

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar**Villamosenergetikai Intézet****Cím: 1034 Budapest, Bécsi út 94-96.****Tel.: 1/666-5821****Fax: 1/666-5829****E-mail: orosz.janos@kvk.bmf.hu****Honlap: <http://www.vei.obuda.kando.hu>****Intézetigazgató: Orosz János****1. Bevezető**

A villamosenergia-ellátás napjaink egyik alapvető szolgáltatásává vált. A hagyományos erőművi és szállítási technológiák mellett ebben az iparágban is megjelentek a legkorszerűbb eljárások, mint pl. az alternatív energia-előállítási formák, továbbá a GSM, GPRS és egyéb műholdas Wide Area Measurement Systems rendszerek. A Villamosenergetikai Intézet oktatási és kutatási tevékenysége során a hagyományos és legkorszerűbb technológiákat kívánja átadni a villamosenergia-ipar jövőbeni derékhadát képező műszaki személyzetnek, illeszkedve az üzemeltetési és fejlesztési feladatokhoz. Ehhez ma már az erősáramú ismereteken kívül magas fokú informatikai, számítástechnikai és elektronikai ismeretek is szükségesek. A rendszerszemléletű alapképzést az új tudományos-műszaki eredmények gyors, rugalmas elsajátítására alkalmas modulrendszerben választható tantárgyak egészítik ki.

A képzés folyamatos korszerűsítésével egyre nagyobb szerepet kapnak az oktatásban az alábbi részterületek:

- gazdaságos villamosenergia-termelés új módjai,
- számítógépes folyamatirányítás a villamosenergia-iparban,
- az alap energiahordozó struktúraváltásának hatásai,
- elektronikus és mikroprocesszoros védelmek,
- nagyfeszültségű berendezések állapotellenőrzése,
- energetikai irányítástechnika és mérés technika,
- energetika és környezetvédelem,
- korszerű szigetelőanyagok konstrukciós hatásai,

- ajánlati tervezés, az elbírálás szempontjai,
- az energetikai piac liberalizációjának műszaki gazdasági hatásai,
- megújuló energiaforrások kutatása,
- relévédilem-fejlesztés,
- fogyasztó oldali befolyásolást érintő vizsgálatok,
- mikrogridek,
- fogyasztásmérő-tesztelés,
- transzformátor monitoring rendszer,
- villamosenergia minőségi mérések, stb.

Az intézet ipari kapcsolatai, kutatási feladatai és végül a hallgatók elhelyezkedési területe alapján a főbb partnerek:

- Áramszolgáltatók, erőművek,
- ABB, SIEMENS, SCHLUMBERGER,
- MAVIR, HOLCIM, Észak-Budai Tervező és Szolgáltató Kft.,
- Egyéb ipari fogyasztók, stb.

2. Oktatási profil

Az intézet az alapozó szakmai alapozó tantárgyakon túl (mint pl. a villamosságtan) többek között a következő szaktárgyak oktatását végzi előadások, gyakorlatok, laboratóriumi mérések és projektfeladatok végrehajtása során:

- villamos energetika,
- villamosenergia-ellátás,
- villamosenergia-rendszerek,
- energiagazdálkodás,
- energetikai informatika,
- különleges energiaforrások,
- védelemtechnika,
- erőművek villamos üzeme.

3. Kutatás és tudományos aktivitás

Az intézet keretein belül két kutatóműhely is működik: az Energetikai Kutatóhely, illetve a Megújuló Energiaforrás Kutatóhely. Ezek a kutatóhelyek önálló K+F feladatokat végeznek ipari szerződések és pályázatok keretében.

Az intézet és a kutatóhelyek munkatársai között vannak, akik a Magyar Tudományos Akadémia Energetikai és Elektrotechnikai Bizottságának; a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek; a CIGRÉ-nek és az IEEE is tagjai. Az utóbbi évben mintegy 12 publikációt készítettek és több hazai és nemzetközi konferencián vettek részt.

A következőkben néhány, a Villamosenergetikai Intézetben és kutatóhelyein végzett kutatási projektet ismertetünk röviden.

3.1. Megújuló demonstrációs energiapark

A projekt

A Budapesti Műszaki Főiskolán régóta folyik oktatás a ma még különleges vagy alternatív jelzőkkel illetett energiaforrásokról. A Villamosenergetikai Intézet elhatározta, hogy egy demonstrációs energiaparkot hoz létre a Bécsi úti telephelyen. A munka célja a megújuló energiatermelő eszközök gyakorlati bemutatása, üzemviteli tapasztalatok szerzése, illetve új típusú hálózati struktúrák tesztelése. A projekt szakképzési támogatásból valósult meg.

