

## ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**Старков Игорь Андреевич**

студент, Уфимский государственный авиационный технический университет – УГАТУ, РФ, г. Уфа

**Шарафутдинов Азат Разифович**

студент, Уфимский государственный авиационный технический университет – УГАТУ, РФ, г. Уфа

## CHOOSING AN ELECTRIC MOTOR FOR ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES

***Azat Sharafutdinov***

*Student, Ufa State Aviation Technical University - USATU, Russia, Ufa*

***Igor Starkov***

*Student, Ufa State Aviation Technical University - USATU, Russia, Ufa*

**Аннотация.** В статье проанализированы различные электрические двигатели для использования в современных электромобилях и гибридных автомобилях, рассмотрены достоинства и недостатки каждого электродвигателя, сделаны выводы о целесообразности использования их в электромобилях и гибридных автомобилях.

**Abstract.** The article analyzes various electric motors for use in modern electric vehicles and hybrid cars, considers the advantages and disadvantages of each electric motor, and draws conclusions about the feasibility of using them in electric vehicles and hybrid cars.

**Ключевые слова:** электромобиль, гибридный автомобиль, вентильный электродвигатель, двигатель постоянного тока, асинхронный двигатель, возбуждение, потери, коэффициент полезного действия.

**Keywords:** electric car, hybrid car, valve electric motor, DC motor, asynchronous motor, excitation, losses, efficiency.

В большей части современных электромобилей и гибридных автомобилей применяются вентильные электродвигатели (ВЭД). ВЭД – это синхронный электрический двигатель, имеющий датчики положения ротора. Питание такого рода электродвигателя производится через инвертор и управляется по определенным алгоритмам при помощи микроконтроллера с использованием двух и более систем автоматического регулирования (САР). Одна из САР – по

положению ротора, вторая – по предельному фазному току. В некоторых случаях к ним добавляется еще одна САР – по угловой скорости, иначе называемая круиз-контроль.

По способу возбуждения синхронные электрические машины бывают двух типов: с возбуждением от постоянных магнитов (ВЭДПМ) и с электромагнитным возбуждением (ВЭДЭМВ). Первый вариант возбуждения для ВЭД применяется в электромобилестроении гораздо чаще. Такие электродвигатели имеют более высокий коэффициент полезного действия (КПД) и лучшие электрические характеристики по сравнению с другими типами электрических двигателей. К недостаткам ВЭД с возбуждением от постоянных магнитов относят малый диапазон скоростей вращения ротора. Поскольку скорость идеального холостого хода пропорциональна напряжению питания якоря и обратно пропорциональна магнитному потоку возбуждения ротора, для расширения скоростного диапазона, при невозможности управлять магнитным потоком, требуется увеличение напряжения питания.

ВЭДЭМВ являются более дешевыми и распространенными. Такие электродвигатели используются в качестве генераторов переменного тока, в том числе и в автомобилях. Несмотря на более низкие значения КПД, такие ВЭД, помимо малой стоимости, имеют ряд других важных преимуществ, к которым относится возможность регулирования оборотов во второй зоне электродвигателя посредством управления потоком возбуждения. При неизменном напряжении питания данный процесс позволяет расширить рабочий диапазон скоростей вращения ротора, что, в свою очередь, позволяет увеличить передаточное число от ВЭД к ведущим колесам. Все это способствует повышению пускового вращающего момента и сохранению требуемой максимальной скорости. Следующим важным преимуществом ВЭДЭМВ является существенно меньший тормозной момент в обесточенном состоянии, что улучшает накат гибридного автомобиля. Третье преимущество заключается в возможности простого и эффективного управления ВЭД в режиме генератора посредством регулирования сравнительно небольшого тока возбуждения. Четвертое преимущество состоит в возможности работы без перенапряжения силовой электроники при угловой скорости, намного превосходящей угловую скорость идеального холостого хода. Такой режим необходим в гибридных автомобилях во время принудительного холостого хода ВЭД при движении автомобиля с помощью ДВС на высокой скорости.

