

Kísérleti célú duális funkciójú napelem cella- és panelvizsgáló berendezés

Dual Function Solar Cell and Panel Testing Equipment for Experimental Purposes

Echipament pentru analiza experimentală a celulelor și panourilor solare cu funcție duală

SZAUTER Ferenc¹, SZÉKELY János Ádám²,
SZELI Zoltán³, SZAKÁLLAS Gábor⁴, SOMOGYI Huba⁵, KOCSIS SZÜRKE Szabolcs⁶

¹projektvezető, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szauter@sze.hu

²kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szekelya@sze.hu

³kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szeliz@sze.hu

⁴kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szgabor@sze.hu

⁵kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., somogyi.huba@gmail.com

⁶kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., kocsis.sz.szabolcs@gmail.com

ABSTRACT

In our paper two dual-function solar panel testing equipment will be introduced which are capable to examine solar panels in a complex way. Besides that the result of the measurements both with natural and artificial light will be introduced. The aim of our project is to reduce the temperature on the surface of the solar panels and thus improve the daily energy-balance.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkünkben bemutatunk két kísérleti célú duális funkciójú napelemvizsgáló berendezést, amely képes a napelemcellák, -panelek komplex vizsgálatára. A napelemcellát vizsgáló berendezés képes növelni vagy csökkenteni a vizsgált cella hőmérsékletét, változtatni a fény beesési szögét és a beérkező fényforrás részleges hullámhosszúságát. A berendezés figyeli a hullámhossz tartományt spektrométerrel, a napelemcella villamos paramétereit a terhelés és a hőmérséklet függvényében. A duális funkciójú panelvizsgáló berendezés, elsősorban szabadtéri, természetes fényenél való mérésekre lett tervezve. A berendezés könnyen mozgatható, mobil rendszer, amely önhordóan tartalmaz minden mérő, villamos, informatikai és folyadékellátó egységet. Különböző folyadék fényszűrő rendszerek tesztelésére alkalmas. Jelen publikációban tovább ismertetjük a mesterséges és természetes fényforrásoknál végzett mérések eredményeit. A projektünk célja az infrasugarakból származó hő elszállítása napelemek felületéről, és ezzel a napi energiamérleg javítása.

Kulcsszavak: duális funkciójú napelem, energiahatékonyság, határfok, szűrőanyagok

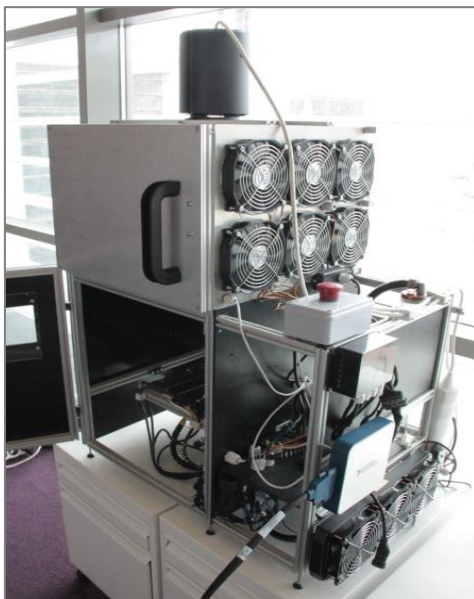
1. BEVEZETÉS

A napelemcellák hőmérsékletének emelkedésével romlik a határfokuk. Ahogy a napsugárzás intenzitása növekszik, nemcsak a napelem cellák számára hasznos hullámhossz-intervallum intenzitása növekszik, hanem a melegedésért felelős infratartomány is. A monokristályos napelemcellák általában ~1200nm-es hullámhossz tartományig képesek hasznosítani a fotonenergiát. Ez és ennél nagyobb hullámhosszúságú sugárzás már melegíti a cellákat. A hőmérséklet növekedésnek hatására az üres járási áram kis mértékben növekszik, az üres járási feszültség pedig nagy mértékben csökken.

2. DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEMCELLA VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS

Az általunk tervezett kísérleti napelemcella vizsgáló berendezés komplex vizsgálatokra lett kifejlesztve. A berendezésben részben változtatható a megvilágító fény hullámhossz karakterisztikája, a napelemcella hő-

mérséklete, a fényforrás és a napelem közötti beesési szög, továbbá spektrométeres adatgyűjtés is lehetséges szűrőanyag előtt és után.



