XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

SZÉLERŐMŰ-HIDROGÉN HIBRID RENDSZER PEM ÜZEMANYAGCELLÁVAL TÖRÉNŐ MEGVALÓSÍTÁSA

Hornos Ádám

Abstract

In this paper I describe a dynamic model of a small wind-fuel cell hybrid energy system especially the working mechanism of the fuel cell. The whole system contains a wind turbine, a proton exchange membrane (PEM) fuel cell, an electrolyzer, an ultra capacitor and the power electronics. This system produces clean hydrogen and oxygen from the rest energy – which is not used by the customers – generated by the wind turbine with the help of electrolyzer. These are stored in tanks until this energy generated by the wind turbine is able to supply the customer's demands. In this case the PEM fuel cell converts hydrogen and oxygen into electric energy. In a short term the ultra capacitor is proposed to minimize the voltage fluctuations. A completely new model is come into existence with the reconsideration of the models of the technical literature. The modeling of the PEM fuel cell with the help of Matlab SIMULINK and the analyzing of the sub models are the parts of this paper, too. This system can be used in off – and on – grid power generation, too. If this system is on – grid it needs fast and exact power converter.

Összefoglalás

Dolgozatomban bemutatom egy kisteljesítményű szélturbina – üzemanyagcella hibrid rendszer dinamikus modelljét, különös tekintettel az üzemanyagcella működésére. A teljes rendszer tartalmaz egy szélturbinát, egy proton cserélő membrános (PEM) üzemanyagcellát, egy elektrolizálót, egy ultrakapacitást és a teljesítményelektronikát. A szélturbina által megtermelt, de a fogyasztó által el nem fogyasztott energiából az elektrolizáló berendezés segítségével tiszta hidrogént és oxigént állít elő a rendszer. Ezeket tartályokban tárolja mindaddig, amíg a szélturbina által megtermelt energia már nem képes fedezni a fogyasztói igényeket. Ekkor a PEM üzemanyagcella visszaalakítja elektromos energiává a hidrogént és oxigént. Rövidtávon a feszültségingadozás kiküszöbölése az ultrakapacitás feladata. Egy teljesen új modell jött létre a szakirodalomban megtalálható modellek újragondolásával. A PEM üzemanyagcella Matlab SIMULINK segítségével történő modellezése, az egyes almodellek részletes vizsgálata és bemutatása is részét képezi a dolgozatnak. A rendszer használható szigetüzemben és hálózatra kapcsolva is, utóbbi esetben azonban pontos és gyors teljesítményelektronikára van szükség.

Bevezetés

A megújuló energiák jövőbeni felhasználásának elterjedését komoly gazdasági és rendszerillesztési problémák korlátozzák. Elsősorban az óriási ütemben fejlődő szélerőmű ipar növekedése torpanhat meg a szél sztochasztikus rendelkezésre állásának következtében. Hiszen a természet a fogyasztói igények jelentős ingadozását egyáltalán nem veszi figyelembe. A szélerőművek által termelt energia kiszámíthatóvá tételére maximális kihasználás mellett már rengeteg ötlet született. Azonban legtöbb lehetőség az energia - közép és hosszú távon - hidrogénben történő tárolása, majd a szükséges csúcsideszakokban villamos energiává történő visszaalakítása kecsegtet. A technológiák fejlődésével a hid-

rogéntermelés és visszaalakítás egyre hatékonyabbá, ezáltal egyre gazdaságosabbá válik. Mégis hogyan kell egy ilyen rendszert elképzelni? A választ az 1. ábra adja meg erre a kérdésre. Jelen dolgozat célja a komplett rendszer legbonyolultabb elemének - az üzemanyagcellának – az újragondolt modelljének bemutatása.

1. ábra. *Energiatárolás szakaszos üzemű energiaforrásoknál*

A PEM üzemanyagcella

Proton cserélő membránon keresztül jutnak át a hidrogén ionok az anódtól a katódhoz, míg a levált elektronok a terhelésen keresztül haladva egyesülnek a hidrogénnel és az oxigénnel, végtermékként vizet alkotva. Átlagos működési hőmérsékletet kb.: 60-80 °C között állapíthatjuk meg. Az alacsony üzemi hőmérséklet és a mindössze néhány perces indítási ideje miatta a legelterjedtebb üzemanyagcellák közé tartozik. Hatásfokát tekintve nem a legjobb típus, hiszen az elméleti maximum ~65% -hoz képest, jelenleg mindössze ~50%-os hatásfokra képes. Nagy hátránya még, hogy kizárólag tiszta hidrogénnel üzemel, ami egyértelműen az elektrolízises hidrogéntermeléssel kapcsolható össze. Az egyes cellák kimenő feszültségét a Nernst – egyenlet segítségével határozhatjuk meg:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{H_2} P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}} \quad (1)$$

E_0 a standard elektródpotenciál értéket jelöli, ami az anód és a katód anyagából következő potenciál érték. A PEM cellákra ez az érték jellemzően 1,23 V. A kimenő feszültséget, állandó hőmérsékleten vizsgálva a rendszert, a katódon és az anódon átáramló üzemanyag nyomása határozza meg.

