

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РЕКУПЕРАЦИИ ГИБРИДНОГО МОТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., Л.Н. Полозова, доцент, к.т.н.,
С.И. Толстяк, аспирант, ХНАДУ**

Аннотация. Проведен обзор современных гибридных мототранспортных средств и систем электропривода и рекуперации. Произведен рациональный выбор компонентов системы электропривода и рекуперации гибридного мототранспортного средства на основе вентильного двигателя.

Ключевые слова: гибридные транспортные средства, электропривод, мотоцикл, электроцикл

РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА І РЕКУПЕРАЦІЇ ГІБРИДНИХ МОТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., Л.М. Полозова, доцент, к.т.н.,
С.І. Толстяк, аспірант, ХНАДУ**

Анотація. Проведено огляд сучасних гібридних мототранспортних засобів і систем електроприводу і рекуперації. Здійснено раціональний вибір компонентів системи електроприводу і рекуперації гібридного мототранспортних засобів на основі вентильного двигуна.

Ключові слова: гібридні транспортні засоби, електропривод, мотоцикл, електроцикл

RATIONAL CHOICE OF COMPONENTS OF MOTORCYCLE HYBRID VEHICLES ELECTRIC DRIVE SYSTEMS AND RECOVERY

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., L.M. Polozova, assistant professor, cand. eng. sc.,
S.I. Tolstyak, post graduate student, KhNAHU**

Abstract. A review of modern motorcycle hybrid vehicles and electric drive systems and recovery. The rational choice of components of motorcycle hybrid vehicles electric drive systems and recovery on the basis of the converter-fed motor is produced.

Keywords: hybrid vehicles, electric drive, motorcycle, electrocycle.

Введение

Одной из важнейших проблем повышения конкурентоспособности продукции на мировом рынке является снижение энергетической составляющей в структуре ее себестоимости. Стоимость электроэнергии, потребляемой электромеханической системой (ЭМС) в течение жизненного цикла значительно превышает стоимость

оборудования и затраты на обслуживание. Эксплуатация ЭМС с низкими энергетическими характеристиками приводит к увеличению финансовых затрат, обусловленных ростом электропотребления.

Тенденция развития современной техники заключается в повышении единичных мощностей машин и оборудования при одновременном уменьшении их

энергопотребления и снижении стоимости, для чего и необходимо развивать производство энергоэффективных регулируемых электроприводов с вентильными преобразователями.

Именно на основе электродвигателей с вентильными преобразователями планируется создание гибридных силовых установок для перспективных транспортных средств, в т.ч. и для мототранспортных средств.

Анализ публикаций

Основным движущим мотивом при разработке гибридных наземных транспортных средств послужило стремление повысить их экономичность, по возможности не жертвуя при этом остальными эксплуатационными характеристиками – скоростью, приёмистостью, пробегом на одной заправке и т.д. [1-6]. Экономия была достигнута, в том числе:

- использованием двигателя внутреннего сгорания меньшей мощности и, соответственно, объёма;
- работой двигателя в оптимальном режиме (например, работа по циклу Миллера);
- его полной остановкой вместо работы на холостом ходу;
- применением рекуперативного торможения с зарядкой аккумулятора (что попутно снижает износ тормозных колодок).

Многие модели мототехники могут проехать на 4 литрах топлива примерно сто километров пути. Казалась бы – это достойная топливная экономичность. Но есть другая сторона: при всей своей топливной бережливости средний мотоцикл загрязняет атмосферу больше, чем самый прожорливый внедорожник, поскольку эффективная система снижения токсичности выхлопов на мотоцикле просто не помещается. Как ни удивительно, но внедорожник, отвечающий новейшим американским стандартам, на 95% чище, чем мотоцикл (данные Агентства по охране окружающей среды США).

Существуют различные принципы управления электродвигателями. В последнее время чаще всего используется тиристорное управление с помощью вентильных (тиристорных)

преобразователей. Тиристор представляет собой управляемый полупроводниковый диод. Применение вентильных преобразователей для управления скоростью и реверсом электродвигателей постоянного тока привело к созданию бесконтактных (или вентильных) двигателей (ВД).

