

## КОНЦЕПЦИЯ СТЕНДА ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

**Н.В. Лобов, Ю.Н. Артемьев, В.К. Каюров, М.Н. Ширинкин**

Пермский государственный технический университет

*Представлена концепция экспериментального стенда гибридной силовой установки, в основе которой реализована последовательно-параллельная схема и отечественные базовые комплектующие.*

Основной тенденцией в различных сферах жизни человека является снижение затрат на эксплуатацию за счет внедрения новейших технических разработок. Известно, что чем сложнее и совершеннее механизм, тем более трудоемким и дорогим оказывается его усовершенствование. В ряде случаев, для реализации нового витка развития необходимо использовать принципиально новое, инновационное решение. Традиционные поршневые двигатели на сегодняшний день все ближе приближаются к техническому пределу своего совершенства. Дальнейшее улучшение показателей ДВС на незначительную величину в 1–2 % представляет большую проблему для разработчиков и является очень затратным. Наиболее перспективным направлением развития в данном случае могло бы быть создание электромобиля, отвечающего всем нормам. Однако реализация поставленной задачи на сегодняшний день достаточно затруднена, и, в первую очередь, по причине отсутствия технологии производства недорогих аккумуляторов. В связи с этим наиболее рациональным шагом на пути к электромобилю является создание гибридных силовых установок. Они сочетают в себе преимущества как электромобиля – высокая экологичность, низкий уровень шума, рекуперация энергии, так и плюсы автомобилей, работающих на традиционных поршневых двигателях – высокий запас хода, высокие скоростные характеристики.

Проведенный анализ существующих схем гибридных силовых установок (ГСУ) показал, что наиболее используемой и перспективной является схема компании Toyota – Hybrid Synergy Drive [3]. Такая схема включает в себя поршневой двигатель, генератор, электродвигатель, устройство распределения мощности и блок батарей. Данная схема ра-

ботает по последовательно-параллельному принципу, т.е. автомобиль, созданный по такой схеме, может перемещаться как посредством электромотора, так и при совместной работе электромотора и двигателя внутреннего сгорания. В табл. 1 представлено сравнение автомобилей одного класса, использующих гибридные силовые установки (Prius и Insight) и традиционную схему с бензиновым мотором (Toyota Auris).

Таблица 1

### Сравнение автомобилей с различными схемами ГСУ

Параметры	Honda Insight 2 (параллельная)	Toyota Auris (традиционная схема с бензиновым мотором)	Toyota Prius 3 (последовательно- параллельная)
Выбросы CO <sub>2</sub> , г/км	101	146	89
Расход, л/100 км	4,4	6,2	4
Разгон до 100 км/ч, с	12,6	11,9	10,4
Цена, EUR	19 950	22 900	25 450

Анализ табличных данных позволяет сделать следующие выводы:

- Автомобили с ГСУ имеют на 20–30 % меньший расход, существенно меньшие выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу.

- Динамика разгона автомобилей при использовании электротяги в начале движения не уступает динамике автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.

- По такому важному критерию, как цена, гибриды уже приблизились к обычным автомобилям, что обеспечивает высокий рост продаж данных авто и их дальнейшую перспективность.

Для того чтобы детально понять принцип действия силовой установки, основные кинематические соотношения и алгоритм управления, на базе кафедры «Автомобили и автомобильные хозяйства» Пермского государственного технического университета была разработана концепция лабораторного стенда ГСУ. Готовится техническое задание на создание опытного образца лабораторной установки.

Лабораторная установка разрабатывается на базе нагрузочного стенда 1DS 742N чешской фирмы VSETIN. Принципиальная схема стенда представлена на рис. 1.

