

## PELTIER-ELEMES HŰTŐBERENDEZÉS MEGVALÓSÍTÁSA NAPELEMCELLA HŰTÉSÉRE

**Bodnár István**

egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet,  
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [vegybod@uni-miskolc.hu](mailto:vegybod@uni-miskolc.hu)

**Koós Dániel**

okl. gépészmérnök, energetikai mérnök,  
e-mail: [daniel.koos1@gmail.com](mailto:daniel.koos1@gmail.com)

### **Absztrakt**

A tanulmány egy napelemcella laboratóriumi méréseihez tervezett és megvalósított Peltier-elemekből felépülő hűtőegységről szól. A hűtőegység egy napfényoszimulátor részeként került megtervezésre és megvalósításra. A napfényoszimulátor lényege, hogy a napelem cellán megismételhető és összehasonlítható méréseket lehessen végezni változtatható paraméterek mellett. A megvilágítás intenzitását a napfényoszimulátorral, a napelemcella hőmérsékletét pedig a Peltier-elemes hűtőegységgel lehet befolyásolni. A Peltier-elemes egységet be lehet kötni úgy is, hogy az a napelemet melegítse, így széles hőmérséklettartományban lehet vizsgálni a napelem cella működését. Mivel a napelemcella túlmelegedés esetében rosszabb hatásfokkal üzemel, illetve gyorsabban elöregszik, ezért a Peltier-elemekből készült egység végül hűtő üzemmódban került kivételre.

**Kulcsszavak:** Peltier-elem, napelemcella, hőmérsékleti tranziens, hűtőberendezés

### **Abstract**

This paper presents a cooling unit made of Peltier modules for executing laboratory investigations of a solar cell. This cooling unit was designed and implemented as a part of a sunlight simulator. The purpose of a sunlight simulator is to make measurements on a solar cell repeatable and comparable with variable parameters. Intensity of illumination can be controlled by the sunlight simulator, the temperature of the solar cell can be adjusted by the Peltier cooling units. The Peltier module can also be wired to heat the solar cell. This way, the operation of the solar cell can be investigated in a wide temperature range. Since solar cells operate with low efficiency and age faster when overheated, the cooling unit made of Peltier modules was implemented in cooling mode.

**Keywords:** Peltier-module, solar cell, temperature transient, cooling equipment

### **1. Bevezetés**

A Peltier-elemeket széles körben alkalmazzák hűtési és fűtési célokra, illetve termoelektromos generátorként. A Peltier-elem legfőbb előnye, hogy ha elektromos áramot kapcsolunk rá akkor a két felülete között hőmérsékletkülönbséget hoz létre. Minél jobban hűtjük a meleg oldalát, annál hidegebb lesz a hideg oldalán. Ezen hatásmechanizmus miatt gyakran alkalmazzák kisteljesítményű hűtőszekrényekben, első sorban 12 VDC feszültségen üzemelő hordozható, valamint napelemes kivitelűekben. Másik alkalmazási területe a villamosenergia-termelésben ismeretes. Köztudott, hogy a hagyományos erő-

műveknek üzem közben jelentős a hővesztesége. Termoelektromos generátorok segítségével ezen hulladékhő egy része villamosenergiává alakítható, így növelve a rendszer villamos hatásfokát [1].

Ugyan napjainkban a Peltier-elemek hatásfoka még elmarad az elvártaktól, azonban a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően sorra jelennek meg az olyan anyagok, amelyek az elődeikhez képest jobb hatásfokkal képesek az átalakítást megvalósítani. A termoelektromos generátorok nem csak erőművekben, hanem olyan eszközökben is alkalmazhatók, ahol hulladékhő képződik. Ilyen alkalmazási terület lehet például a különféle járművekben képződő kipufogógáz hőjének hasznosítása [2, 3].

## 2. A tervezés folyamata

A napelemcella laboratóriumi mérése során cél a cellák hőmérsékletének befolyásolása, csökkentése, így egy hűtőmodul tervezése és megépítése vált szükségessé. A hűtőmodul tervezésének első fázisában a hűtési mód kiválasztása az elsődleges feladat. Jelen esetben a cél a viszonylagosan egyszerű megvalósíthatóság és a nagyfokú szabályozhatóság. A leírt követelményeknek a Peltier-elemek eleget tesznek, hisz ezen eszközök elektromos áram felhasználásával képesek hő elvonására. A Peltier-elemek alapvetően félvezető alapú termoelektromos hűtőlapok, amely kivezetéseire egyenfeszültséget kapcsolva az egyik oldaluk felmelegszik, a másik oldaluk pedig lehűl [3].

