

Intelligens napelemes rendszer vizsgálata

Analys of smart photovoltaic systems

I. MOLNÁR¹, F. SZODRAI²

¹Debreceni Egyetem, molnarimre18@gmail.com

²Debreceni Egyetem, szodrai@eng.unideb.hu

Absztrakt: Napjainkban egyre nagyobb figyelmet kell fordítanunk a megújuló energiaforrásokkal történő villamos energiatermelésre. A napelemes rendszer számos előnnyel rendelkezik. Viszont a rendszerek teljesítménye külső hatásra drasztikusan lecsökkenhet. Ezek elkerülése végett egy konkrét épület segítségével bemutatjuk a TIGO teljesítmény optimalizáló rendszer elemeit, előnyeit és monitoringját. Elemezzük az adott időszakra vonatkoztatott termelési adatokat.

Abstract: Nowadays more attention should be paid to the electric power generation with renewables. The photovoltaic systems have several benefits. But this systems power output could drastically drop by numerous external phenome. To avoid these, we introduce the so called "TIGO" power optimizing system features and the monitoring of the deployed system on an existing building. We examine the produced energy for a given time period.

Bevezető

A napelem vagy fotovoltaiikus elem a Nap sugárzási energiáját közvetlenül villamos energiává alakítja át. A napelem a felületét érő teljesítménynek csak egy részét képes hasznosítani. Ennek az az oka, hogy Napból érkező elektromágneses sugárzásnak csak egy adott hullámhosszát képes feldolgozni.

1. Sziget üzemű rendszer

Alapvetően kétféle típusú rendszer létezik Magyarországon, a hálózatra visszatápláló és a sziget üzemű. Az utóbbi esetében a megtermelt villamos áramot akkumulátorokba tárolják és arról elégítik ki a fogyasztókat. Előnye, ahol nincs kiépítve villamos hálózat képes ellátni az elektromos szükségleteket. Hátránya a drága és nem túl hosszú élettartamú akkumulátor illetve ha több napon keresztül nincs elegendő napsütés, akkor teljesen lemerülhetnek [4].

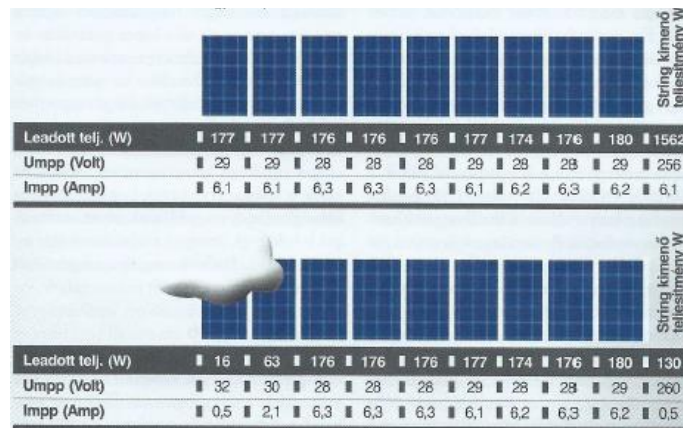
2. Hálózatra vissza-tápláló rendszer

Napsütésben a napelemek által megtermelt áram elsősorban az adott létesítmény villamos szükségletét látja el. Ha több a termelés, mint a fogyasztás, akkor azt a többletet visszatáplálja a hálózatra. Viszont ha a fogyasztás a nagyobb, illetve nincs termelés (éjszaka) akkor a hálózat látja el villamos árammal az épületet. Ezáltal biztosítva van a folyamatos energia. Hátránya, amikor az

áramszolgáltató feszültség mentesíti a hálózatot, az inverter köteles automatikusan lekapcsolni, így hiába a napelem, akkor sem lesz felhasználható energia [4].

