

Mérési útmutató
Megújuló energiatermelést bemutató energiapark

Napelemek mérése



A mérést tervezte, összeállította:

Herbert Ferenc
Sütő Roland
Kádár Péter

A mérőrendszerért felelős:

Enyedi Péter

A mérésért felelős:

Kádár Péter

A mérési útmutatót összeállította:

Balogh József
Kulcsár Attila
Pasinszki István

BMF KKV VEI
Budapest, 2006. november

Tartalom

| | | |
|---|--|----|
| 1 | A mérés célja..... | 2 |
| 2 | A napelemek elméleti alapjai | 2 |
| 3 | A napelemek alkalmazásának gyakorlati formái, üzemeltetése | 4 |
| 4 | A mérési összeállítás, eszközök | 5 |
| 5 | A mérési feladatok..... | 6 |
| 6 | Mérési jegyzőkönyv..... | 11 |

1 A mérés célja:

A mérés célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek a napelemcellák alapvető működésével, felhasználási lehetőségeikkel. Továbbá a napelemek tájolási kiválasztásával a magyarországi adottságnak megfelelően. Gyakorlati alkalmazás szintjén, pedig mint az egyenáramú fogyasztókkal (természetesen töltő berendezés után és akkumulátorral) szemben mutatott viselkedésüket, valamint a napelem által töltött akkumulátorra kapcsolt DC/AC inverter kihasználási lehetőségeit.

2 A napelemek elméleti alapjai:

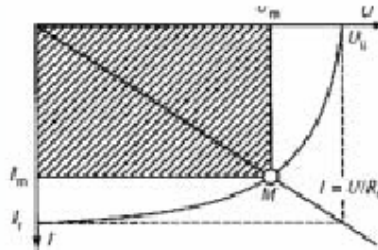
Mint azt ma már tudjuk, a Földi élet elengedhetetlen eleme a Nap melege és annak sugárzási energiája.

A napenergia felhasználásnak alapvetően két ismert módja az *aktív* és a *passzív* felhasználás. A *passzív* jelenti az adott építmény megfelelő tájolását, külön kiegészítő eszköz használata nélkül. Itt gondolhatunk az épületen megfelelően elhelyezett üvegfelületekről, ami akár télen a fűtésben is részt vehet, vagy üvegházi alkalmazások.

Az *aktív* a nap energiájának átalakítása villamos – vagy hőenergiává. Az *aktív* hasznosítás tehát lehet fotovillamos (napelem), amely villamos energiát állít elő vagy termikus (napkollektor), amely hőenergiát termel.

Mérések alapján megállapításra került a napállandó, mely az a számérték, ami megadja, hogy átlagos Föld -Nap távolságban, a légkör felső határán, a sugárzás haladási irányára merőleges egységnyi felületre időegység alatt mennyi energia esik. Ma elfogadott átlagos értéke 1353 W/m^2 . A napsugárzás intenzitása a légkörön való áthaladáskor csökken (a légkör alkotórészei részben elnyelik, részben visszaverik és megtörik a sugárzást). A légkör határáig párhuzamosnak tekinthető sugárnyalábok egy része a légkörben szórt (diffúz) sugárzássá alakul. A napenergiát hasznosító berendezések általában a légkörön áthaladó közvetlen sugárzás és a szórt sugárzás összegével, azaz a teljes sugárzási energiával működnek. A napelemek működésének alapja, hogy a fénysugárzás fotonjai kimozdítják a félvezető elektronjait a kötéseikből, így elektron-lyuk párok keletkeznek, ezen elektron többletet pedig, vezetőkkel lehet a napelem felületéről eljuttatni a fogyasztókhoz, illetve az akkumulátorokhoz. A napelem-modulok áramgenerátoros jellegük miatt nem érzékenyek a rövidzárra, de kívülről feszültséget nem szabad rájuk kapcsolni (a párhuzamosan kötött további modult kivéve), mert az, károsodáshoz vezethet. A napelem-tábla, cellák modulárisan felépített rendszeréből áll. A napelem-modulok sorosan és párhuzamosan is összeköthetők. Az azonos üresjárású feszültségű napelem-modulok párhuzamosan köthetők, viszont sorba csak azonos típusokat szabad kötni. Soros kapcsolással a feszültség, párhuzamos kapcsolással pedig az áram növelhető tetszés szerint. A napcellák teljesítménye függ annak típusától

