

## STIRLING MOTOROS NAPERŐMŰ

### STIRLING ENGINE FOR SOLAR ELECTRIC POWER SYSTEMS

Máriás Nimród<sup>1</sup>, Tolvaly-Roșca Ferenc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, mariasnimrod@yahoo.com

<sup>2</sup>Sapientia EMTE, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C; Telefon / Fax: +40-265-206210/+40-265-206211, tferi@ms.sapientia.ro

#### Abstract

Stirling Engine is a heat engine that operates by cyclic compression and expansion of a gas at different temperatures, noted for high efficiency compared to other engine types. The engine can use almost any external heat source as well solar energy. A design and a practical construction of a Stirling type engine is presented, using He gas as fluid, and as external power solar energy will be used. Using the renewable solar energy as heating system, this kind of engines could become increasingly significant as an environment friendly technical solution. The system is under construction. Some parts are already completed or partially finished; the whole assembly will be completed in May 2015.

**Keywords:** Stirling engine, solar energy, environmental friendly.

#### Összefoglalás

A Stirling típusú motor egy magas hatásfokú, ciklikus zárt rendszerben lévő változó hőmérsékletű gáz összenyomásán és kiterjedésén alapuló hőerőgép. A rendszer szinte bármilyen típusú energiaforrást alkalmazhat a melegítésre úgy, mint napenergiát is. Egy Hélium gázzal töltött naperőmű-rendszer tervezése és kivitelezése kerül bemutatásra. Meggyőződésünk, hogy a fosszilis energiaforrások fogyásával, a Stirling motor külső hőforrásként a megújuló napenergiát használva, teljesen környezetkímélő műszaki megoldást eredményez, amely az elkövetkező években folyamatosan növekvő fontosságra fog szert tenni.

**Kulcsszavak:** Stirling motor, napenergia, környezetbarát.

#### 1. A napenergia használata Stirling motor hőforrásként

Napjainkban egyre nagyobb az energia-válság, rengeteg olyan berendezéseink vannak, amelyek energiát fogyasztanak, és ezek táplálásáról gondoskodni kell. A fosszilis energiahordozók is kezdenek kiapadni, ezért egyre több helyen hallunk a megújuló energia hasznosításáról. Egyik alapve-

tő energiaforrásunk a Nap és annak a Földre jutó igen széles frekvenciaspektrumú energiasugárzása. A napfényt felhasználhatjuk optikai megvezetőkkal épületvilágításra, átalakíthatjuk elektromos árammá a fotovoltaiikus cellák segítségével, az infravörös sugárzási tartományban levő sugarakat begyűjthetjük napkollektorok segítségével és hővé alakíthatjuk. Az utóbbi években megjelentek a koncentrált sugarú naperő-

művek, amelyen nagy hatásokkal hasznosítják a Nap sugárzását.

Célunk egy olyan rendszer megépítése, amely kielégíti egy háztartás energiaigényét, vagy legalább annak jelentős részét. Az elképzelt rendszer az év legtöbb napján nagy hatásokkal hasznosítaná a napfényt, nagyobb hatásokkal, mint a napelemek 25%-os hatások. Ezért választás egy naperőműre esett, amely parabolacsésze alakú tükör segítségével a tükör felületére érkező napfényt egy fókuszpontba összpontosítja, majd az ott keletkező nagy energiasűrűséget tovább hasznosítja hő, és elektromos áram formájában.

## 2. Stirling motoros naperőmű

A Stirling motoros naperőmű két fő alkotóelemre épül:

- parabolacsésze alakú reflektor;
- az energia átalakító egység - Stirling motor.

### 2.1. A parabola reflektor

Mivel a Föld nagyon távol helyezkedik el a Naptól, ezért a Földre eső napsugarak terjedési iránya közel párhuzamos. Párhuzamos fénysugárzás összegyűjtésére vagy optikai lencsék, vagy pedig parabola alakú reflektorokat használnak. Naperőműveknél nagy mennyiségű napfényt kell begyűjteni, ezért több méter átmérőjű lencsék alkalmazását tenné szükségessé. Erre a célra kiválóan alkalmas a parabolatükör, amelyet több kisebb méretű tükörből építik fel. Emiatt nem nagyok a gyártási költségek, illetve jelentős méretű parabolatükrök is készíthetők. Természetesen kell gondoskodni egy fém, vagy kompozit tartóvázról is, amire a tükröket felfogatják.