3. Hibaforrások

Általános műszaki eljárás a soros kapcsolás, amikor a paneleket egy folytonos láncba rendezve egymás után kötik be. A soros kiépítés miatt az inverter nem az egyes panelek által leadott teljesítményt konvertálja át váltóárammá, hanem az egyes sorok teljesítményét, ez pedig sohasem egyenlő az adott panelek névleges teljesítménye által meghatározott értékkel. Például ha egy 9 panelből álló láncban 176-180 W közötti teljesítményt ad le az összes, kivéve kettőt, amelyek valamilyen hiba vagy környezeti tényező miatt csupán 16-63 wattot teljesítenek, mégis ez fogja meghatározni a teljes sor teljesítményét. A modul felületének 10%-os leárnyékoltsága könnyedén okozhat akár 50%-os teljesítményesést.



1. ábra: Árnyékolási veszteség [1]

A gyártástechnológia eltérések, az árnyékok, az elkoszolódás mértéke, a paneleken belüli hőmérsékletingadozás, de akár a napelemeken belüli forrasztások minősége is döntően befolyásolhatja a telep működését. A napelemeket alkotó cellák 1-1,5%-os teljesítményszóródást is mutathatnak és ekkor még nem beszéltünk a cellák áramerősség szóródásáról.

A panel hőmérséklete szintén fontos körülmény, melyet befolyásolhat: szigetelésből adódó eltérések, a kémény közelsége, a fűtött és fűtetlen felületek. 1 °C-os hőmérsékletnövekedés 0,5%-os teljesítménycsökkenést eredményez.

Környezeti hatásokról sem szabad megfeledkezni, ezek közül a legfontosabb az elkoszolódás, a madárürülék, a falevelek, a szél által széthordott szemét. A napelem cellák elöregedése szintén fontos gyakorlati probléma. A cellák fényelnyelő felületén kémiai folyamatok mennek végbe, mi több, az alkotó szilíciumban található szennyeződések miatt is öregedik a félvezető anyag, ezáltal a teljesítményük változik az évek során.

4. Megoldási opciók

4.1. Mikroinverter

A cellafeszültség és a cella áramerősség között egy nem lineáris görbe írja le az összefüggést, amely mentén található a maximális munkapont (MPP). A központi inverteres rendszerrel a teljes napelem fűzér munkapontját kontrollálják. A mikroinverterek esetében nem a lánc végén történik meg a váltóárammá alakítás, hanem modulonként, tehát a panelektől már váltóáram érkezik, ezzel kiküszöbölve az egyenáramú soros kötésből adódó rendszerszintű veszteségeket. Hátránya a szűk működési feszültség tartomány, gyenge fényviszonyok mellett nem képesek működni, továbbá az átalakítás során keletkező hőenergia (4-5%) melegíti a paneleket, ezáltal csökkentve a napelem teljesítményét.

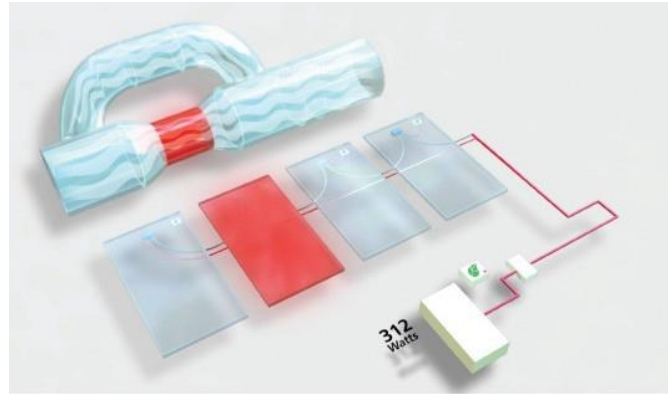
4.2. DC optimalizáló

A DC optimalizáló (Power Optimizer) esetében a DC-AC átalakítás és a napelemenkénti munkapont meghatározás szétválasztásra kerül. Minden napelemen elhelyezésre kerül egy elektronika, amely a mérést és beavatkozást végzi, de a vezérlés és a konvertálás továbbra is központilag történik. Ezek az elektronikai megoldások nem képesek a teljesítményt maximalizálni, hanem a napelem láncok teljesítményét képesek optimális szinten tartani.