(monokristályos, polikristályos illetve amorf szilícium kristályos), méretétől, a sugárzás intenzitásától és a sugárzott fény hullámhosszától, valamint annak beesési szögétől. A déli tájolás feltétlenül fontos, a dőlésszöget pedig a napkollektor hatásfoka és a földrajzi szélesség határozza meg. A maximálisan kinyerhető teljesítmény az adott körülmények között, a tipikus (I-U) karakterisztika segítségével határozható meg. Ami az alábbi ábrán látható.



A napelem karakterisztika jellemzésére a φ -t, azaz kitöltési tényező elnevezést használjuk. Ez egy százalékszám, amely megadja, hogy a maximálisan levehető teljesítmény téglalap hány százaléka az (I_r ; U_{ii}) által meghatározott téglalap területének.

$$\varphi = \frac{I_m \cdot U_m}{I_r \cdot U_{ii}}$$

A napelem hatásfoka a következő képletből számítható:

$$\eta = \frac{I_m \cdot U_m}{P_{foto}} = \frac{\varphi \cdot I_r \cdot U_{ii}}{P_{foto}}$$

Minél nagyobb a napkollektor hatásfoka, annál kisebb dőlésszöget választhatunk, a tavaszi és őszi napsütést kihasználására. Magyarországon a napkollektorok dőlésszöge általában 40-70° között változik. Az optimalizált rendszereknél a télen megtermelhető energia hatoda a nyári teljesítménynek, annak ellenére, hogy a téli hidegben kb 15%-kal jobb hatásfokkal dolgoznak a napelemek, mint a nyári melegben.

- Napelemek gyakoribb típusai:
 - Amorf szilícium napelem:

Névleges feszültsége 40V (pl: DS-40). A kristály felépítéséből adódóan a közvetlen napsugárzást alacsonyabb hatásfokkal alakítja át villamos energiává, viszont a szórt fényt jobban hasznosítja. Ezek a napelem modulok kevésbé érzékenyek a beárnyékolás jelenségére. Hatásfokuk 6-8% közé esik. (Hazánkban ezen tulajdonsága és viszonylagosan alacsony beruházási költsége miatt elterjedt.) Élettartamuk minimum 10év!

- Monokristályos, és polikristályos napelemek:

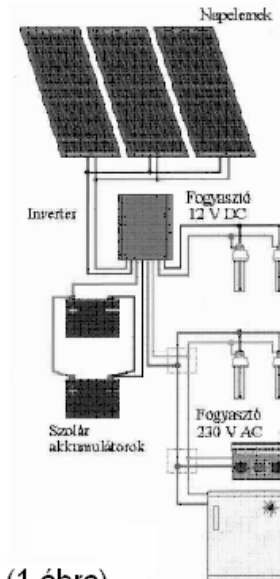
Névleges feszültségük többnyire igazodik a 12V-os rendszerekhez. Az amorffal ellentétben a közvetlen napsugárzást nagyobb hatásfokkal alakítják át, viszont a szórt fényre érzéketlenebbek. Ameddig a napelemek-modulok "láthatják" a napot, semminek sem szabad arra (még részlegesen sem) árnyékot vetnie! Ha ugyanis egy soros cellából álló napelemtábla valamelyik cellájára árnyék vetődik, nemcsak leromlik a modul teljesítménye, hanem teljesen megszűnhet, vagyis nullára csökkenhet. A polikristályos modulok hatásfoka 10-13%-ig terjed, míg a monokristályos modulok hatásfoka 15-19%.

Alkalmazásuk olyan helyen célszerűbb, ahol magasabb a napsütéses órák száma. Élettartamuk 20-25 év!

