

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.039.546.8:662.769.2

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИВОДЫ ПОРТОВЫХ МАШИН БЕЗРЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Гаур Т.А., Машин В.Н.

Учебно-научный институт морского флота
Одесского национального морского университета

В статье рассматривается вопрос решения рационального привода комбинированной силовой установки портовых машин безрельсового транспорта с микропроцессорным управлением. Описаны комбинированные силовые установки, состоящие из обычного ДВС и электродвигателя. Изложены принципы взаимодействия электрической и топливной составляющих гибридных приводов. Приведен лабораторный тест ультраконденсатора 10Ф/500В. Предложен один из вариантов решения рационального привода.

Ключевые слова: гибридные приводы, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), электропривод, ультраконденсатор, преобразователь.

Постановка проблемы. В последнем десятилетии характерным является резкое увеличение объемов контейнерных перевозок на морском транспорте. С каждым годом растет грузоподъемность и грузместимость контейнеровозов. Очевидно, соответственно должны расширяться и складские территории портов для хранения контейнеров (комплектация, накопление необходимого количества грузовых мест и т.д.). Порты Украины являются грузообразующими предприятиями. Город строился вокруг территории порта, и, естественно, его площадь ограничена. Возникла проблема складирования большого количества грузовых мест. Многоярусное складирование контейнеров является частичным решением проблемы. В настоящее время рассматривается вопрос создания крупных баз вне территории порта (так называемых «сухих» портов) на свободных сельскохозяйственных угодьях на расстоянии 10-20 км от грузового фронта.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ тенденций развития современных технологий в автомобилестроении показывает, что весьма перспективным направлением в решении энергетической и экологической проблем на транспорте является применение комбинированных силовых установок (КЭУ), которые обеспечивают улучшение энергетических и экологических показателей [1; 2; 3]. Результаты испытаний, опубликованные в технической литературе показывают, что гибридная силовая установка очень эффективна в режиме городского движения, где автомобиль большую часть времени работает на электротяге [4; 5].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В данной работе рассматривается вопрос решения рационального привода комбинированной силовой установки портовых машин безрельсового транспорта с микропроцессорным управлением.

Цель работы. Целью данной работы является найти решение рационального привода портовых машин безрельсового транспорта.

Изложение основного материала. Транспортирование контейнеров от морского грузового фронта по территории порта и далее к комплектующей базе в настоящее время выполняют при помощи автомобильных тягачей с полуприцепами. Мощность дизеля составляет 180-200 кВт (расход топлива 20 л на 100 км) [6]. Одновременно могут работать на ограниченном пространстве до 80-100 тягачей. Это приводит к резкому ухудшению экологического состояния атмосферы (запыление, эмиссия вредных газов, в особенности продуктов сгорания дизелей, таких как углекислый газ, окислы азота и др., уровень шума). Независимый источник энергии в виде дизеля, обеспечивающий автономность и мобильность, устройство теряет свою привлекательность по двум причинам: экологической и экономической.

Дизель потребляет достаточно большое количество дорогого топлива, его выбросы отрицательно влияют на природу. Кроме того, к отрицательным чертам дизеля стоит отнести:

- сложность конструкции, дороговизна изготовления, высокие эксплуатационные расходы;
- высокие требования, предъявляемые к качеству топлива и горюче-смазочных материалов;
- неравномерность величины крутящего момента.

Более привлекательным является электропривод: простота устройства и эксплуатации, высокие значения КПД, идеален с экологической точки зрения, жесткая механическая характеристика и пр.).

Однако, для транспортных машин безрельсового транспорта необходимо иметь автономный источник энергии. Это могут быть тяговые аккумуляторы, либо в будущем топливные элементы.

Тяговые аккумуляторы имеют ограниченную емкость, большую массу, высокую стоимость, большое время зарядки.

Одним из вариантов решения рационального привода являются комбинированные силовые установки, состоящие из обычного ДВС и электродвигателя.

