

Szimuláció szerepe a napelemek oktatásában

Varga Andrea*

* Óbudai Egyetem Villamosenergetikai Intézet, Budapest, Magyarország

varga.andrea@kvk.uni-obuda.hu

Kulcsszavak: napelem, szimuláció, I-U karakterisztika

Kivonat— Manapság, ha energiatermelésről beszélünk, természetesnek vesszük, hogy számolnunk kell a zöldenergiával. Nemcsak tudományos kutatások foglalkoznak a napelemek energia termelésével, hanem napelemes rendszereket üzemeltető, telepítő és tervező szakemberek képzése is folyik. Az oktatás során modellek segítik bonyolult rendszerek megértését. Egy Matlab alapú szimulációs programot ismertetek, amellyel különböző típusú napelemeket szimulálhatunk. Vizsgálhatjuk az így előállított napelemek I-U karakterisztikáit különböző paraméterek függvényeként. Továbbá rendszereket építhetünk a szimulált napelemek soros, párhuzamos kapcsolásával. Ezzel a programmal szemléletesen bevezethetjük a napelemes rendszereket az oktatásba.

1 BEVEZETÉS

A fosszilis energiahordozók uralkodó szerepe véglegesen megpecsételődött. Manapság olyan méreteket öltött környezetünk szennyezettsége, hogy nem csak gazdasági, hanem politikai döntést is kell hozni a felelős döntéshozóknak, ennek a folyamatnak a megállítására. A világ energia termelésének 87%-át konvencionális energiahordozókkal állítják elő, amelyek elégetésével üvegházhatást okozó gázok kerülnek a légkörbe [1]. Ennek következményeként többek között a Földünk átlaghőmérséklete is emelkedik.

Ezt a problémát ismerte fel Áder János köztársasági elnökünk is, amikor megfogalmazta, hogy tiszta energiára van szükség és „a nagy kérdés” az, miként tud az emberiség a jövőben tiszta energiához jutni és azt tárolni [2]! Ebből látható, hogy már politikai szinten is be

kell avatkozni a fenntarthatóság és a környezet védelmébe.

2 MEGÚJULÓ ENERGIÁK

A. Energiaforrások

A kutatások nagyon régóta az alternatív megoldások irányába mozdultak el. A fosszilis energiahordozók kiváltása megújuló energiaforrások használatával lehetséges. Ezek közül megemlíteném: a geotermikus energiát, a szélenergiát, a vízenergiát, a biomasszát, az ár-apály energiát, a hidrogént, mint energiaforrást és végül a napenergiát.

B. Napenergia

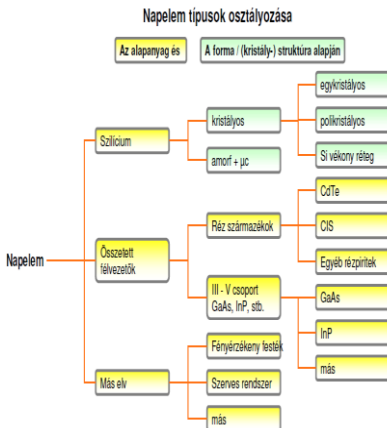
A megújuló energiaforrások közül az egyik legnagyobb potenciállal rendelkező energiaforrás a Nap. Ezt a következő adatokkal érzékeltethetjük. A Nap másfél nap (1,5 nap) alatt sugározza a Földre azt az energiát, amely az összes kitermelhető

és fellelhető köölaj készletekben rejlik a Földön [3]. A napsugárzás villamos-energiává alakítása közvetlen vagy közvetett úton történhet. Közvetlenül a napelemek képesek átalakítani a napsugárzást villamosenergiává. 2015-ben kb. 65 ezer MW teljesítményű napelemet telepítettek a világon. Ezzel szemben 1975-ben mindössze csak 2 megawattnyit installáltak [4]. Ez is jól mutatja, bár Magyarország még elmarad a környező országok napelem-kapacitástól, az oktatásban nagy hangsúlyt kell fektetni a megújuló energia megismertetésére. Ezen belül is a napelem parkok tervezésére, telepítésére, bemérésére és üzemeltetésére kell fókuszálni.