3 A napelemek alkalmazásának gyakorlati formái, üzemeltetése.

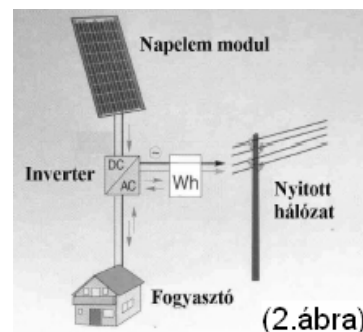
Napelemes energiarendszerek esetében beszélhetünk úgynevezett *szigetüzemről*, és esetlegesen *hálózati visszatáplálásról*.

Szigetüzemről akkor beszélünk, ha a villamos energiát napelem modulokkal termeljük, és az energiát akkumulátorokban tároljuk. (Természetesen itt értendő a két elem közé bekötött töltő berendezés is.) A fogyasztókat ennek segítségével elláthatjuk akár 12V, vagy 24 V egyenfeszültséggel. Amennyiben szükség van rá inverter segítségével akár ~230V feszültségű fogyasztókat is üzemeltethetünk. A szigetüzemre láthatunk példát az 1.ábrán.



(1. ábra)

Hálózati visszatáplálásról akkor beszélünk, ha a napelemek által szolgáltatott feszültséget közvetlenül váltakozó feszültséggé alakítjuk át, így látjuk el a fogyasztókat. Amikor viszont nincs fogyasztás, akkor az arra alkalmas inverter segítségével a hálózatra táplálunk rá. Amennyiben a napelemek nem termelnek villamos energiát, természetesen azt a hálózatról vételezzük. (2. ábra).



(2. ábra)

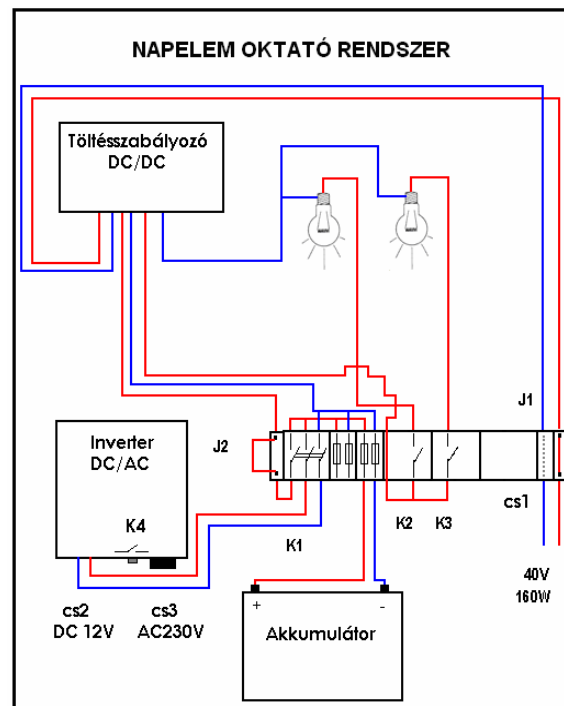
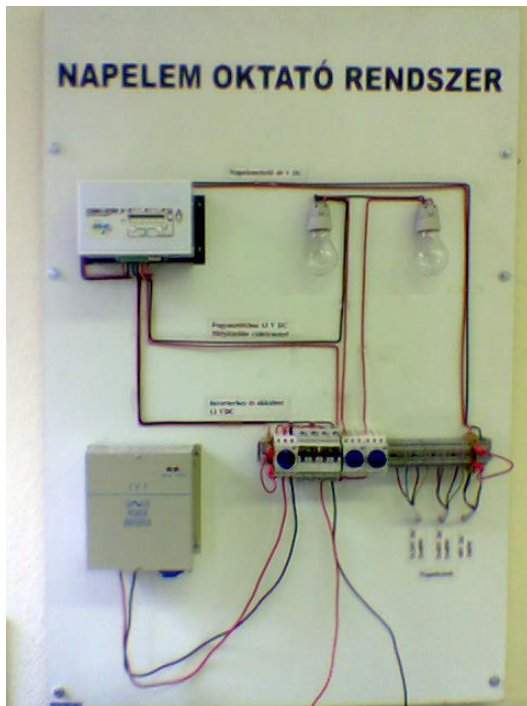
Jellemző megoldási módja a *szigetüzemnek* (például tanyák) villamosítása, melyek messze esnek a közcélú villamos energia hálózattól. Itt azonban fontos mérlegelni, hogy melyik rendszert érdemesebb telepíteni. A napelemes rendszert, vagy a közcélú hálózatot. Ezért összehasonlítandó a napelemes és a közcélú létesítési mód beruházási, illetve fenntartási költségei.