В комбинации оба двигателя работают друг на друга: ДВС вращает генератор и питает энергией

электродвигатель. Тот в свою очередь, позволяет ДВС работать без резких разгонных нагрузок в наиболее благоприятных режимах. Практически все комбинации имеют систему рекуперации, что дает возможность использовать энергию при торможении либо движении накатом. Отсюда, экологичность и экономичность, меньший износ.

По степени комбинирования их делят на «умеренные», «полные» и plug-in. «Полный» в состоянии двигаться лишь на электричестве, не потребляя топлива. «Умеренный» всегда задействует ДВС, а электромотор подключается, если требуется дополнительная мощность. Гибрид с подзарядкой (plug-in hybrid) – такой гибрид можно включать в розетку для подзарядки. В результате обладатель подобного гибрида получает все преимущества электрического автомобиля, без самого большого недостатка: ограниченного пробега на одном заряде. Когда электрический заряд заканчивается, подключается ДВС и автомобиль превращается в обычный гибрид.

По принципу взаимодействия электрической и топливной составляющих гибридные приводы принято разделять на три вида:

1. Последовательный показан на рисунке 1.

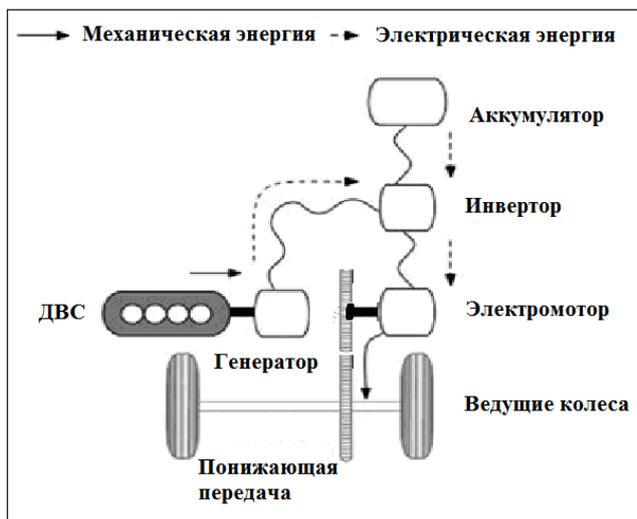


Рис. 1. Последовательная схема (Plug hybrid – дословно подключаемый гибрид)

Это – самая простая комплексная конфигурация. ДВС используется только для привода генератора, а вырабатываемая последним электроэнергия, заряжает аккумуляторную батарею и питает электродвигатель, который вращает ведущие колеса. Это избавляет от необходимости в коробке электропередач и сцеплении. Для подзарядки аккумулятора также используется рекуперативное торможение. Свое название схема получила потому, что поток мощности поступает на ведущие колеса, проходя ряд последовательных преобразований. От механической энергии, вырабатываемой ДВС в электрическую, вырабатываемую генератором, и опять в механическую. При этом часть энергии неизбежно теряется. Последовательный гибрид позволяет использовать ДВС малой мощности, причем он постоянно работает в диапазоне максимального КПД, или же его можно совсем отключить. При отключении ДВС электродвигатель и батарея в состоянии обе-

спечить необходимую мощность для движения. Поэтому они, в отличие от ДВС, должны быть более мощными, а значит, они имеют и большую стоимость. Наиболее эффективна последовательная схема при движении в режиме частых остановок, торможений и ускорений, движении на низкой скорости. Область использования: тягачи с полуприцепами для большегрузных контейнеров, большие карьерные самосвалы.

2. Параллельный показан на рисунке 2.