В процессе проектирования тяговых ЭД существуют определенные критерии оптимальности. К таким относят: минимум стоимости, минимум массы, минимум проводниковых материалов, минимум потерь или максимум КПД, минимальные вибрационные и шумовые характеристики и др.

Для электромобилей и гибридных автомобилей основным критерием оптимальности является обеспечение минимальных потерь. Важность именно этого критерия объясняется тем, что в противном случае увеличивается пробег электромобиля в течение одного цикла разряда аккумуляторной батареи (АБ).

Главным критерием выбора электропривода для электромобилей и гибридных автомобилей является наиболее полное использование энергии АБ. Электрическое торможение с рекуперацией энергии в АБ наиболее просто и эффективно достигается в ВЭД и ДПП с независимым возбуждением. В асинхронных частотно-управляемых ЭД (АЧУЭД) осуществление этого режима затруднено, особенно в области низких частот вращения. В транспортных средствах с ДПП с последовательным возбуждением рекуперацию не применяют. Для оптимизации регулирования требуется возможность независимого изменения тока и потока ЭД. В полной мере такая возможность имеется в ДПП с независимым возбуждением, а также в ВЭД с электромагнитным возбуждением. В АЧУЭД независимое изменение тока и напряжения возможно в весьма ограниченных пределах, а в ДПП с последовательным возбуждением связано с техническими трудностями.

ВЭД и АЧУЭД имеют существенные преимущества по сравнению с ЭД постоянного тока. Они имеют существенно меньшую стоимость, во много раз больший ресурс и надежность, а также практически не нуждаются в обслуживании и имеют возможность перехода двигателя в генераторный режим (режим рекуперативного торможения электромобиля). Однако система управления (СУ) АЧУЭД по показателям регулирования может уступать СУ ВЭД и имеет пока более высокую стоимость. Несколько меньшую стоимость имеют СУ ДПП с НП и ПП, но в

таких ЭД возникают сложности при осуществлении реверса.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (АД с КР) при работе от статического преобразователя частоты-напряжения сочетает в себе достоинства наиболее простого тягового ЭД переменного тока с хорошими пусковыми и регулировочными свойствами двигателя постоянного тока. Для обеспечения хороших характеристик такой ЭД должен соответствовать определенным требованиям. Во-первых, в АД с КР должна быть обеспечена защита от воздействия окружающей среды. Во-вторых, такой электродвигатель должен быть оборудован современными подшипниками, не требующей замены или добавления смазки в течение 30000–50000 часов. Асинхронный двигатель позволяет практически полностью исключить техническое обслуживание в течение назначенного безопасного ресурса автомобиля.

В современных тяговых электродвигателях увеличение КПД достигается путем увеличения расхода меди и стали в том же объеме, уменьшения воздушного зазора в системе ротор–статор, а также повышения коэффициента заполнения пазов якоря медью. Дальнейшее совершенствование тяговых электроприводов позволит значительно улучшить технико-эксплуатационные характеристики электромобилей и гибридных автомобилей и обеспечит их широкое распространение.

### **Список литературы:**

1. Доржинкевич И.Б. Особенности применения тягового электродвигателя в системе электропривода электромобиля / И.Б. Доржинкевич, А.А. Максимчук, А.С. Ройтман // Труды ВНИИЭМ. Вопросы проектирования и исследования специальных машин. – 1984. – Том 5. – С. 70–75.
2. Косой Ю.М. Некоторые особенности проектирования асинхронных двигателей для электромобилей / Ю.М. Косой // Труды ВНИИЭМ. Вопросы проектирования и исследования специальных машин. – 1984. – Том 5. – С. 64–69
3. Мигаль В.Д., Двадненко В.Я. Выбор электродвигателей для электромобилей и гибридных автомобилей / В.Д. Мигаль, В.Я. Двадненко // Вестник ХНАДУ – 2016 – вып. 75 – С. 116-119.