3 NAPELEM JELLEMZŐK

A. Napelemek típusai

A napelem olyan foto-villamos elem, amely a Nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja át villamos energiává. A napelemek alapanyaga félvezető, ahol lejátszódik az energiaátalakítás.

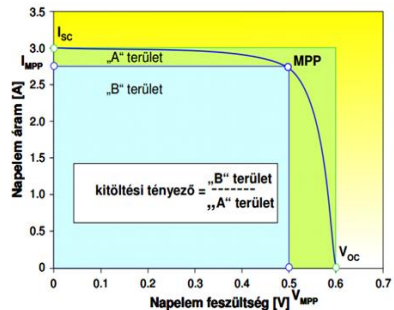


1. ábra Napelemek típusai

A napelemeket alapanyaguk és formájuk alapján a következők (1. ábra) szerint osztályozhatjuk. A továbbiakban a szilícium alapú, egykristályos és többkristályos napelemekkel foglalkozunk. Ezek a legelterjedtebb típusok.

B. Napelemek jellemző paraméterei

A 2. ábráról értelmezhetjük a napelemek jellemző paramétereit [5].



2. ábra Napelemek jellemző I-U karakterisztika

I_{sc} : rövidzárási áram

V_{oc} : üresjárási feszültség

MPP: maximális teljesítmény pont

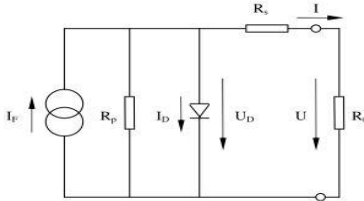
I_{MPP} : MPP-hez tartozó áram

V_{MPP} : MPP-hez tartozó feszültség

Minden napelem rendelkezik egy saját I-U karakterisztikával, amelyet az IEC szabvány szerint kell megmérni a gyártónak. A szabvány előírja a besugárzás értékét, az eszköz környezet hőmérsékletét, a beeső sugár függőleges iránnyal bezárt szögét. A szabvány meghatározza a fényforrást, a referencia eszközt (napelemt), I-U karakterisztika mérési eljárásának folyamatát, az I-U függvény kiértékelését.

C. Napelemek helyettesítő képe

A napelemek villamos karakterisztikájának meghatározásához az 3. ábrán látható koncentrált paraméterű, villamos helyettesítő képet használjuk. Ezzel jól leírható a cellák elvi működése.



3. ábra Napelem villamos helyettesítő képe.

I_F a fotonok által generált áram, R_p a párhuzamos veszteségi ellenállás koncentrált értéke, amivel a napelem felületén keletkező veszteségeket vesszük figyelembe. R_s a soros veszteségi ellenállás koncentrált értéke, amiben a napelem kontaktusain és belső áramvezetésében keletkező veszteségek összegződnek. I_D , a p-n átmeneten U_D feszültség hatására átfolyó áram koncentrált értéke. Sötét áramnak is hívjuk, mivel megvilágítás mentes esetre vonatkoztatott érték Végül U , az R_t terhelőellenálláson átfolyó I külső áram hatására keletkezett feszültség. Az adott helyettesítő képre a következő (1), (2) Kirchhoff egyenleteket írhatjuk fel.

$$U_D = U + I \cdot R_s \quad (1)$$

$$I = I_F - I_D - \frac{U_D}{R_p} \quad (2)$$

Ezek a kiinduló egyenletek a napelemek szimulációjához.

4 SZIMULÁCIÓ

A. Laboratóriumi mérés

Az Óbudai Egyetem megújuló energiaforrások kutatására szolgáló laboratóriumában számos, a napelemek alkalmazásához kapcsolódó laboratórium is kialakításra került.