Прототипом ВД можно считать первое машинное устройство для преобразования электрической энергии в механическую, которое появилось в 1834 году в России, когда Б.С. Якоби применил его для приведения в движение катера на р. Неве. Сообщения о ВД появились на рубеже 30-х годов двадцатого века. Заслуга в разработке первых опытных образцов бесколлекторных машин принадлежит учёным Ф.И. Бугаеву, Е.Л. Эттингеру, Д.А. Завалишину, О.Г. Вегнеру, Б.Н. Тихменеву, М.Н. Губанову и др. В то время изучались вопросы, связанные с исследованиями работы и принципа регулирования скорости. С середины 70-х годов благодаря быстрому развитию полупроводниковой и преобразовательной техники в промышленность в качестве средств автоматики внедряются бесколлекторные и бесконтактные маломощные ВД, частота вращения вала которых достигала нескольких десятков тысяч оборотов в минуту. Преобразователи микродвигателей выполнялись транзисторными, электрические машины были реактивного типа или с постоянными магнитами. Большая заслуга в исследовании и разработке такого привода принадлежит И.Е. Овчинникову, Н.К. Лебедеву, Ш.И. Лутидзе и др. [7, 8]. Решались вопросы регулирования и стабилизации частоты вращения, улучшения конструкции и выбора рациональных схем коммутаторов. Транзисторные бесконтактные микродвигатели в настоящее время получили широкое распространение в различных областях промышленности от бытовой радиоаппаратуры до систем ориентации и жизнеобеспечения в космических летательных аппаратах.

В последние десятилетия с появлением новых силовых электронных компонентов (SCR, IGCT, IGBT, MOSFET) получил развитие мощный бесколлекторный электропривод на базе серийно выпускаемых синхронных машин с традиционным электромагнитным возбуждением и машин с

ротором на высокоэнергетических постоянных магнитах. Исследования применительно к тяговому приводу проводились М.Г. Чиликиным, А.К. Аракеляном, А.А. Афанасьевым, В.А. Кучумовым, Б.Н. Тихменевым, Н.Н. Гориним, Б.К. Барановым, А.В. Баженовым, О.П. Смирновым, В.Я. Двадненко, С.А. Сериковым и др. [1-5].

Цель и постановка задачи

Целью статьи является рациональный выбор компонентов системы электропривода и рекуперации гибридного мототранспортного средства на основе анализа современных и перспективных тенденций развития мототранспортных средств, а также систем электропривода и рекуперации.

Рациональный выбор компонентов системы электропривода и рекуперации гибридного мототранспортного средства

Электропривод на базе ВД свободен от недостатков, присущих традиционным двигателям постоянного тока, которые обусловлены наличием щеточно-коллекторного узла.

Преимущества ВД: высокая надежность, большой срок службы, практически не требуется обслуживание при эксплуатации (т.к. нет коллекторного искрения и износа щеток, уменьшено трение и нагрузка на подшипники); улучшенные тепловые характеристики (отсутствуют теплоделяющие элементы в роторе, поэтому тепло рассеивается только на обмотках статора), малые сечения проводов; высокое быстродействие за счет малого момента инерции ротора, стабильная частота вращения, которая не зависит от частоты напряжения питающей сети; широкий диапазон регулирования скорости, линейные механические и регулировочные характеристики, равномерное вращение на низких скоростях.

ВД имеет: три обмотки на статоре, сдвинутые в пространстве на 120 градусов и соединенные в звезду, датчик положения ротора с одним сигнальным элементом и тремя чувствительными элементами (их

число равно числу обмоток статора), а также коммутатор, выполненный на трех транзисторах, работающих в ключевом режиме.

ВД является универсальным типом привода с наилучшими регулировочными и энергетическими характеристиками и сегодня используется для самых разных систем электроприводов: мощных и микромашин, тихоходных и быстроходных, имеющих различные условия работы и режимы эксплуатации [7,8].

В качестве электродвигателя для разрабатываемого гибридного мотоцикла на основании проведенных расчетов предлагается использовать мотор-колесо 60 В, 800 Вт, современной конструкции, с прямым приводом, безредукторное, безщётное, на постоянных магнитах.

Технические характеристики: номинальное рабочее напряжение – 60 В; номинальная мощность – 800 Вт; максимальная мощность – 900 Вт; предусмотрена возможность рекуперации; угол фазы – 120 градусов; схема управления с 3 датчиками Холла (3 силовых и 5 управляющих проводов); корпус – сплав алюминия; габаритные размеры: вес – 7 кг; длина кабеля для подключения к контроллеру – 0.8м; диаметр обода с которым можно использовать мотор-колесо – 16-28”; допустимый диапазон температур окружающей среды при эксплуатации : - 25...+45 град. С.

При использовании контроллера с функцией рекуперации, обеспечивает подзарядку аккумулятора в следующих режимах: движение под уклон; движение накатом.