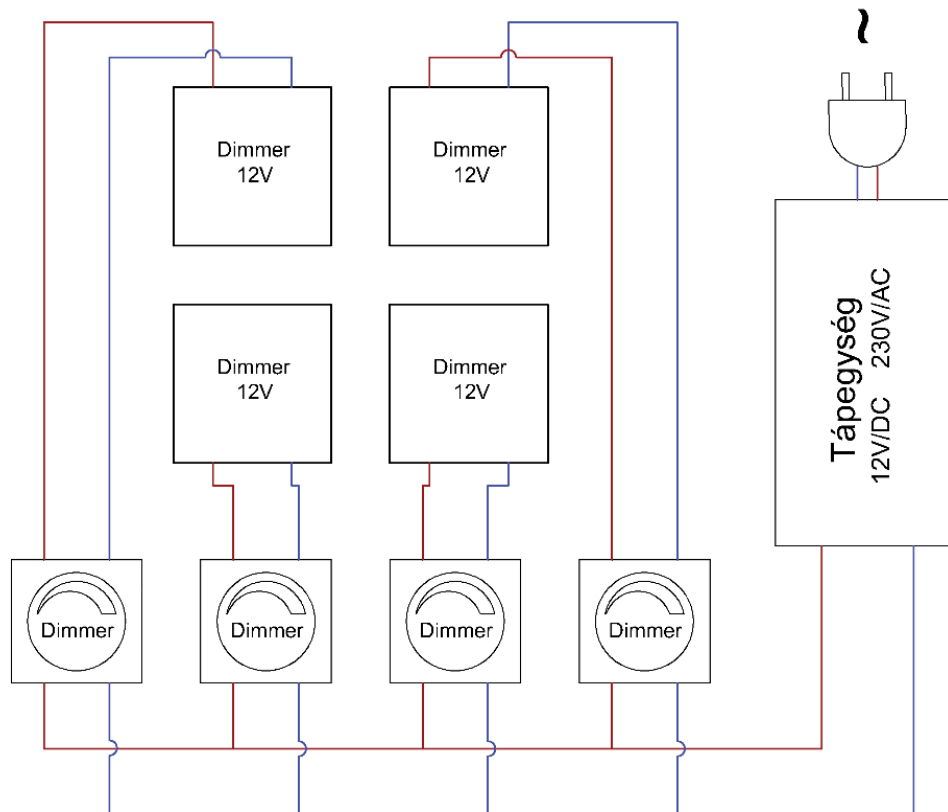
Az alkalmazni kívánt Peltier-elemek kiválasztása esetén a lehető legnagyobb hűtési teljesítmény a fő szempont, az adott költség és méretkorlátokon belül. A beépítésre kiválasztott *TEC1-12706* típusú Peltier-elemek 12 VDC feszültségen működnek és egyenként 60 W teljesítményűek. A beépítés során a napelemcella mérete szabja meg az elemek számát. A 15 cm x 15 cm-es területen 4 db, egyenként 40 mm x 40 mm-es modul megfelelő köztes távolság megtartása mellett elhelyezhető. A tervezett hűtő várható maximális teljesítménye így:  $4 \times 60 \text{ W} = 240 \text{ W}$ . Az 1. táblázat mutatja a kiválasztott Peltier-elemek jellemző adatait.

1. táblázat. *TEC1-12706* típusú Peltier-elem adattáblája

Megnevezés és jelölés	Mérték és mértékegység
Max. hőmérséklet különbség: $\Delta T_{max} (Q_c=0)$	>60 °C
Működési áramerősség: $I_0$	4,5 A (12 VDC esetén)
Működési feszültség: $U_0$	12 VDC (max.: 15 VDC)
Hűtési teljesítmény: $Q_{cmax}$	56-65 W
Működési hőmérséklet tartomány: $T_0$	-55 °C – 82 °C
Belső ellenállás: $R_i$	2,1 Ω – 2,5 Ω ( $T_0=23\pm 1$ °C)