Itt lehetőségük van a hallgatóknak különböző típusú napelemek alkalmazását laboratóriumokban és lehetőség esetén eredeti felhasználási környezetben is vizsgálni. A berendezések egy részét a tetőn helyeztük el, ahol valós időjárási körülmények között, közvetlenül benapozott területen tudnak méréseket végezni. Továbbá nagyon fontos az összehasonlító jellegű vizsgálat, amikor a különböző típusú napelemek azonos környezeti és besugárzási paraméterek melletti termelését tudják elemezni.

Az időjárási körülmények azonban nem mindig alkalmasak a mérések elvégzésére illetve tetszőleges napelemes rendszerek megépítésére sincs lehetőség. Manapság azonban a számítógép használatával szinte korlátlan lehetőségek állnak rendelkezésünkre. Egy jól definiált modellel megvalósíthatjuk a megtervezett rendszert és vizsgálhatjuk, hogy valóban megfelel-e az elvárásainknak.

B. Modell

A modell egy valóságos folyamat egyszerűsített mása, amely csak a vizsgálat szempontjából lényeges elemeket veszi figyelembe Elméleti modelleknél a matematika eszköztárszerének (számok, vektorok és a köztük lévő különböző relációk) segítségével lehet egy adott folyamatot vizsgálni. A módszer absztraktabb jellegű, a matematika szimbólumrendszerén keresztül teremti meg a

kapcsolatot a vizsgált folyamat bemeneti és kimeneti paramétereinek között [6].

Feladatunk a napelem szimulálása. Ismerjük a napelem villamos helyettesítő képét, a fizikai folyamatot leíró egyszerűsített egyenletet. Adott egy szimulációs program, amelyet alkalmazva megadhatjuk tetszőleges bemeneti paraméterek esetén a napelemek, napelemes rendszerek I-U karakterisztikáját.

C. Szimulációs program

Tudományos és műszaki területen nagyon elterjedt, MatLab interaktív programot használunk a modellezés során. Az alapprogramot különböző rendeltetésű speciális programok, ún. toolbox-ok egészítik ki. Ilyen például, a Control System Toolbox illetve a Simulink Toolbox, amelyek segítségével komplex rendszerek hierarchikus megvalósítását illetve rendszerek komponenseinek szimulálását végezhetjük el.

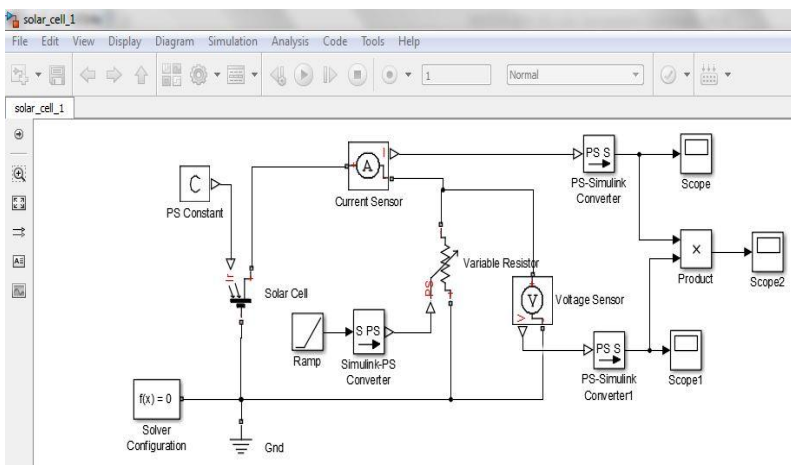
D. Megvalósítás

A Simulink eszköztárának segítségével megalkotjuk a napelemet, amelyet egy változtatható ellenállással zárunk le (4. ábra). A modell kimeneti pontjaira

kapcsolt scopemeter-rel vizsgáljuk az adott napelem I-U és P-U karakterisztikáit. Bemeneti paraméterként beállítjuk a napelem jellemző értékeit és a környezeti jellemzőket.