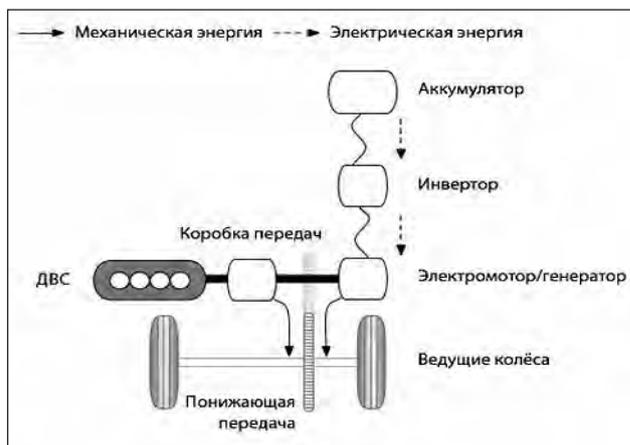


Рис. 2. Параллельная схема (Mild hybrid – умеренный гибрид)

Здесь ведущие колеса приводятся в движение и ДВС, и электродвигателем (который должен быть обратимым, т.е. может работать в качестве генератора). Для их согласованной параллельной работы используется компьютерное управление. При этом сохраняется необходимость в обычной трансмиссии, и двигателю приходится работать в неэффективных переходных режимах. Момент, поступающий от двух источников, распределяется в зависимости от условий движения: в переходных режимах (старт, ускорение) в помощь ДВС подключается электродвигатель, а в устойчивых режимах и при торможении он работает как генератор, заряжая аккумулятор. Таким образом, в параллельных гибридах большую часть времени работает ДВС, а электродвигатель используется для помощи ему. Поэтому параллельные гибриды могут использовать меньшую аккумуляторную батарею, по сравнению с последовательными. Так как ДВС непосредственно связан с колесами, то и потери мощности значительно меньше, чем в последовательном гибриде. Подобная конструкция достаточно проста, но ее недостатком является то, что обратимая машина параллельного гибрида не может одновременно приводить в движение колеса и заряжать батарею. Параллельные гибриды эффективны на шоссе, но малоэффективны в городе. Несмотря на простоту реализации этой схемы, она не позволяет значительно улучшить как экологические параметры, так и эффективность использования ДВС.

3. Последовательно-параллельный показан на рисунке 3.

Эта схема объединяет в себе особенности двух предыдущих типов. В схему параллельного гибрида добавляется отдельный генератор и делитель мощности (планетарный механизм).

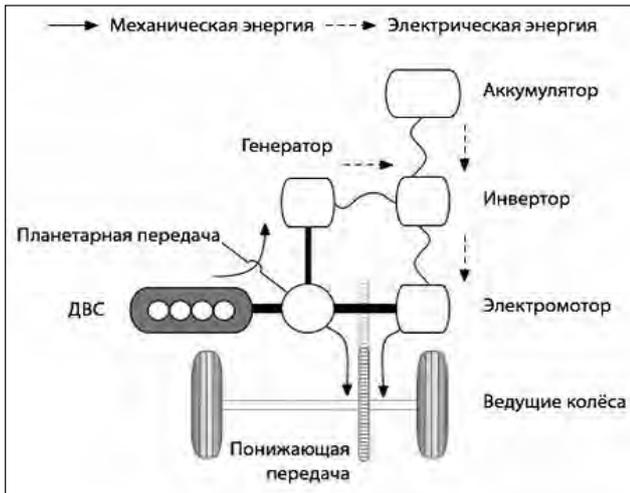


Рис. 3. Последовательно-параллельная схема (Full – hybrid – полный гибрид)

В результате гибрид приобретает черты последовательного гибрида: автомобиль трогается и движется на малых скоростях только на электротяге. На высоких скоростях только на электротяге. На высоких скоростях и при движении с постоянной скоростью подключается ДВС. При высоких нагрузках (ускорение, движение в гору и т.п.) электродвигатель дополнительно подпитывается от аккумулятора, т.е. гибрид работает как параллельный. Благодаря наличию отдельного генератора, заряжающего батарею, электродвигатель используется только для привода колес и при рекуперативном торможении. Планетарный механизм передает часть мощности ДВС на колеса, а остальную часть на генератор, который либо питает электродвигатель, либо заряжает батарею. Компьютерная система постоянно регулирует подачу мощности от обоих источников энергии для оптимальной эксплуатации при любых условиях движения. В этом типе гибрида большую часть времени работает электродвигатель, а ДВС используется только в наиболее эффективных режимах. Поэтому его мощность может быть ниже, чем в параллельном гибриде.