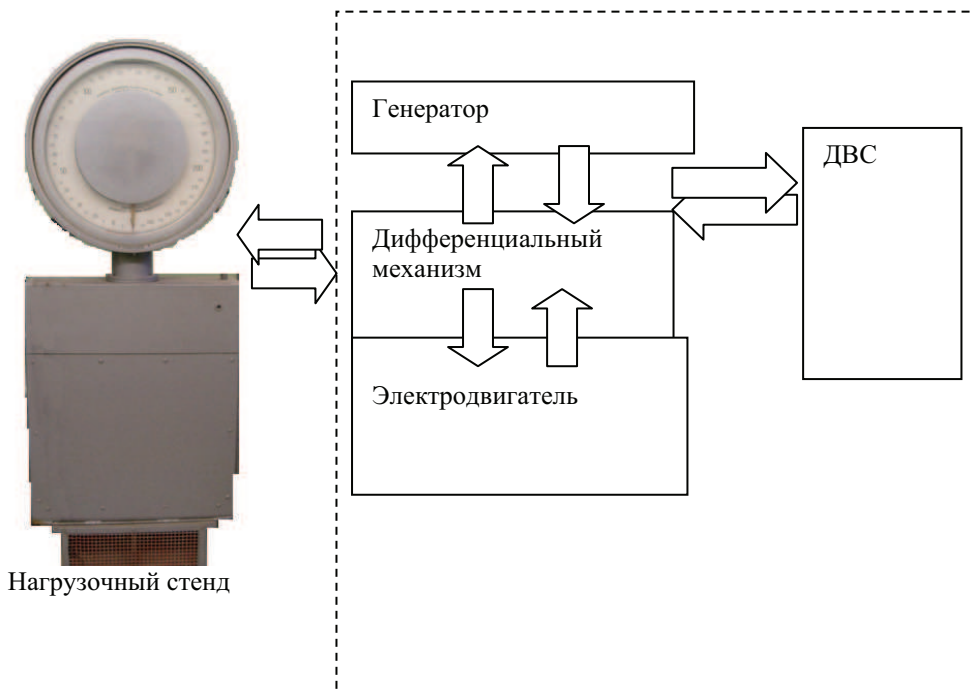


Рис. 1. Принципиальная схема стенда ГСУ

Стенд позволит воспроизвести такие основные режимы работы ГСУ, как запуск, движение на электрическом двигателе, движение на электрическом двигателе и двигателе внутреннего сгорания, движение накатом в режиме статического нагружения.

В качестве устройства распределения мощности был выбран дифференциальный механизм автомобиля Toyota Prius. На рис. 2 показана схема соединения компонентов гибридной силовой установки с дифференциальным механизмом. ДВС соединяется с водилом, генератор – с солнечной шестерней, а электродвигатель – с коронной шестерней.

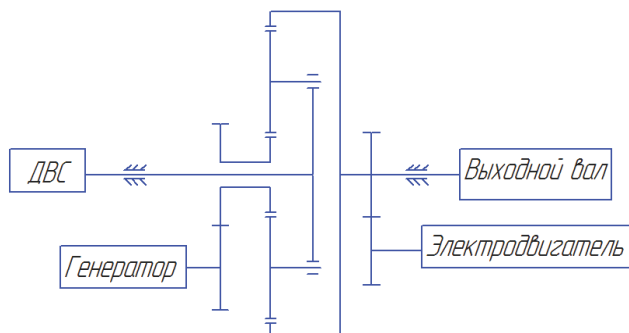


Рис. 2. Принципиальная схема соединения компонентов ГСУ с дифференциальным механизмом

Передача крутящего момента на нагрузочный стенд происходит с вала коронной шестерни через редуктор.

В ходе обзора и анализа было установлено, что для достижения наилучших топливо-экономических и экологических показателей производители используют для создания гибридных автомобилей тепловой двигатель мощностью 70–90 лошадиных сил [2].

В ходе проведенного анализа были сформулированы следующие требования к двигателю внутреннего сгорания [2]:

1) Малый размер – 400×400×700...600×600×800 мм. Подкапотное пространство транспортного средства достаточно ограничено. В нем необходимо разместить: электродвигатель, генератор, электромотор, трансмиссию.

2) Малый вес – 90–130 кг. Увеличение массы ГСУ, с одной стороны, может повлечь за собой увеличение расхода топлива, что нежелательно. С другой стороны, это делает саму разработку бессмысленной.

3) Высокая удельная литровая мощность – 30–45 кВт/л. При своих небольших размерах двигатель должен обладать высокими мощностными показателями. Использование отдельных компонентов с изначально высокими удельными показателями позволит существенно повысить удельные показатели разработки в целом.

4) Низкая стоимость – 25 000–50 000 руб. Гибридная силовая установка является дорогостоящей. Для того, чтобы снизить затраты на нее, целесообразно использовать двигатель отечественного производства.

5) Соответствие экологическим нормам ЕВРО III, IV. Собственно это одно из самых главных требований, которое предъявляется к ГСУ.

6) Экономичность – 4–8 л/100 км. ДВС с самого начала должен быть экономичным. Включение его в тандем с электродвигателем позволит достичь еще большей экономии топлива.