4.3. TIGO

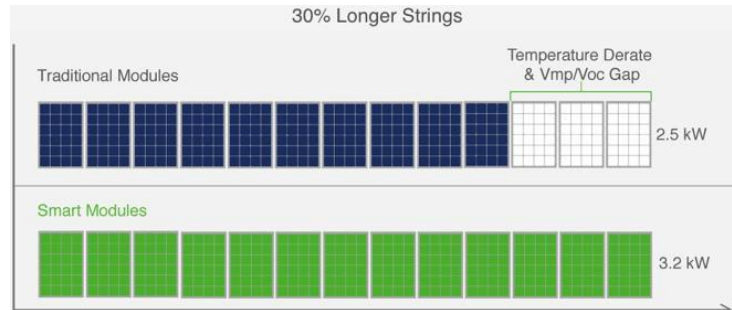
A TIGO elektronikával felszerelt napelemes rendszerek minden egyes panele egyéni munkapont követéssel rendelkeznek, amely teljes körű napelem szintű monitorozást tesz lehetővé. A munkapont követésnek köszönhetően a panelek mindegyike a lehető legnagyobb teljesítményt adja le minden körülmény között. Elég egy részben beárnyékolódott panel és a rendszerünk teljesítménye hirtelen akár a tizedére is lecsökken. A TIGO energiaoptimalizáló segítségével a gyengén teljesítő panelek megkerülhetők és ez által a fűzér/rendszer teljesítmény csökkenése minimalizálható. Ezen árnyékhatás kiküszöbölésével akár 30%-al több energiát képesek éves szinten megtermelni, mint a hagyományos panelekből felépített rendszerek. A teljesítmény csökkenésnek több oka lehet, amelyekre a TIGO energiaoptimalizáló szintén megoldást kínál:

- telepítési hibák, vagy napelemek meghibásodása,
- hőmérséklet eltérések,
- öregedésből adódó eltérések,
- ugyanazon a fűzéren elhelyezett különböző dőlésszögű, esetleg tájolású panel,
- besugárzási eltérések (felhő, tükröződő fény, napelem elkoszolódása) [1].



2. ábra Gyengén teljesítő panel automatikus megkerülése [1]

Lehetővé teszi, hogy egy gombnyomásra a napelem fűzések teljesen áramtalaníthatóak, a napelemeket összekötő DC vezetékben a feszültség 0 V (Volt) csökkenthető. Mindössze az egyes panelek elektronikájának szintjén marad meg a 37 V üresjárati feszültség, amely már nem jelent érintésvédelmi veszélyt, ugyanis nem adódik össze. Az optimalizált rendszer nem csak gazdaságos üzemeltetést tesz lehetővé, de akár a telepítési költségek is csökkenthetők a segítségével. A panelek elektronikája gyárilag előre programozott V_{oc} (üresjárati feszültség) értékre van beállítva, amely hőmérséklettől független. Ezen fix értéknek köszönhetően a fűzések hossza akár 30%-al megnövelhető. Ezáltal a DC bementi feszültség közelebb kerül az inverter ideális feszültség-tartományához (maximum $1000V_{DC}$) és csökkenthető a DC/AC átalakítási veszteség akár 2-3%-al is.



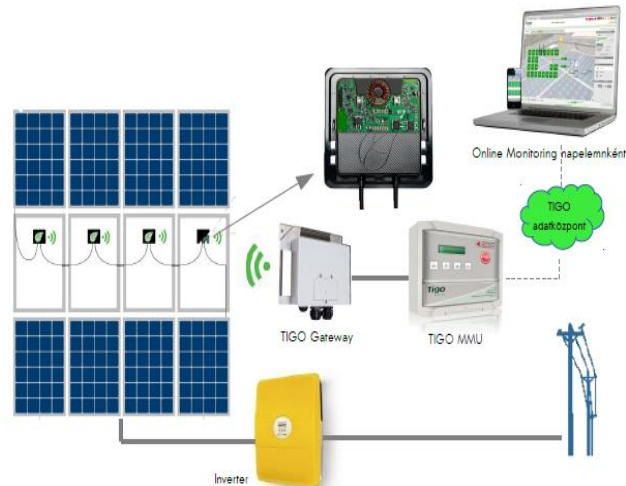
3. ábra Gazdaságosabb telepítés [1]