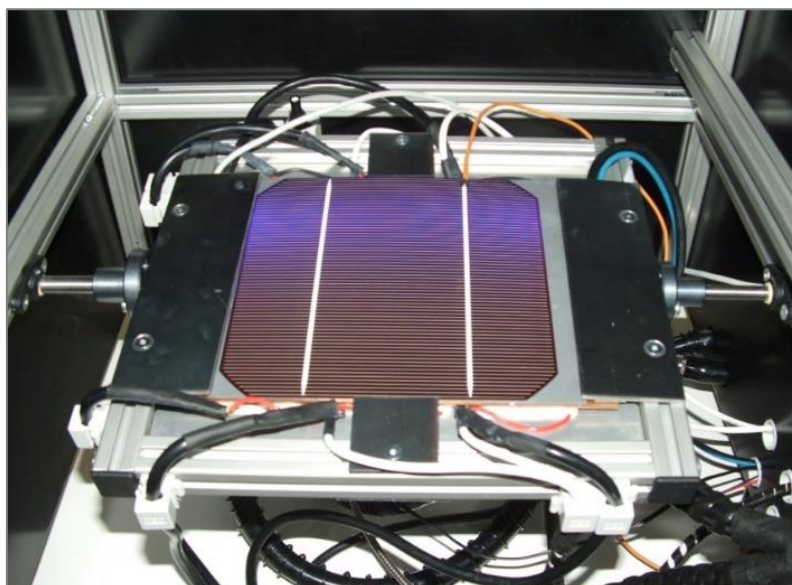
1. ábra
Kísérleti célú napelemcella vizsgáló berendezés

A kísérleti célú napelemcella vizsgáló berendezés felépítése moduláris. A berendezés három fő részből: a fényforrást tartalmazó-, távtartó- és a napelemcellát tartalmazó bázismodulból áll. A modulok kötélem nélkül rögzíthetők egymásra, alakzáró kapcsolattal. A fő részek további alegységeket tartalmaznak: fényforrást, annak hűtőrendszerét és optikáját, különböző szenzorokat, napelem hűtő-fűtő egységet, napelem billentő mechanizmust, elektronikai vezérlőket, MPPT-t, mérés adatgyűjtő kártyákat és teljesítmény elektronikát. A berendezés biztonságos működtetése érdekében több hőmérséklet-, áram- és feszültségmérő lett felszerelve, amelyekre a szabályozó program biztonsági szubrutinjai felügyelnek. Rendellenes működés vagy veszély esetén a program áramtalanítja a berendezést. A vész-stop gombon kívül a berendezés ajtajának nyitásával is leáll a készülék. A napelemcella vizsgáló berendezés felhasználói felülete a következő ábrán látható:



2. ábra
Felhasználói felület

A napelemcella hőmérsékletének változtatását peltier elemek végzik. A berendezés -5°C -tól 70°C -ig képes változtatni a hőmérsékletet a teljes felületen. A fűtő és hűtő modul a cellával együtt billenthető a vízszintes pozícióból $45-45$ fokra, így a fényforrásból érkező fény beesési szöge változik. A napelem cellára kapcsolt maximális munkapont követő rendszer egy műterhelésbe vezeti a termelt energiát.



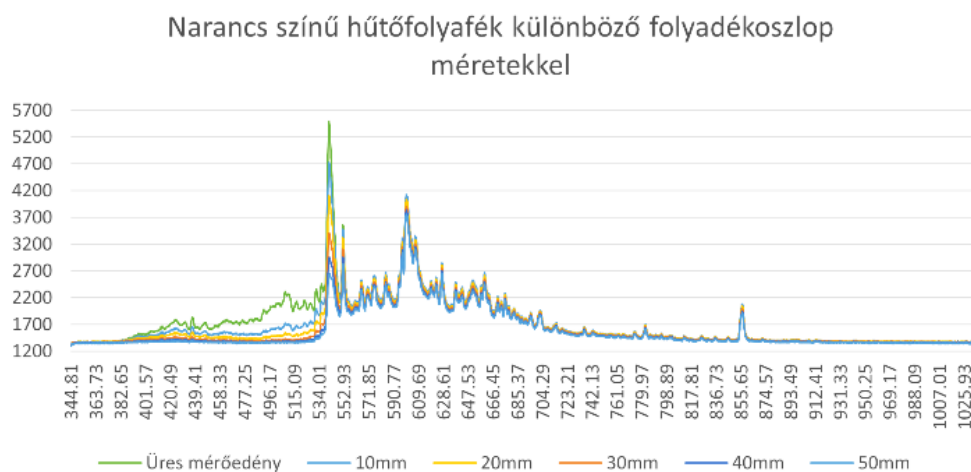
3. ábra
Napelem cella és peltier elem

Így a különböző szűrőanyagoknál megtermelt energiamennyiség összehasonlíthatóvá válik. Az ez által nyert irányadó adatok segítenek elkészíteni olyan duális funkciójú napelem paneleket, amely a természetes napfényben az elvárt eredményeket teljesítik.

