

ВОДОРОДНА ЕНЕРГОАКУМУЛАЦИЯ

HYDROGEN ENERGY ACCUMULATION

Вълчан Георгиев
 Технически университет - София

Abstract

The current paper studies the energy accumulation based on hybrid system of renewable energy sources and fuel cells. The laboratory model is built and its efficiency studied.

Keywords: Fuel cell, electrical energy storage.

ВЪВЕДЕНИЕ

Горивните елементи са електрохимични пробразователи на енергия, които по някои свои характеристики са сходни с галваничните елементи - токообразуващата реакция протича необратимо в една посока и електрохимично активните вещества не се регенерират в рамките на самия елемент, както и дългият им експлоатационен живот. Основна разлика от галваничните елементи е, че горивния елемент е проектиран за непрекъснато подаване на консумираните реактанти.

Произвеждането на електричество чрез подаване на гориво водород и кислород е непрекъснато и може да бъде постоянно, докато капацитетът на една обикновена батерия е ограничен от количество на реактантите в нея. Електродите в една батерия реагират (химически) и се променят при

зареждане и разреждане на батерията, докато електродите на горивната клетка (ГК) са катализаторни и са относително стабилни.

Тъй като горивните клетки (ГК) превръщат химичната енергия директно в електрическа, то този процес не включва топлинен цикъл и превръщането на топлина в механична енергия. Ето защо, ефективността на горивните клетки превишава ограничение-то присъщо на цикъла на Карно, дори когато работят при сравнително

