

УДК 629.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАТИВНОГО
ТОРМОЖЕНИЯ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ
RESEARCH EFFICIENCY REGENERATIVE BRAKING
HYBRID CAR

В.Я. Двадненко, д-р техн. наук, с.н.с.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков, Украина

V. Dvadenko, Doctor of technical sciences, researcher.
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv, Ukraine

В работе проведен анализ рекуперативного торможения гибридных автомобилей. Повышена эффективность силовой установки гибридного автомобиля за счет более гибкого регулирования времени и мощности рекуперативного торможения. Полученные теоретические и экспериментальные результаты имеют практическое значение для транспортной отрасли.

The analysis of recuperative braking of hybrid cars is carried out in the work. The proposed improvements to this braking allow to increase the efficiency of the power plant of the hybrid car due to more flexible regulation of the time and power of regenerative braking. The theoretical and experimental results obtained are of practical importance for the transport industry.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из возможных путей решения проблемы энергосбережения и защиты окружающей среды является использование гибридных автомобилей или переоборудование обычного автомобиля с ДВС в гибридный [1, 2]. Для снижения стоимости эксплуатации автомобиля и уменьшения вредных выбросов необходимо свести к минимуму время работы ДВС в таких автомобилях. Этого можно достичь за счет рекуперативного торможения, системы старт-стоп, а также за счет более рационального использования кинетической и потенциальной энергии движущегося автомобиля [3].

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ

Разработанная система рекуперации применена в подзаряжаемом гибридном автомобиле на основе переоборудованного автомобиля Lanos-pickup. Тяговый вентильный электродвигатель (ВЭД) разработан на основе автомобильного генератора Г290Б. Реализована параллельная схема гибрида, для чего вал электродвигателя через поликлиновую ременную передачу связан с вторичным валом механической коробки передач (МКП).

Автомобиль представляет собой результат недорогой конверсии обычного автомобиля в подзаряжаемый гибрид, обеспечивающий возможность использования его в режимах гибридного автомобиля (городское движение), электромобиля (для коротких поездок, движения в помещениях складов, магазинов), и обычного бензинового автомобиля (при большом суточном пробеге или когда разряжена тяговая аккумуляторная батарея (АБ)). Зарядка АБ производится от сети. Управление автомобилем в гибридном режиме мало отличается от управления обычным автомобилем. Добавлен тумблер между сиденьями водителя и пассажира для управления электроприводом. После включения зажигания при нейтральном положении коробки передач и неработающем ДВС водитель нажимает на педаль акселератора. Если рычажок тумблера установлен вперед – автомобиль едет вперед, если назад – автомобиль едет назад. Рычажок в среднем положении – режим обычного бензинового автомобиля. Управление педалями акселератора и тормоза, как в автомобиле с автоматической коробкой передач, что упрощает управление, особенно в заторах. После достижения скорости 35-40 км/час водитель нажимает педаль сцепления, включает сразу 4 передачу, и, отпустив педаль сцепления, едет на ДВС. Запуск ДВС и отключение электропривода происходит автоматически. Подъезжая к месту остановки, водитель ставит рычаг коробки передач в нейтральное положение, тормозит (рекуперация, потом тормозная система), и автомобиль останавливается с заглушенным ДВС. Холостого хода в гибридном режиме у ДВС нет. Улучшение экономических и экологических характеристик достигается использованием вместо неэкономичных режимов работы ДВС недорогой энергии из электрической сети. Расход бензина снижается в городских условиях в 2-3 раза, особенно в условиях транспортных заторов. Повышение экономичности и уменьшение

нагрузки на стартер достигается запуском ДВС без включения стартера. Такой запуск работает при движении автомобиля со скоростью не менее 40 км/ч, когда кинетическая энергия автомобиля, позволяет запустить ДВС быстро и без дискомфорта для водителя и пассажиров [3]. При стоящем или движущемся с низкой скоростью автомобиле используется стартерная система пуска. Важным элементом повышения экономичности и эффективности автомобиля является гибкое управление рекуперативным торможением, осуществляемое при разомкнутой трансмиссии. В конверсионном гибридном автомобиле появляется удобная возможность наилучшего использования кинетической и потенциальной энергии автомобиля непосредственно для его движения, благодаря тому, что появилась возможность иметь очень хороший накат. Обесточенный ВЭД с электромагнитным возбуждением, практически не оказывает сопротивления вращению (чего нельзя сказать о ВЭД с постоянными магнитами). В то же время есть удобная возможность электрического торможения с помощью ВЭД. Служебное торможение ВЭД включается вместе со «стоп-сигналом» путем отвода от упора педали тормоза, когда включение «стоп-сигнала» уже произошло, а контакта колодок с дисками или барабанами еще нет. Допустимость движения «накатом» появляется потому, что можно, слегка нажав на педаль тормоза, реализовать торможение с помощью ВЭД. Простое многократное включение и выключение замедления путем отведения педали тормоза от упора позволяет водителю гибко регулировать замедление при движении в потоке, и, тем самым, использовать кинетическую и потенциальную энергию автомобиля непосредственно для его движения, без потерь из-за преобразования в другие виды энергии, как происходит при рекуперации. В подзаряжаемом гибридном автомобиле не удается обеспечить необходимую эффективность электрического торможения во всех условиях, например, когда АБ достаточно заряжена. Для решения этой проблемы электрическая энергия, вырабатываемая ВЭД, сохраняется не только путем зарядки АБ, но и путем электрического подогрева охлаждающей жидкости системы охлаждения ДВС. Тем самым создается требуемый тормозной момент и кроме того улучшается тепловой режим ДВС, который в гибридном режиме часто не работает. Разработанная система управления поддерживает тормозной момент при реостатном торможении и при зарядке АБ с

помощью изменения коэффициента заполнения импульсного преобразователя, а также обеспечивает зарядку АБ как при ЭДС вращения выше напряжения АБ, так и при ЭДС вращения ниже напряжения АБ [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана усовершенствованная система рекуперативного торможения, позволяющая более эффективно использовать энергию движущегося автомобиля, при определенной скорости автомобиля, пуск ДВС осуществляется без стартера; энергия рекуперативного торможения используется как для зарядки аккумулятора бортовой сети, так и для электрического нагрева охлаждающей жидкости. Данная система рекуперации позволит повысить экономичность, экологическую безопасность и комфортабельность автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ник Гиббс. Плагин-гибриды будут преобладать среди автомобилей с электрофицированным приводом в Европе / Ник Гиббс // *Automotive News Europe* // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2015. – № 6 (95). – С. 20–21.
2. Бажинов О.В. Конверсія легкового автомобіля в гібридній: монографія / О.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, Х. Мауш. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 200 с.
3. Dvadnenko V. Hybrid Vehicle Control System / В.Я. Двадненко // *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – 2016. – Вып. 38. – С. 149–154.
4. Двадненко В.Я. Математическая модель тягового вентильного электродвигателя в режиме рекуперативного торможения / В.Я. Двадненко // *Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр.* – 2015. – Вып. 70. – С. 122–136.