



УДК: 621.313:629.331.1:544.653

ELECTRIC VEHICLE WITH HYDROGEN FUEL CELLS
ЭЛЕКТРОМОБИЛИ С ВОДОРОДНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**Vynakov O. F. / Винаков А.Ф.***s.t.s., as.prof / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6630-8986

Savolova E.V. / Савёлова Э.В.*senior lecturer / ст. препода.*

ORCID: 0000-0001-9266-9323

SPIN: 0000-0000-7610-8563

Yarmolovych V.Y. / Ярмолович В.Я.*senior lecturer / ст. препода.*

ORCID: 0000-0002-0708-2972

Ezerovych D.M. / Эзерович Д.М.*student / студент**Odessa National Polytechnic University, Odessa, Shevchenko ave. 1, 65045**Одесский национальный политехнический университет, Одесса, пр-кт Шевченко 1, 65045*

Аннотация. С ухудшением экологической обстановки всё более актуальной становится идея создания «чистого» автомобиля, который сделает общество независимым от загрязняющей окружающей среду ископаемого топлива, запасы которого ограничены и по оценкам экспертов будут истощены приблизительно через шестьдесят лет. Таким транспортным средством может стать электромобиль с электрохимическим генератором, устройство которого более подробно рассмотрено на примере автомобилей Toyota Mirai и Honda Clarity Fuel Cell.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, автомобиль с топливными элементами, водородный автомобиль, Toyota Mirai, Honda Clarity Fuel Cell, экологическая безопасность.

Вступление.

По мере ухудшения экологической обстановки идея создания «дружественного» к окружающей среде средства передвижения становится всё более актуальной, ведь согласно последним исследованиям 70 % вредных выбросов в атмосферу приходится на автомобильный транспорт. Во многих развитых странах на государственном уровне разработаны программы по отказу от производства и эксплуатации автомобилей с ДВС и заменой их на авто на электротяге. С одной стороны это поддерживается системой «суперкредитования» для производителей, снижения таможенных пошлин на ввоз, частичным возмещением стоимости и гарантией бесплатной зарядки для покупателей электромобилей, а с другой – ужесточением норм на выхлоп CO₂ и увеличением штрафов за их превышение.

Но, чтобы стать экологически чистым транспортным средством, электромобиль необходимо, как минимум зарядить от экологически чистого возобновляемого источника энергии. А доля получаемой таким образом электроэнергии и поступающая на заправочные станции сегодня, составляет всего 3,3 % общего объёма.

Основной текст.

Решить данную проблему можно за счет размещения «на борту» электромобиля не только устройства хранения электрической энергии



(аккумуляторной батареи), но и её получения с помощью водородных топливных элементов, обеспечивающих создание постоянного электрического тока для питания электродвигателя, приборов системы освещения и других электросистем.

Эту идею осуществили Toyota Motor Corp и Honda Motor Co, запустив производство серийных автомобилей Toyota Mirai и Honda Clarity, электродвигатели которых работают за счет энергии блока из последовательно соединённых ячеек – водородно-кислородных топливных элементов (электрохимического генератора).

Существует шесть видов топливных элементов, отличающихся материалом электродов и электролитов, температурным диапазоном, но приоритетным в области легкового транспорта стало использование низкотемпературных топливных элементов с полимерно-электролитной мембраной (PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL - PEMFC).

Топливный элемент PEMFC состоит из тонкой полимерной мембраны, разделяющей анод и катод: угольные пластины – матрицы, на поверхность которых нанесен слой катализатора чаще всего из платины или платинового сплава. Такая сборка носит название мембранно-электродного блока (MEA). К аноду подаётся водород, а к катоду - кислород (из воздуха). Под действием катализатора на аноде молекула водорода разделяется на протоны, проникающие через мембрану к катоду, и электроны, поступающие во внешнюю цепь электродвигателя. На катоде катионы водорода соединяются с молекулами кислорода из воздуха и свободными электронами, образуя водяной пар [1].

Мембранно-электродные блоки соединяются в батарею с помощью биполярных пластин (БП), которые обеспечивают раздельное снабжение каждого блока водородом и воздухом, предотвращая их смешивание, отвод продуктов реакции и съём вырабатываемого тока. Для поддержания постоянной концентрации кислорода на рабочей поверхности мембраны поверхность БП покрывается сетью газовых каналов специально рассчитанного профиля. Для обеспечения максимально возможного тока БП должна иметь малое электрическое сопротивление в поперечном сечении, для длительной работы в агрессивной среде - коррозионную стойкость, для обеспечения водного баланса («водного менеджмента») – быть гидрофобной, для поддержания необходимой рабочей температуры (быстрого разогрева MEA на старте и эффективного отвода выделяющегося тепла) – обладать высокой теплопроводностью.