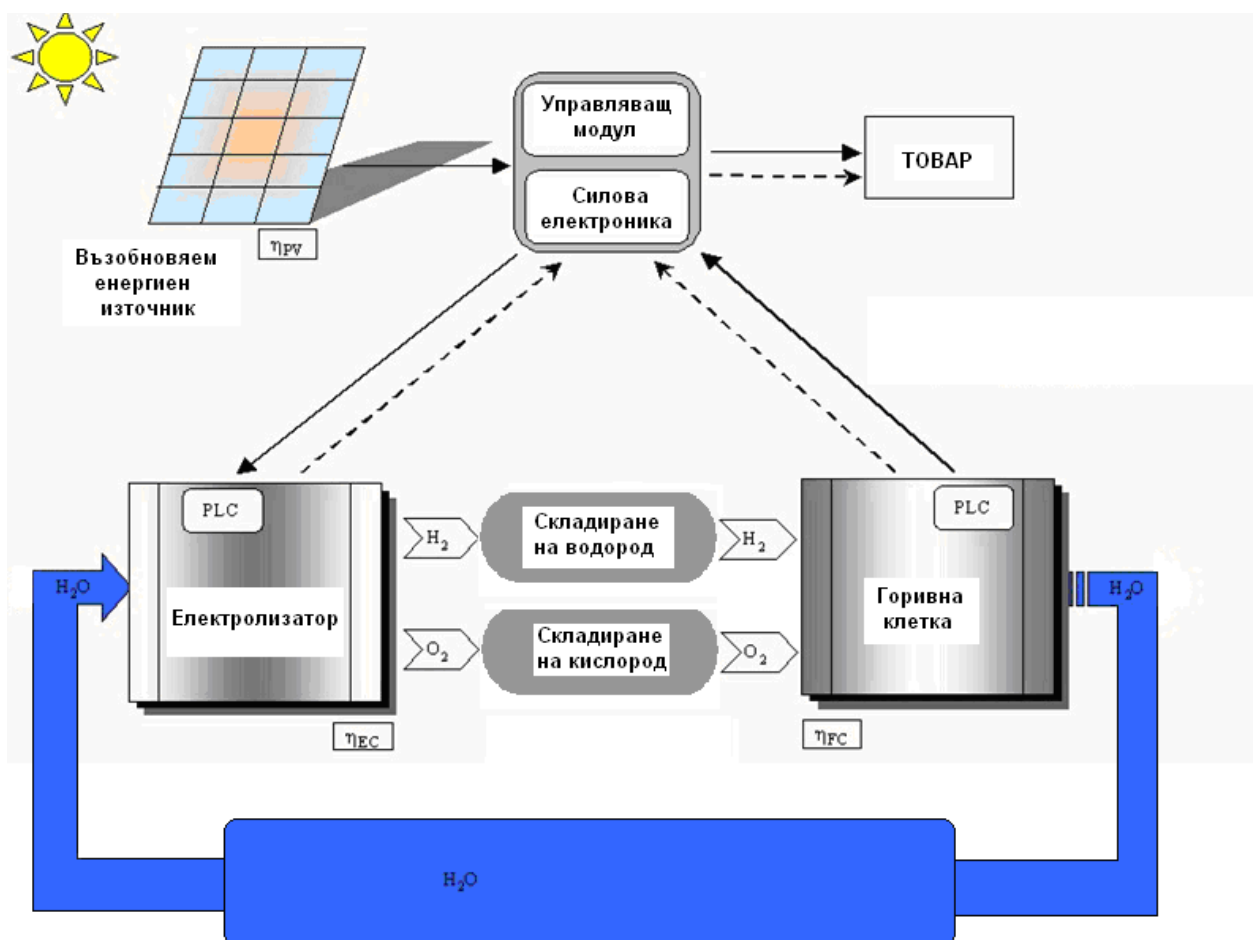
ВИДОВЕ ГОРИВНИ КЛЕТКИ И ТЯХНОТО РАЗВИТИЕ

Според вида на използвания електролит, горивните клетки биват следните видове:

1. Водородно/кислородна горивна клетка с протонно-обменна полимерна мембрана (ПОМГК; Polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)

	1	2	3	4	5
Наименование	PEMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC
Електролит	протонно - обменна мембрана	калиев хидрооксид в азбестова матрица	течна фосфорна киселина в SiC	Разтопен Карбонат в LiAlO ₂	Perovskites (Керамика)
Работна температура	40 – 80 C°	65 – 220 C°	205 C°	650 C°	600 - 1000 C°
Носител на заряда	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ⁼	O ⁼
Мощност, kW	<1 kW - 1 MW	<1 kW - 5 kW	50 KW - 1 MW	<1 kW - 2 MW	5 kW - 3 MW
Ефективност, %	34 - 36	50	40	50	45 - 65

Таблица 1. Основни параметри на различни типове горивни клетки



Фиг. 1. Хибридна система с възобновяем енергиен източник, в която енергията се акумулира във вид на водород и се преобразува обратно в електрическа чрез горивна клетка.

2. Алкална горивна клетка (Alkaline fuel cell, AFC).
3. Фосфорно – киселинна горивна клетка (Phosphoric acid fuel cell, PAFC).
4. Горивна клетка със стопен карбонат (Molten carbonate fuel cell, MCFC)
5. Твърдооксидна горивна клетка (Solid oxide fuel cell, SOFC)

Някои основни параметри на горивните клетки са обобщени в Таблица 1.

Първото поколение горивни клетки работи само с водород. Поради трудността за добив на водород, тенденцията е за преминаване към природен газ. Освен това, изследователите са успели да използват като гориво за горивни клетки и въглеводороди, в това число и дизел. В този случай отпадният продукт съдържа и въглероден диоксид. Независимо от горивото, дори когато то е водород, процесът на неговото получаване все още е енергоемък, и води до замърсяване. В това отношение не може да се каже, че водородната горивна технология

може да намали зависимостта от изкопаемите горива.

Смята се, че ГК ще намерят приложение в транспортните средства, защото предлагат по-високо кпд и по-добро отношение тегло-мощност от двигателя с вътрешно горене. Понастоящем по пилотни проекти, в Европа работят няколко десетки автобуса, задвижвани от водородни горивни клетки

Друго очаквано приложение са локалните електроцентрали, които ще направят възможно произвеждането на електроенергия близо до консуматорите, като по този начин се елиминират скъпите, генериращи загуби преносни съоръжения. Реализирани са няколко пилотни проекта, в които хибридни системи с фотоволтаици и ГК захранват отдалечени консуматори [2, 3, 4]. Водородното гориво играе ролята на акумулиращ елемент.