Állandó bemenő áramlási sebességű hidrogén és oxigén mellett a kimenő feszültség és a cella áramsűrűsége egy cellára jellemző jelleggörbét ad, melyet három fő szakaszra lehet osztani:

- az első az úgynevezett aktivációs szakasz, amikor viszonylag kis áram (sűrűség) változás hatására jelentős feszültségváltozás következik be. Szabályozás szempontjából ez a szakasz egy nehezen szabályozható része a jelleggörbének. Nagyon gyors és pontos szabályozást igényel;
- a második szakasz a mérnökök számára jól használható hasznos szakasz, amikor a feszültségesés jó közelítéssel egyenesen arányos az áramsűrűséggel;
- a harmadik szakasz a koncentrációs veszteségek miatt az áram (sűrűség) függvényében egy jelentős feszültség csökkenéssel járó szakasz.

A 2. ábrán jól látható, hogy az üresjárási 1,23V-hoz képest jelentős feszültségesés következik be a megnövekvő terhelő áram hatására. Magas hőmérsékletű üzemanyagcelláknál (pl.: SOFC) az üres-

járási feszültség alacsonyabb, ezáltal a működési feszültség is az.

2. ábra. PEM üzemanyagcella $U - J$ karakterisztikája

A modell

A modellben nem vettem figyelembe a koncentrációs veszteségeket, mert az a része a jelleggörbének a működés és a felhasználás szempontjából már elhagyható. A teljes üzemanyagcella modell a 3. ábrán látható.

3. ábra. A Matlab SIMULINK modell

A modell egyes alrendszerit a hely szűke miatt csak pár sorban mutatom be. Az anód modell és katód modell is egytárolós tagot valósít meg. Közös bemenetként a cella hőmérsékletét és a terhelő áramot adtam meg. Az anód bemenetén a hidrogén áramlási sebessége, a katód bemenetén az előzőnél közel kétszer nagyobb oxigén áramlási sebessége található. A kimenetekben a Nernst - egyenlethez szükséges parciális hidrogén és oxigén nyomás jelenik meg. A termikus modell az előzőekhez hasonlóan szintén

egytárolós tagot valósít meg, melynek bemenetén a terhelő áram és a cella ellenállása együttesen határozza meg a veszteségeket. Ezek a veszteségek disszipált hő formájában távoznak a rendszerből. A veszteség modellben egy kétrétegű töltési hatás jelenik meg, mely az anód és a katód kapacitív jellegéből adódik. Tranziensek esetén fejt ki hatását.

Végezetül a teljes rendszer kimenő feszültségét az egyes cellák sorba kapcsolásával (jelen esetben 65 db) kapjuk meg, miután minden veszteséget levontunk. Így az ideális 1.23V – hoz képest jelentősen csökken a kimenő feszültség a már bemutatott paraméterek ismeretében.

Összefoglaló

A téma komplexitásának köszönhetően az üzemanyagcellák kutatása még meglehetősen gyerekcipőben jár. Az újragondolt modell az eddig bemutatottaknak minden olyan tulajdonságát magába foglalja mely a teljes rendszer működése és átláthatósága szempontjából fontos a villamosmérnökök számára. A modell csak 1D - os működést mutat be. A továbbiakban a modell helyességét igazolandó szimulációk lefuttatása lesz szükségszerű, mind tranziens mind állandósult állapotban.

Irodalom

- [1] Caisheng Wang, M. Hashem Nehrir, Steven R. Shaw: Dynamic models and model validation for PEM fuel cells using electrical circuits, IEEE Transactions on energy conversion, June 2005, 442-450.
- [2] Sandip Pasricha, Steven R. Shaw: A Dynamic PEM fuel cell model, IEEE Transactions on energy conversion, June 2006, 484-490.

Hornos Ádám, hallgató

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Energia – átalakító rendszerek szakirány
Cím: 2642, Magyarország, Nógrád, Béke utca 12.
Telefon: +36 – 20 – 8246387
E-mail: honros.adam@eszk.org