Все эти функции БП и качество работы топливного элемента в целом зависят от архитектуры газовых каналов, их геометрической формы. Чтобы обеспечить хороший газообмен, они не должны быть слишком узкими, в то же время для обеспечения необходимой плотности газового потока – слишком широкими. Обычно в катодной области каналы линейные и максимально короткие, а в анодной – спиралевидные или змеевидные, что связано с падением парциального давления кислорода [2].

Водородный генератор Toyota Mirai состоит из 370 таких ячеек (весом 102



грамма и толщиной 1,34 мм), имеет объём 37 л, вес 56 кг, мощность 114 кВт и находится под передними креслами. Проводимость протонно-обменных мембран в них поддерживается за счёт использования синтезируемой влаги, отвод которой ускоряется за счёт специально разработанного рельефа титановых пластин катода [3].

Они не требуют применения увлажнителя. Эффективность генерации электричества повышена за счет использования тончайших 3D каналов. Каналы расположены в тонкой трехмерной решетчатой структуре и повышают дисперсию воздуха (кислорода), что позволяет достичь равномерной выработки электроэнергии на поверхности ячеек [4].

Каркас блока топливных элементов изготовлен из термопластичного армированного углеродным волокном пластика. Это легкий, прочный и легко внедряемый в массовое производство материал. Он защищает FC Stack, поглощая удары от неровностей дорожного покрытия.

У Honda Clarity топливные элементы соединены с силовой электроникой и тяговым электромотором в единый блок, по размеру равный бензиновому 3,5 литровому двигателю V6, и помещены под капот. При этом размер самого блока уменьшен в три раза, а производительность увеличена на 60 % по сравнению с предыдущей моделью Honda FCX Clarity. Известно также, что они вертикально ориентированы, и толщина каждой уменьшена на 1 мм.

В новой конструкции батареи (V Flow Stack) каналы для волнового движения водорода и атмосферного кислорода впервые направлены вертикально (сила тяжести используется для более эффективного оттока воды из генерирующего слоя ячейки). Между ними горизонтально, волнообразно обвивая их как волокна в ткани, расположены каналы для охлаждающей жидкости. Это обеспечило, по сравнению с прямоточными каналами, большую пропускную способность каждого канала и позволило сократить его глубину на 17 %. Турбулентное течение внутри канала улучшает распределение водорода и воздуха по всему электродному слою. Горизонтальное перемещение охладителя позволяет получить более ровное охлаждение слоя, вырабатывающего электроэнергию, что вдвое уменьшает количество необходимых охлаждающих слоев. В то время как предыдущие батареи имели по одному охлаждающему слою на каждый топливный элемент, в новой батарее достаточно одного слоя на два элемента [5].

Всё вышперечисленное обеспечило высокую стабильность выработки энергии, уменьшение размеров и увеличение производительности блока топливных элементов. В результате запуск двигателя стал возможен при температурах до -30°C .

Заключение и выводы.

В целом по своим тактико-техническим характеристикам электромобиль с электрохимическим генератором не уступает современным авто с ДВС [6] и, используя действительно неисчерпаемое, возобновляемое и экологически чистое топливо – водород, обладает большим по сравнению с электромобилем запасом хода и более коротким временем заправки.

Электрохимический генератор энергии, характеризуется очень высоким



к.п.д., в 2,0 – 2,5 раза превышающим к.п.д. теплового двигателя. Активные элементы для электрохимической реакции подаются в него извне, а значит, оно может работать так долго, пока в него эти элементы будут поступать, в отличие от батареи с ограниченным запасом энергии. По сравнению с органическим топливом он обладает большим "запасом энергии": при сгорании 1 тонны водорода выделяется столько же тепла, сколько при сгорании 3,5 тонны органического топлива.