A rendszer

A rendszer jelenleg önálló energiatermelő eszközöket tartalmaz, de a későbbiekben egy integrált microgrid kialakítását tervezzük. Főbb elemei a következők:

Napelemcellák

A cél, hogy részletes mérési adatsorok gyűljenek össze a hazai időjárási viszonyok mellett termelhető villamosenergia mennyiségéről különböző fix tájolású panelekkel (ld. 1. ábra). Az energiapark ezen első egysége mintegy másfél éve üzemel. Az amorf szilícium technológiával készült DS40-es napelemek főbb adatai:

- névleges teljesítmény: 40 W,
- névleges feszültség: 44,8 V,
- névleges áram: 900 mA,
- üresjárási feszültség: 62,2 V,
- rövidzárási áram: 1150 mA,
- felület: 0,8 m².

Vizsgálati szempontok:

- hatásfok mérés,
- megfelelő tájolás kiválasztása,
- szórt fény hatása,
- öregedés vizsgálat,
- a megfelelő rögzítéstechnika kiválasztása,
- segítség építészeti alkalmazások tervezéséhez.

Szél turbina

Az AIR-X 401-es kísérleti szél turbina elektromos kapcsolószekrényét, a műterhelést és a mérőrendszert a főiskola diákjai építették (ld. 2. ábra). Főbb jellemzői:

- rotor átmérő: 1,15 m,
- névleges feszültség: 12 V,
- indulási szélesség: 3 m/s,
- névleges teljesítmény: 400 W/11,5 m/s,
- maximális leadott teljesítmény: 520 W/18 m/s.



1. ábra
A napelemes mérőrendszer



2. ábra
Az AirX401 szél turbina



3. ábra
A tüzelőanyag-cella

Tüzelőanyag-cella

A 20 W-os FLEXIVA típusú tüzelőanyag-cella tiszta hidrogénből állít elő villamos energiát (ld. 3. ábra). Ez az egység jelenleg 12 V-os akkumulátorra dolgozik.

Napkollektor

A kommunális villamosenergia-fogyasztás sok ponton kapcsolódik a hőfelhasználáshoz, ugyanis hűteni és fűteni egyaránt lehet gáz- illetve villamosenergiával. Az energiatudatosság oktatása érdekében három napkollektor is felszerelésre került (lásd 4. és 5. ábra). A termelt melegvíz az épület HMV (használati melegvíz) körére dolgozik rá, hőcserélőn keresztül.



4. ábra
A sikkollektor



5. ábra
A vákumcsöves kollektor

A 2. részben a szélturbina mérőrendszer elemeit, illetve a tervezett fejlesztéseket és vizsgálatokat ismertetjük.

A projektet a Villamosenergetikai Intézet dolgozói és a III. évfolyamos hallgatókon túl a Prolux, az Unimechanik, a MES, a National Instruments Hungary és a Windenergy Kft. támogatta.

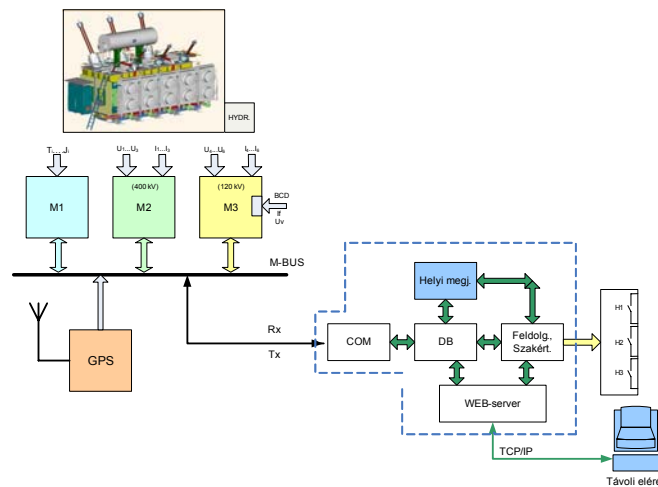
3.2. Transzformátor monitoring rendszer

A hazai villamosenergiaipar egyik legfontosabb területévé vált a nagy értékű berendezések élettartam hosszabbítása. A hazai viszonyokhoz alkalmazható és a hazai erőművi és alállomási védelmi irányítástechnikai rendszerhez illeszkedő transzformátor-monitoring rendszer jelenleg nincs kereskedelmi forgalomban.

