

Появата на устройства с горивни елементи

К. Кендал

2003 г. е критична за появата на устройства с горивни елементи, които могат да имат далеч достигащи ефекти върху нашия живот. В 10 европейски страни трябва да се появят автобуси, задвижвани с енергия от такива елементи – резултат от финансирания от Европейския съюз проект CUTE (www.fuel-cell-bus-club.com). Става дума за автобус с нулево равнище на вредните емисии, задвижван от съгъстен водород, чиито резервоари са на покрива и който се зарежда на специално построени за проекта станции. През същата година трябва да дебютират и два модела леки коли с подобни двигатели: един на Хонда – FCX, и един на Даймлер – Крайслер.

Въпреки, че тези превозни средства едва ли ще заменят конвенционалните преди 2020 година, те представляват нова крачка към екологичните, високоефективни устройства на бъдещето. В допълнение трябва да се отбележи, че е много вероятно горивните елементи да се използват като източници на енергия и в много други устройства като лаптопи, мобифони, преносими източници на енергия, източници на енергия в аварийни ситуации, в бойлери за затопляне на вода за домакински нужди и т. н.

Аргументи в полза на горивните елементи

Първо да разгледаме големите проблеми на нашите градове. Въпреки че замърсяването бе силно намалено след забраната от 1956 г. за използване на горива, продуктите от изгаряне на които предизвикват образуване на смог, изхвърлянето на едва видими азотни оксиди и други частици от колите и отоплението в домакинствата са все още съществени, а болести като астма, които може да са резултат от хронично излагане на подобни дразнителни, достигат епидемични размери. Винаги е било необходимо да се приемат закони против технологиите, които водят да отделяне на вредни емисии, тъй като разходите за почистване фактически наказват добросъвестните граждани. Най-добър пример в това отношение са въведените през 1969 г. в САЩ закони, които задължават новите автомобили да са снабдени с катализатори, намаляващи изхвърлените CO, NO_x и оловни съединения. Това беше едно решение от “края на ауспуха”, което не променя основно техническите изисквания. Днес въведеното в Калифорния законодателство изисква 10 % от новите коли да бъдат с нулева емисия (на английски ZEV – от “zero emission vehicles” – бел. прев.), като се започне от 2005 г. и количеството им постоянно нараства до 2018 г.. Това ще има много по-голям ефект, отколкото използването на катализатори, защото двигателите на колите трябва да се променят принципно, за да удовлетворят новото изискване. Най-вероятното решение е са коли, задвижвани от горивни елементи. Гледайки далеч напред към края на 21. век, изглежда вероятна пълната забрана на всички процеси, използващи горене и основани на огън процеси поради техните вредни за здравето последици. Пушенето на публични места вече е забранено в Ню Йорк, Хамбург въвежда строги ограничения за NO_x, в определени места е забранено използване на дизелови генератори, забранява се паленето на огън в парковете и т. н., и т. н.. Единственият логичен край е едно общество, свободно от огньовете.

Втори аргумент в полза на въвеждането на горивните елементи е ефективността. Въпреки че дефинирането на това понятие е по-трудно, отколкото това на замърсяването, тъй като съществуват много и различни мерки за ефективност, ясно е, че по-ефективните технологии ще използват по-малко

горива, за да постигнат определени резултати, запазвайки по такъв начин запасите ни от скъпи органични горива и използвайки по-ефективно възобновими източници на енергия. Най-ефективният уред – източник на енергия, измислен за сега, е горивният елемент. Той преобразува химичната енергия на молекулите на водорода, метана или спирта директно в електрична енергия на електрони, намиращи се при напрежение приблизително 1 V. По подобие на обикновените акумулатори, последователното свързване на подобни елементи може да осигури действието на всеки правотоков уред. Разликата от акумулаторите е в това, че горивните елементи не се нуждаят от зареждане. Те доставят енергия, стига да им се подава гориво. В резултат на това те не се нуждаят от дебели метални електроди, които правят акумулаторите твърде тежки, за да може да се използват като източници на енергия в превозните средства. В същото време горивните елементи споделят две от големите преимущества на акумулаторите: голям коефициент на полезно действие и липса на вредни емисии – преимущества, липсващи на сегашните технологии за производство на енергия.