Литература:

1. Милованова В. В. Повышение качества автомобилей путем применения топливных элементов [Текст] / В. В. Милованова // Холодильна техніка та технологія. – 2015. – № 51 (5). – С. 27 - 34. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.5/2015.44792>

2. Добровольский Ю.А., Укше А.Е., Левченко А.В., Архангельский И.В., Ионов С.Г., Авдеев В.В., Алдошин С.М. Материалы для биполярных пластин топливных элементов на основе протонпроводящих мембран [Текст] / Ю.А. Добровольский, А.Е. Укше, А.В. Левченко, И.В. Архангельский, С.Г. Ионов, В.В. Авдеев, С.М. Алдошин // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). – 2006. – т. 50. – № 6. – С. 83 – 94

3. Карин П. Ищем доброту внутри водородомобиля Toyota Mirai [Электронный ресурс]//Драйв [веб-сайт].– 16.12.2015.– url:<https://www.drive.ru/test-drive/toyota/5660465a95a656be090000fb.html> (дата доступа 05.06.2018).

4. Toyota FCV Mirai [Электронный ресурс] // Автоэко [веб-сайт] – url: <http://avtonov.info/toyota-mirai> – Заголовок с экрана (05.06.2018)

5. Sachito Fujimoto. Honda. The Power of Dreams [Text] / Fujimoto Sachito // Press information FCX Clarity. – 2007. – 42 p. – Язык англ.

6. Савёлова Э.В., Винаков А.Ф., Бондаренко Л.И. Технические характеристики водородных автомобилей [Текст] / Э.В. Савёлова, А.Ф. Винаков, Л.И. Бондаренко // Электротехнические и компьютерные системы. – 2017. – № 25(101). – С. 161 – 167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.25.101.2017.20>

Abstract. *With the deterioration of the environmental situation, the idea of creating a "clean" car becomes more relevant, which will make the society independent of polluting fossil fuels, whose reserves are limited and, according to experts, will be exhausted in about sixty years. This vehicle can be an electric car with an electrochemical generator, the device of which is considered in more detail by the example of Toyota Mirai and Honda Clarity Fuel Cell cars. Electrochemical generator - a block of fuel cells (FC Stack) of both cars with small dimensions ensures high stability of energy production. As a result, the engine started to run at temperatures as low as -30 ° C. But the increase in its performance is achieved in one case due to the use of the thinnest 3D channels, in the second - their vertical orientation and reduction of the cooling layers.*

Key words: *FCV, Fuel Cell Vehicle, hydrogen vehicle, Toyota Mirai, Honda Clarity Fuel Cell, ecological safety*

References:

1. Milovanova V. V. Povysheniye kachestva avtomobiley putem primeneniya toplivnykh elementov [Quality improvement of cars due to using of fuel cells], *Teoriya i praktika*



obshchestvennogo razvitiya, (2015), No 51(5). – pp. 27 – 34.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.5/2015.44792>.

2. Dobrovolskiy Yu.A., Ukshe A.Ye., Levchenko A.V., Arkhangel'skiy I.V., Ionov S.G., Avdeyev V.V., Aldoshin S.M. Materialy dlya bipolyarnykh plastin toplivnykh elementov na osnove protonprovodyashchikh membran [Materials for bipolar plates of fuel cells based on proton-conducting membranes], *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (ZH. Ros. khim. ob-va im. D. I. Mendeleeva)*, (2006), Issue 50, No 6. – pp. 83-94.

3. Karin P. Ishchem dobrotu vnutri vodorodomobilya Toyota Mirai [We are looking for kindness inside the hydrogen car Toyota Mirai], *Drive*, (16.12.2015), (In Russian) Available at: <https://www.drive.ru/test-drive/toyota/5660465a95a656be090000fb.html> (accessed 05.06.2018).

4. Toyota FCV Mirai, *Avtoeko*. Available at: <http://avtonov.info/toyota-mirai>. – (accessed 05.06.2018).

5. Sachito Fujimoto. Honda. The Power of Dreams, *Press information FCX Clarety*, (November 2007), (In English).

6. Savolova E.V., Vynakov O.F., Bondarenko L.I. Tekhnicheskiye kharakteristiki sovremennykh vodorodnykh avtomobiley [Technical characteristics of modern hydrogen fuel cell vehicles], *Elektrotekhnicheskiye i komp'yuternyye sistemy*, (2017), No 25(101). – pp. 161-167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.25.101.2017.20>

Статья отправлена: 07.06.2018 г.

© Винаков А.Ф., Савёлова Э.В., Ярмолович В.Я., Эзерович Д.М.