Ezen projekt keretében kifejlesztett és gyártásra előkészített berendezés hiánypótló a hazai villamosipari rendszerek területén. Importból csak egyes szenzorok és egyéb algegyeségek szerezhetők be. A hazai fejlesztés figyelembe veszi a döntő többségben a Ganz Transzformátor gyártású berendezések sajátosságait. Kiemelt fontosságú az erőművi blokktranszformátorok MR-es ellátottságának

megteremtése, mivel ezek váratlan kiesése a blokk néhány hetes kiesését jelenti egyben. A hazai erőművi blokktranszformátorok 80%-a 20 évnél idősebb.

Meg kell említeni, hogy csak az MVM 3 db alaphálózati nagytranszformátort vesztett az utóbbi évben. A projekt egy komplex fejlesztés, amely a nagyfeszültségű mérés- és szigeteléstechnika legújabb módszereit alkalmazza. Figyelembe vettük az ismert külföldi gyakorlat (GE, ALSTOM, TECHNO-Service, stb.) legfrissebb eredményeit és a hazai transzformátorépítés sajátosságait.



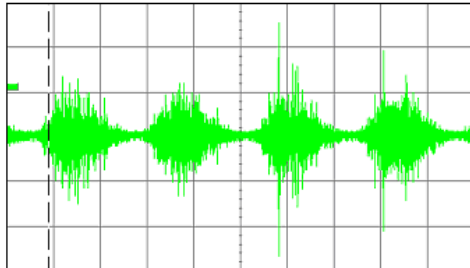
6. ábra

A fejlesztendő monitoring rendszer blokkvázlata

Az egyes egységek feladata: az M1 fogadja a különböző hő értékeket és a folyamatos gázanalízis eredményeit. Az M2 méri és analizálja a nagyobb feszültségű oldal áramait, feszültség tranzienseit és a részleges kisülést. Az M3 egység ugyanezen funkciókat a kisebb feszültségű oldalra végzi el.

Az adatok az adatgyűjtő egységbe kerülnek, ahol egyidejűleg megtörténik a mért adatok szakértése is egyidejűleg. Az adatbázis webszerveren keresztül az üzemi interneten keresztül elérhető.

Alapkutatás szintű feladatréssz a megbízható részleges kisülések érzékelése (PD) villamos és akusztikus alapon. A hagyományos FFT alapú feldolgozás nem alkalmazható a nagy zajszintek miatt. A spektrumbecslési módszerek közül a wavelet módszert kívánjuk alkalmazni. A wavelet képes mind időben, mind frekvenciában hűen felbontania „bőrsztöket” (amire a Fourier-technika nem képes).



7. ábra

Részleges kislülések oszcillogrammja

A döntéshozatali függvény: Legyen $x(t)$ folyamat méréséből mintavételezéssel kapott idősorozatunk $\{x_1, \dots, x_i, \dots, x_N\}$, így a szekvenciális valószínűségi hányados teszt (Sequential Probability Ratio Test = SPRT) döntéshozó függvényét, illetve számsorát a következő kifejezés definiálja.

3.3. Cementipari gépmonitoring rendszer

A projekt keretében integrált, multifunkcionális, gépállapot figyelő rendszert fejlesztettünk ki a HOLCIM Hungária Cementipari Rt. részére. A K+F „IMÁR” projekt keretében egyebek mellett létrejöttek a forgókemence mozgását és dinamikus terheléseit szimuláló számítógépes modellek, megvalósult a PXI-SCXI, LabVIEW technológián alapuló on-line számítógépes mérőrendszer (IMÁR), speciális mikrochipes kísérleti mérőfejeket szereltek fel, hajtásszabályozási és vezérlési algoritmus stabilizálja a kemence ikerhajtásának dinamikáját.

A 2004 októberétől 2005. december 31-ig tartó fejlesztésben közreműködő partnerként részt vett a National Instruments Hungary Kft. és az ELMA Kft. Az állapotfigyelő karbantartási projekt célja a termelés versenyképességének biztosítása azzal, hogy növelhető az üzemelés biztonsága, valamint csökkenthetőek a költségek és a veszteségek.

