

УДК 629.113

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ ЛЁГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ

Е. Е. Баулина, к.т.н. / А. В. Круташов / В. В. Серебряков, к.т.н. / А. И. Филонов
Университет машиностроения (МАМИ)

С. В. Бахмутов, д.т.н. / ФГУП «НАМИ»

Ежегодно ухудшающаяся экологическая обстановка, сокращение природных запасов нефти и газа, а также потрясения в сфере экономики заставляют ведущие мировые автоконцерны искать при создании автомобилей новые решения и технологии для снижения вредных выбросов в окружающую среду и уменьшения использования ими невозобновляемых ресурсов. Применение на автомобиле комбинированной энергетической установки (КЭУ) позволяет в значительной мере приблизиться к решению этих задач [1, 2, 3, 4].

Наиболее перспективно применение автомобилей с КЭУ в крупных городах с большим автомобильным парком. КЭУ могут устанавливаться на городских автобусах, легковых автомобилях, лёгком коммерческом транспорте. Например, в настоящее время высоким спросом среди городских развозных автомобилей пользуются небольшие автобусы и малотоннажные грузовые автомобили, оборудование которых такой установкой для эксплуатации в условиях мегаполиса представляется перспективным и актуальным.

Коллективом научно-технического центра «Автомобили с комбинированными энергетическими установками» Университета машиностроения проводятся разработки универсального шасси с КЭУ на основе несущей системы и агрегатов автомобиля УАЗ-2360 Cargo, который имеет ряд модификаций, например развозной автомобиль с кузовом фургон грузоподъёмностью 800 килограммов, предназначенный для коммерческого использования.

Возможны КЭУ с различными схемами передачи энергии: последовательной, параллельной, дифференциальной (сплит), последовательно-параллельной [5, 6, 7].

Достоинствами параллельной схемы являются более высокий КПД передачи энергии от первичного двигателя (ДВС) к ведущим колёсам в сравнении с последовательной и возможность применения одной электромашины (обратимой) вместо двух (электрогенератора и электромотора).

Применение КЭУ с последовательной схемой передачи энергии предпочтительно в том случае, когда масса автомобиля в процессе выполнения транспортной работы меняется значительно.

Предварительные расчёты показывают, что при эксплуатации автомобиля в таких условиях целесообразно оборудовать его КЭУ последовательно-параллельного типа. Такая КЭУ сохраняет преимущества КЭУ с последовательной и параллельной схемами [8]. Поэтому при разработке универсального шасси с КЭУ на основе несущей системы и агрегатов автомобиля УАЗ-2360 Cargo было принято решение применить КЭУ последовательно-параллельного типа.

КЭУ с последовательно-параллельной схемой может быть выполнена с приводом как на всю трансмиссию, так и на отдельные оси. Базовый автомобиль в штатной комплектации имеет полноприводную компоновочную схему. Целесообразно оборудовать его КЭУ с приводом на разные оси (рис. 1), что позволяет сохранить полный привод без применения в конструкции устройств распределения мощности.

Представленная КЭУ с последовательно-параллельной схемой передачи энергии запатентована сотрудниками НТЦ «Автомобили с КЭУ» (патент на изобретение РФ № 2457959 от 10.08.2012 года) [9].

Стоит отметить, что разработанная КЭУ может быть применена на автомобилях как с поперечным, так и с продольным расположением ДВС. Тип привода также может быть любым. Данное обстоятельство

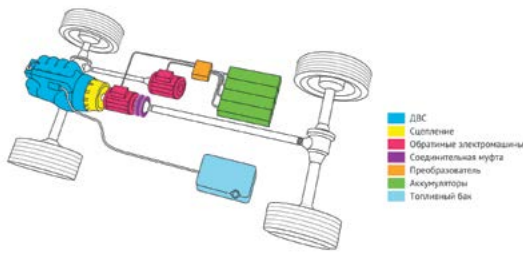


Рисунок 1. Реализация КЭУ последовательно-параллельного типа

ство позволяет оснащать подобной КЭУ автомобили, имеющие различные компоновки.

На разрабатываемый автомобиль с КЭУ предполагается установить оригинальные торцевые асинхронные двухстаторные обратимые электрические машины (ОЭМ) производства ОАО «Инженерно-научный центр «ТЭМП»». Специально для использования на транспортном средстве будут изготовлены усовершенствованные электрические машины, имеющие компактные размеры и параметры, соответствующие требованиям, предъявляемым к малотоннажному грузовому автомобилю.