Аккумуляторы. LiFePo4 – литий-железо-фосфатные аккумуляторы, лучшие на сегодня из доступных в продаже мощных и лёгких источников питания. «Лифер» почти в 3 раза легче свинцового аналога. Обычно их размещают в треугольнике рамы или на багажнике. Для контроля заряда, разряда и балансировки элементов в LiFePo4 аккумуляторах используется специальная электронная схема, встроенная в корпус аккумулятора (BMS – Battery Management System). Пожалуй, их единственный минус – это стоимость. Однако плюсы впечатляют: удельная электроёмкость 110 Вт/кг (почти в

три(!) раза легче свинцового); большие разрядные токи (можно ехать на максимальной скорости без вреда для аккумулятора, при этом он отдаст 100 % ёмкости); нет сульфатации; нет эффекта памяти (как у никель-металл-гидридных или никель-кадмиевых); не токсичен (как свинцовые, никель-кадмиевые); не стареет (потеря ёмкости 1% (!) в год); большое число циклов (свыше 2000); не взрывоопасен (как литий-ионные); диапазон температур - 30...+70 град. С (можно ездить зимой); время полного заряда от 1 часа. Спецификация: напряжение – 60 В; номинальная емкость – 15 Ач; защита от перенапряжения – 73 В; напряжение отключения батареи – 40-42 В; количество ячеек – 20 шт.; вес – 10кг; размеры: 210x185x210 мм.

Контроллер предназначен для регулирования скорости безредукторных мотор-колёс, имеющих номинальное напряжение 60В и в кратковременных режимах реализует мощность мотор-колеса до 1600Вт. Рекомендуются для использования с мотор-колёсами 60В /800Вт. Технические характеристики: номинальное рабочее напряжение – 48 В/60 В; максимальное рабочее напряжение – 72 В; управляющее напряжение – 1-4.2 В; максимальный ток – 28 А; номинальная мощность – 800 Вт; максимальная мощность – 1500 Вт; 3 ступени скорости – 70% от максимальной / 100% / 120%; максимальная скорость мотор-колеса оборудованного этим контроллером: 60 км/час (в зависимости от диаметра колеса); функция рекуперации энергии; размеры контроллера – 150x80x40 мм; длина проводов – 130 мм; вес контроллера – 400 г.

Зарядное устройство предназначено для зарядки в автоматическом режиме аккумуляторов Lifepo4 для электротранспорта с номинальным напряжением 60 В и ёмкостью от 9 до 20 Ач. Технические характеристики: напряжение питания 220-240 В, 50 Гц; ток заряда – 5А.

В результате получаем следующую комплектацию: мотор-колесо 60 В 800 Вт; аккумулятор Lifepo4 60 В 15 Ач; контроллер 60 В 800 Вт; зарядное устройство 60 В 5 А.

Выводы

Проведен анализ существующих гибридных

мототранспортных средств, их технологии создания и перспективы развития. Одним из очевидных преимуществ гибридных 2-х колесных транспортных средств является, кроме экономии топлива, снижение уровня токсичности воздуха и шума в городах с большим количеством мототехники. Также рассмотрены существующие системы управления электроприводом. Перспективными являются бесконтактные (или вентильные) двигатели, свободные от недостатков, присущих традиционным двигателям постоянного тока, которые обусловлены наличием щеточно-коллекторного узла. Произведен рациональный выбор компонентов системы электропривода и рекуперации гибридного мототранспортного средства на основе вентильного двигателя.

Литература

1. Гібридні автомобілі [Текст]: [монографія] / Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А. [та ін.]; Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Х.: Крок, 2008. – 327 с.
2. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика [Текст] : [монографія] / Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Двадненко В.Я.; Харк. нац. автомобільно-дорожній ун-т. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
3. Бажинов А.В. Система управления гибридной силовой установкой с тяговым электроприводом на базе вентильного двигателя с электромагнитным возбуждением / А.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, С.А. Сериков // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2010. – №7 (149). – С.61– 66.
4. Двадненко В.Я. Двухзоновое управление тяговым вентильным электроприводом гибридного автомобиля / В.Я. Двадненко, С.А. Сериков // Труды ЛО МАИ, Науковий журнал. – Луганськ, 2011. – №1 (23). – С. 23 - 28.
5. Бажинов А.В. Разработка концепции электропривода для конверсионного гибридного автомобиля / А.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, Хаким Мауш // Сборник научных трудов ХНАДУ «Автомобильный транспорт». – Харьков, 2012. – Вып. 30. – С 7 – 12.
6. Никонов О.Я. Гибридные мототранспортные средства: современные технологии и перспективы

развития / О.Я. Никонов, С.И. Толстяк, В.О. Баранова // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – ХНАДУ. – Харків. – 2013. – №4. – С. 15 - 18.

7. Лебедев Н.И. Вентильные электрические машины / Н.И. Лебедев, В.М. Гандшу, Я.И. Явдошак. – СПб.: Наука, 1996. – 352с.

8. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе / И.Е. Овчинников. – СПб.: КОРОНА-Век, 2007. – 336 с.

Рецензент А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редколлегию 12.05.2015