A cementipar jelenleg rendelkezésre álló állapotfigyelő technológiái csak drágán, körülményesen, bizonytalan eredményességgel alkalmazhatóak. A forgókemencék, a golyós és görgős malmok, valamint egyéb speciális nagyteljesítményű gépek meglehetősen bonyolult felépítésűek, többnyire lassú járásúak és hatalmas tömegűek. A jelenlegi fejlesztés elsősorban arra irányult, hogy a cementgyártás központi technológiai gépén, egy forgókemencén hatékony, integrált, multifunkcionális, on-line állapotfigyelő rendszert (IMÁR) hozzon létre és megvalósítsa a gyakorlati kísérletét. Mindez az elméleti és gyakorlati lehetőségeket széleskörű feltárásával vált lehetővé.

A fejlesztés módszerei és eszközei során kiemelkedő szerepet kapott a számítógépes szimuláció, valamint a legkorszerűbb számítógépes mérés technikai eszközök és speciális érzékelők alkalmazása.



8. ábra
A golyós őrőlmalom

A projekt eredményeképpen létrejöttek a forgókemence mozgását és dinamikus terheléseit szimuláló, verifikált termikus, mechanikus és elektromechanikus számítógépes modellek, amelyek segítségével lehetővé vált a gyakorlati szempontból legfontosabb kritikus üzemmódok és terhelések analízise. Kiemelkedően jól használhatónak bizonyult a kemence ikerhajtásának és mozgásának dinamikáját szimuláló interaktív, számítógépes terhelésmo­dell, ami a különböző rendellenessége, mint túlterhelések, törések, fékműködések, megnövekedett holtjátékok, aszimmetriák, stb. hatását szimulálja.

Megvalósult a PXI-SCXI, LabVIEW technológián alapuló, 60 analóg és digitális csatornán szimultán mintavételű jelet, ill. információt on-line feldolgozni képes kísérleti számítógépes mérőrendszer (IMÁR), amely a hajtómotorok állapotától a hajtáslánc rezgésdiagnosztikán keresztül a kemence mozgásáig folyamatosan ellenőrzi és minősíti a géprendszer működését, jelzi az anomáliákat, trendeket készít és archiválja az eseményeket és mérési eredményeket. Az IMÁR az Ethernet hálózaton keresztül tetszőleges távolságú hozzáférést és kommunikációt biztosít.

Alacsonyfrekvenciás (0...24 Hz) rezgésdiagnosztikai célokra speciális gáztöltésű mikrochip felhasználásával, kísérleti mérőfejek készültek és szereltek fel.

A számítógépes szimulációs eredmények felhasználásával olyan számítógépes hajtásszabályozási és vezérlési algoritmus kifejlesztésére és alkalmazására került sor, amely stabilizálja a kemence ikerhajtásának dinamikáját, mérsékli a kemence mechanikai jellegű torziós terheléseit, ezáltal megnöveli a kemence héjazatának és hőálló falazatának élettartamát.

3.4. Energetikai audit és megújuló erőforrások felhasználása az épületenergetikában

Az innováció legfőbb szerepe a különböző területeken végzett kutatások eredményeinek megfelelő helyen és időben történő alkalmazásának elterjesztése. Az energetika – hő- és villamosenergia-felhasználás – évszázados technológiákkal is dolgozik, mégis manapság az apadó természeti erőforrások, a növekvő energiaigény rászorítja mind a termelőket, mind a fogyasztókat az ésszerű, takarékos, jó hatásfokú energiafelhasználásra. Általános tapasztalat, hogy a jó tervezésű és kivitelezésű létesítményekben is pusztán odafigyeléssel és aktív energia-menedzsmenttel 3-5% energia takarítható meg. Esetünkben ez jelentős összeg.

A projekt során megvizsgáltuk, hogy

- milyen a jelenlegi rendszer és üzemviteli gyakorlat performanciája,
- hogyan lehet a jelenlegi eszközbázissal javítani a gazdálkodáson,
- hogyan lehet olcsóbban beszerezni az energiát és
- hogyan lehet a felhasználást csökkenteni.