A *hálózati visszatáplálás* jellemző formája az olyan családi házak, amelyek rendelkeznek már villamos hálózattal. Ha többlet energia termelődik, akkor azt vissza lehet táplálni a hálózatra,

és erre a célra kialakított (kétirányú) speciális mérőóra számlálja. Az áramszolgáltatók 2003 óta kötelesek átvenni a zöldenergiát. Egyéb alkalmazások közt megemlíthető a lakókocsikon, hajókon való alkalmazás is.

4 A mérési összeállítás, eszközök

A lent látható képek, a valós rendszer mérési összeállítása. (3.ábra) – megvalósított mérő panel, (4.ábra) – elméleti blokkvázlata.

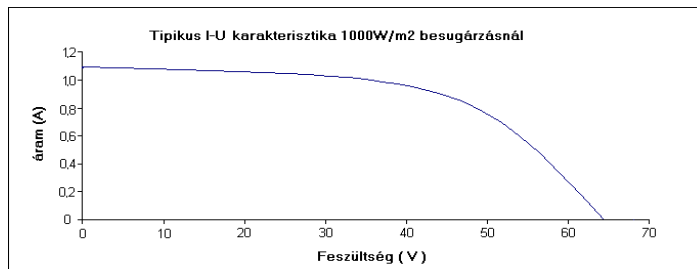


5 A mérési feladatok

5.1 Feladat: (Az összekapcsolt napelem modul I-U, P-R karakterisztikáinak felvétele)

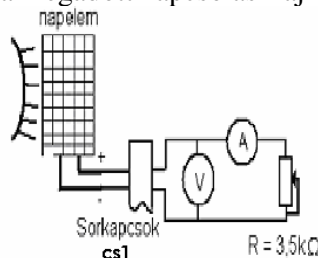
Mérés célja:

Az adott körülmények között a napelem modulok optimális munkapontjának és optimális terhelésének meghatározása. (A munkapont akkor optimális, amikor a napelem a legnagyobb teljesítményt képes leadni.) A mérés DS-40 modulokon történik. (Mellékelve a gyári karakterisztika)



Mérés menete:

- Állítsa össze az áramkört a megadott kapcsolási rajz alapján.

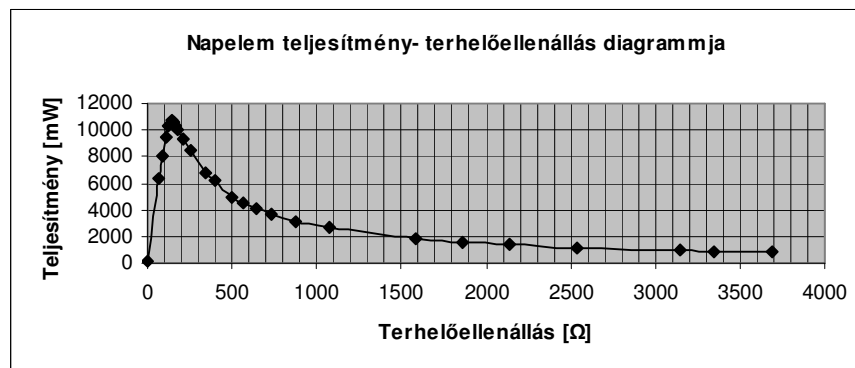
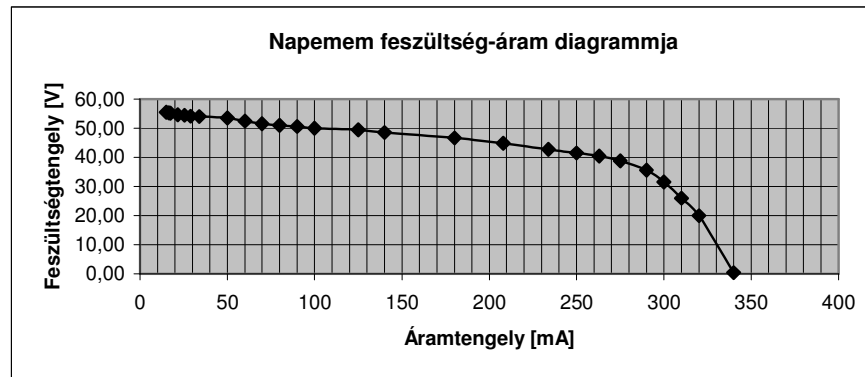