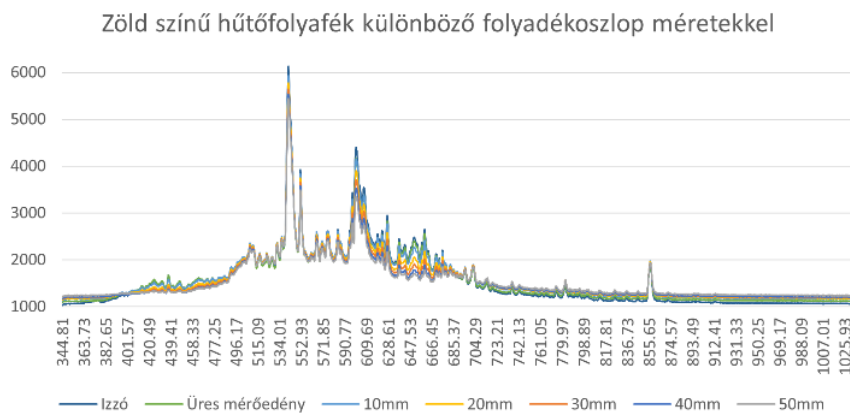
3. FOLYADÉK HALMAZÁLLAPOTÚ SZŰRŐANYAG VIZSGÁLATA A KÍSÉRLETI CÉLÚ NAPELEMCELLA BERENDEZÉSSEL

A különböző szűrőanyagok számára rögzítési pontok vannak a napelemcella és a fényforrás között. A vizsgálható szűrőanyag lehet szilárd vagy folyékony. Utóbbi az arra kialakított PMMA anyagból készült nyitott tartályban vizsgálható. Ez a tartály elektromos szintmérővel és leeresztő csappal is rendelkezik. Ennek köszönhetően a folyékony szűrőanyag folyadékoszlopának és szűrési képességének összefüggése figyelhető meg. A szűrési képességet úgy határozzuk meg, hogy a szűrőanyag előtt és a szűrőanyagon áthaladó fény intenzitás/hullámhossz diagramját spektrométerrel rögzítjük a programban.

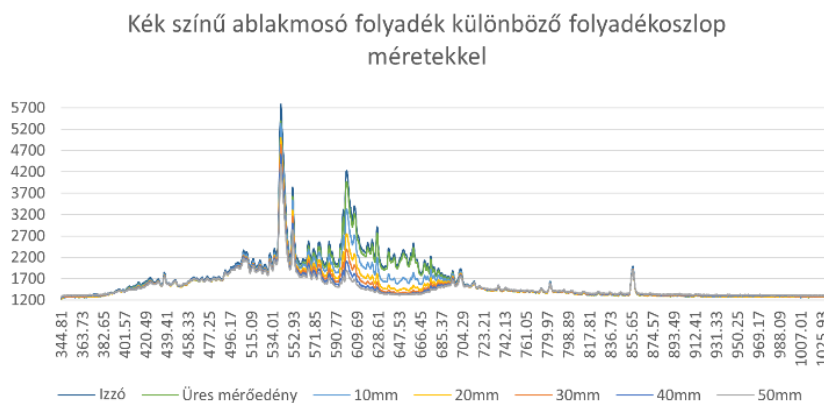
Első mérésenként a kereskedelmi forgalomban kapható színes folyadékokat mértünk meg. A spektrométer mérőfejét a tartály alatt helyeztük el. A folyadékoszlopot 10mm-enként növeltük. Az eredmények a következő diagramokon láthatóak (függőleges tengelyen a relatív intenzitás, vízszintes tengelyen pedig a hullámhossz [nm]):



