



Mérési útmutató

Nemhagyományos villamos energiaátalakítók

Az Elektrotechnika tárgy laboratóriumi gyakorlatok 5. sz. méréséhez

1. A mérés célja

A napelem és az üzemanyagcella működésének megismerése, főbb elektromos karakterisztikáinak felvétele

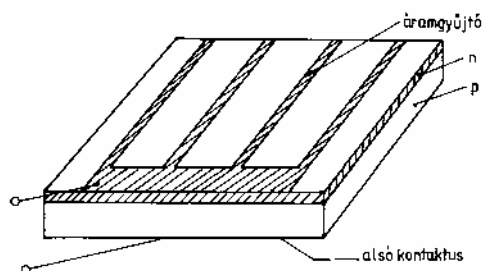
2. Elméleti háttér

2.1. A napelem működése

A fényvillamos energiaátalakítók a fénysugárzást alkotó fotonok energiáját alakítják át közvetlenül villamos energiává (napelemek), ill. a villamos energiát alakítják át közvetlenül fényenergiává (pl. fotodiódák).

Az időben állandó feszültség (melyet a továbbiakban fotofeszültségnek fogunk nevezni) annak következtében jön létre, hogy a beeső fotonok többlet töltéshordozókat keltenek. E töltéshordozók a kristályban kialakult belső lokális villamos tér hatására elmozdulnak, ill. felhalmozódnak, így az anyagban tértöltés, ennek hatására pedig fotofeszültség keletkezik. A fényvillamos generátorok gyakorlati alkalmazása felé vezető úton meghatározó jelentőségű volt a fényvillamos jelenség felfedezése p-n átmenetekben.

A félvezető technika ugrásszerű fejlődése az ötvenes évek fordulóján indult meg. A jelenleg gyártott fényvillamos generátorok hatásfoka 10-15% körüli, teljesítményük pedig néhányszor 10 kW értéket is elérhet. A fényvillamos generátor felépítésbeli jellegzetességei az 1. ábrán láthatók.



3 - 5. ábra

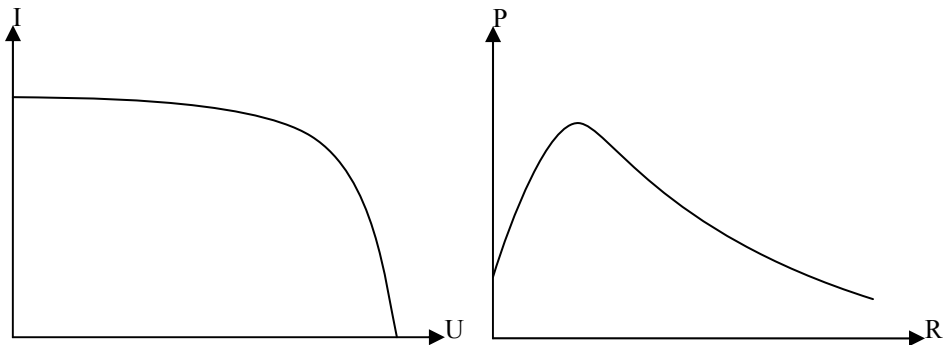
1. ábra: Fényvillamos generátor felépítése

A fényvillamos generátorok már ma is versenyképesek számos más, relatíve kis teljesítményű energiaforrással. A szakemberek megítélése szerint a fényvillamos generátorok üzemeltetési költsége kisebb lesz a diesel-vagy benzin agregátorokénál, melyek a távolfekvő települések energiaforrása napjainkban. Emellett számos más lehetőség is kínálkozik gazdaságos felhasználásukra, így például a vízszivattyúzás, az öntözés, a falvak villamosítása elsősorban a fejlődő országokban.

A napelem U - I karakterisztikája

A napelem árama és feszültsége, valamint leadott teljesítménye a terhelés függvényében változik (2. ábra), ezért felhasználása során fontos a terhelés optimális megválasztása. A maximális teljesítmény akkor vehető ki, ha a terhelő ellenállás értéke megegyezik a napelem belső ellenállásával.

A napelem árama, feszültsége, belső ellenállása, és így a kivehető teljesítmény is nagymértékben függ a megvilágítási intenzitástól. A naperőművekben a napelemek optimális kihasználása érdekében a napelemeket folyamatosan optimális szögbe forgatják és teljesítmény optimalizáló elektronikát alkalmaznak.