A mérést lehetőség szerint gyorsan végezzük, amíg a nap sugárzásának intenzitása közel állandó.

(Ellenkező esetben a jelleggörbe torzulását tapasztalhatjuk.)

- A jelleggörbe felvételéhez az áramkör zárása előtt állítsa R_t toló ellenállást maximális értékre.
- Az áramkör zárása után vegye fel a kiinduló áram és feszültség értékeket, majd az R_t ellenállás értékét fokozatosan csökkentse a nulláig, miközben a feszültség és áram értékeket 20-25 pontban rögzítse. Az optimális terhelés meghatározásához próbáljon meg minél több mérési pontot felvenni a könyökpont közelében. (Ez napsütéses idő esetén, a napelem néveleges feszültségének közelében lesz.)
- A mérési eredményeket rögzítse papíron, és az ezekből rajzolt diagrammok segítségével állapítsa meg a napelem (aktuális) optimális munkaponti áramát, feszültségét, teljesítményét (P_{\max}), valamint az ehhez tartozó terhelés ellenállását.

Számolja ki az érték párokhoz tartozó teljesítményeket, ellenállásokat, majd külön grafikonokon ábrázolja a: I-U, P-R, P-U, P-I karakterisztikákat.



5.2 Feladat: (HS-200 DC/AC Inverter mérése)

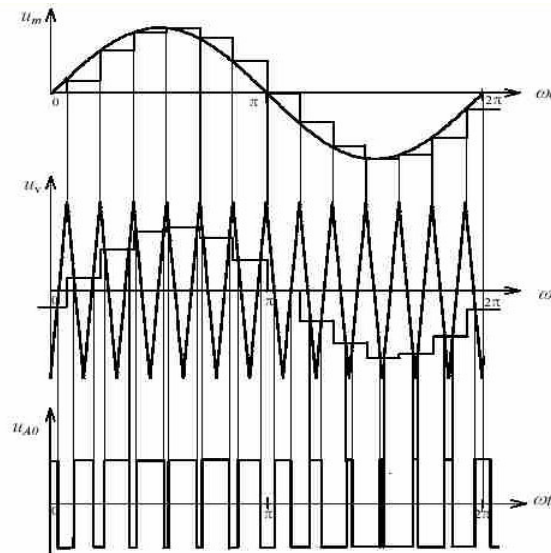
Inverterek és működési elvük:

Az inverterek kimeneti jelalakjuk szerint két kategóriába sorolhatók. Az egyszerűbb felépítésű, és ebből adódóan olcsóbb, négyzet kimeneti jelet szolgáltató, valamint a mikroprocesszor vezérelt szinusz hullám előállítására is képes inverterek..

Készülékeink többségének üzemeltetésére megfelel az egyszerűbb négyzet kimeneti jelű inverter, viszont vannak készülékek, (pl: aszinkron motorok, kompresszoros hűtők...) melyek működésében zavarokat okoz, illetve azok meghibásodásához is vezethet, ha nem szinuszos feszültséggel tápláljuk őket. Ezen tulajdonságuk, valamint az egyes típusok hálózatra való csatlakoztathatóságuk miatt, az utóbbi típus az elterjedtebb még magasabb árú ellenére is.