4.4. TIGO teljesítmény optimalizáló rendszer elemei

Energia optimalizáló (MM-Maximizer): impedancia illeszkedés technológiája a maximum teljesítményt hozza ki. Rádió jeleken keresztül kommunikálnak. Fontos, hogy egy rendszer minden egyes panele tartalmazza az energiaoptimalizáló elektronikát, csakis abban az esetben érhetőek el az előnyök.

Gateway: lehetőséget teremt az optimalizálókkal történő vezeték nélküli kommunikációhoz. 10 méteres sugarú körben képes begyűjteni a panelek jeleit. Egy eszköz maximum 120 db optimalizálóval képes kommunikálni és könnyen kombinálható további gateway-ekkel (maximum 7db) nagyobb rendszerek esetén. Ha több eszközt kell alkalmazni, akkor sorba fűzés után az utolsóban elhelyezett ellenállással érzékeli a központ, hogy ott a vége.

MMU (Maximizer Management Unit) központi vezérlő egység: A napelemek kimenő teljesítmény beállításaiért felelős, kontrollálja a maximalizáló algoritmusait és továbbítja valós időben a rendszer paramétereit a TIGO adatközpontba. Egyszerre maximum 360 darab napelem vezérlése lehetséges. A központi vezérlő egységen elhelyezett PV SAFE gomb napelem szinten lekapcsolja a teljes rendszert és biztonságos üzemmódba helyezi azt [1].



4. ábra TIGO rendszer elemek [1]

A TIGO Energy monitoring szoftvere bármilyen méretű napelemes rendszert képes kezelni és lehetőséget teremt a felhasználók számára az eddig nem tapasztalt modul szintű monitoringra és beavatkozásra. Továbbá lehetőséget biztosít a maximális energiamennyiség kinyerésére az optimalizált üzemidő mellett. A megnövelt biztonság érdekében a monitoring portál segítségével akár egyesével is lekapcsolhatóak a napelemek, elkerülve a magasfeszültség kockázatát.

5. Rendszer tervezés

5.1. Fogyasztás meghatározása

Első lépésként ellenőrizni kell az egész évi kWh (kilowatt óra) fogyasztást. Ezt megtudhatjuk a villanyszámlákról. Általány fizetése esetén elég egy havi számla értéke, amit meg kell szorozni 12-vel. Majd hozzáadva a túlfogyasztást, vagy levonva a túlfizetést - a szezonális értékek miatt, kapjuk meg az éves energiaszükségletet. Havi díjtálás esetén az egész éves fogyasztási értékeket kell összeadni.

5.2. Méretezés

1 kW névleges teljesítményű rendszer éves szinten várhatóan 1150-1200kWh villamos energiát fog megtermelni ideális tájolás esetén. Egyszerű példával szemléltetve: havi 300kWh áramfogyasztás éves eredménye $300 \times 12 = 3600 \text{ kWh}$. Ezt az értéket elosztva 1150-el megkapjuk a telepítendő rendszerteljesítményt. Tehát $3600 / 1150 = 3,13 \text{ kW}$. Viszont ha a tájolás nem optimális vagy konkrét értékre van szükségünk, akkor modellező és méretező programot kell használni. Több, akár

ingyenesen elérhető szoftver létezik, amellyel pontos értékeket kaphatunk. Az általam használt ingyenes program az alábbi linken érhető el: <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>.

5.3. Inverter kiválasztása

A napelemek önmagukban nem képesek számunkra hasznosítható villamos energiát előállítani. Ezért van szükség az inverterekre, hogy megtermelt egyenáramot a hálózatban lévő váltóárammá alakítsa át.