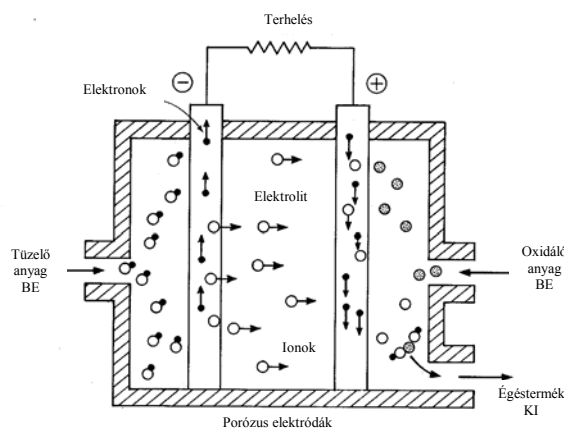


2. ábra: A napelemre jellemző $I(U)$ és $P(R)$ karakterisztika

2.2. Az üzemanyagcella működése

Egy robbanómotor hengerében az égő anyagot, pl. a hidrogént és az égést tápláló anyagot: az oxigént közvetlen módon összekeverjük és ennek következményeképpen az égő anyag elektronjai közvetlenül mennek át az oxigén atomokhoz, ill. molekulákhoz. A keletkező nagysebességű molekulák rendezetlen mozgásából, ill. impulzusából fedezi a motor dugattyúja a lineáris mozgást. Az egész rendszer átalakítási hatásfokát az a termodinamikai elv szabja meg, amelynél a rendszer kezdő és végállapotának rendezetlenségi foka legkedvezőbb esetben azonos maradhat, de általában nő (Carnot-hatásfok).

Mi történik a tüzelőanyag elemében? A 3. ábrának megfelelően olyan elrendezést alakítunk ki, amelynél az égő anyag és az oxidáló anyag molekuláit nem engedjük keveredni. A katalizátort tartalmazó anódnak olyan tulajdonsága van, hogy a hidrogén molekulákról, illetve atomokról az elektronokat leválasztva, azokat egy külső, fémes villamosan vezető körbe tereli, a hidrogén ionokat pedig az elektrolitba juttatja. Az elektronok a külső villamos ellenálláson át eljutnak a katód oldalra, ahol az ott képződő oxigén ionok elektron hiányát betöltik és az elektroliton át eljuttatott hidrogén ionokat igénybe véve, neutrális vízmolekulákat képeznek.



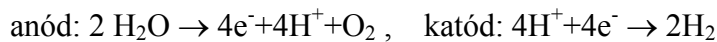
3. ábra: Tüzelőanyag elem vázlatos felépítése és működése

Amíg a termodinamikai égetésnél a hidrogén égési hőjének alig 25-30%-át nyerhetjük ki mechanikai munkaként, addig a tüzelőanyag elemében a hidrogén kémiai energiájának 80%-át is megkaphatjuk villamos energia formájában. Láthatjuk, hogy a hidrogén két fajta égetési módszere között hatásfok szempontjából alapvető különbség van.

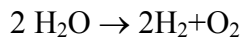
Igen sokféle tüzelőanyag elemet valósítottak meg, mely tényből nyilvánvaló az is, hogy egyik típusnak sincsenek elsöprő műszaki vagy gazdasági előnyei a másik felett. A mérésben hidrogéngáz üzemanyagú, környezeti hőfokon működő, protoncserélő membránnal készült (ún. PEM) üzemanyagcellát használunk.

Az elektrolízis és az üzemanyagcella hatásfoka

Az elektrolízis folyamán az anódon és a katódon a következő folyamat játszódik le:



azaz együttesen:



Az üzemanyagcellában az égés folyamán ellentétes reakció játszódik le.

Az elektrolízis hatásfoka az elektromos és a kémiai energiák hányadosa:

$$\eta = W_{\text{H}_2} / W_{\text{el}}$$

ahol

$$W_{\text{H}_2} = n \cdot H_0, \quad n = p \cdot V / R \cdot T$$

ahol H_0 a hidrogén kalorikus tartalma (266,1 kJ/mol), $R=8,31$ J/(mol K), és

$$W_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$$

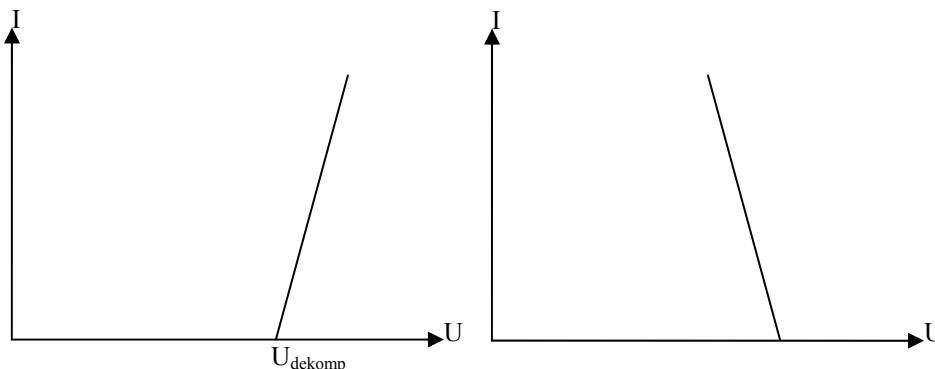
azaz a hatásfok:

$$\eta = H_0 \cdot p \cdot V / R \cdot T \cdot U \cdot I \cdot t$$

Az elektrolízis és az üzemanyagcella U-I karakterisztikája

Az elektrolízis akkor indul meg, amikor az elektródák között az ún. dekompozíciós feszültség megjelenik (4. ábra). A dekompozíciós feszültség hőmérsékletfüggő, értéke 1.2-1.6 V körüli szobahőmérsékleten.

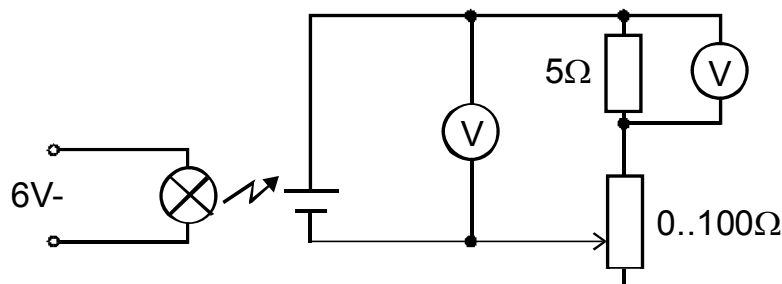
Az üzemanyagcella U-I karakterisztikája az üresjárás környékétől eltekintve lineáris (4. ábra). Ha a mérés során a karakterisztika nem lineáris, az a hidrogén- v. oxigéngáz nem megfelelő mennyiségére utal.



4. ábra: Az elektrolízis és az üzemanyagcella I(U) karakterisztikája

3. A mérés ismertetése

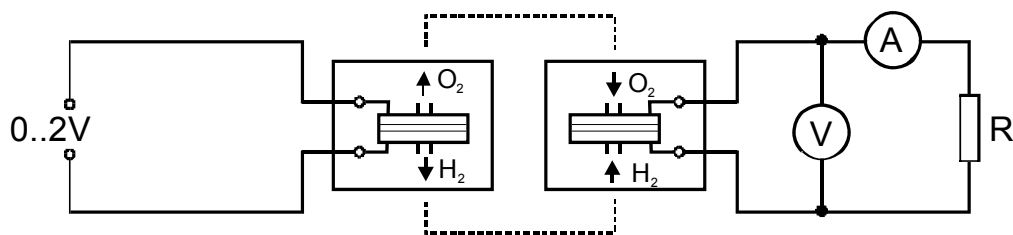
3.1. Napelem mérés kapcsolási rajza



A világítótestet kb. 2 cm-re helyezzük el a napelemtől.

Az áramkörben folyó áramot az 5Ω -os ellenálláson feszültségmérővel mérjük ($I=U/R$). A két mért feszültséget a számítógépes adatgyűjtő Analog1 és Analog2 (U1 és U2) bemenetére kötjük.

3.2. Üzemanyagcella mérés kapcsolási rajza



Az üzemanyagcella működéséhez szükséges gázokat elektrolízissel állítjuk elő és gumicsövekkel vezetjük az üzemanyagcellába.

Felhasznált fontosabb műszerek:

- Számítógépes adatgyűjtő rendszer (COBRA)
- Kézi multiméter

4. Elvégzendő mérések

4.1. Napelem U-I és P-R karakterisztikája

Mérje meg a napelem U-I karakterisztikáját!

Megjegyzés:

Az Analog1 jel mérési tartománya legyen 10V, az Analog2-é 0.1V, a mintavétel 200ms. Indítsa el a mérést (Start measurement). Csökkentse a potenciométer ellenállását minimálisra. Az izzó feszültségét annyira állítsa, hogy az Analog2 jel ne csorduljon túl (kb. 4V, 1.4 A). A túlcordulást a mérő szoftver pirosan jelzi.

Indítsa el a mérést és folyamatosan növelje a potenciométer ellenállását kb. 1 perc hosszan.