По данным критериям была проработана линейка двигателей Волжского автомобильного завода [2].

В результате анализа гибридных автомобилей, выдвинутых требований и исходя из предложенного ассортимента двигателей в России, для создания стенда выбор был остановлен на двигателе ВАЗ-11194. Его технические данные представлены в табл. 2.

При разработке электросиловой части, к которой, в свою очередь, относятся электродвигатель, генератор и тяговые аккумуляторы, исхо-

дили из их технических характеристик и затрат на приобретение. Последний пункт в настоящее время является наиболее актуальным.

Таблица 2

### Технические характеристики двигателя ВАЗ-11194

Тип двигателя	Бензиновый, 4-тактный, 4-цилиндровый, рядный
Вес, кг	130
Соответствие экологическим стандартам	ЕВРО-4
Удельная литровая мощность, кВт/л	45
Максимальная мощность двигателя, кВт (л.с.) при об/мин	65,5 кВт (89 л.с.) 5250
Стоимость розн./опт., руб.	51500/48000

В качестве тягового электродвигателя был выбран асинхронный двигатель переменного тока. Основными аргументами в его пользу были: способы регулирования частоты вращения, масса, габариты, и, конечно же, цена. В отличие от синхронного электродвигателя асинхронный имеет три способа регулирования частоты вращения (у синхронного лишь один). Он имеет более простую конструкцию и, соответственно, более низкую стоимость. Синхронный электродвигатель при той же мощности имеет большую массу и габариты. Двигатели постоянного тока более тщательному анализу не подвергались ввиду своих общепризнанных недостатков: наличие коллекторно-щеточного узла, жесткая механическая характеристика, большая масса при идентичной мощности. Единственным их неоспоримым преимуществом является отсутствие дорогостоящего выпрямительного устройства.

Необходимая мощность электродвигателя при разработке стенда принималась равной 15 кВт при напряжении 200 В. Как вариант для этой цели может быть использован электродвигатель АИР160S2 IM1081 3ф 15 кВт 3000 об/мин.

В силу обратимости электродвигателя каждый из них можно использовать в качестве генератора. Исходя из преимуществ асинхронного электродвигателя, можно сделать вывод в пользу генератора на его основе. Вся разница будет в том, что механический момент с вала будет не сниматься, а подводиться к нему.

В качестве тяговых аккумуляторов наибольшее распространение на гибридных автомобилях получили никель-кадмиевые, никель-

металлогидридные и литий-ионные. Все они обладают высокими удельными (по отношению к массе) показателями. Поскольку основной целью при разработке лабораторной установки было создание стационарного стенда, масса аккумуляторной батареи не являлась лимитирующим фактором. Поэтому выбор был сделан в пользу недорогих, проверенных временем свинцовых батарей. Для лабораторной установки потребуется 100 аккумуляторов по 2 В, емкостью 190 Ач каждый. Это даст в сумме необходимые 200 В постоянного напряжения.

*Вывод.* Разработанная концепция ГСУ с использованием последовательно-параллельной схемы позволит реализовать поставленную задачу по созданию экспериментального лабораторного стенда, базирующегося на отечественных компонентах. Применение отечественных компонентов позволит существенно сократить затраты на этапе освоения и последующей эксплуатации ГСУ.

### Список литературы

1. Хамидуллин Р.П., Филькин Н.М., Лукин Е.В. Обзор и анализ гибридных автомобилей, созданных в мире // Материалы 53-й Международ. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров. – Ижевск: Парацельс, 2006. – С. 217–230.

2. Ширинкин М.Н., Лобов Н.В. Обоснование выбора компоновочной схемы для создания опытного образца гибридной силовой установки: материалы II МНТК «Эксплуатация и методы исследования систем и средств автомобильного транспорта» // Вестник ТулГУ. Вып. 2. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – С. 216–223.

3. Артемьев Ю.Н., Лобов Н.В. Обоснование типа базовых элементов электросиловой части гибридной силовой установки автомобиля: материалы II МНТК «Эксплуатация и методы исследования систем и средств автомобильного транспорта» // Вестник ТулГУ. Вып. 2. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – С. 119–122.

4. Каюров В.К., Лобов Н.В. Обоснование выбора двигателя внутреннего сгорания для создания опытного образца гибридной силовой установки автомобиля материалы II МНТК «Эксплуатация и методы исследования систем и средств автомобильного транспорта» // Вестник ТулГУ. Вып. 2. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – С. 165–171.

Получено 28.06.2010