6. Gyakorlat

6.1. Fogyasztás meghatározása

Az előző három évi fogyasztás átlaga 52779 kWh. Ebből kiindulva akkora rendszert kellett tervezni, amely képes ezt az energiaszükségletet megközelítőleg fedezni. Az áramszolgáltatóval történt több egyeztetés során kiderült, hogy a helyszínen kiépített villamos hálózatra maximum 48 kW-os rendszer csatlakoztatható. Miután a felhasználó jelezte, hogy a közeljövőben a villamos fogyasztásra kiható fejlesztések lesznek, úgy döntöttünk kihasználjuk a kiépített hálózatra telepíthető mennyiséget.

6.2. Rendszer leméretezése

Fixed system: inclination=40°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	59.80	1850	1.47	45.7
Feb	96.10	2690	2.41	67.5
Mar	166.00	5160	4.36	135
Apr	199.00	5960	5.43	163
May	198.00	6150	5.60	174
Jun	203.00	6080	5.79	174
Jul	207.00	6400	5.95	184
Aug	207.00	6420	5.92	184
Sep	170.00	5100	4.70	141
Oct	137.00	4240	3.64	113
Nov	86.40	2590	2.21	66.4
Dec	45.90	1420	1.14	35.3
Yearly average	148	4510	4.06	124
Total for year		54100		1480

5. ábra Méretezési eredmény [2]

A várható értékek meghatározásának, illetve az áramszolgáltató felé történő engedélyeztetés érdekében szükséges a kalkuláció. Ebben volt segítségemre a korábban említett méretező program. A megfelelő adatok magadása után elindítva a kalkulációt, megkapjuk az értékeket a kért formátumokban.

6.3. Inverter kiválasztása

Az inverter kiválasztásánál figyelembe vett szempontok a megbízhatóság, garancia hossza és érvényesíthetősége. Több opció is számításba jött. Az első, hogy egyetlen egy inverter lesz. Olcsóbban megvalósítható, viszont hiba esetén a teljes rendszer leáll. A teljes leállás elkerülése végett 4 inverter lett telepítve, így ha meghibásodik egy eszköz, akkor nem a teljes termelés szűnik meg, hanem csak a negyede. Ezzel viszont lényegesen drágább lett az átalakítók bekerülési költsége.

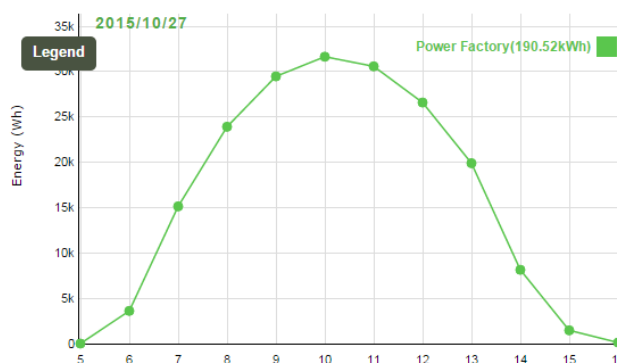
6.4. Telepítés

Ha fizikálisan összeállt a kapcsolat a napelemek és egyéb rendszer elemek között, utána lehet aktiválni a TIGO központot és hozzáadni a paneleket. Történhet billentyűzet segítségével, vagy vonalkód olvasó alkalmazásával.

7. Kiértékelés monitoring segítségével

Azon felül, hogy megjeleníti az aktuális értékeket (teljesítmény, áramerősség, feszültség), visszamenőleg is elérhetőek az adatok. Sőt ezeket az eredményeket diagram formájában is van lehetőség megtekinteni. Lehetőség van visszaneézni, hogy pontosan mikor kezdett el termelni minden egyes panel és mikor szűnt meg. Egész éves adatokat átnézve azt tapasztaltam, hogy soha se érte el vagy haladta meg egyik panel se a 250W teljesítményt, azaz a névleges teljesítményt. A maximális mért érték 228 W (2015.júl.11). Ez az érték teljesen független a gyártási hibáktól, telepítési hibáktól vagy egyéb környezeti behatásoktól. Viszont jól szemlélteti, hogy a napelem adatlapján feltüntetett névleges teljesítményt nem szabad készpénzként venni. Ezért is van az, hogy a napelem gyártók által biztosított 25 év 80%-os teljesítmény garancia nem az otthoni mérések alapján válik aktuálissá, hanem a gyárban mérik be a panel maximális leadott teljesítményét, természetesen ideális, laboratóriumi körülmények között.