Технические характеристики и параметры ОЭМ представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Коллективом разработчиков проведено 3D-моделирование разрабатываемого шасси и выполнена компоновка обратимых электромашин на ЭВМ (рис. 3).

Согласно схеме (рис. 1) КЭУ содержит две соединительные муфты. В качестве одной из них, установленной непосредственно за ДВС, целесообразно использовать штатное сухое однодисковое сцепление.

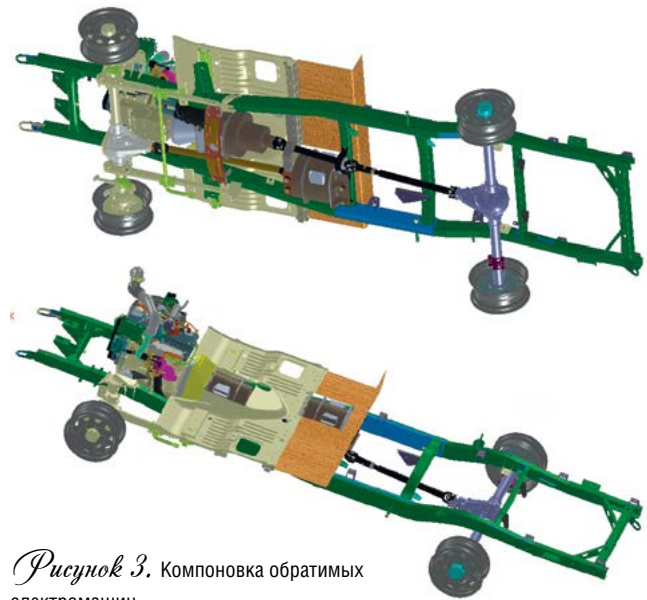


Рисунок 3. Компоновка обратимых электромашин

В качестве второй соединительной муфты (рис. 1), установленной на корпусе первой обратной электромашин со стороны её выходного вала, предполагается использовать серийную сухую бесконтактную электромагнитную муфту трения ЭТМ 123С производства предприятия «Златмуфта». Компоновка второй соединительной муфты показана на рис. 4.

В качестве накопителей электрической энергии будут использованы литий-железофосфатные аккумуляторы ThunderSky LFP40АНА. Аккумуляторные

