

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКУПЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Пузаков А.В., канд. техн. наук, Плахотя Д.С.
Оренбургский государственный университет

Транспортные средства с гибридными силовыми установками (ГСУ) содержат двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и один и более электромоторов. Различают несколько типов ГСУ. В микрогибридах электродвигатель служит для реализации функции СТАРТ-СТОП, в средних гибридах электродвигатель только поддерживает ДВС, обеспечивая дополнительную приводную мощность при различных режимах работы. В полных гибридах наряду с движением транспортного средства от ДВС, возможно движение исключительно на основе применения электроэнергии. В гибридах с увеличенным запасом хода движение с помощью ДВС невозможно, он служит исключительно для заряда аккумуляторной батареи.

В ГСУ с параллельной схемой требуется только один мотор-генератор, который применяется как в качестве двигателя, так и в качестве генератора и механически соединён с ДВС.

В ГСУ с раздельной схемой, применяемой компанией Toyota, ДВС и электродвигатель соединены планетарной передачей, поэтому возможно движение как с помощью ДВС, так и помощью электродвигателя.

Если в автомобиле имеется ещё один электродвигатель, то получаем полноприводный вариант раздельной схемы.

В ГСУ с последовательной схемой ДВС не соединён с ведущим мостом. Сначала энергия двигателя внутреннего сгорания от генератора преобразуется в электрическую энергию. Мощность, которая необходима для движения транспортного средства, передаётся на приводной вал исключительно электродвигателем.

В гибридах с увеличенным запасом хода взаимодействие ДВС, электродвигателя и аккумулятора определяет различные режимы работы: работа от электродвигателя на передней оси; ускорение; генераторный режим; рекуперативное торможение.

Работа от электродвигателя на передней оси.

Движение на основе применения электроэнергии, при котором транспортное средство и на больших дистанциях приводится в движение электродвигателем. При этом режиме работы транспортное средство может двигаться почти бесшумно и без выбросов вредных веществ в атмосферу.

Ускорение.

В режиме ускорения момент создают электродвигатели передней и задней оси. Благодаря сложению моментов двух двигателей автомобиль обретает высокие динамические качества.

Генераторный режим.

При генераторном режиме ДВС работает с постоянной, оптимальной частотой вращения коленчатого вала, приводя в действие генератор. Аккумуляторная батарея (АКБ) заряжается.

Рекуперативное торможение.

При рекуперативном торможении транспортное средство тормозится не с помощью момента сил трения, а посредством генераторного тормозного момента электродвигателя. Электродвигатель работает как генератор и преобразует кинетическую энергию транспортного средства в электрическую энергию, которая накапливается в АКБ.

В настоящее время практически не выпускают стендов, позволяющих изучать режимы работы ГСУ, несмотря на то, что автомобили, оснащённые ими, приобретают все большую популярность.

Таким образом, на кафедре ТЭРА Оренбургского государственного университета было принято решение спроектировать стенд [1], который будет являться физической моделью ГСУ с увеличенным запасом хода. Основой конструкции стенда являются машинный и зарядный агрегаты, смонтированные на раме (см. рисунок 1). Поскольку стенд является моделью полноприводного автомобиля, то машинный агрегат содержит два электродвигателя жёстко связанных между собой с помощью муфты. Электродвигатели имитируют привод передней и задней оси, а нагрузочный двигатель, связанный с ними посредством ремённой передачи, осуществляет нагрузку этих двигателей. Достоинство данной схемы в том, что при подключении второй оси суммарные обороты не увеличиваются, увеличиваются мощность и крутящий момент, обеспечивая полноценную имитацию условий движения.

