

Моделирование гибридного электромобиля в среде Matlab

Морозько О.А.; Петренко Ю.Н.

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов»

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

e-mail: o.morozko@mail.ru, ypetrenko@bntu.by

Аннотация—Большую популярность в настоящее время обрела силовая схема гибридного электромобиля под названием “Гибридный синергетический привод” (Hybrid Synergy Drive). Разработана математическая Matlab-модель современной силовой части трансмиссии с планетарным дифференциалом.

Ключевые слова: гибридный электромобиль, гибридный синергетический привод, планетарный дифференциал, Matlab моделирование.

I. ВВЕДЕНИЕ

Гибридный автомобиль сочетает в себе преимущества электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Это больший коэффициент полезного действия электромобилей (80-90% у электромобиля против 35-50% у ДВС) и большой запас хода на одной заправке автомобиля с ДВС. В настоящее время существует большое разнообразие схем исполнения гибридных электромобилей (ГЭМ). Наиболее распространены следующие типовые схемы подключения двигателя и накопителя к приводу [1]:

1) Параллельная. Двигатель и накопитель соединены дифференциалом, который соединен с приводом колес. Используется в автомобилях с Integrated Motor Assist (Honda). Характеризуется простотой (возможно применение вместе с механической коробкой передач) и низкой стоимостью.

2) Последовательная. Основной источник тока (самое распространённое решение двигатель внутреннего сгорания+электрический генератор) соединен только с накопителем, который в свою очередь соединён с тяговым электродвигателем. В легковых автомобилях пока используется редко (ё-мобиль) [2].

3) Последовательно-параллельная. Система может работать как последовательно, так и параллельно, в зависимости от режима работы. Реализовано в автомобилях с Hybrid Synergy Drive (Toyota) [3].

II. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ГЭМ

Большую популярность в настоящее время обрела схема под названием “Гибридный синергетический привод” (Hybrid Synergy Drive) [4]. Неоспоримым доказательством этого являются присужденные автомобилям с данным типом трансмиссии в нынешнем году международные награды: The 2012 Urban Green Vehicle of the Year Award [5], Green Car Report's Best Car to Buy 2012 [6].

III. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для анализа эффективности разрабатываемых сложных многокомпонентных схем, какой и является силовая схема ГЭМ, а также проведения различного рода модификаций и их испытаний с минимальными затратами, инженерами всего мира широко используется метод компьютерного моделирования. Из перечня доступного для широкого пользования инженерного программного обеспечения для данных целей наиболее приспособленной является среда Matlab [7].

За основу для исследований была взята Matlab-модель трансмиссии гибридного электромобиля, размещенная на официальном сайте Matlab [8]. Данная модель была разработана для первого поколения гибридного синергетического привода и, ввиду интенсивного развития данной области автомобилестроения, нуждалась в модернизации, доработке и перенастройке:

1) *Как и прежде, бензиновый и электрический двигатели взаимодействуют с главной передачей и генератором посредством планетарного дифференциала. В новой модели планетарных механизмов стало два. Кольцевая шестерня у них общая, она соединена с главной передачей. Водило первой планетарной передачи зафиксировано, а солнечная шестерня приводится электродвигателем. Эта передача служит понижающим редуктором для электромотора. Его наличие – это главное отличие новой модели от предыдущей, где мотор приводил главную передачу напрямую. Вторая планетарная передача служит дифференциалом между бензиновым двигателем (водило), генератором (солнечная шестерня) и главной передачей. Эта схема позволяет всем источникам и потребителям энергии делиться крутящим моментом, вращаясь при этом с любой удобной для них скоростью. Новый высокооборотный электродвигатель стал значительно компактнее и легче, при этом мощность его увеличилась с 67 до 80 л.с (с 50 до 60 кВт).*

2) *Рабочий объем ДВС в третьем поколении увеличился с 1,5 до 1,8 л, при этом расход топлива уменьшился: за счет высокого крутящего момента мотор в большинстве режимов работает на более низких оборотах. Мощность ДВС увеличилась с 76 до 98 л.с (с 57 до 73 кВт) [9].*

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы удалось получить математическую модель гибридной трансмиссии современного автомобиля пригодную для дальнейшего исследования и модификаций [10]. Внешний вид данной модели показан на рисунке 1. При построении модели использовались стандартные блоки следующих библиотек Matlab: Simulink, SimPowerSystems и SimDriveline. Данная модель содержит множество встроенных внутренних подсистем (на рисунке не видны), которые объединены в ряд наиболее крупных [11]: систему распределения энергии, электрическую систему [12], ДВС, планетарный дифференциал и систему динамики ГЭМ.

Упрощенно алгоритм работы гибридного привода следующий: На скорости выше средней бензиновый двигатель передаёт часть энергии (через водило и корону планетарной передачи) непосредственно на передние колеса, оставшаяся часть (через водило и солнечную шестерню) идет на электрогенератор. От генератора часть тока ответвляется на подзарядку батареи, а часть возвращается (через инвертор 500 В) на тяговый электромотор, который вращает передние колеса через коронную шестерню. При обгоне (максимальном ускорении) компьютер прекращает подзарядку батареи и направляет весь ток от генератора на электромотор. Кроме того, ток от батареи через инвертор также поступает на электромотор. При торможении компьютер выключает бензиновый двигатель, а электродвигатель переключается в режим генерации тока и возвращает энергию в батарею (рекуперация). На малой скорости (до 50 км/ч) автомобиль работает в режиме электромобиля, получая энергию только от батареи. На практике разнообразие режимов работы привода намного больше, и сменяются они очень часто.