Характеристика электродвигателя производства НПП ТЭМП

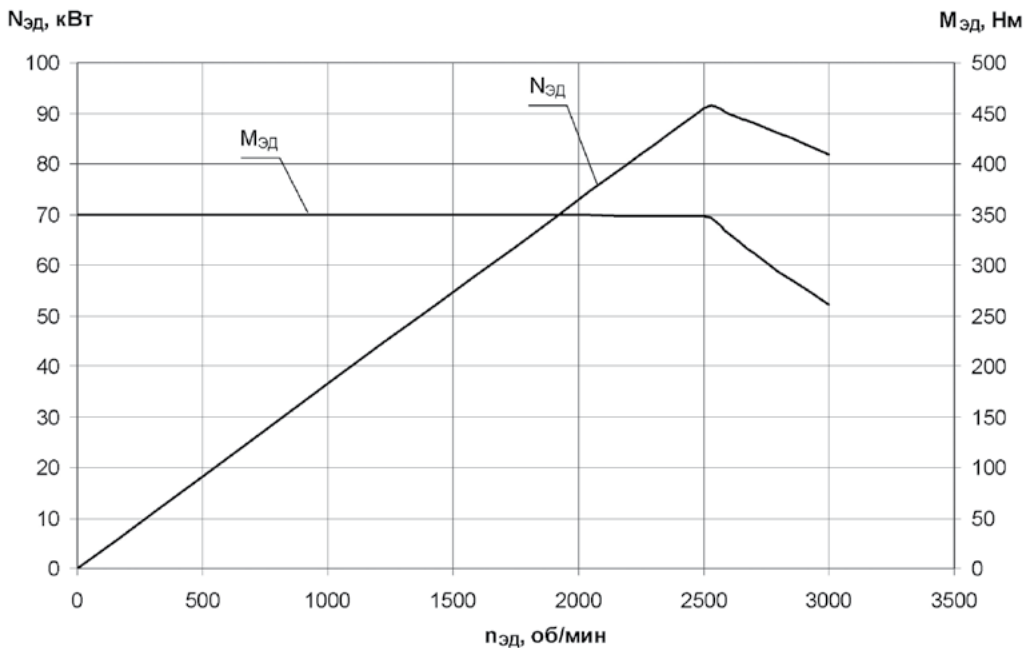


Рисунок 2. Характеристики обратной электромашин

Таблица 1. Параметры электромашины

Напряжение питания, В	340
Максимальный крутящий момент при частоте вращения 0 ÷ 2 500 об/мин, Нм	350
Минимальный уровень фазного напряжения для обеспечения максимального момента до 600 об/мин, В	160
Максимальная мощность при частоте вращения 2 500 об/мин, кВт	92
Максимальный КПД в тяговом режиме (не менее), %	93
Охлаждение	Воздушное, принудительное, от отдельного источника
Масса двигателя (не более), кг	76
Исполнение	Защищённое
Габаритные размеры без учёта вылета валов, длина × ширина × высота (не более), мм	240 × 340 × 340

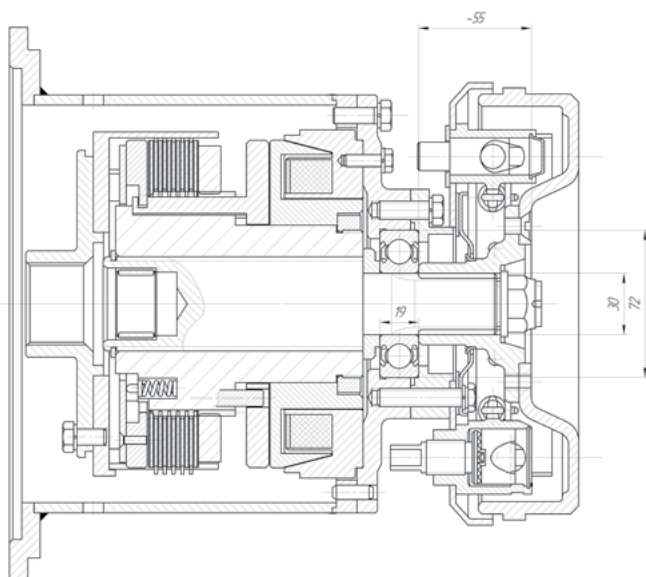


Рисунок 4. Компоновка электромагнитной муфты (со стояночным тормозом)

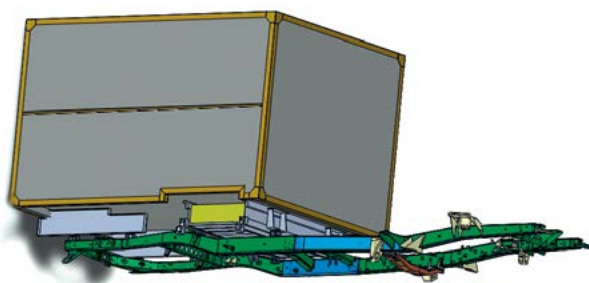
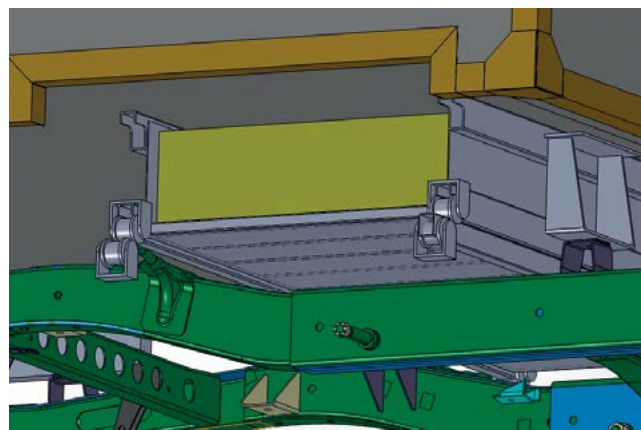


Рисунок 5. Компоновка аккумуляторных блоков

Таблица 3. Параметры аккумуляторного блока

Минимальное напряжение	30 В
Максимальное напряжение	51 В
Ток разряда номинальный/максимальный	20 А/120 А
Ток заряда номинальный/максимальный	20А /120 А
Габариты, Д × Ш × В	570 × 125 × 200 мм
Система контроля и управления	Встроенная
Масса	20 кг



Малотоннажный грузовой автомобиль



Мобильная торговая точка



Автомобиль технической помощи



Коммунальная техника

Рисунок 6.
Варианты исполнения
транспортного средства
с КЭУ

Таблица 5. Технические характеристики транспортного средства с КЭУ

Колёсная формула	4 × 4
Грузоподъёмность	800 кг
ДВС	3МЗ-5143.10
Мощность	73 кВт
Крутящий момент	210 Нм
Расход топлива в городском цикле	9,3 л/100 км
Экологический стандарт	Евро-4
Пробег в электрорежиме	40 км

элементы с системой управления ими составят систему энергообеспечения автомобиля.

