

маршрутной поездкой и условий поездки. Поэтому при альтернативных вариантах поездок, пассажир может выбирать тот маршрут или путь следования, при котором его конечное ФС будет иметь минимальное значение, даже если стоимость поездки на этом маршруте будет больше.

1. Определение экономической эффективности систем городского пассажирского транспорта. – М.: Транспорт, 1977. – 64 с.

2. Аррак А. Развитие и эффективность пассажирских перевозок. – Таллинн: Ээсти раамат, 1984. – 216 с.

3. Физиологическое нормирование в трудовой деятельности. – Л.: Наука, 1988. – 228 с.

4. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін. Системологія на транспорті. Ергономіка. – К.: Знання України, 2008. – 256 с.

5. Руководство по физиологии труда / Под ред. проф. Золиной З.М. и проф. Измерова Н.Ф. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.

6. Гюлев Н.У., Доля В.К. Экспериментальное определение транспортного утомления пассажиров при поездке на работу. Деп. в УкрИНТЭИ 18.06.90 г. №1136 – Ук 90 (Киев).

7. Гюлев Н.У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01. – Харьков: ХАДИ, 1993. – 139 с.

Получено 27.09.2009

УДК 629.113

А.В.ДУБИНИН, А.А.БЫКОВ, М.Г.КОЛОБОВ, канд. техн. наук
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский энергетический институт (технический университет)», г.Москва

ГИБРИДНЫЙ ТРАНСПОРТ

Описывается принцип работы гибридного электромобиля. Рассмотрены современные проблемы и предложен метод их решения посредством введения гибридного транспорта. Предложены варианты гибридных накопителей энергии, схема электромобиля, а также рассмотрены режимы работы транспортного средства с накопителем энергии при различных условиях эксплуатации.

Описано принцип роботи гібридного електромобіля. Розглянуто сучасні проблеми та запропоновано метод їх рішення шляхом введення гібридного транспорту. Запропоновано варіанти гібридних накопичувачів енергії, схема електромобіля, а також розглянуто режими роботи транспортних засобів з накопичувачами енергії при різних умовах експлуатації.

It is described a principle of work of a hybrid electromobile. Modern problems are considered and the method of their decision by means of introduction of hybrid transport is offered. Variants of hybrid stores of energy, the electromobile scheme are offered, and also operating modes of a vehicle with the energy store are considered at various service conditions.

Ключевые слова: гибридный транспорт, гибридные накопители энергии, суперконденсатор, аккумулятор, экология.

Гибридный транспорт является универсальным средством передвижения, способным решить множество существующих как экономических, так и экологических проблем [1-3].

Первая проблема – проблема экологии. Интенсивное развитие промышленности, а также появление автомобилей на дорогах практически в геометрической прогрессии, заставили всерьёз заговорить о проблемах экологии еще в XX ст. В различных странах были приняты нормы, ограничивающие уровень выхлопных газов, выделяемый автотранспортом, в Европе это нормы Евро. Стали появляться экологически чистые зоны, куда автомобилям вообще проезд запрещен.

Другой проблемой является исчерпаемость природных ресурсов. Существует множество прогнозов о том, когда исчезнут запасы нефти – через тридцать, пятьдесят лет. Наиболее оптимистичный прогноз озвучил в 2006 г. президент крупнейшей саудовской нефтяной компании Агамсо Абдалла Джума (Abdallah Jum`ah). Он заявил, что запасов нефти на планете при нынешних темпах потребления хватит еще на 140 лет. Нефть можно добывать еще долго, но наибольшая часть этих запасов сосредоточена в труднодоступных местах, т.е. чтобы разведать данные месторождения, необходимо делать внушительные капиталовложения, и, соответственно стоимость такой нефти будет выше. Следовательно, конкурентоспособность, с экономической точки зрения, такого вида топлива в ближайшем будущем, при нынешнем развитии технологий, может быть под вопросом.

Решить эту проблему может гибридный транспорт, который подразумевает под собой использование на борту автономного подвижного состава гибридного накопителя энергии. Под гибридным накопителем энергии предполагается совместная работа двух или более накопителей или источников энергии.

В качестве использования различных накопителей в данное время наибольшая конкуренция наблюдается между литий-ионными аккумуляторами и топливными элементами.

1. *Рассмотрим вариант совместной работы литий-ионного аккумулятора и суперконденсатора.* Раздельное использование каждого из этих накопителей нецелесообразно и этому есть несколько причин. Для обеспечения максимально возможного срока службы аккумуляторной батареи, её необходимо эксплуатировать в номинальном режиме, т.е. при номинальных токах. При использовании же на транспорте аккумулятор придется использовать в режимах, отличных от номинального, например режим пуска. Пусковой ток, как известно, в разы превышает номинальный, соответственно срок службы аккумуляторной батареи существенно снижается.