Най-перспективното приложение на ГК в електроенергетиката е възможността за акумулиране на електроенергия с тяхна по-

мощ. При комбинацията на възобновяем източник на енергия с електролизатор се получава система за съхранение на енергията, при това без зависимост от изкопаеми горива, които водят до замърсяване [6]. Схематично една такава система е показана на Фиг. 1. Именно върху това приложение са съсредоточени усилията в момента.

При излишък на енергия (слънчева или вятърна) тя се използва за разлагане на вода до водород и кислород с помощта на електролизатор. Получените газове се складираат и се преобразуват обратно в електроенергия от ГК във времето, когато има нужда от тях [8].

Системата може да работи както автономно, така и свързана с енергийната система. И в двата случая основното предимство е възможността за акумулиране на голямо количество енергия и високото КПД на преобразуване.

Складирането на водорода може да стане в съдове за втечнен газ или в металхидридни резервоари, където се елиминира високата степен на взривоопасност на този газ.

ЛАБОРАТОРЕН МОДЕЛ

За лабораторни цели е използван пакет от 10 горивни клетки на фирмата H-teh [1] с мощност по 1 W всяка и активна площ 2 cm², както и електролизатор на същата фирма. Малката мощност на моделите позволява да се работи с малки количества водород – до 80 cm³. По тази причина не се изискват специални мерки за пожаро и взривобезопасност. За резервоар се използва стъклен съд.

Структурата на разработената система е показана на Фиг. 2.

Коефициентът на полезно действие на горивната клетка се дефинира с:

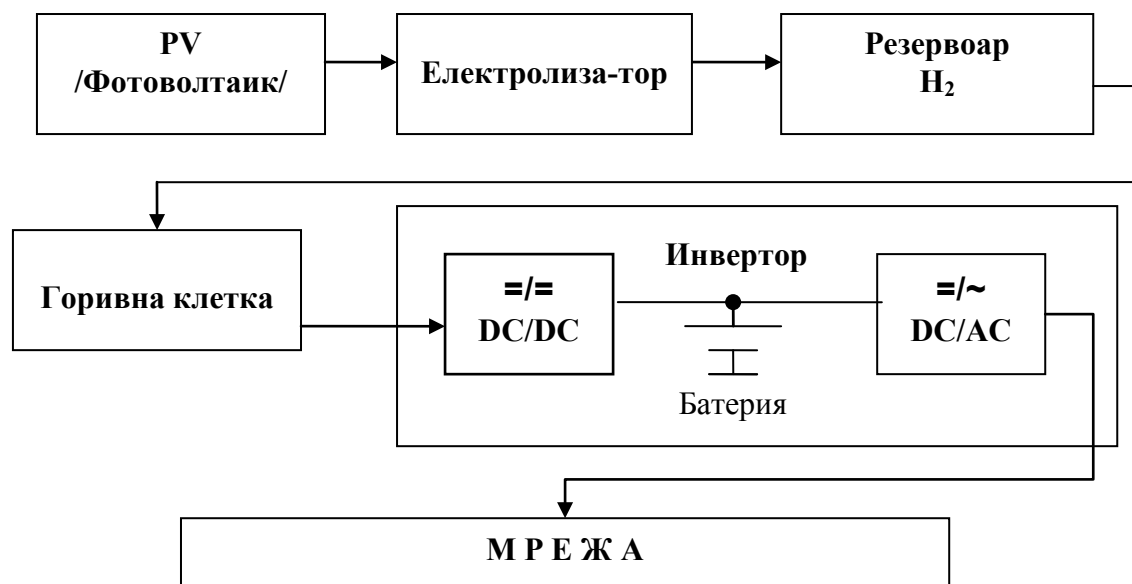
$$\eta_{\text{ен.}} = \frac{E_{\text{електрическа}}}{E_{\text{водородна}}} = \frac{U_{\text{раб.точка}} \cdot I_{\text{раб.точка}}}{\frac{V_{H_2} H_l}{t}} = 40\%$$