A Peltier-elemekeken alapuló hűtő berendezés megfelelő működéséhez az elemek meglétén túl szükséges az elemek megtáplálását biztosító tápegység, a szabályozhatóságát biztosító szabályozó egység és az elemek 'meleg oldala' által termelt hő elvezetésének biztosítása. A Peltier-elemek tápegységének kiválasztásakor a következő peremfeltételek figyelembevételre szükegnek: a négy darab, párhuzamosan kötött elem maximális feszültségigénye 12 VDC, az általuk felvett áramerősség  $4 \times 4,5 \text{ A} = 18 \text{ A}$ , a maximális teljesítmény igény pedig  $4 \times 60 \text{ W} = 240 \text{ W}$ . Az igények szerint kiválasztott, *Optonica* típusú ipari LED tápegység (360 W, 12 V, 30 A) az elemek megtáplálását megfelelően biztosítja. A feszültség szabályozását minden Peltier-elem esetén külön, *Optonica* típusú potméteres dimmer (12

VDC – 24 VDC, 8A) biztosítja. A négy darab szabályozó beépítését az indokolja, hogy költségkímélőbb szabályozást jelentenek, mint egy darab, nagyteljesítményű ipari teljesítményszabályozó alkalmazása. A hűtőrendszer tápellátásának bekötési rajzát az 1. ábra mutatja.



1. ábra. A Peltier-modulok tápellátása

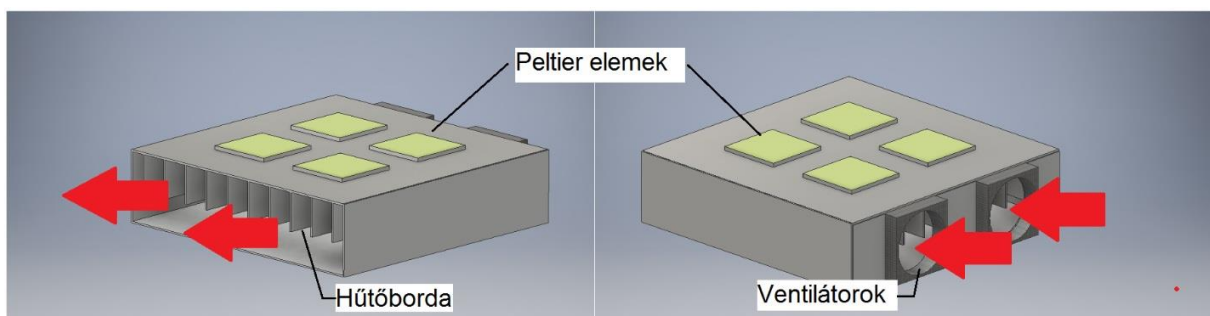
A hűtőberendezés megfelelő működésének másik szükséges feltétele, hogy a Peltier-elemek 'meleg oldala' által termelt hő megfelelően elvezessük. Amint az korábban meghatároztuk, az elemek által leadott maximális hőteljesítmény 240 W, amelyet hűtőborda beiktatásával kívánunk elvezetni. A hűtőborda kiválasztásakor azt vettük alapul, hogy a lehető legnagyobb hűtőteljesítmény eléréshez a hűtőbordával elvezethető hőteljesítménynek is maximálisnak kell lennie. Mindemellett nem hagyható figyelmen kívül, hogy a vizsgálati tartománynak legalább 150 x 150 mm alapterületűnek kell lennie, hiszen ekkora a maximális napelemcella méret, amit a napfényszimulátorral tesztelni szeretnénk. Ez tovább korlátozta a lehetőségeket a tervezés során.

Közelítő összehasonlításként tekintünk a napfényszimulátor LED egysége által leadott mintegy  $36 \times 5 \text{ W} = 180 \text{ W}$  hőteljesítményt, amelyet kényszerkonvekció esetén a hűtőborda kismértékű felmelegedés mellett ( $\sim 8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) el tud vezetni. A Peltier-elemek által generált 240 W hőteljesítményt a LED mátrixnál használt hűtőbordának, hasonló kényszerkonvekció mellett megfelelően el kell tudnia vezetni. Megjegyzendő, hogy az esetleges nagyobb hűtőborda választását a méret növekedésével nem lineáris ár növekedés is korlátozza. Tehát a lehető legnagyobb hűtőborda került kiválasztásra, -vagyis a

LED mátrixéval azonos-, amely előzetes számítások alapján megfelelően elvezeti a termelt hőt és költségvonzata nem irreálisan magas.

A kiválasztott hűtőborda tehát: *Stonecold RAD-A6023/190* típus, amely anyagát tekintve extrudált alumínium, befoglaló méretei pedig: 190 mm x 190 mm x 50 mm. A hűtőborda kényszerkonvekciójának kialakítása kissé eltér a LED mátrix hűtőbordájánál megvalósítotttól, ugyanis nem a hűtőfelülettel párhuzamosan, hanem arra merőlegesen kerül kialakításra egy áramlási csatorna, amelyben a levegőt két kisméretű ventilátor áramoltatja.