A szinuszos inverterek a bemeneti egyenfeszültséget mikroprocesszoros pl: PWM (Pulse-Width-Modulation Impulzus szélesség modulált) vezérlés által teljesítménykapcsolók (FET, IGBT, GTO) segítségével egy nagyfrekvenciás transzformátorra kapcsolják, melyek kimenetén már, mint „nagyfeszültségű” váltakozó feszültség jelenik meg. Ennek a kimeneti feszültségnek a jelalakja még nem tisztán szinuszos jellegű, csupán a jel effektív értéke egyezik meg a szinusz hullám effektív értékével. Id: 5.ábra A transzformátor kimeneti jeléből szinuszos, alacsony felharmonikus tartalmú jelet, kimeneti soros és párhuzamos LC rezgőkörök segítségével kapunk. Az inverterek terhelhetősége, általában 100- és 3000W közé

esik. Mivel a fogyasztók többsége induláskor névleges áramuk többszörösét is felveszik, így ezen rövid idejű túlterhelésre az inverterek érzéketlenek. A hosszabb idejű túlterhelésre, a kimeneti zárlatokra, illetve bemeneti feszültség drasztikus csökkenése esetén az inverterek saját, és az üzemeltetett készülék védelme érdekében lekapcsolnak.



5.ábra

Mintavételezett szinuszos PWM vezérlés időfüggvénye

Mérés célja:

A rendelkezésre álló HS-200 DC/AC szinuszos inverter jellemzőinek mérése.

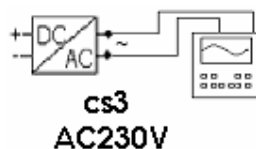
Mérés menete:

Különös figyelemmel kell lenni az INVERTEREN végzett vizsgálatok és mérések során, mert a mérés életveszélyes feszültségekkel történik! ~230V

*A mérés folyamán a napelem rendszer a töltőn keresztül ne töltse az akkumulátort!
Tehát szakítsa meg a napelem áramújtát a töltőbe a **J1** sorkapcsoknál!*

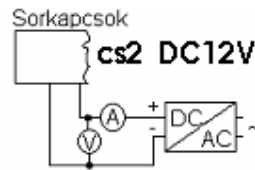
5.2.1. Feladat:

- Mérje meg fel a C.A.8334 számú hálózati analizátor segítségével az üresjárási feszültséget, az üresjárási feszültség jelalakot, a felharmónikus összetételének spektrumát, és az egyes összetevők százalékos értékeit, valamint a THD_U -t.



5.2.2. Feladat:

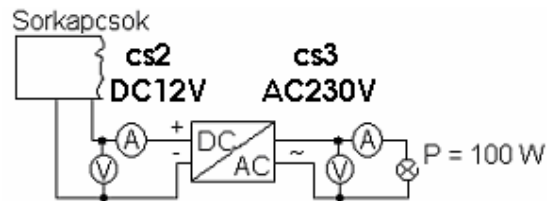
- Mérje meg az inverter önfogyasztását (P [W]) feszültség illetve ampermérő segítségével. A mérési elrendezés összeállításánál ügyeljen arra, hogy az inverter kapcsolója **K4** kikapcsolt állapotban legyen!



5.2.3. Feladat:

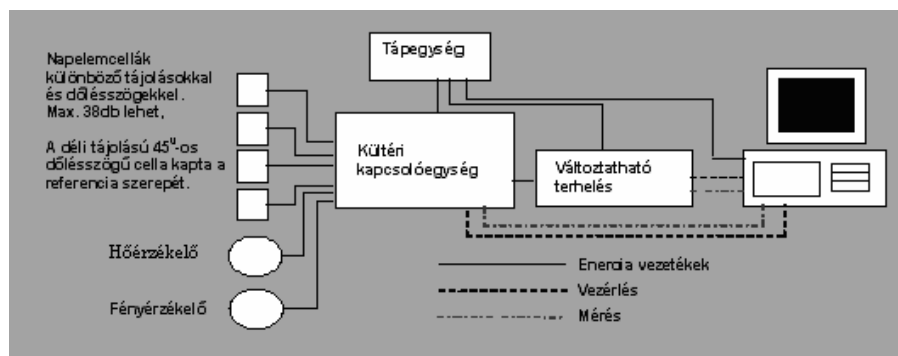
- Állítsa össze az adott kapcsolási rajz alapján a mérési elrendezést.
- Mérje meg a hálózati analízátor segítségével, hogy 100W Ohmos terhelés esetén (ami esetünkben egy izzólámpa) mennyire csökken az inverter feszültsége az üresjárású feszültséghez képest.
- Számítsa ki az inverter hatásfokát a mért értékek alapján. $\eta = \frac{P_{ki}}{P_{be}} \cdot 100\%$