Полный привод (full hybrid) часто используется, когда транспортное средство передвигается на низких скоростях, не потребляя топливо.

К недостаткам последовательно – параллельного гибрида следует отнести более высокую стоимость, в виду того, что он нуждается в отдельном генераторе, большом блоке батарей, и более производительной и сложной компьютерной системе управления.

Комплексные приводы могут быть оборудованы ультраконденсаторами (ultracapacitor). Они сохраняют энергию по принципу электрического поля между двумя проводящими элементами. Теоретически он может быть заряжен менее, чем за секунду, и его можно будет использовать многократно без потерь энергии как показано на рисунке 4. В ультраконденсаторе в качестве диэлектрика используется титанат бария, что дает возможность достигнуть емкости нескольких тысяч фарад при напряжении 2,5 В. Это позволило добиться высокой плотности энергии – 280 ватт часов на килограмм.

Их мгновенная плотность мощности достигает 5 кВт/кг. Для сравнения у литий – ионных батарей этот показатель составляет 120 Вт/кг. Они идеально работают буфером, снабжают энергией с минимальной постоянной времени и идеально подходят для задач, в которых требуются повторяющиеся пики нагрузки длительностью от долей секунды до нескольких минут. Комплексные приводы имеют систему батарей, не требующих внешней подзарядки и долго работающих без замены.

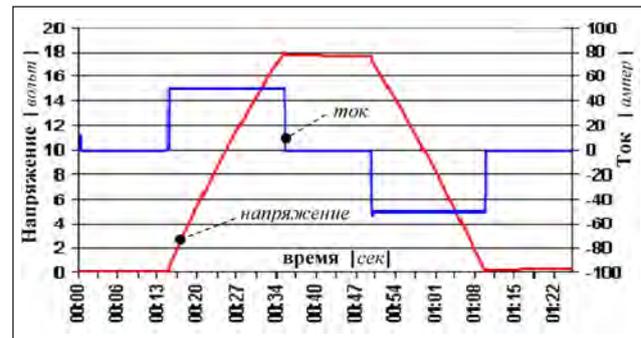


Рис. 4. Лабораторный тест ультраконденсатора 10Ф/500В

Для комплексных приводов наиболее приемлемым является трехфазный синхронный двигатель с постоянными магнитами.

В таких электромеханических системах управление двигателем разрешается на основании информации, полученной от многих датчиков. Центральный компьютер системы получает информацию из всех контуров управления:

- какой двигатель должен работать в данный момент;
- информацию о состоянии ДВС и электродвигателя;
- об ускорении или торможении системы;
- о температуре в характерных точках системы;
- о состоянии силовой электроники;
- о степени зарядки аккумуляторов либо ультраконденсаторов.

Центральный компьютер системы управляет главными энергетическими контурами электродвигателя, прежде всего преобразователем частоты (иначе – частотно-регулируемый электропривод). В этом случае регулирование скорости вращения электродвигателя переменного тока производится путем изменения частоты и величины напряжения. КПД такого преобразователя составляет 98%, из сети потребляется практически только активная составляющая тока нагрузки. Микропроцессорная система управления обеспечивает высокое качество управления электродвигателем и контролирует все параметры, определяющие возможность развития аварийных ситуаций.

На рисунке 5 показан состав силовой части такого преобразователя: входной неуправляемый выпрямитель – звено постоянного тока с LC-фильтром и автономный инвертор напряжения и широтно-импульсной модуляцией.

Современные блоки преобразователя построены на быстрых тиристорах GTO или силовых транзисторах IGBT.