Parabolatükros naperőműveknél gondoskodni kell arról, hogy a parabolarefektor mindig a Nap fele nézzen. Ha a parabolarefektor a Földhöz képest rögzített lenne, a Napnak az égbolton való mozgása folytán a reflektorról visszavert fénysugarak fókuszpontja is folyamatosan elmozdulna.

Ezért egy a reflektort mozgatni kell, a Nap mozgását követve. Ennek megvalósítására egy csuklós szerelési rendszert kell mozgatni vezérlő elektronikai berendezés segítségével. Parabolatükros naperőműveknél két tengely mentén történik a parabolatükör forgatása. A reflektort el lehet forgatni a függőleges tengelye mentén (azimut) és lehet változtatni a dőlését is a vízszintes tengely mentén a horizonthoz képest (eleváció).

A megtervezett és megépített parabolatükör adatai a következők:

Parabolatükör átmérő: 2700 mm

Fókusz távolság: 1500 mm

Beesési felület: 4,5 m<sup>2</sup>

A tükör tartóváza acél zárszelvényekből készült hegesztéssel (**1. ábra**).



**1. ábra.** A reflektor tartóváza

Acélidomokból készült a parabolacsésze tartóoszlopa és a keresztidom is, amelynek szerepe az egyensúly biztosítása a reflektor és a motor között, így a parabolatükör megdöntését a minimális energia befektetéssel lehet megvalósítani (**2. ábra**).

A tartóoszlopban található a függőleges tengely csapágyazása is. A parabolatükör csapágyai az UCP 208-as, önbeállós csap-

ágyak, amelyek gyári csapágyházzal rendelkeznek.



2. ábra. A tükör függőleges mozgást biztosító szerelése

A parabolacsésze tükrei 150x1500 mm szalagokban érkeztek, amelyeket tovább daraboltunk és szintetikus gumi alapanyagú ragasztóval rögzítettünk a parabolacsésze fémvázához.

## 2.2. A Stirling motor

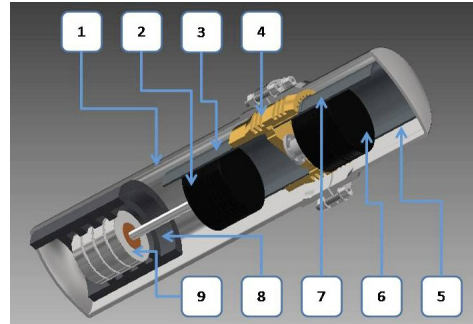
A Stirling motorok hengerében található a munkavégző gáz, amelyet a hengerben felhevítünk, majd a kiszorító dugattyúval átnyomunk egy hűtött hengerbe. Itt a hőelvonás miatt a gáz lehül, és nyomáscsökkenés lép fel, ami következtében a hideg hengerben levő munkadugattyú elmozdul. Ez a folyamat ciklikusan ismétlődik.

Napjainkra rengeteg típusú Stirling motort találtak fel, de ezek eredetét és működését nézve három csoport egyikére vezethetjük vissza. A szakirodalom [1, 2] három alapvető típusú Stirling motort különböztet meg: Alfa, Beta és Gamma típusú Stirling motort.

A beta típusú Stirling motort továbbfejlesztették, elhagyták belőle a dugattyúkarakat, meg a főtengelyt. Ezáltal csökkentették a motor veszteségeit. Viszonylag nagyon keveset hallunk a Stirling motorokról, mert kevésbé elterjedtek. De a hadseregtől az űrkutatásig szívesen használják őket, mint energia-átalakítókat. A fejük fölött éjjel-

nappal röpködő műholdak energiaellátását nem a híresztelt napelemek segítségével végzik, hanem a műholdban található egy szabaddugattyús Stirling motor melyet a Rádium nukleáris bomlása működtet évtizeden keresztül.

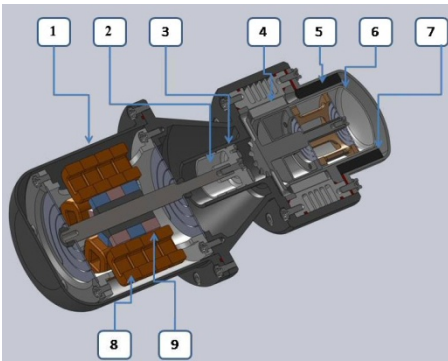
A tervezett Stirling motor a [3] szakirodalomban ismertetett 15 kW-os motor alapján készül, a testmodellje a 3. ábrán látható.