Főbb megállapításaink:

- A felhasznált villamosenergia felét a hőtechnika, míg ötödét a mall részleg fogyasztja el. A fűtés és hűtés zömét a roof-top készülékek adják.
- A jelenlegi energia-beszerzési szerződések piaci oldalról nem mondhatók optimálisnak, mindamelllett, hogy az adott lehetőségek közül a legjobbakat választották ki. Célszerű lenne széleskörűen ismét ajánlatot kérni a kereskedőktől (villamosenergia és gáz).
- Aktív energia-menedzsment gyakorlatilag nincs, de az utólagos kontrollon keresztül a szélsőséges esetekre oda tudnak figyelni. Jelentős anomáliákat mindenesetre nem tapasztaltunk, összességében az energiaháztartás megállja a helyét.
- A fogyasztás jól prognosztizálható.
- Általános műszaki állapotok megfelelő, de helyi kisebb javításokra, cserékre és a karbantartó részleg fizikai-szellemi frissítésére szükség van.
- A kültéri hőtechnikai egységek árnyékolását nem javasoljuk.
- Javasoljuk a hűtés-fűtés rendszer szabályozását.
- Alternatív energiaellátásként alapvetően a gáz (hő) üzemű abszorpciós hűtőgépek telepítése lehet érdekes, míg a napelemes rendszernek PR értéke van.
- A jelenlegi adatgyűjtő rendszer mérésekkel való bővítésével jelentősen lehetne javítani a gazdálkodást.

- Részletesen elemeztük a víz, gáz és villanyfogyasztás történeti adatsorait, az időjárási adatokkal való korrelációt. Megállapítottuk, hogy a fogyasztási értékek jól prognosztizálhatók.

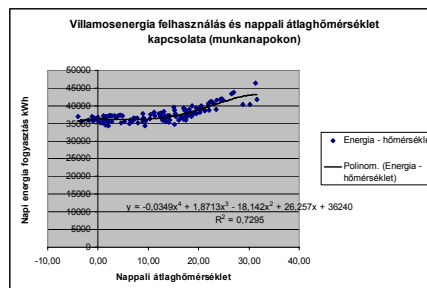
Javaslatot adtunk egy demonstrációs és egy energetikai napelemes rendszer kiépítésére is.

Mintegy 50 db kisebb-nagyobb léptékű energetikai projektre tettünk javaslatot, amelyek közül néhányat kiemelnénk:

- HMV termelés napkollektorral,
- hőmérséklet és hőmennyiség mérési adatok bevezetése és archiválása,
- fogyasztásbecslő alkalmazás telepítése,
- a villamosenergia-vételezési szerződésben rögzített konstrukció felülvizsgálata és a jelenlegi Teljes ellátás alapú szerződés módosítása:
- fázisjavító kompenzátorok beállítása,
- kilépés a gázpiacra,
- 10 kW-os napelemes mintarendszer felépítése,
- 200 kW-os napelemes rendszer felépítése,
- ESCO létrehozása, vagy csatlakozni egy területi ESCO ellátásába,
- az energetikával foglalkozó szakemberek rendszeres oktatása, továbbképzése, stb.



9. ábra
Leágazási fogyasztások mérése



10. ábra
Korreláció-elemzés

A munkát 2005. július 15. és szeptember 25. között végeztük. A következő módszereket alkalmaztuk a három vizsgált témakörben (épületgépészet, villamosenergia, napelemes alkalmazás lehetőségei):

- helyszíni bejárás,
- kivitelezési tervek áttekintése,

- helyszíni mérések,
- adatsorok elemzése,
- termovíziós felvételek,
- interjúk vezetőkkel és karbantartókkal,
- egyeztetés készülékgyártókkal és kivitelezőkkel,
- közüzemi szerződések áttekintése.

A következő főbb kérdésekre kerestünk választ:

- Az energia-felhasználás arányai.
- Mennyire optimális a jelenlegi energiabeszerzés?
- Jól működik-e az energia-menedzsment?
- Vannak-e jelentős anomáliák?
- Prognosztizálható-e a fogyasztás?
- Közüzemi szerződés véleményezése.
- Általános műszaki állapotok.
- Javaslatok a hűtés-fűtés szabályozására.
- Kültéri egységek árnyékolása.
- Alternatív energiaellátás.

Az elkészült dokumentáció a következő főbb részekből áll:

- Épületgépészeti áttekintés,
- Villamosenergia-fogyasztás analízis,
- Napelemes technológia alkalmazásának vizsgálata,
- Termovíziós felvételek,
- Javasolt energetikai projektek.