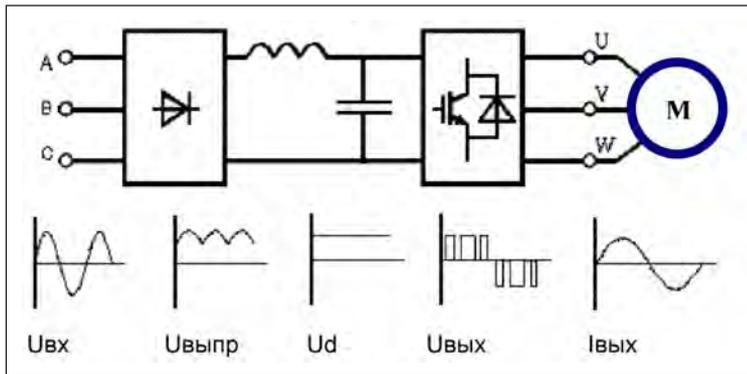


Рис. 5. Преобразователь и диаграммы напряжений и токов

Преимущества силовой установки с комплексным приводом:

- простота управления;
- экономия топлива за счет использования энергии торможения и работы ДВС в оптимальном режиме;
- возможность применения двигателей меньшей мощности;
- снижение вредных выбросов и шумового воздействия.

Выводы и предложения. Одним из вариантов решения рационального привода являются комбинированные силовые установки, состоящие из обычного ДВС и электродвигателя.

Список литературы:

1. Чернов А.Е. Разработка систем электроснабжения транспортных средств с улучшенными энергетическими и экологическими показателями: дис. канд. техн. наук [Текст] – М.: МЭИ ТУ, 1994. – С. 255–261.
2. Чернов А.Е. Оптимизированная система электроснабжения для автотранспортных средств. – М.: Машиностроение, «Грузовик». – № 6. – 2010. – С. 2–4.
3. Чернов А.Е., Сугробов А.М. Интеллектуальные системы электроснабжения автотранспортных средств. – М.: Машиностроение, «Грузовик». – № 4. – 2010. – С. 2–4.
4. Чернов А.Е., Акимов А.В., Кротов А.Н. Многофункциональный регулятор напряжения для генераторных установок нового поколения / Известия МГТУ «МАМИ». – № 2(10). – 2010. – С. 87–90.
5. Чернов А.Е., Акимов А.В., Кротов А.Н. Адаптивные алгоритмы регулирования напряжения в системах электроснабжения АТС // «Автомобильная промышленность». – № 9. – 2011. – С. 17–18.
6. Морозова В.С. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: Учебное пособие / сост.: Морозова В.С., Поляцко В.Л. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010 г. – С. 22–23.

Гаур Т.О., Машин В.М.

Навчально-науковий інститут морського флоту
Одеського національного морського університету

КОМБІНОВАНІ ПРИВОДИ ПОРТОВИХ МАШИН БЕЗРЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

Анотація

У статті розглядається питання вирішення раціонального приводу комбінованої силової установки портів машин безрейкового транспорту з мікропроцесорним управлінням. Описано комбіновані силові установки, що складаються зі звичайного ДВС і електродвигуна. Викладено принципи взаємодії електричної і паливної складових гібридних приводів. Наведено лабораторний тест ультраконденсатора 10Ф/500В. Запропоновано один із варіантів вирішення раціонального приводу.

Ключові слова: гібридні приводи, двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), електропривод, ультраконденсатор, перетворювач.

Gaur T.A., Mashin V.N.

Maritime Training and Scientific Institute
Odessa National Maritime University

COMBINED ACTUATORS OF PORTABLE MACHINES OF UNBELIEVABLE TRANSPORT

Summary

The article deals with the question of the decision of rational drive of the combined power plant of port cars of trackless transport with microprocessor control is considered. Combined power plants consisting of a conventional internal combustion engine and an electric motor are described. The principles of interaction between electric and fuel components of hybrid drives are outlined. A laboratory test of an ultracapacitor 10F/500V is given. A variant of the rational drive solution is proposed.

Keywords: hybrid drives, internal combustion engine (ICE), electric drive, ultracapacitor, converter.