4. ábra
Narancs színű hűtőfolyadék

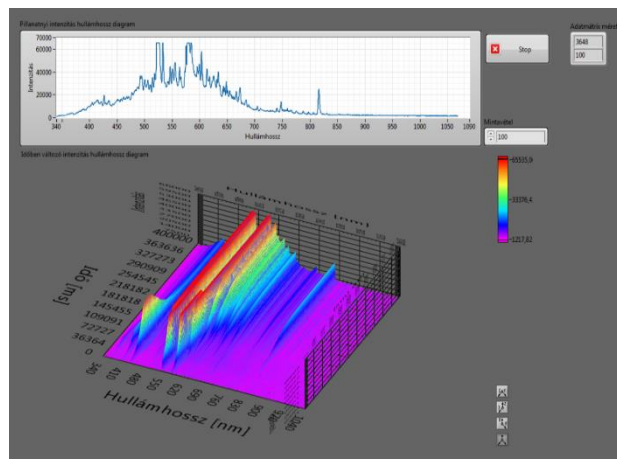


5. ábra
Zöld színű hűtőfolyadék



6. ábra
Kék színű ablakmosó folyadék

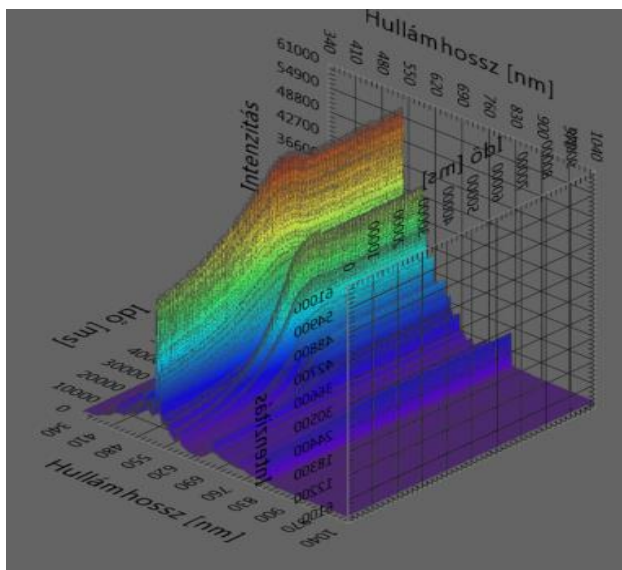
A mérések során tapasztaltuk, hogy az alkalmazott mesterséges fényforrásoknál magas frekvencián ingadozik az intenzitásuk. Ehhez a fényintenzitás változás méréshez a spektrométerrel nagysebességű spektrum adattömböket vettünk fel. Az adattömbök ábrázolására egy programot írtunk, amiben különböző matematikai feldolgozásokon keresztül egy hullámhossz görbére redukáltuk. A program megismerése után felismertük, hogy ez az eljárás több alkalmazáshoz is használható, mint például az előző méréseknél a folyadékoszlop szintjének folyamatos változtatásával a spektrum változását. Az első próba mérésnél az általunk alkalmazott egyik mesterséges fényforrás melegeledésekor bekövetkezett hullámhossz-intenzitás változást rögzítettük az idő függvényében, amit a következő ábra mutat:



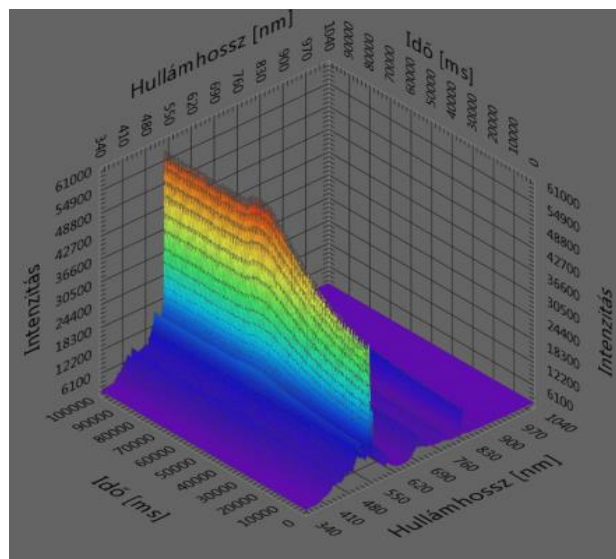
7. ábra
Próbamérés

A diagramon látható, hogy az alacsony hullámhosszú tartomány bekapcsolásakor meredeken felszökik majd az üzemi hőmérséklet elérésével folyamatosan csökken. A közepes és nagyobb hullámhosszok csak később kezdenek növekedni, amikor az izzó elér egy bizonyos hőmérsékletet.