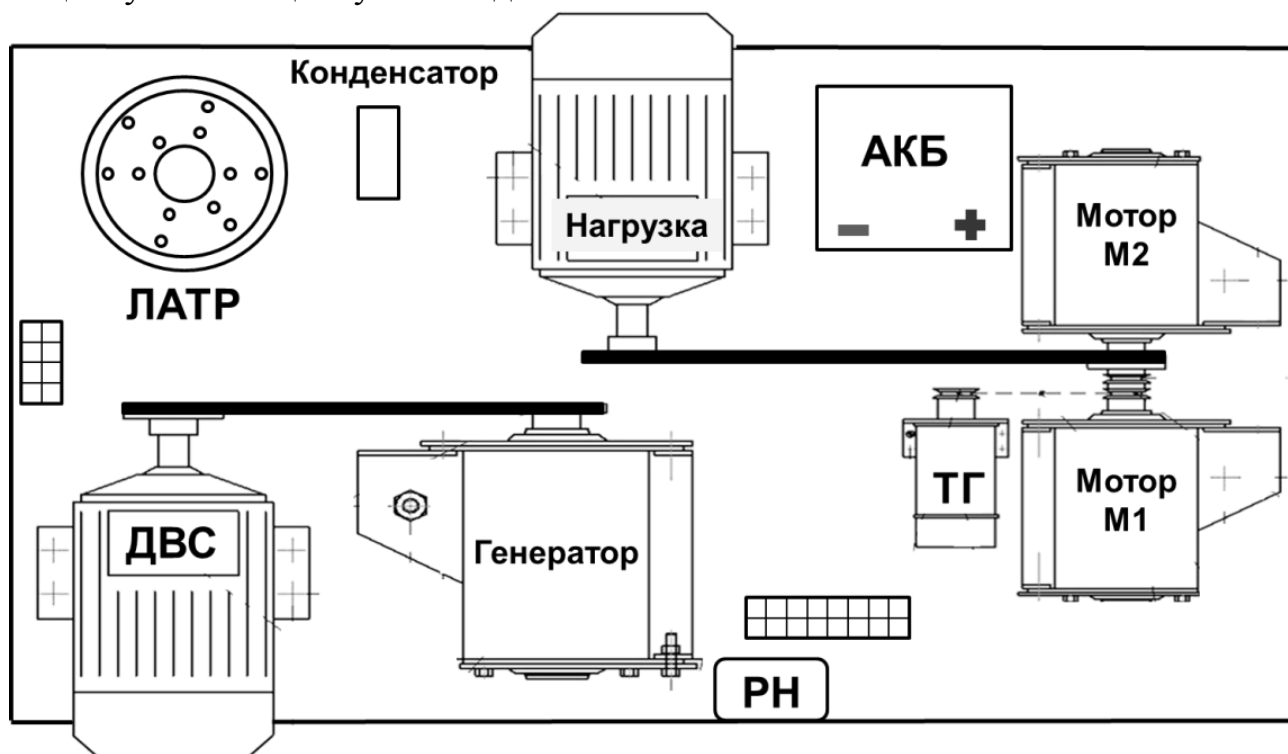


Рисунок 1 – Схема размещения узлов на раме

Кроме того, на раме смонтирован зарядный агрегат, состоящий из асинхронного электродвигателя, имитирующего ДВС и электрогенератора, обеспечивающего заряд АКБ. В подобных установках ДВС работает с одной, наиболее выгодной частотой вращения коленчатого вала, также, как и асинхронный двигатель нашего стенда.

На лицевой панели стенда (см. рисунок 2) присутствуют вышеперечисленные узлы и агрегаты, переключатели S1-S4 позволяющие изменять режим работы ГСУ и измерительные приборы, контролирующие параметры рабочих процессов