С целью получения необходимого бортового напряжения при выбранных аккумуляторных элементах общее количество их должно составлять 120 штук, что позволит достичь требуемого уровня энергообеспеченности. Каждые двенадцать аккумуляторных элементов целесообразно объединить в аккумуляторный блок, имеющий собственную систему контроля и управления, транспортного средства.

Технические характеристики аккумуляторных блоков представлены в табл. 3.

Комплексная система энергообеспечения для разрабатываемого экспериментального образца транспортного средства состоит из десяти аккумуляторных блоков. Конструкция комплексной системы энергообеспечения имеет модульную структуру, что предполагает возможность варьирования числа аккумуляторных блоков в ней. Компоновка аккумуляторных блоков на разрабатываемом шасси представлена на рис. 5.

Как упоминалось выше, представленная концепция развозного малотоннажного автомобиля, созданного на базе универсального шасси с КЭУ, является не единственным возможным вариантом.

Благодаря наличию собственной КЭУ с возможностью функционирования в качестве автономной двигатель-генераторной установки (при разомкнутой электромагнитной муфте) выработка энергии для питания различного оборудования происходит непосредственно на борту автомобиля без подключения к стационарной сети или применения переносного дизель-генератора. Эта особенность наряду с преимуществами использования КЭУ позволяет создавать на базе универсального шасси множество коммерчески перспективных транспортных средств различного назначения для разных групп потреби-

телей: частных предпринимателей, муниципальных служб и т. д. На рис. 6 представлены некоторые варианты исполнения транспортного средства с КЭУ.

В настоящее время проводятся необходимые технико-экономические расчёты, которые помогут выбрать из них наиболее коммерчески перспективный для последующей реализации.

Расчётные технические характеристики разрабатываемого экспериментального образца транспортного средства с КЭУ в варианте малотоннажного грузового автомобиля представлены в табл. 5.

Выполненная работа является шагом по созданию различных по своему назначению транспортных средств, базирующихся на универсальном шасси с комбинированной энергетической установкой. Особый акцент коллектив разработчиков делает на внедрении результатов исследований в реальный сектор экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гибридные автомобили — столбовая дорога к экономичному и экологически чистому транспорту / А. Л. Карунин, С. В. Бахмутов, В. В. Селифонов, А. В. Круташов и др. // Журнал автомобильных инженеров. — 2007. — № 3. — С. 38–45.
2. Куликов И. А., Селифонов В. В., Филонов А. И. Управление комбинированной энергоустановкой автомобиля: экология или энергоэффективность? // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 1.
3. Lee H., Kim H. Improvement in Fuel Economy for a Parallel Hybrid Electric Vehicle by Continuously Variable Transmission Ratio Control // Proc. Instn. Mech. Engrs., Part D: J. Automobile Engineering. — 2005. — № 219. — P. 43–51.
4. Pu J., Yin C. Optimal Control of Fuel Economy in Parallel Hybrid Electric Vehicles // Proc. Instn. Mech. Engrs., Part D: J. Automobile Engineering. — 2007. — № 221 — P. 1097–1106.
5. Работы МГТУ «МАМИ» в области автомобилей с гибридными силовыми установками / С. В. Бахмутов, В. В. Селифонов, А. И. Филонов, И. А. Куликов и др. // Транспорт на альтернативном топливе. — 2011. — № 2 (20). — С. 17–21.
6. Kazuaki S., Kaoru K., Toshiaki K., Yuji H. Development of Electric Motors for the Toyota Hybrid Vehicle PRIUS // Toyota Motor Corporation.
7. Jonasson K. Analysing Hybrid Drive System Topologies. — Sweden, 2002. — P. 130.
8. Бахмутов С. В., Филонов А. И., Куликов И. А. Разработка развозного гибридного автомобиля с использованием отечественных компонентов // Наука и образование. — 2014. — № 6. — С. 83–92.
9. Комбинированная энергетическая установка гибридного автомобиля: пат. № 2457959 РФ / С. В. Бахмутов, Б. Э. Павлушков, В. В. Селифонов, В. В. Серебряков и др. — 2012.