

# Napelemek **teljesítőképesége** valós körülmények között

A jövő a megújuló energiaforrásokról szól. Közülük is az egyik legfontosabb, szinte mindenhol rendelkezésre álló, műszakilag viszonylag könnyen igénybe vehető, és gyakorlatilag kimeríthetetlen forrás – a Nap.

A napenergia tulajdonságainak, különösen a föld felszínére energiát eljuttató napsugárzásnak a vizsgálata, intenzitásának minél pontosabb mérése lényeges eleme a felhasználásának. Nem véletlenül, hiszen ez a beérkező sugárzási energia kerül azoknak a rendszereknek (napelemes, napkollektoros, koncentrált napsugárzásos stb.) a bemenetére, amelyek a Nap energiáját közvetlenül hasznosítható hővé, vagy villamos energiává alakítják.



Az átalakítás – mint az általában ismert – nem tökéletes. A napelemes felhasználásnál nagyon komoly veszteség jelentkezik. A világgpiacon jelenleg kapható napelemek hatásfoka általában mindössze 14-15%. Természetesen a többi eszköznek, a naperőművek részegységeinek a hatásfoka sem 100% (pl. az invertereké 96–98%).

A teljes átalakító rendszer, ill. az egyes egységek minősítéséhez elengedhetetlen a beérkező energia minél pontosabb mérése, amire elsősorban nagy pontosságú referencia pyranométereket használnak (1. ábra). Pontosán ugyanolyanokat, mint amilyenekkel a világ meteorológiai intézetei – köztük a magyar Országos Meteorológiai Szolgálat is – évek óta figyelik a lég-

kör, az időjárás, és konkrétan a napsugárzás tulajdonságait, változásait.

Jelenleg az érdeklődés középpontjában a napelem áll. Egyrészt, mert az elméleti hatásfok közel van az 50%-hoz, tehát „van hová fejleszteni”; másrészt, mert a cellahőmérséklet emelkedésekor mutatott zavaró teljesítménycsökkenés is leküzdésre váró feladat. Ugyanis pont akkor romlik a hatásfok, amikor nagy beérkező teljesítményt lehetne hasznosítani.

A különböző napelemgyártási technológiák és anyagok közötti „specifikációs versenyben”, amikor félszázalékokért folyik a küzdelem, igen nehéz tisztán látni. Egyedül a cél világos: amikor a napelemet felszerelik, és az valós üzemeltetési körülmények közé kerül, szeretnék, ha a választott technológia a legtöbbet nyújtaná.

Kétségtelen, hogy egy napelem teljesítőképeségére vonatkozó műszaki jellemzők megadása nem egyszerű, hiszen sok paramétertől függ a pillanatnyi üzemállapot, a pillanatnyilag leadott teljesítmény, s az adott időszakon termelt energia mennyisége. Annak érdekében, hogy a potenciális vásárlókat mégis tájékoztatni lehessen – az egyszerűsítést, és egyben az összevethetőséget szem előtt tartva –, szabványosították az STC (Standard Test Conditions = Szabványos vizsgálati feltételek) értékek megadását. Kérdés, hogy ez a módszer kielégítő-e?

A michigani egyetemen megterveztek és elkészítettek egy vizsgálóberendezést annak érdekében, hogy valóságos üzemeltetési körülmények között tudják mérni a napelemek teljesítőképeségét, és vizsgálni a legfontosabb környezeti változóknak arra gyakorolt hatását.

A rendszer egyik legfontosabb eleme az 1 kW teljesítményű jelforrás-vizsgáló (source meter), amely időben változó áramokat és feszültségeket tud produkálni. Ehhez csatlakozik egy kapcsolóegység, amely miközben az egyik vizsgálandó modult a mérőrendszerhez kapcsolja, a többi, éppen nem vizsgált modulra állandó értékű terhelő ellenállásokat kapcsol. A rendszer része még egy adatgyűjtő, amely a környezeti paraméterek (napsugárzás

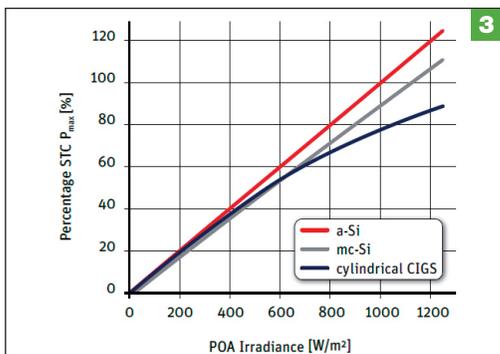
erőssége, a cella és a környezet hőmérséklete, szélesség) értékét rögzíti a megfelelő érzékelők segítségével.

Az áram-, a feszültség- és teljesítményértékeket a környezeti paraméterekkel összefüggésbe hozó vizsgálathoz 20-20 darab modul állítottak be a következő napelemtípusokból:

- c-Si (kristályos szilícium),
- a-Si (amorf szilícium),
- CIGS (copper-indium-gallium-(di)selenide).

A méréseket tízpercenként végezték, napközben, mindaddig, amíg a besugárzás 20 W/m<sup>2</sup> érték felett volt. A besugárzás (IRR) mérése a napelem síkjában (POA = Plane of Array) történt, Kipp & Zonen SP Lite2 fotodiódás érzékelőjű pyranométerekkel (2. ábra).