A mérés végeztével az Analysis/Channel Modification menüben számítsa át a mért feszültséget árammá ($I:=U2/5$). A Measurement/Channel Manager menüben állítsa be a grafikon x tengelyének a mért feszültséget és y tengelyének a mért áramot.

Számítsa ki a napelem P(R) karakterisztikáját!

Megjegyzés:

Az Analysis/Channel Modification menüben szorozza össze az U és I értékeket ($P:=U*I$), ezáltal megkapja P-t. Ugyanebben a menüben ossza el U és I értékét ($R:=U/I$), ezáltal megkapja R-t. Rajzoltassa ki a kapott görbét.

Értékelés:

Mekkora feszültséghez és áramhoz tartozik a maximális teljesítmény?

Van-e lényeges eltérés a mért és az elméleti görbék jellege között?

4.2. Üzemanyagcella U-I karakterisztikája

Vegye fel az üzemanyagcella U-I karakterisztikáját!

Megjegyzés:

1. A gumicsöveket az elektrolizáló egység felső kivezetéséhez kösse, másik végüket tegye egy desztillált vízzel félig töltött edénybe. A tartályokat töltsen tele desztillált vízzel. A töltés alatt emelje fel a gumicsöveket, hogy azokba is kerüljön egy kis víz. Zárja le a tartályokat.
2. Kapcsoljon 2A-t az elektrolizáló egységre. Amikor a gumicsövekből kifolyt a víz, a végüket nyomja össze és csatlakoztassa az üzemanyagcella felső kivezetéseihez. Vigyázzon, hogy a csőben ne maradjon víz, mert az elzárhatja a gáz útját.
3. Néhány percig üresjárásban hagyja, hogy megfelelő mennyiségű gáz keletkezzen. Mérje meg az áramot és a feszültséget. Az árammérő 10A-es tartományát használja.
4. Különböző ellenállásokkal (0,5-20 Ω) mérje meg az áramot és a feszültséget. A méréseket néhány percig végezze, hogy az üzemanyagcella stabil állapotba kerüljön. Az üzemanyagcellát rövidre zárni tilos!
5. Ábrázolja az U-I értékeket.

Értékelés:

Mekkora az üzemanyagcella üresjárási feszültsége?

Van-e lényeges eltérés a mért és az elméleti görbe jellege között?

Mekkora terhelő ellenállás kell a maximális teljesítmény kivételéhez?

4.3. Az elektrolízis U-I karakterisztikája

Vegye fel az elektrolízis U-I karakterisztikáját!

Megjegyzés:

1. Kapcsolja ki a tápegységet, kösse be az áram- és voltmérőt.
2. Az üzemanyagcelláról húzza le a gumicsövet.
3. A tápegységen állítson be 2 V tápfeszültséget és 2 A áramkorlátot. Kb. 1 perc után az elektrolízis folyamat stabilá válik.
4. Csökkentse a feszültséget és várjon kb. fél percig, hogy az elektrolízis folyamat stabilizálódjon. Folyamatosan csökkentve a feszültséget vegyen fel 6-8 értéket.
5. Ábrázolja az U-I értékeket.

Értékelés:

Mekkora az elektrolízis dekompozíciós feszültsége?

Van-e lényeges eltérés a mért és az elméleti görbe jellege között?

4.4. Kiegészítő mérések

A napelem U-I és P karakterisztikája kisebb lámpa intenzitással (különböző távolságokon)

5. Felkészülést segítő kérdések

Mi a napelem működési elve?

Ismertesse a napelem szerkezeti felépítését!

Mi az üzemanyagcella működési elve?

Ismertesse az üzemanyagcella szerkezeti felépítését!

Mi a különbség az üzemanyagcella és a robbanómotor működése között?

Hogyan számítható egy elektrolízis ill. üzemanyagcella egység hatásfoka?

Mit nevezünk az elektrolízis dekompozíciós feszültségének?

Hogyan méri meg egy áramforrás U-I karakterisztikáját?

Mekkora terhelő ellenállásnál lesz egy áramforrás leadott teljesítménye maximális?

Hogyan mérhető egy áramforrás belső ellenállása?

6. Gondolkodtató kérdések

Mitől függ egy napelem hatásfoka?

Hogyan növelhető egy napelem hatásfoka?

Működik-e a napelem „visszafelé” (azaz képes-e feszültség hatására fényt kibocsátani)?

Milyen mérési bizonytalanságokat lát az üzemanyagcella jelleggörgejének mérésénél?

Miért nincs még üzemanyagcellás repülőgép?

Készítette:

Dr. Farkas László

Villamos Energetika Tanszék

2004