- [1] Yuliang Leon Zhou, "Modeling and Simulation of Hybrid Electric Vehicles", University of Science & Tech. Beijing, Master of applied science thesis, 2007.
- [2] Гулия Н.В., Давыдов В.В., Лаврентьев А.И. Радикальное повышение эффективности силовой установки гибридного автомобиля. ЗАО «Комбарко», г. Москва.
- [3] Технические характеристики Toyota Prius [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.toyota.com/prius/specs.html>.
- [4] Meisel, J. An analytic foundation for the Toyota Prius THS-II powertrain with a comparison to a strong parallel hybrid-electric powertrain. in SAE 2006 World Congress. 2006. Detroit, MI.
- [5] "Toyota Prius Plug-in Earns 2012 Urban Green Vehicle Award". Toyota USA Newsroom. 2011-10-27. Retrieved 2011-10-29.
- [6] John Voelcker (2011-11-28). "2012 Toyota Prius: GreenCarReports' Best Car To Buy 2012". Green Car Reports. Retrieved 2011-12-04.
- [7] Лазарев, Ю.Ф. Начала программирования в среде MATLAB: Учебное пособие. – К.: НТУУ «КПИ», 2003. – 424 с. – Режим доступа: http://www.mathworks.com/products/simmechanics/download_smlink_confirmation.html. - 01.02.2011.
- [8] Patrice Brunelle, "Hybrid Electric Vehicle (HEV) Power Train Using Battery Model", Режим доступа: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange>.
- [9] Сергей Апресов. Развивающая игрушка: Toyota Prius. Популярная механика. – январь 2010. Режим доступа: <http://www.popmech.ru>.
- [10] Westbrook, M., The Electric Car: Development and future of battery, hybrid and fuel-cell cars. IEE Power and Energy Series 38, ed. A. Johns and D. Warne. 2001, London, United Kingdom: Institution of Electrical Engineers.
- [11] Karen L. Butler, Member, IEEE, Mehrdad Ehsani, Fellow, IEEE, Preyas Kamath, Member, IEEE, "A Matlab-Based Modeling and Simulation Package for Electric and Hybrid Electric Vehicle Design", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 48, NO. 6, NOVEMBER 1999, pp. 1170-1178.
- [12] Karteek Gummi, Mehdi Ferdowsi, Member, IEEE. "Double-Input DC–DC Power Electronic Converters for Electric-Drive Vehicles—Topology Exploration and Synthesis Using a Single-Pole Triple-Throw Switch", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 57, NO. 2, FEBRUARY 2010, pp. 617-623.

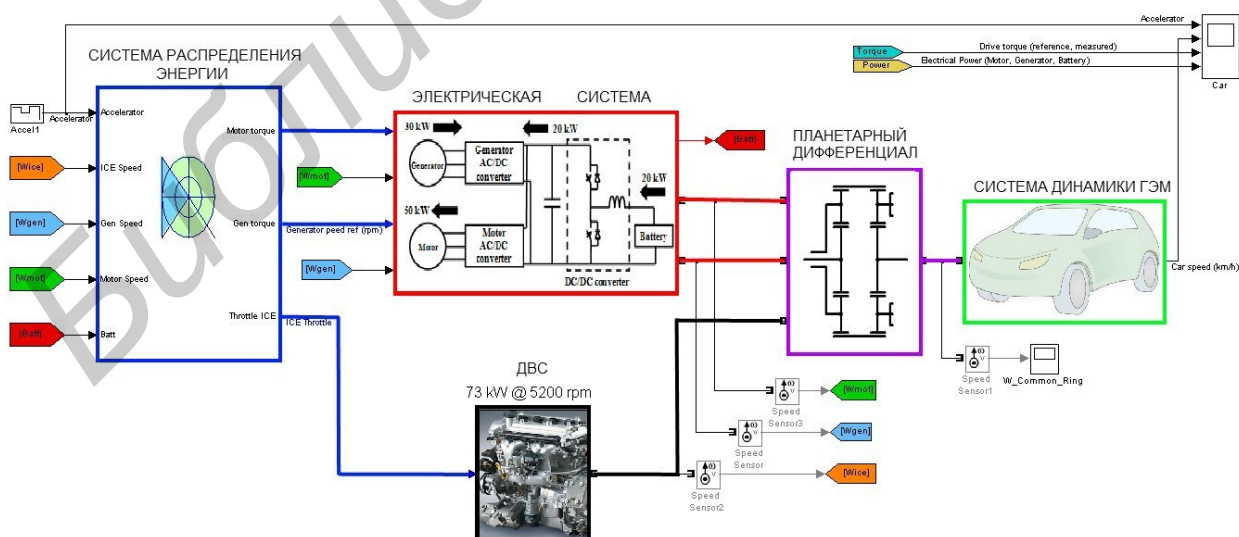


Рис. 1. Математическая модель ГЭМ в Matlab