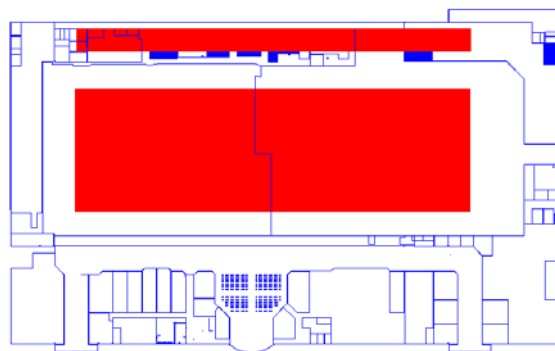
A napelemes energiatermelő rendszer

Az épületre szerelt napelemes energiatermelő rendszerek felhasználásával az épületek energiafogyasztása csökkenthető, az energiaellátás biztonsága növelhető, különösképpen a csúcsidejű, nyári légkondicionálási időszak alatt.

- Bemutattuk a műszaki megoldást.
- Megvizsgáltuk a napelemek elhelyezésének lehetőségét az áruház épületén és közvetlen környezetében.
- A lehetségesnek tartott elhelyezésekre kiszámítottuk a termelhető energia mennyiségét.

A napelemes energiatermelő rendszerek tervezése, majd kivitelezése során a műszaki tartalom mellett fontos szerepet kap az esztétikai megjelenés is. A tanulmány írása során elsődlegesen a műszaki tartalmat, másodlagosan pedig a marketing szempontokat vettük figyelembe, de így is több lehetséges megoldás született a napelemek elhelyezésére.

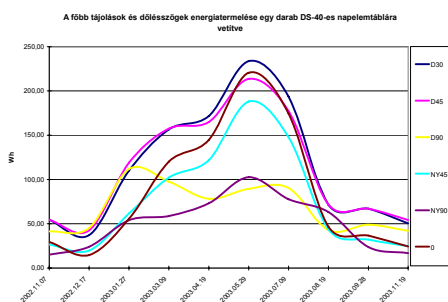
A napelemtáblák az épületen történő legjobb elhelyezésére a megoldást az épület teteje valamint az épület déli (hátsó) oldala kínálja. Mindemellett számos más lehetőséget is vizsgáltunk.



11. ábra

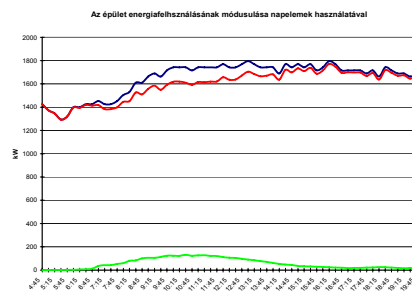
Az épület tetején történő elhelyezés lehetőséget nyújt arra, hogy a napelemtáblákat vagy egy részüket az előtéri világítóablak déli oldalára helyezzük el

A megtermelhető energia számításához a grafikonot a főiskola tetején elhelyezett mérőrendszer által mért adatokból készült. A mérőrendszer különböző tájolással és dőlésszöggel elhelyezett napelem modulokat vizsgál. Az így rendelkezésünkre álló adatokból kiválasztottuk azokat a tájolásokat és dőlésszögeket, amelyek szóba jöhetnek a rendszer tervezése és telepítése során. A 12. ábrán szereplő grafikonban szereplő adatok egy darab DS-40-es táblára vonatkoznak.



12. ábra

A DS40-es napelem tábla termelése



13. ábra

Az épület energiafelhasználásának módosulása napelemek használatával

Megterveztünk egy 10 kWp és egy 200 kWp teljesítményű megoldást is.

A projekt eredményének tekintjük, hogy a megrendelő áruhálózat egy másik telephelyén a napelemek gyakorlati alkalmazását tervezik.

Összeállította *Herbert Ferenc* és *Morva György* közreműködésével *Kádár Péter*.

Irodalomjegyzék

Herbert Ferenc: Magyarország első folyamatosan hálózatra termelő mini naperőműve, *Elektrotechnika*, 2004. 7-8., 232-233. old.

Sütő Roland: A napelem cellák vizsgálatának kutatási eredményei, *Elektrotechnika*, 2006. 2., 8-9. old.

Péter Kádár: Energy on the Roof, In Proceedings of 3rd Romanian-Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence (SACI 2006) Timisoara, Romania, May 25-26, 2006, pp. 343-352, ISBN 963 7154 46 9

Kádár Péter: Energiapark a tetőn I., *Elektrotechnika* 2006. 09.

Kádár Péter, Bessenyei Tamás: A microgrid koncepció alkalmazása a hazai energetikai kihívásokra; MEE LIII. Vándorgyűlés Szeged, 2006. aug. 23-25.