където:

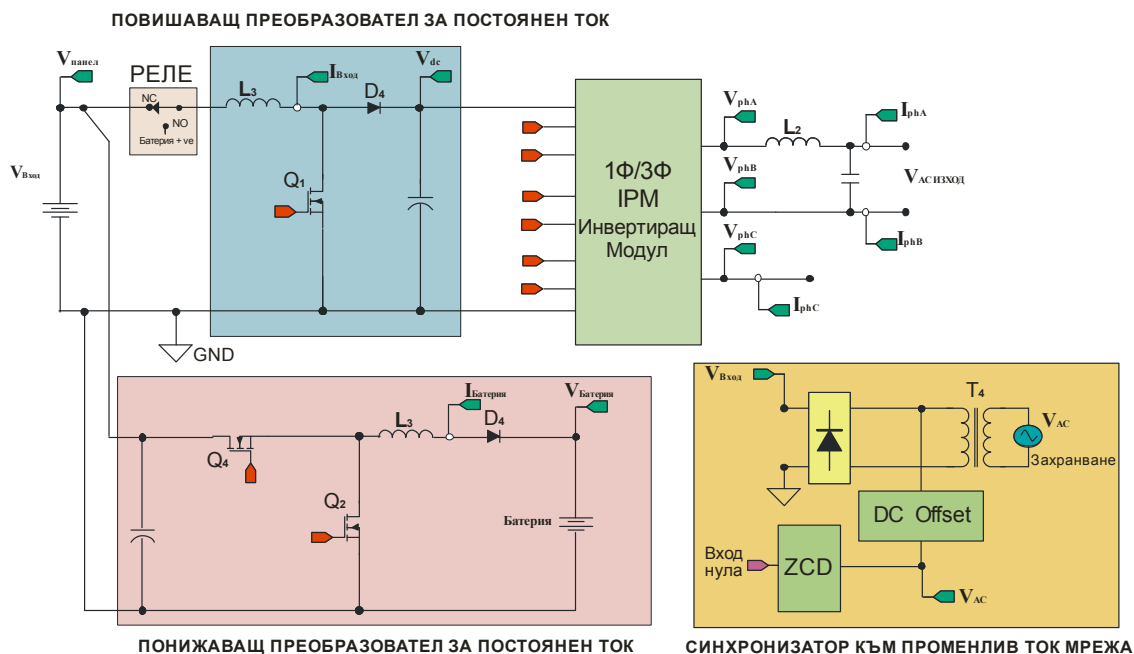
t – сумарно време за изгаряне на водорода, s;

VH – пълния обем на водорода в резервоара, м³;

Hl – водородна константа.



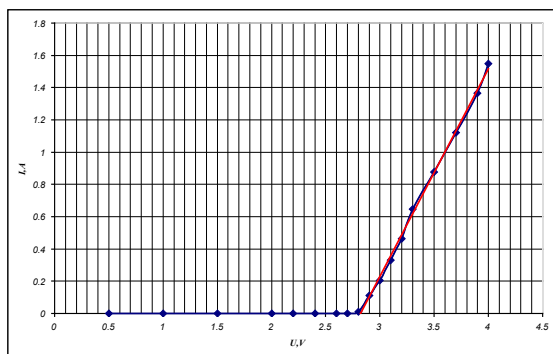
Фиг. 2. Блокова схема на експерименталната система.



Фиг. 3. Блокова схема на използвания инвертор

По аналогичен начин се дефинира и КПД на електролизатора, чиято волт-амперна характеристика е дадена на Фиг. 4:

$$\eta_{\text{ен.}} = \frac{E_{\text{водородна}}}{E_{\text{електрическа}}} = \frac{\frac{V_{H_2} H_l}{t}}{U_{\text{раб.точка}} I_{\text{раб.точка}}} = 85\%$$



Фиг. 4. V-A характеристика на електролизатор.