A próbamérés után folyadékkal is kipróbáltuk az eljárást. Az vizsgálathoz kék folyadékkal töltöttük fel a mérőtartályt, majd a fényforrás üzemi hőmérsékletének elérése után az adatrögzítést elindítottuk és a tartályon lévő csapot megnyitottuk. Az eredmény a következő ábrán látható:



8. ábra
Próbamérés eredmény

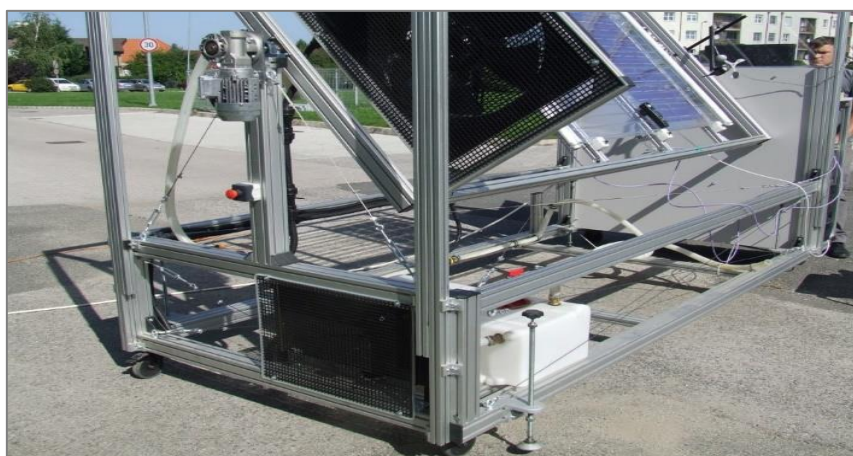


9. ábra
Próbamérés eredmény

A diagrammon látható, hogy a különböző hullámhosszok szerinti változás nem ugyanakkora. Így a szűrőréteg folyadékszint magassága nem elhanyagolható szempont.

4. KÍSÉRLETI CÉLÚ DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEMPANEL VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS

A berendezést a duális funkciójú napelempanel természetes fényenél való vizsgálatra terveztük. A berendezés képes a napelempanel és a természetes fény közötti beesési szöget változtatni, légmozgást előállítására a napelem panel felületén, folyadékot keringetni és hűteni a duális funkciójú napelemek számára, továbbá komplex szenzor technika, mérésadatgyűjtő, műterhelés és informatikai egység is helyet kapott a mobil berendezésen.

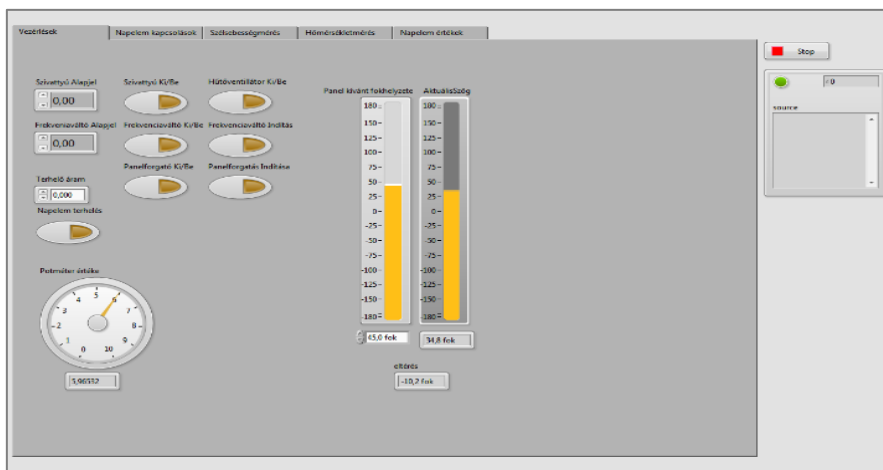


10. ábra:
Mobil duális funkciójú napelem panel vizsgáló berendezés

A saját tervezésű vezérlő/szabályzó programban öt felhasználói felület kapott helyet:

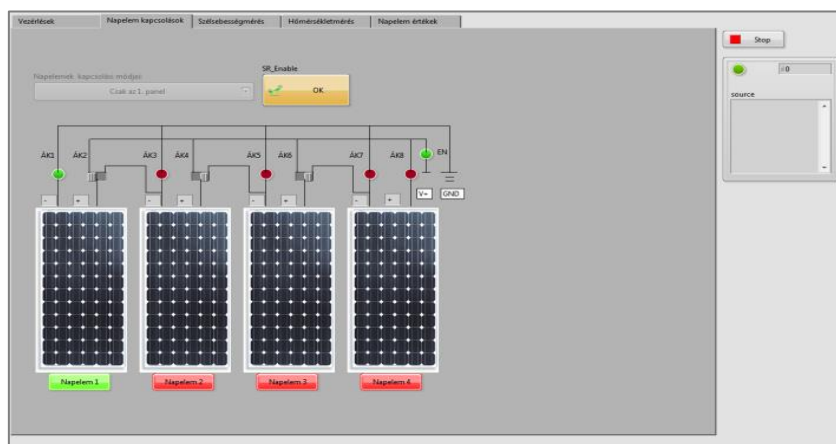
- különböző egységek vezérlése,
- napelemcellák kapcsolásának változtatása,
- szélesség szabályozása és mérése,
- hőmérsékletmérés,
- cellák adatai

Az 11. ábra a vezérlési lehetőségeket mutatja be, mely egy Tab Control első menüpontja. Lehetőség van a ventilátorokat üzemeltető frekvencia váltók alapjelét megadni, ami a ventilátorok sebességét fogja befolyásolni. Ennek értéke 0–10 közötti lehet. Emellett tudjuk még a keringésért felelős szivattyú alapjelét is változtatni, ennek ki és bekapcsolását, a hűtőventillátor ki és bekapcsolását, vezérelhető a panel forgatás, valamint a napelemek terhelőárama adható itt meg.



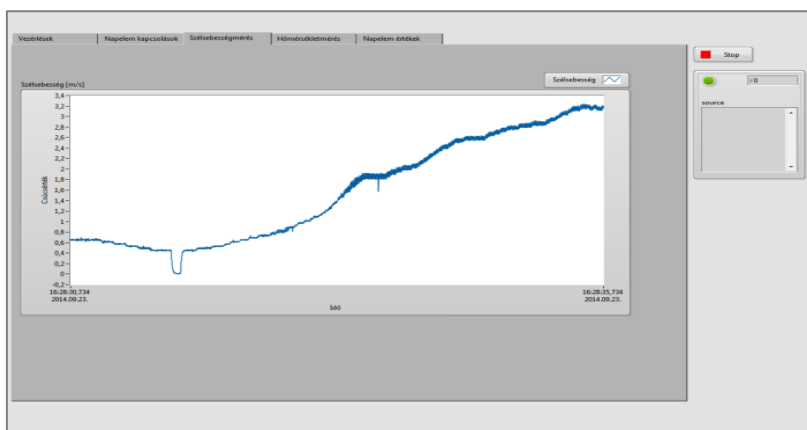
11. ábra
Felhasználói felület

A 12. ábrán a napelemtáblák kapcsolási lehetőségei láthatók. Ha változtatni akarunk a kapcsoláson, akkor előbb le kell vennünk az engedélyező jelet. Ameddig az SR Enable jelet nem aktivizáljuk, addig a műterhelésre nincs rákapcsolva a napelemek által termelt feszültség. Esetünkben csak az első tábla van kapcsolva.



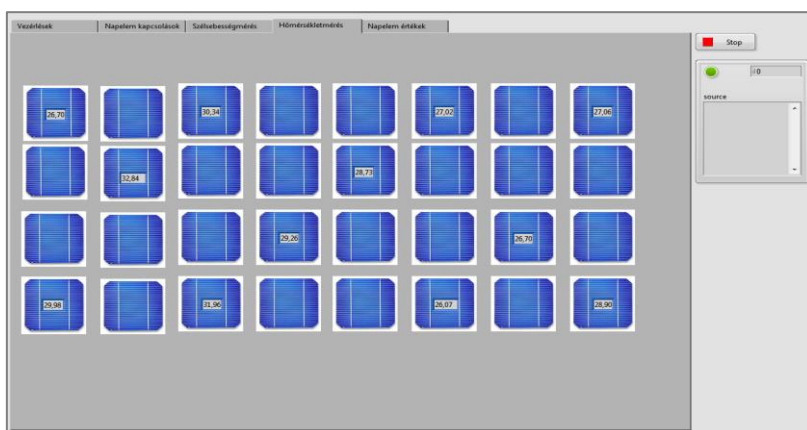
12. ábra
Napelemek kapcsolási lehetőségei

A 13. ábra a szélesség értékét vizualizálja. Mint az látható, a mérés során a maximális szélesség 3,2 m/s-os érték volt.



