.

Система управления и защиты описанного выше электропривода может выполнять функции управления пуском (осуществлять безударный пуск), торможением (электродинамическое торможение) и режимом реверсирования, без регулирования частоты вращения вала в рабочих режимах. Также она может осуществлять фазовое регулирование для энергосбережения и изменения в небольшом диапазоне частоты вращения вала при вентиляторном характере нагрузки, а также импульсное регулирование, – при значительной механической инерции приводимого во вращение объекта регулирования. Датчики тока необходимы для защиты двигателя от перегрузки [6].

Пространство между корпусом и сердечником статора машины позволяет разместить и электронные модули системы частотного регулирования скорости, которая позволяет обеспечить энергосберегающие режимы в широком диапазоне частот вращения электропривода [7]. Наиболее перспективны такие электроприводы для автономных объектов с напряжениями 12–115В.

Таким образом, интегрированные машиновентильные системы на базе электромеханических преобразователей, проводники обмоток которых имеют переменное сечение, позволяют создать энергосберегающие электроприводы с высоким КПД, хорошими массообъемными показателями и уменьшенной металлоемкостью.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищенко Г.Б., Лазарев Г.Б. Развитие энергетики России. Направления инновационно-технологического развития. М.: Россельхозакадемия, 2008. – 200 с.
2. Костырев М.Л., Грачев П.Ю. Асинхронные вентильные генераторы и стартер – генераторы для автономных энергоустановок: Энергоатомиздат, 2010. – 199 с.
3. Вишнеvский Е. П., Малков Г. В. ЕС-двигатели: что, где, почему и зачем. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», №8, август 2011. <http://www.abok.ru>
4. Грачев П.Ю., Ежова Е.В. Электропривод переменного тока для гибридного автомобиля с многополюсной асинхронной машиной / Электроприводы переменного тока: Тр. XIII МНТК. Екатеринбург, 2005. С.271-274.
5. Пат. 2275729 РФ. Обмотка электрической машины. Н02К 3/04, Н02 17/16 / П.Ю. Грачев, Ф.Н. Сарпулов, Е.В. Ежова. 27. 04. 2006, Бюл.№12.
6. Поскробко А.А., Братолобов В.Б. Бесконтактные коммутирующие и регулирующие полупроводниковые устройства на переменном токе. - М.: Энергия, 1978. - 190 с.
7. Браславский И.Я., ИшматовЗ.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. М.: «Академия», 2004. – 256 с.