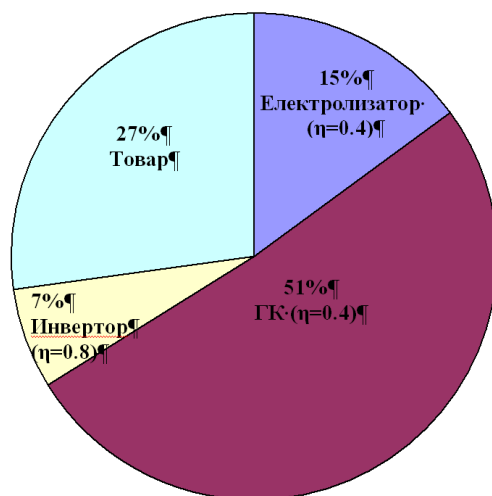
Структурата на използвания инвертор е показана на Фиг. 3. Състои се от два постояннотокови преобразувателя – повишаващ и понижаващ и инвертор, който може да работи като еднофазен или като трифазен.

При захранване от възобновяемия енергиен източник, понижаващият преобразувател захранва електролизатора с напрежение с подходящи за него параметри.

При работа на горивната клетка, тя се свързва към повишаващия преобразувател,

който захранва инвертора през голям капацитет. Ефективността на всеки един от силовите електронни модули е много висока – около 90%, но в режим на инвертиране поне два преобразувателя работят съвместно, което намалява общото КПД.

При това положение и при КПД на инвертора 80%, лесно може да се определи процентното съотношение на енергията, която може да се върне в системата за всеки киловатчас получена от фотоволтаика или друг възобновяем енергиен източник енергия. Както се вижда от Фиг. 5, около три четвърти от постъпилата енергия се губи в системата за акумулиране.



Фиг. 5. Разпределение на енергийните потоци, при положение, че постъпващата от възобновяемия енергиен източник енергия е 100%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличният модел позволява да се демонстрира и изследва цялостна система за водородна енергоакумулация.

Необходимо е да се оптимизират електронните преобразуватели в системата и техните режими на работа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] h-teh Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH, **U102 Stack Experimentation Set Complete Operating instructions**, www.h-tec.com
- [2] S. Busquet, R. Metkemeijer, P. Leroux, D. Mayer, “**Stand-alone power system coupling a PV field and a fuel cell : Experimental results of the FC system**”, *Proceedings of the France-Deutschland Fuel Cell Conference 2002, October 7th to 10th 2002, Forbach-Saarbrücken*, pp. 8592, 2002.
- [3] S. Busquet, F. Domain, R. Metkemeijer, D. Mayer, “**Stand-alone power system coupling a PV Field and a fuel cell : Description of the selected system and advantages**”, *Proceedings of the PV in Europe conference, Rome, Italy, 7-11 October*, pp. 667-670, 2002.
- [4] S. Busquet, J. Labbe, P. Leroux, R. Metkemeijer, D. Mayer, “**Stand-alone power system coupling a PV field and a Fuel Cell**”, *2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference, 25th - 26th September 2003, Kassel, Germany*.
- [5] S. Busquet, C. E. Hubert, J. Labbé, D. Mayer and R. Metkemeijer “ **A new approach to empirical electrical modelling of a fuel cell, an electrolyser or a regenerative fuel cell** ”, *Journal of Power Sources, Volume 134, Issue 1, 12 July 2004, Pages 41-48*
- [6] “**Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Generation in Energy Systems**”, *Brussels, 25-26 September 2001*.
- [7] EG&G Technical Services, Inc, „**Fuel Cell Handbook**” *U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory P.O. Box 880 Morgantown, West Virginia 26507-0880, November 2004*.
- [8] Иванов Р, **Системи за преобразуване и съхранение на енергия на базата на водород**, автореферат на дисертация за присъждане на научна степен "доктор", София, 2009.