A napelem paramétereit az előzők során tárgyaltuk (2. ábra). Környezeti paraméterek a besugárzási érték és a hőmérséklet. Átlagos Nap-Föld távolság mellett a Föld légkörén kívül a sugárzásra merőleges felületen időegység alatt átáramló sugárzási energia átlagértéke 1353 W/m^2 , amelyet napállandónak nevezünk. A Föld felszínére érkező sugárzási energia átlagértéke 1000 W/m^2 . Ezt a sugárzást azonban számos egyéb tényező - földrajzi helyzet, atmoszférikus viszonyok, napszak stb.- befolyásolja [7]. A napelemek I-U karakterisztikája, maximális munkapontja függ a napelem felületére érkező sugárzási intenzitástól, az az a besugárzási értéktől és a környezeti hőmérséklettől.

Ezeket az értékeket állíthatjuk be, mint bemenő paraméter és szimulálhatjuk a különböző környezeti hatásokat. Ez azt jelenti, ha egy tavaszi, teljesen fedett égboltot akarunk beállítani, akkor bemenő paraméterként $15\text{-}20^\circ\text{C}$ hőmérsékletet és $200\text{-}300 \text{ W/m}^2$ besugárzási értéket kell beállítani. Majd a



4. ábra Napelem helyettesítő képének szimulációja.

vizsgálendő napelem jellemző paramétereinek megadása után megkapjuk az adott körülményekre vonatkoztatott I-U karakterisztikát.

A hallgatói és oktatói szempontból is nagyon hasznos, hogy egy elkészített modellen keresztül vizsgálhatóak a napelemek, illetve az alapegységet felhasználva tetszőleges napelemes rendszer építhető ki.

Az következő ábrákon hallgatói mérési eredmények láthatóak. Az 5. ábrán, adott napelem cellát vizsgáltak állandó besugárzási érték mellett, különböző cella hőmérsékleten. Míg a 6. ábrán különböző besugárzási értékek hatását hasonlították össze ugyan azon a napelem cellán. Ezeken a példákön kívül számtalan lehetőség rejlik a szimulációs program használatában, amelyet az oktatás ki kell aknázni. Ezzel interaktívva és érdekessé tudjuk tenni a napelemek oktatását.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

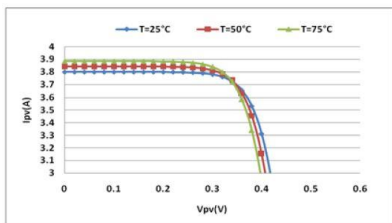
Köszönöm az Óbudai Egyetem Villamosenergetika Intézetének, hogy segítette a konferencián való részvételemet és rendelkezésemre bocsátotta a Megújuló Energiaforrások Laboratóriumát.

IRODALOM

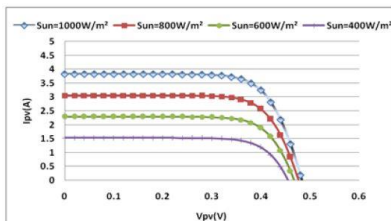
- [1] <http://www.worldometers.info/hu/>
- [2] <http://www.origo.hu/itthon/20151109-dramai-klimavaltozasrol-beszelt-aderjanos.html>
- [3] <http://www.napenergia.hu/napelem.html>
- [4] <http://greenfo.hu/hirek/2016/06/20/dobbenetes-fejlodest-mutatnak-a-napelemek>
- [5] <http://pveducation.org/>
- [6] Prof. Dr. Pokorádi László (2007) – A matematikai modell, URL: http://tudomany.szolnokmtesz.hu/kulonszamok/2007/cikkek_pdf/Pokoradi_Laszlo.pdf
- [7] Varga Andrea, Kádár Péter, Rácz Ervin: Napelemes rendszer teljesítményének értékelése

XXIX. Kandó Konferencia 29th Kandó Conference November 21, 2013, Budapest, Hungary

ISBN 978-963-7158-05-6 pp.297-309



5. ábra Egy napelem modell I-U karakterisztikája.



6. ábra Egy napelem modell I-U karakterisztikája.