A hűtőberendezés tervét a 2. ábra mutatja, megfigyelhető a levegő áramlási iránya és az áramlást biztosító ventilátorok elhelyezkedése. A beépíteni kívánt két ventilátor típusa: *GEMBIRD D6015SM-3 OEM* és 60 mm lapát átmérővel rendelkeznek.



2. ábra. A Peltier-elemes hűtőberendezés látványterve

### 3. Megvalósítás és értékelés

A tervezés során ismertetett hűtőmodul konstrukciónak a következő feltételeknek kell megfelelni:

- megfelelő áramlási csatorna kialakítása,
- a ventilátorok stabil rögzítése,
- a teljes hűtőberendezés megfelelő felfogatása, tekintettel a nem elhanyagolható  $\sim 2$  kg tömegére.

Az építés során az áramlási csatorna kialakítása 'U' profillal ellátott alumínium lemez hűtőbordára történő csavarozásával történik. A ventilátorok stabil felrögzítése acéllemezből kialakított zárórészre történik. A Peltier-elemek hőpaszta felhasználásával kerülnek a hűtőborda hűtőfelületére. A kivitelezés során készült egy alumínium lemez, amely egyrészt rögzíti az elemeket a hűtőbordához, másrészt az egyenletesebb hőmérsékleteloszlást hivatott biztosítani. A teljes hűtőberendezést négy menettel ellátott gömbvas láb segítségével rögzítünk a napfényszimulátor állítható magasságú vizsgálati tartomány tartójára. Az elkészült hűtőberendezés a 3. ábrán figyelhető meg.

A kész hűtőberendezés tesztelése során a napfényszimulátor által előállított közelítőleg  $1.000 \text{ W/m}^2$  intenzitású fényvel világítjuk meg és regisztráljuk a hőmérséklet változását. A mérés minden esetben a hűtőmodul szobahőmérsékletű hidegoldala esetén indult és a világítást bekapcsolva regisztráltuk a hőmérséklet változását az idő függvényében.

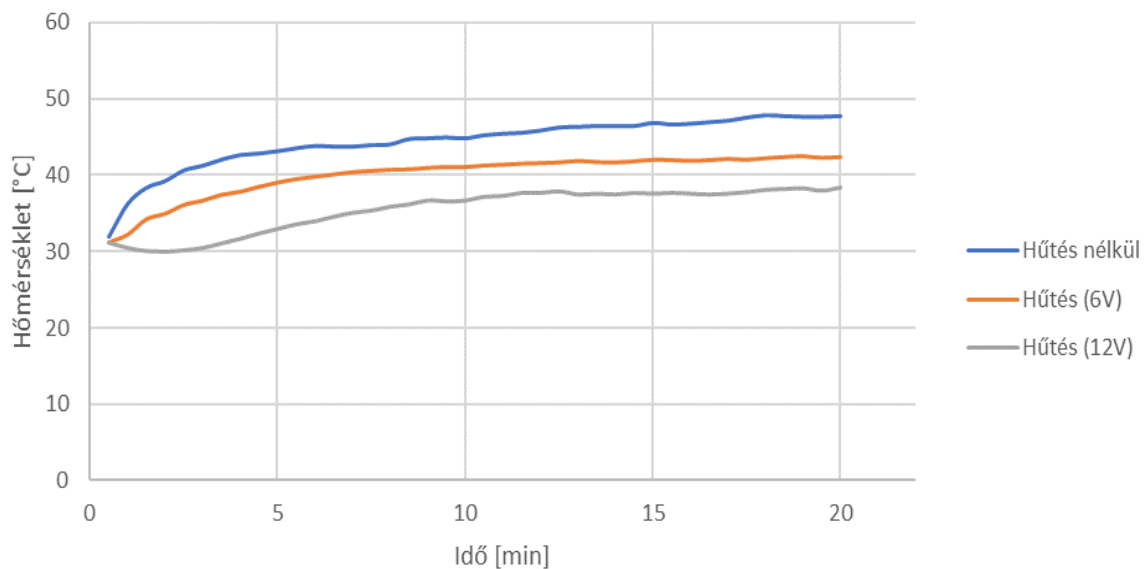
A méréseket három esetre végeztük el, amelyek a következők:

- kikapcsolt hűtőmodul ( $U_{\text{táp}} = 0 \text{ V}$ ),
- hűtőmodul félteljesítményen ( $U_{\text{táp}} = 6 \text{ V}$ ),
- hűtőmodul teljes teljesítményen ( $U_{\text{táp}} = 12 \text{ V}$ ).