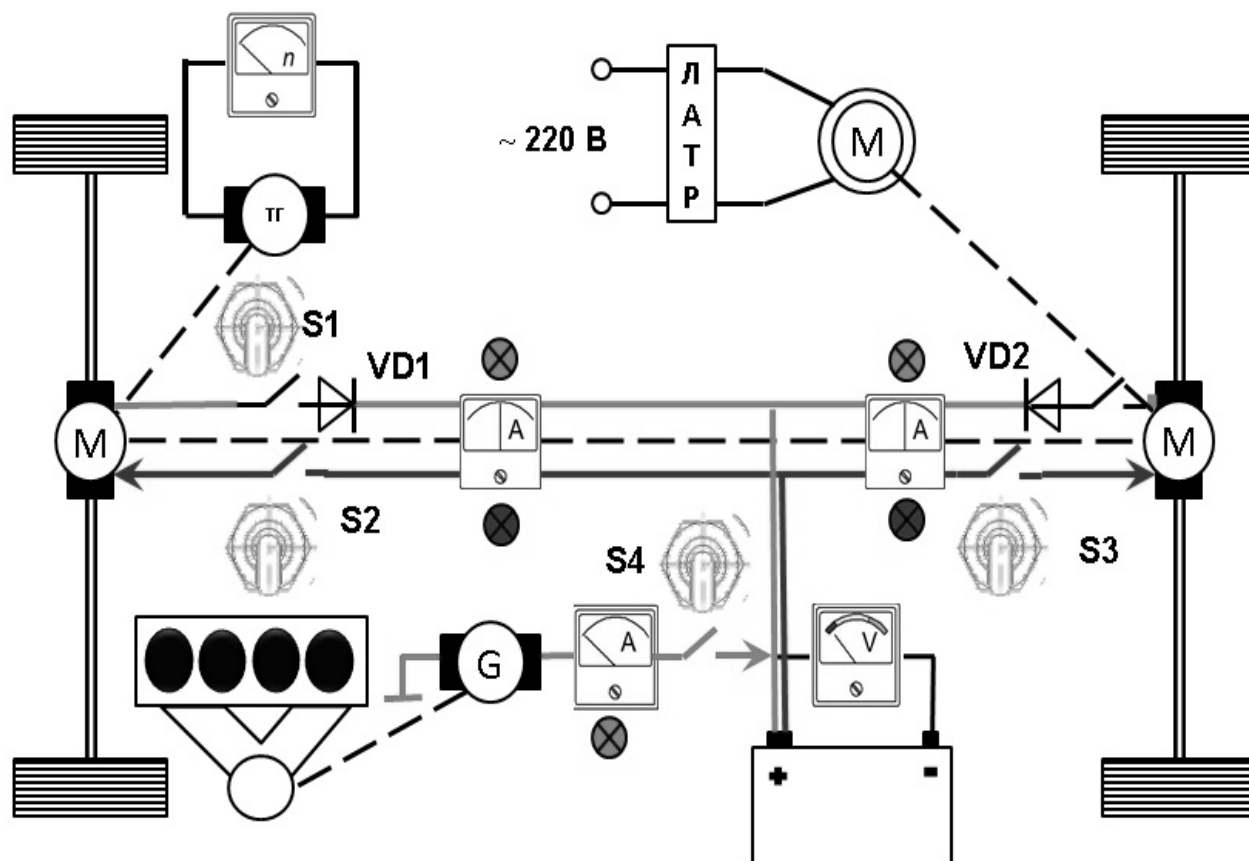


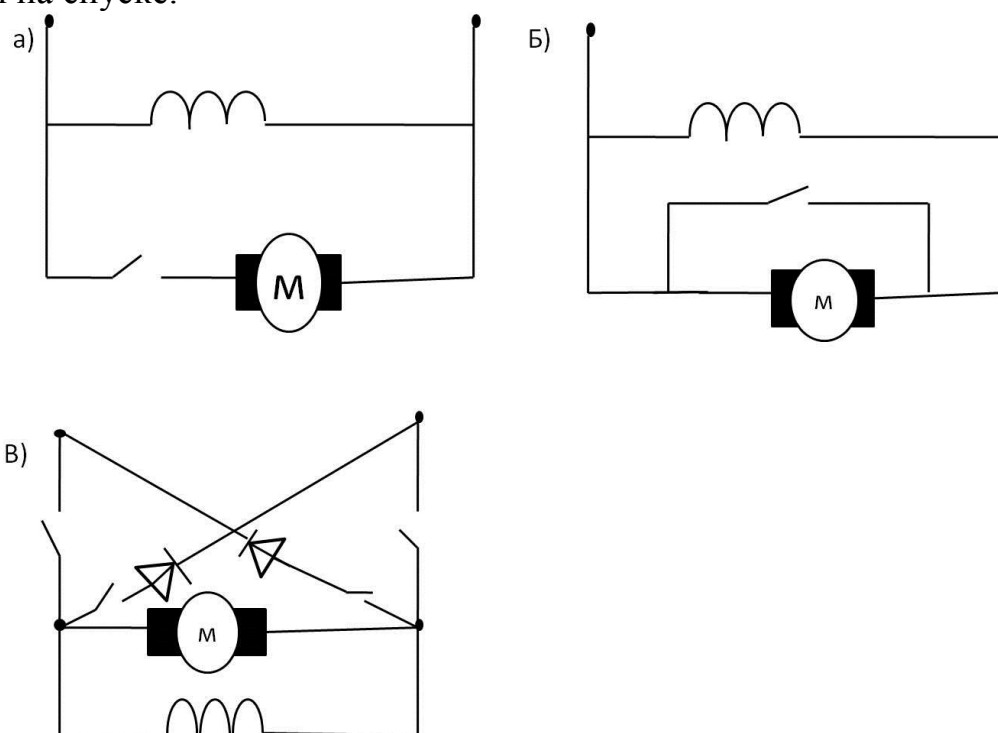
Рисунок 2 – Лицевая панель стенда

Для замедления и остановки автомобиля служат тормозные системы, в которых кинетическая энергия движения преобразуется в тепловую энергию в тормозных механизмах. В гибридных автомобилях и электромобилях для замедления можно использовать свойство обратимости электрических машин, то есть перевод из двигательного режима в генераторный.

Рассмотрим существующие способы реализации замедление транспортных средств с помощью электродвигателей (рисунок 3). При отключении электродвигателя от источника питания его вращение замедляется под действием сил трения, что, при большом моменте инерции, занимает продолжительное время (рисунок 3, а).

Сокращение времени торможения электродвигателя возможно при так называемом электродинамическом торможении (рисунок 3, б). При этом обмотка якоря замыкается «накоротко», что обеспечивает практически моментальную остановку. Однако кинетическая энергия ротора электродвигателя, в этом случае также преобразуется в тепловую.

Для того чтобы эффективно использовать кинетическую энергию ротора электродвигателя служит рекуперативное торможение (рисунок 3, в). В этом режиме также происходит быстрое замедление электродвигателя, однако часть электроэнергии, образующая в процессе торможения, поступает обратно к источнику питания. В условиях транспортных средств это дает возможность подзаряда аккумулятора не только в процессе торможения, но и при движении автомобиля на спуске.



а) простое торможение, б) электродинамическое торможение, в) рекуперативное торможение

Рисунок 3 – Схема режимов электрического торможения

На лабораторном стенде был реализован рекуперативного торможения, при этом источнику питания возвращается порядка 5% электроэнергии. На реальном автомобиле размер возвращенной энергии может достигать 15% за счет более высокого момента инерции.

Список литературы

1. Осаулко, Я.Ю. Разработка стенда для изучения режимов работы гибридных силовых установок / Я.Ю. Осаулко, А.В. Пузаков // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Междунар. науч.-практ. конф.

студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-15 дек. 2015 г., Тюмень. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2015. – В 2-х томах. Т. 2. – С. 91-94.

2. Плахотя, Д.С. Разработка стенда для изучения режимов работы гибридных силовых установок / Д.С. Плахотя, Д.А. Рыбчук, А.А. Мотовилов // Управление качеством в транспортной и социальной сферах: сборник научных трудов студентов: под. Ред. В.И. Рассохи. – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 23-26