További észrevételünk, hogy délelőtt folyamán több energiát termel, mint délután, a közhiedelemmel szemben. Ugyanis általánosságban elterjedt teória, hogy délben tetőzik a termelés. Illetve, hogy délután intenzívebb a napsütés mint délelőtt.



6. ábra Napi termelés [3]

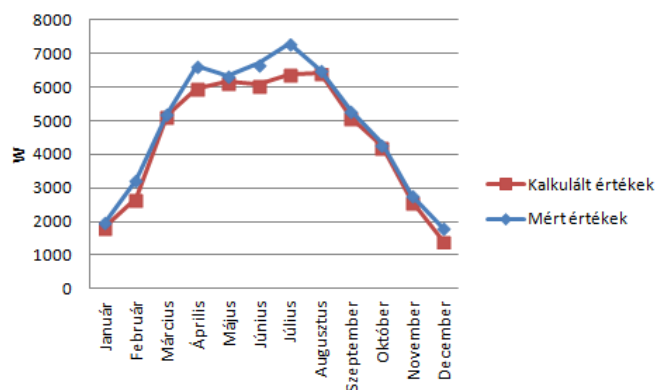
Ennek ellenére, ahogy a 6. ábra is mutatja délelőtt sokkal intenzívebb és drasztikusan emelkedik a megtermelt kilowattórák száma, ami tíz óra fele tetőzik. Viszont 5 órahossza alatt éri el a napi maximumot, ami után még 6 órahosszat aktív a rendszer. Ezt a konklúziót közel az összes többi nap mért eredménye is alátámaszta.

Érdekesség: Az adott napon összességében termelt energia 190,52 kWh, ami egy átlagosnál kevesebb villamos fogyasztással rendelkező családi ház havi számláját fedezné.

Az összegzett éves megtermelt kWh-k számából jól látható, hogy már most túlszárnyalta a tervező szoftver által generált értéket (54656,9>54100). Illetve nem elhanyagolható, hogy még másfél hónap hátra volt az évből a vizsgálatunk időpontjában.

A méretezéskor számított, illetve a valóságban mért teljesítmény értékek havi eloszlása egyértelműen megmutatja, hogy:

- a diagramok jellegüket és formájukat tekintve hasonlóak,
- nyári hónapokban a kalkulált érték sose ment 7000kWh fölé, addig a mért értékek alapján júliusban megközelíti a 8MWh-t,
- februártól emelkedik drasztikusan a termelés, majd júniusban szintén emelkedik, hogy júliusban elérje a maximumot,
- a maximum elérése után pedig fokozatosan csökken hónapról-hónapra közel egyenletesen,
- a diagramokon is észrevehető, hogy a valóságban minden egyes hónapban többet termelt a napelemes rendszer mint a kalkuláció értékei.



7. ábra Mért és kalkulált havi értékek eloszlása

Ismertetve a TIGO előnyeit fontos megjegyezni, hogy a teljesítmény optimalizáló rendszer alkalmazása nem feltétlenül csökkenti a megtérülési időt egy hagyományos rendszerhez képest, mivel az optimalizáló eszközök plusz költséggel járnak.

Hivatkozások

- [1] TIGO Energy, Design Guide, letöltés: 2015.10.18.
- [2] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>, méretező szoftver, letöltés: 2015.10.05.
- [3] [<http://www.tigoenergy.com>, monitoring szoftver, letöltés 2015.10.17.
- [4] <http://www.naplopo.hu/napelem>, letöltés: 2015.10.17.