A szilícium-diódás pyranométerek csak a 400–1100 nm hullámhossz tartományban mérnek, mégis gyakran használják azokat a napelemek mellett működő időjárás-állomásokban, elsősorban kedvezőbb árak miatt. A másodlagos etalon, valamint az első- és másodosztályú hőeleemes pyranométerek vi-



| Module Material | % P <sub>max</sub> Trend Line                               | R <sup>2</sup> |
|-----------------|---|----------------|
| a-Si            | 0.0010 Irr - 0.0740   | 0.986          |
| CIGS            | 4 x 10 <sup>-7</sup> Irr <sup>2</sup> + 0.0012 Irr - 0.0187 | 0.974          |
| c-Si            | 0.000898 Irr - 0.0138                                       | 0.994          |

szont gyakorlatilag lefedik a napelemek által hasznosítható spektrumot, mert a 300–800 nm-es tartományban mérnek. Ezért 2011 márciusában az egyetemi vizsgáló rendszert kiegészítették egy Kipp & Zonen CMP 21 másodlagos etalon pyranométerrel is, a pontosság és a nemzetközi összevethetőség növelése érdekében.

A 2010. július és december közötti megfigyelések alapján a napelemmodulok teljesítményképességét egy grafikonosorozat mutatja be, amely a P<sub>max</sub>, I<sub>sc</sub>, Voc és FF (Fill Factor) százalékos értékeket mutatja a napelemsíkban mért besugárzási értékekhez viszonyítva, valamint a P<sub>max</sub>/AOI (Angle of Incidence = beesési szög) százalékkértéket, a P<sub>max</sub> és FF értékét a cellahőmérséklet függvényében, valamint az időszakonkénti százalékos P<sub>max</sub> és FF értéket. A 3. ábra a P<sub>max</sub> STC szerinti (1000 W/m<sup>2</sup> besugárzás, 25 °C hőmérséklet) százalékos értékét mutatja be, amelyet valós kültéri használat körülményei között állítottak elő.

A kutatócsoport az IEC-61853-1 szabványnak megfelelően kikalkulálta a lineáris és polinomiális közelítéseket a P<sub>max</sub>% és a besugárzás összefüggésére, a lineáris interpolációkat az I<sub>sc</sub>, Voc, V<sub>mp</sub>, és P<sub>max</sub>-ra a hőmérsékletre és a besugárzásra nézve, valamint P<sub>max</sub>-ra a polinomiális közelítést szintén a besugárzásra nézve.

Észlelték, hogy a CIGS modul viselkedését polinomiálisan jobban lehet közelíteni, mint lineáris módon, különösen 1000 W/m<sup>2</sup> alatti besugárzásnál. Amint a grafikonon látható, az amorf-Si (a-Si) modulok sokkal jobb teljesítmény-indexet produkálnak a besugárzás függvényében, mint akár a c-Si, akár a CIGS modulok. Mindez az a-Si napelemek kiváló hőmérsékleti együttható értékének köszönhető. A kikalkulált közelítések a 4. ábrán láthatók.

A kültéri napelem-modul vizsgálóberendezések nagyságrendekkel növelik meg egy társaság vagy szervezet lehetőségeit a modulok valós körülmények közötti, reális adatokat biztosító vizsgálatára. Az ilyen vizsgálatok segítenek bemutatni az STC-alapú napelem-minősítések korlátait, támogatják a napelemek gyártóit a termékfejlesztésben, valamint a beruházókat is a legmegfelelőbb napelemtípus kiválasztásában. A napelemes rendszerek mérésével kapcsolatban a C+D Automatika Kft. szakemberei készséggel állnak az érdeklődők rendelkezésére.

(Összeállította a Kipp&Zonen Newsletter 24. nyomán Németh Gábor)

## MÉRÉSTECHNIKAI KIEGÉSZÍTŐK A HATÉKONY ÉS BIZTONSÁGOS MUNKA VÉGZÉSÉHEZ

### GYORSCSATLAKOZÓK – RAKTÁRRÓL

- sodrott és tömör vezetékek (akár 6 mm átmérőig) bekötése és oldása a csatlakozón található gomb megnyomásával
- dugaszolható és forrasztható befogási lehetőség
- max. 300 V CATII / 16 A
- működési hőmérséklet: -25 – +90 °C
- 8 színvariáció a csatlakozások megkülönböztetésére



### MÉRŐVEZETÉKEK, CSIPESZEK ÉS CSÚCSOK

hagyományos és érintésvédett laborcsatlakozók, műszer- és mérés-technikai tartozékok szabványos és vevőigény szerinti mérővezetékek villamos és orvosi diagnosztikához 2 / 2,4 / 4 mm mérővezetékek, adapterek különböző színben



**Akción** (a készlet erejéig)  
Piros és fekete mérővezetékek (1 m, 2,5 mm<sup>2</sup>, PVC) többféle csatlakozóval (tapintócsúcs, biztonsági banándugó stb.) (600 V, CAT II – 1000 V CAT II) *részletek a honlapon*

### ÉRINTÉSMENTES FESZÜLTSGKÉMLELŐ VOLTSTICK SOUND – Mindig kéznél – mellényzsebben elfér

Feszültség gyors és biztonságos észlelésére váltakozó áramú hálózaton és berendezésekben, szigetelt vezetéseken, kábelcsatornában, becsavart biztosítókon és csatlakozóaljzatokon.



- feszültség szint: 230 – 1000 VAC
- érzékenység: kb. 4 mm (230 V AC) a feszültség alatt levő ponttól
- gyors, egyszerű használat hang- és fényjelzéssel
- két évtizedes, kedvező hazai tapasztalat

# meter.hu

Műszaki háttérinfo, szakkönyvek, adatlapok, árak



**C+D Automatika Kft.**  
1191 Budapest, Földvári u. 2.  
Tel.: 282-9676. Fax: 282-3125