Применение суперконденсатора способно решить эту проблему, поскольку суперконденсатор может в течение короткого промежутка времени как принять, так и отдать достаточно большое количество энергии. Аккумуляторная батарея должна использоваться в «статическом» (номинальном) режиме, работая при токах не выше номинального. Это позволяет получить от нее максимально возможный ресурс работы. Все остальные режимы, называемые «динамическими» (например, пусковой ток или ток рекуперации) переключаются на суперконденсатор, который способен в течение короткого времени как принять, так и отдать значительное количество энергии.

Разделение баланса энергии необходимо сделать в соотношении 1/3 мощности автономной тяги с ДВС (либо дизеля), 1/3 мощности для аккумуляторной батареи и 1/3 для суперконденсатора.

2. *Применение топливных элементов.* Топливные элементы (ТЭ) относятся к химическим источникам тока. Они осуществляют прямое превращение энергии топлива в электричество, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями, процессы горения.

Наибольшие выгоды сулит использование ТЭ в автомобиле. Здесь, как нигде, скажется компактность ТЭ. При непосредственном получении электроэнергии из топлива экономия последнего составит порядка 50%.

К преимуществам топливных элементов можно отнести то, что:

- ТЭ не загрязняет окружающую среду в процессе производства электроэнергии; единственный продукт реакции в устройстве – вода;
- для ТЭ не требуется традиционных видов топлива вроде нефти или газа;
- срок службы ТЭ значительно больше, чем у аккумуляторных батарей;
- ТЭ просты в эксплуатации и обслуживании, т. к. не имеют подвижных частей.

К недостаткам:

- водород очень легкий, поэтому для транспортировки и хранения его необходимо сжимать или охлаждать до -253°C ;
- на сжатие водорода затрачивается 10% энергии, а на превращение его в жидкость требуется тратить еще 30-40%. Эта энергия безвозвратно теряется при обратном превращении жидкого водорода в газообразный;
- при сжигании 1 л бензина выделяется в 2900 раз больше энергии, чем при сжигании литра газообразного водорода.

Топливные элементы выглядят предпочтительнее, чем аккумуляторы, но всё же стоит понимать, что топливные элементы до конца не

изучены, и специалисты прогнозируют их приход вслед за аккумуляторными. Многие источники называли точкой отсчёта начала использования гибридов с аккумуляторными 2012 г., но мировой кризис смешал все карты. Хотя автогиганты заявляют, что не собираются урезать бюджеты намеченных программ, но верится в это с трудом, учитывая внезапные банкротства некоторых концернов.

3. *Вариант схемы гибридного электромобиля с накопителем энергии, состоящим из аккумуляторной батареи и блока суперконденсаторов.* На рис.1 приведен вариант схемы гибридного электромобиля.

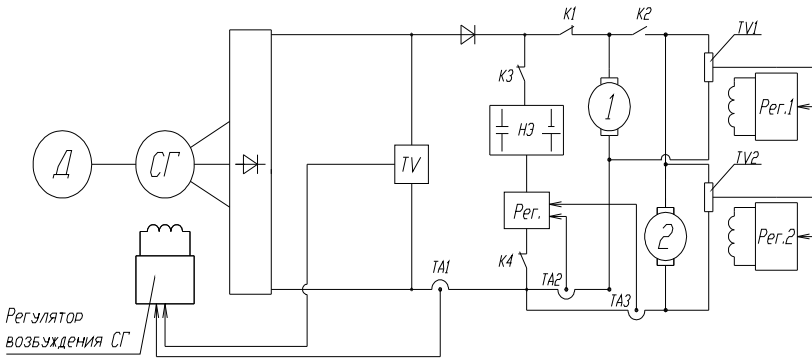


Рис.1 – Упрощенная схема гибридного электромобиля

ДВС вращает находящийся на одном валу тяговый синхронный генератор (СГ). Синхронный генератор вырабатывает трехфазный переменный ток, который выпрямляется выпрямителем (В).

Схема подразделяется на две части: передний и задний мосты. Задний мост представляет собой параллельное соединение двух двигателей постоянного тока мощностью $P = 22$ кВт каждый, независимого возбуждения.

Параллельно выпрямителю подключается накопитель энергии, состоящий из суперконденсатора и аккумулятора. Параллельно к каждому ДПТ подсоединен регулятор, который служит для регулирования токов якорей, посредством датчика тока, и токов возбуждения, с помощью датчика напряжения, стоящих на каждом из двигателей.

Параллельно выпрямителю включен датчик напряжения, необходимый для контролирования параметров сигнала, получаемого после выпрямителя.