3. ábra. Peltier-elemes hűtőmodul (a), hűtőmodul szabályozó egysége (b) és hűtőmodul tápegység (c).

A hőmérséklet regisztrálását egy négycsatornás digitális hőmérő segítségével végeztük. A hőmérsékletmérés a hűtőfelület két pontján történt, amely pontok hőmérsékletének átlagát vettük figyelembe. A mérés során kapott hőmérséklet-idő görbéket a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra. A hűtőmodul hűtőfelületének felmelegedése az idő függvényében különböző hűtőtéljesítmények esetén.

A 4. ábrát megfigyelve láthatjuk, hogy mindhárom esetben a hőmérséklet 20 perc után stabilizálódott, tehát a hőmérsékleti tranziens ideje alatt állandósult állapotbeli méréseket nem lehet végezni. Ennek megfelelően a mérések időtartamát 20 percben korlátoztuk. A mérések alapján a hűtőmodul működése és szabályozhatósága is megfelelőnek mutatkozik. Az  $1.000 \text{ W/m}^2$  fényintenzitású megvilágítás mellett is hozzávetőleg  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletcsökkenést ( $48 \text{ }^\circ\text{C}$ -ról  $38 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra) garantál a hűtőmodul maximális teljesítmény mellett. Közepes teljesítményen ( $6 \text{ V}$ ) a hűtőfelület állandósult hőmérséklete  $42 \text{ }^\circ\text{C}$ , vagyis ekkor a hőmérséklet csökkenés  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ , tehát a tápfeszültség és a hűtőteljesítmény közötti kapcsolat a mérések alapján kvázi lineárisnak adódik. Itt szükséges megjegyezni, hogy az  $1.000 \text{ W/m}^2$  fényintenzitású megvilágítás mellett a napfényszimulátor  $388 \text{ W}$ -os teljesítménnyel melegítette a Peltier-elemes hűtőegységet.

Amennyiben a napfényszimulátor és a Peltier-elemes hűtőegység között elhelyezésre kerül a napelemcella, a Peltier-elemes hűtőrendszer nagyobb hőmérsékletkülönbséget is létre tud hozni. A napfényszimulátor bekapcsolása nélkül a Peltier-elemes hűtőegységen zúzmara volt észlelhető, tehát a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os környezeti hőmérséklethez képest akár  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  körüli felületi hőmérsékletet is el lehet érni vele.

#### 4. Összefoglalás

Összeségében elmondható tehát, hogy a hűtőmodul tervezése és építése sikeres volt. A Peltier-elemeken alapuló hűtőberendezés megfelelő hűtőteljesítményt biztosít a vizsgált napelem hőmérsékletének szignifikáns változtatásához, mindezt szabályozott módon. Az így kialakított hűtőegység alkalmazható más célokra is, hiszen a felületén elhelyezett szobahőmérsékletű testet akár  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletűre is képes lehűteni. Továbbfejlesztési lehetőség nagyobb méretű napelemek oly módon történő hűtése, hogy aközben a Peltier-elemek termoelektromos generátorként üzemeljenek.

#### 5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

#### Irodalom

- [1] Cui, L., Miao, R., Wang, K., Thompson, D., Zotti, L.A., Cuevas, J.C., Meyhofer, E., Reddy, P.: *Peltier cooling in molecular junctions*, Nature Nanotechnology, 2018, 13:122-127.  
<https://doi.org/10.1038/s41565-017-0020-z>
- [2] Pounjar, P., Winston, D.P., Kabeel, A.E., Kumar, B.P., Manokar, A.M., Sathyamurthy, R., Christabel, S.C.: *Experimental investigation on Peltier based hybrid PV/T active solar still for enhancing the overall performance*, Energy Conversion and Management, 2018, 168:371-381.  
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.05.011>
- [3] Tijani, I., Al Hamadi, A.A.A., Al Naqbi, K.A.S.S., Almarzooqi, R.I.M., Al Rahbi, N.K.S.R.: *Development of an automatic solar-powered domestic water cooling system with multi-stage Peltier devices*, Renewable Energy, 2018, 128:416-431.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.042>