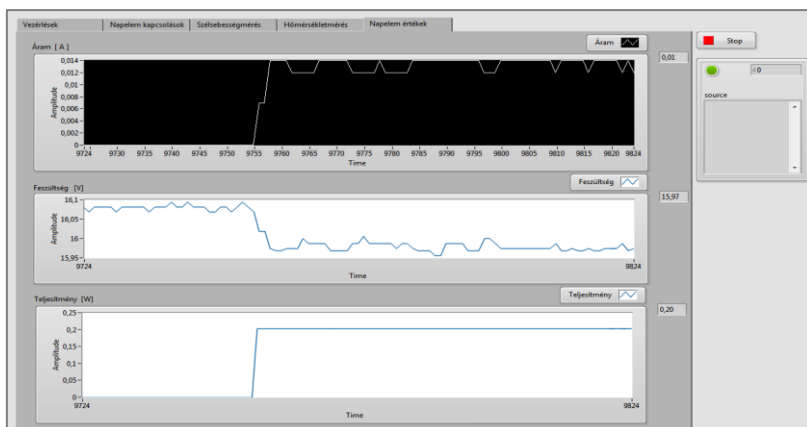
13. ábra
Szélsebesség mérés

A 14. ábrán az általunk vizsgált napelemtáblára kihelyezett hőmérséklet érzékelők jelei láthatók. A hőmérséklet érzékelésre LM35 CAZ típusú érzékelőket használunk. Ezek arányos feszültség értéket adnak az érzékelt hőmérsékletre (10mV/C).



10. ábra
Hőmérséklet érzékelők

A 15. ábrán a napelemtábla terhelési folyamata követhető. Esetünkben a napelemtábla 15,97V-ot állít elő, melyet 0,01A-ral terhelünk és így a teljesítménye 0,2W. A terhelésre használt műterhelés egy EL-3000 típusú terhelés, mely mellé a gyártó szolgált LabVIEW drivert.



11. ábra
Teljesítmény mérés

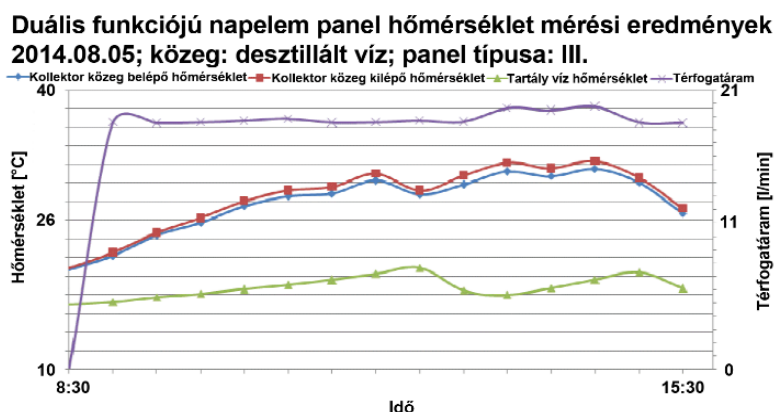
5. DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEM PANEL MÉRÉSE

A méréseket különböző kialakítású és folyadék tartalmú duális funkciójú napelemeken végeztük.



12. ábra
Folyadék keringető

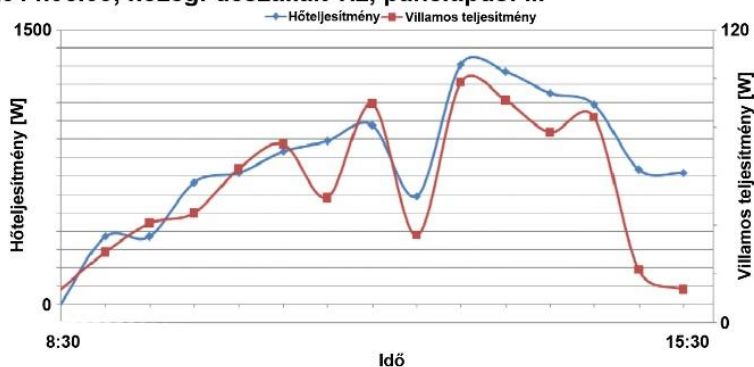
Egyik mérésnél a szűrő rendszer desztillált vízzel lett feltöltve, alá napelempanel lett szerelve. A mérés eredményei a következő diagramon láthatóak:



17. ábra
Duális mérés

A diagramon jól látszik, ahogy a kollektor közeg hőmérséklete egyenletesen növekszik, és egy viszonylag állandó hőmérséklet különbség alakul ki a belépő és a kilépő közeg között. A térfogatáram 18,5 és 20 l/min között ingadozik. A puffertartály hőmérséklete először lassan emelkedik, majd egy óráig tartó hőmérséklet csökkenés után újra emelkedik.

Duális funkciójú napelem panel számított teljesítmény eredmények
2014.08.05; közeg: desztillált víz; paneltípus: III



18. ábra:
Duális funkciójú panel számítási eredmények

A 18. ábrán látható villamos és hő teljesítmény alakulása. A két görbe jellege jelentősen hasonlít egymásra, a villamos teljesítmény és a napelem áramerőssége korrelál. Az ingadozások azt mutatják, hogy egyes időszakokban felhős volt az ég, ezáltal leesett a megvilágítás értéke. A diagramokon még jól kivehető, hogy ezen a napon 12:30-kor valószínűsíthetően eső esett, mely lehűtötte a közegeket. Ez látszik, mind a hő teljesítményen, mind a villamos teljesítményen.

TÁMOGATÓI NYILATKOZAT

„TÁMOP 4.2.2.A – 11/1/KONV – 2012-0075: Lézer technológiák a járműipar és a megújuló energiaforrás hasznosítás szolgálatában – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Nemcsics Ákos, A napelem és fejlesztési perspektívái, Budapest: Akadémiai Kiadó, 2001.
- [2] Dr. Varga Zoltán, Kutatás a fenntartható járműhajtásért-cél: A jövő villamos energián alapuló közlekedése, Magyar Tudomány • 2012/7
- [3] Yi Wang, Andrew Gerger, Anthony Lochtefeld, Lu Wang, Chris Kerestes, Robert Opila, Allen Barnett - Design, fabrication and analysis of germanium: silicon solar cell in a multi-junction concentrator system, 4 August 2012
- [4] Kocsis Szürke Szabolcs, Somogyi Huba – Electrical and Informatics System of a Solar Panel Equipment for Automotive Applications, Arad, OGÉT, 2014. p. 186.
- [5] Székely János Ádám, Szuromi Csaba – Testing of the Effects of Filtering Materials with the Help of an Experimental Solar Cell Measurement Device, Arad, OGÉT, 2014. p 368.
- [6] Jinwei Ma, Wei Sun - Experimental and theoretical study of the efficiency of a dual-function solar collector, Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science and Technology of China, Received 10 November 2010
- [7] Jie Li - Thermal characteristics of a building-integrated dual-function solar collector in water heating mode with natural circulation, Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science and Technology of China, 31 December 2009
- [8] Anom Namin - Determination of solar cell electrical parameters and resistances using color and white LED-based solar simulators with high amplitude pulse input voltages, Division of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand, 5 February 2012
- [9] Sun Ho Jang - Fabrication and thermal optimization of LED solar cell simulator, Department of Materials Science and Engineering, Myong Ji University, 38-2 Nam-Dong, Yongin, Kyunggi 449-728, Republic of Korea, 5 November 2009
- [10] Jawad Sarwar - Description and characterization of an adjustable flux solar simulator for solar thermal, thermochemical and photovoltaic applications, Texas A&M University at Qatar, Mechanical Engineering Department, P.O. Box 23874, Doha, Qatar, 7 October 2013
- [11] M. Böhm, H.C. Scheer, H.-G. Wagemann - Solar simulator measurement system for large-area solar cells at standard test conditions, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Technische Universität Berlin, Jebensstr. 1, D 1000 Berlin 12, West Germany, 5 August 2003
- [12] W. Wang - Design and Validation of a Low-cost High-flux Solar Simulator using Fresnel Lens Concentrators, Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology, 100 44 Stockholm, Sweden, 2014.03.23
- [13] D. Kolberg - Development of tunable close match LED solar simulator with extended spectral range to UV and IR, Aescusoft GmbH, Emmy-Noether-Str. 2, 79110 Freiburg, Germany, 12 August 2011