(Az egyenfeszültségű oldalon nagy áram folyik a mérés során. Ennek figyelembevételével az áramköri csatlakozásokat megfelelően alakítsa ki)



5.3 Feladat:

Mérés célja: Különböző tájolású, és dőlésszögű napelem modulok vizsgálata, korábbi mérési eredmények alapján. Ezen mérés a BMF-KVK Bécsi úti telephelyén, a „C” épület tetején elhelyezett napelem modulokon történik, melyet a 6-os ábrán látható mérő és regisztráló berendezés végez el és dokumentál.



6.ábra

Mérés menete: A mérésvezetőtől kapott mérési eredményeket összefoglaló táblázat alapján:

5.3.1 Feladat: Készítsen diagrammot egy hónap mérési adatai alapján, a különböző tájolású 90°-os dőlésszögű egyes napelem modulok által termelt energia, hány

százaléka az összes 90°-os modul által termelt energiának. A kapott százalékszámok alapján, állapítsa meg a legkedvezőbb tájolási beállítást.

5.3.2 Feladat: Egy hónap mérési eredményei alapján, vizsgálja meg, egy tetszőlegesen kiválasztott napelem modul és az ugyanezen idő alatt besugárzott energia linearitását (kapcsolatát). A kapott összefüggést ábrázolja diagramm segítségével, valamint értékelje szövegesen.

5.3.3 Feladat: Egy hónap mérési eredményei alapján, számítsa ki a különböző tájolású és dőlésszögű napelem modulok átlagos hatásfokát. Tekintsük 100%-nak a besugárzott energiát, melynek mértékegysége [Wh/m²]. A számítás során vegye figyelembe, hogy egy napelem modul felülete 0.8m² ! A kapott eredményeket ábrázolja diagramm segítségével, valamint állapítsa meg a modul legkedvezőbb tájolását és annak dőlésszögét.

5.3.4 Feladat: Négy hónap, (nyári, őszi, téli, tavaszi) mérési eredményei alapján, ábrázolja egy dél tájolású 45°-os dőlésszögű napelem modul által megtermelt energiamentyiséget, az idő (napok) függvényében. A kapott összefüggést értékelje szövegesen.

5.3.5 Feladat: A rendelkezésre álló napi mérési eredmények alapján készítsen egy, vagy több napra vonatkozó termelési jelleggörbét az idő függvényében. $P = f(t)$

6 Mérési jegyzőkönyv

A mérési jegyzőkönyvet mérőcsoportonként nyomtatott formában kell leadni a mérésvezetőnek 1 héten belül (ezzel gyakorolják az elvégzett munka bemutatását, dokumentálását). A jegyzőkönyv formája nem kötött, éppen a kimért, ízléses dokumentum szerkesztés elsajátítása is a cél, hossza 2-3 oldal. Ez tartalmazza:

- Dátum (Napelem mérése esetén a „benapozottságot” pl: napsütéses idő, gyengén felhős égbolt, erősen felhős égbolt...)
- Mérést végzők nevét
- Az elvégzett mérés leírását
- A mérésnél felhasznált adatok leírását
- Grafikus megoldást
- Írott értékelést

Felhasznált irodalom:

www.reak.hu
www.vgf.hu/villany/
www.gia.hu
<http://fenntarthato.hu/epites/>
<http://www.klnsys.hu/>
<http://www.napelem.hu>
<http://www.foek.hu/korkep/termek/20031.html>

Enyedi Péter / Napelem modulok mérési eredményei /

Sütő Roland / Mérőrendszer blokkvázlata /