4. *Рассмотрим режимы работы электромобиля:*

- аварийный режим малой тяги иллюстрирует рис.2. Пуск происходит от механической части. Муфта (М) на валу между синхронным генератором (СГ) и ДВС (Д) разомкнута. Задействована треть доступной мощности. На рис.2 представлены основные узлы комбинированного привода и распределение потоков мощностей между ними для данного режима. Колеса, которые в данном режиме находятся под тягой, заштрихованы;

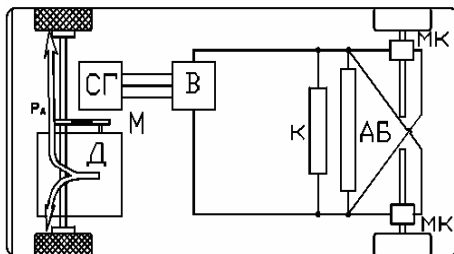


Рис.2 – Работа оборудования в режиме малой тяги

- режим движения по экологической зоне (рис.3). ДВС прекращает свою работу. Происходит пуск одного или двух (в зависимости от профиля пути) мотор-колёс (МК) только от энергии суперконденсатора (К). При снижении уровня тока питания ДПТ переводится на тяговую аккумуляторную батарею (АБ);

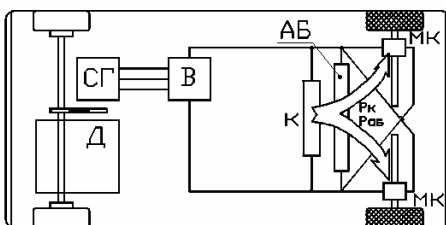


Рис.3 – Работа оборудования при движении по экологической зоне

- режим реализации полной мощности (рис.4). При движении в этом режиме работают оба мотор-колеса задней оси. Их питание происходит от аккумуляторной батареи. Также задействован ДВС (муфта М замкнута), вращающий переднюю ось;

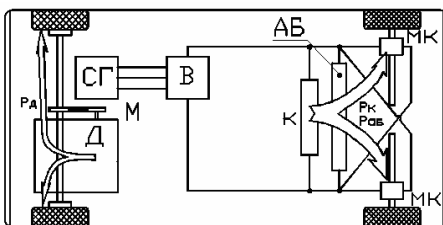


Рис.4 – Работа оборудования в режиме полной мощности

- режим рекуперативного торможения (рис.5). Передняя ось через механическую передачу вращает генератор. Задняя, в свою очередь, вращает оба мотор-колеса, которые работают в генераторном режиме. Вся вырабатываемая энергия идёт на конденсатор до того времени, пока достаточно его емко-

сти. Если конденсатор полностью заряжен, а торможение продолжается, то в работе остаётся только генератор на передней оси. Энергия конденсатора направляется в аккумуляторную батарею. Конденсатор продолжает подзаряжаться от генератора.

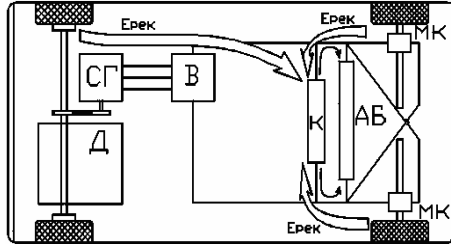


Рис.5 – Работа оборудования в режиме рекуперативного торможения

1. Туренко А.Н., Пятак А.И., Кудрявцев И.Н. и др. Экологически чистый криогенный транспорт: современное состояние проблемы // Вестник ХГАДТУ: Сб. науч. тр. Вып.12-13. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – С.42-47.

2. Богомолов В.А., Кудрявцев И.Н., Пятак А.И. и др. Развитие новейших криогенных технологий для перспективных видов автомобильного транспорта // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. Вып.12. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2004. – С.67-69.

3. Смирнов О.П. Тенденция створення екологічно чистого транспортного засобу // Автомобільний транспорт: Сб. науч. тр. Вып.17. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2005. – С.103-107.

Получено 28.09.2009

УДК 629.423

В.Б.БУДНІЧЕНКО, В.О.ШМАТКОВ, кандидати техн. наук,
Р.Ф.ЯБЛОНСЬКИЙ

ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут
міського господарства», м.Київ

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ РУХУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Аналізуються математичні моделі визначення опору руху.

Анализируются математические модели определения сопротивления движению.

It is considered mathematic models that determines resistance of motion.

Ключові слова: рухомий склад, трамвайний вагон, тролейбус, опір руху.

Парк рухомого складу в Україні налічує близько 12 різних типів трамвайних вагонів та 15 типів тролейбусів виробництва Росії, Чехії, Німеччини, Румунії, України, які мають різну споряджену, номінальну та максимальні маси та різні типи приводів.

Одним з основних факторів, що впливають на його енергетичні показники, є опір руху. Систематичний контроль величини опору руху й проведення ремонтно-регулювальних робіт сприяє зниженню енер-