3. ábra. Az elkészítés alatt álló motor testmodellje. 1-Nyomásköpeny; 2-Munkadugattyú; 3-Munkahenger; 4-Hűtő; 5-Regenerátor; 6-Kiszorító dugattyú; 7-Meleg henger; 8-Lineáris alternátor tekercsek; 9-Neodímium mágnesek

Az épülő motor hengerei egy Peugeot motor bontásából származnak. A Stirling motor hűtőjét 110 mm átmérőjű alumíniumhengerből, a közrefogó csőkarimákat S235-ös acélhengerekből esztergáltuk. A csőkarimák a hűtővel, kúpos kötés segítségével illeszkednek egymáshoz, hogy a motorban levő nagy nyomású hélium szivárgását megakadályozzák. A csőkarimára ráhegesztett 110 mm átmérőjű acélcső belsejében helyezkedik el a meleg henger. Működés közben nem közvetlen a meleg henger hevül, hanem a körülötte levő nyomásköpeny. A meleg henger nyomásköpenyét az összegyűjtött napfény kb. 400° C-ra melegíti fel. A meleg henger és a nyomásköpeny közötti résben a regenerátor helyezkedik el, amely célja a minél jobb energiamegtakarítás. A hűtés előre lehűtött olajjal

történik egy szivattyú segítségével. A hűtő tartja alacsony hőmérsékleten ( $60^{\circ}\text{C}$ ) a hideg hengert. A meleg henger egyik végét is hűteni kell a kiszorító dugattyú tömítéseinek rongálódás-mentes működése érdekében. A kiszorító dugattyú tömítését teflonyűrűk képezik. A szabaddugattyús Stirling motoroknál (4. ábra) nincs vezérlés, nincs dugattyúkar. A dugattyúkat nyugalmi helyzetben egyenként két-két rugó tartja középpállásban, majd indításkor a nyomáskülönbségek miatt a munkadugattyú kölcsönhatása vezérli a kiszorító dugattyút.



4. ábra. Szabaddugattyús Stirling motor metszete. Az alkatrészek számozása megegyezik a 3. ábrával

A hideghenger munkadugattyúján megmaradtak a gyári acélgyűrűk, mert ezen a részen igen fontos a jó tömítés. A munkadugattyúra kapcsolódik egy lineáris alternátor, mely az oszcilláló mozgást alakítja át elektromos árammá.

A célunk az, hogy minél több energiát hasznosítsunk fel a környezettől. Amikor ahhoz megfelelő teljesítményű a begyűjtött napfény, hogy a motor elinduljon, akkor a lineáris alternátoron keresztül a Stirling motor villamos energiává alakítja az elektromos áramot, a hűtésből származó hulladék hőt pedig egy puffer tartályban levő víz

melegítésére használjuk, amelyet vagy keverve, vagy továbbmelegítve egyéb háztartási igények kielégítésére használunk. Amennyiben a begyűjtött napfény nem bírja annyira felmelegíteni a motort, hogy az villamos energiát termeljen, akkor megfordítható a ciklus. A lineáris alternátorból lineáris motor alakítható egy félvezető IGBT híd segítségével. Az így kapott motort felhasználva meghajtjuk a Stirling motort, így ebből hőszivattyú lesz. A meleg hengeren keresztül elszívja a környezet hőjét, és a munkagáz expanziójakor a hűtő felé adja át a begyűjtött hőenergiát. Ezáltal gyenge napfény mellett is melegített vízzel látható el a háztartás.

### 3. Következtetések

Mivel a rendszer nincs teljesen kész, előreláthatólag április-május hónapban sikerül üzembe helyezni, pillanatnyilag következtetéseket nem vonhatunk le. Egyelőre az első mérésekig csak a szakirodalomban [2, 3] ismertett adatok alapján becsülhetjük meg: a rendszer hatásfoka akár a 80%-ot is elérheti. Tekintetben véve, hogy teljesen környezetkímélő megoldásról van szó, a napenergia korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre, várható a hasonló naperőművek elterjedése az elkövetkező években-évtizedekben.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] <http://www.robertstirlingengine.com/theory.php>
- [2] <http://wenku.baidu.com/view/e567f6f5c8d376eaeaa315f.html>
- [3] George R. Dochat, DOE/NASA/0056-79/1 NASA CR-1 59587 MTI 79TR47 *Design Study of a 15 kW Free-piston Stirling Engine-linear Alternator for Dispersed Solar Electric Power Systems*