Автомобилните двигатели, турбините на електростанциите и дизеловите генератори, които доминират нашата днешна култура, са до голяма степен неефективни и замърсяващи околната среда. В тези устройства средно едва около 30 % от химичната енергия на горивото се преобразува в полезна работа, тъй като, както показва Карно през 1824 г., те произвеждат нагорещен газ под налягане, а енергията, съдържаща се в такъв газ не може да се извлече изцяло. За разлика от тях, един горивен елемент извлича електрони пряко от реагиращите молекули и по принцип може да има КПД 100 %. Всъщност, КПД на горивния елемент може да бъде и по-голям от 100 %, ако реакцията е ендотермична и получава топлина от околната среда, както е при метана, когато се комбинира с пара. Разбира се, винаги има загуби в омовите съпротивления и при преноса на маса в интерфейсите. Следователно, при увеличаване на доставяната от горивния елемент мощност, неговият КПД намалява. Както и при един акумулатор, когато работи на максималната си мощност, КПД на горивния елемент е 50 %, тъй като половината от химичната енергия отива за извършване на работа навън, а другата половина – за увеличаване на вътрешната енергия посредством отделянето на джаулева топлина в омовите съпротивления. Доколкото тази вътрешна енергия също може да се използва за извършване на работа чрез газова турбина, комбинацията от горивен елемент и турбина може да достигне КПД 75 % - както вече бе демонстрирано от компанията Симент – Вестингхаус. Това е значително повече от комбинирания цикъл на газово-турбинен генератор, който може да достигне КПД 50 %. И докато подобна комбинирана система може да работи ефективно само при мощности от порядъка на стотици MWe (мегават електрическа мощност), каквито се достигат само в огромни електроцентрали, изискващи скъпи електропреносни мрежи, една система от горивни елементи функционира съвсем лесно и при мощности, не по-големи от 1 kWe, може да бъде с размери, достатъчно малки, за да се помести във всяка стая и всяко превозно средство. Единственото, което се изисква в допълнение, е система от станции, в които може да се зарежда горивото.

За да се разбере тази голяма ефективност трябва да се има предвид принципът на действие на горивните елементи, който за пръв път е описан от Уилям Гроув през 1839 г.. Следвайки откритието на Алесандро Волта на химическия източник на постоянно ЕДН, подобно на много учени от онова

време, Гроув прави електролиза на вода с помощта на два платинени електрода, потопени в разреден разтвор на сярна киселина за увеличаване на йонната проводимост на разтвора (фиг. 3а). Пропускайки ток през киселия разтвор, Гроув получава мехурчета водород на единия от електродите и кислородни мехурчета – на другия. Двата газа се разделят с помощта на два отделни съда, в които се събират около всеки от електродите. Проницателността на Гроув се състои в това, че той осъзнава обратимостта на процеса. Водородът и кислородът може да рекомбинират на съответните електроди, предизвиквайки ток в противоположна посока (фиг. 3б). Това, което осъзнава Гроув е, че един горивен елемент представлява електролитна вана, работеща в обратна посока. Точно както една електролитна вана може да има КПД почти 100 %, стига да работи близо до равновесното напрежение, така може и един горивен елемент, стига да работи при достатъчно слаби токове и с добри електрокатализатори. При тези условия въобще няма замърсяващи емисии, доколкото водата е единственият продукт от реакцията. Тъй като обикновено горивните елементи действуват близо до възможно максималната мощност, която могат да отдадат, те работят, грубо казано, при половината от равновесното напрежение и техният КПД е около 50 %. Ако обаче нуждата от електроенергия намалее, омовите загуби падат и КПД расте – за разлика от топлинните двигатели, чиито КПД при намаляване на мощността също намалява поради загубите от триене.

Технологичният гласък

И така, какво се промени от времето на Гроувс, та горивните елементи станаха по-привлекателни от топлинните двигатели? Очевидно е, че най-значителен е ефектът от законите за нулево равнище на замърсяващите емисии и следващите от тях глоби на замърсяващите компании. Друг стимул е въведението от британското правителство през 2002 г. допълнителен данък върху горивата заради измененията в климата, с което се появи пазар за технологии, които не използват въглерод. През тази година от този нов данък ще бъдат получени около 1 млрд паунда и част от тези пари ще бъдат използвани за развитието на технологиите на горивните елементи.

Най-важното техническо достижение бе откриването на твърдите електролити, които могат да заместят неприятните и мръсни течности, подобни на използваната от Гроув сярна киселина. Течните електролити притежават реди недостатъци: те се просмукват и текат, изпаряват се и предизвикват корозия. За разлика от тях твърдите електролити са стабилни, не кородират и не се нуждаят от съдове за съхраняване и при използването им. Два материала са водещи в това отношение. Единият от тях представлява сулфонизиран флуорополимер, а другият – керамика, направена от итриев оксид, стабилизирани с циркониев оксид.