

SZABADDUGATTYÚS STIRLING MOTORRAL ÜZEMELŐ LINEÁRIS ALTERNÁTOR FEJLESZTÉSE ÉS MEGVALÓSÍTÁSA

DESIGN AND DEVELOPEMENT OF A LINEAR ALTERNATOR FOR FREE PISTON STIRLING ENGINE

Máriás Nimród

SC ARIADNE IMPEX SRL 520077 Sfântu Gheorghe, jud. Covasna, STR. Lt. Păiș
David, Nr. 12A, mariasnimrod@yahoo.com

Abstract

The linear alternator is the energie transformer system of the freepiston stirlingengine. The linear motion is generating electricity. However, the alternator has an electric motor operating mode, which is required to start the Stirling engine. The linear alternator is within the Stirling engine pressure wessel, therefore the helium as working gas is well sealed.

Keywords: *Linear alternator, Free piston Stirling engine, magnet-spring, environmental friendly energy source.*

Összefoglalás

A lineáris alternátor a szabaddugattyús Stirling motorok energia átalakító rendszere, mely vonal menti mozgásból villamos energiát állít elő. Ugyanakkor az alternátor motoros üzemmódban is működik, mely a Stirling motor indításához szükséges. A lineáris alternátor a Stirling motor nyomásköpenyén belül helyezkedik el, így elérhető a motor hélium munkagázának jó szigetelése.

Kulcsszavak: *Lineáris alternátor, Szabaddugattyús Stirling motor, mágnes-rugó, környezetbarát energiaforrás.*

1. Szabaddugattyús Stirling motor- ra épített lineáris alternátor

Az energiaigényes jelenben egyre jobban kezdenek elterjedni a megújuló energiaforrásokat hasznosító berendezések. Az egyik ilyen energiaforrás a Nap, melynek energiája széles spektrumú elektromágneses sugárzás formájában érkezik a Földre. Napjaink legjobb energia átalakító berendezése a Stirling motoros generátor, mely hőenergiát képes átalakítani villamos energiává. A Stirling motorra paraboloid tükrös koncentrátoron keresztül érkezik a Nap hője, mely a Stirling motort működésre készíti. A Stirling motor pedig egy generátor által

villamos áramot szolgáltat. Egy ilyen naperőmű megépítését 2015-ben a XX. FMTÜ alkalmával mutattam be. A lineáris alternátorral ellátott Stirling motor erre a naperőműre épül, ugyanakkor a megalkotott Stirling energia átalakító a rakéta típusú kályhákban is fel lesz használva. A lineáris alternátor tervet a sepsiszentgyörgyi SC ARIADNE IMPEX műhelyén belül valósítottam meg id. Pózna Dávid igazgató úr támogatásával.

2. A lineáris alternátor

A lineáris alternátor szabaddugattyús Stirling motorok energia átalakító rendszere. A Stirling motor nyomásköpenyén belül

helyezkedik el, hogy biztosítva legyen a motor nagynyomású hélium munkagázának a szivárgás mentessége.

A felépítés miatt, a beindításhoz szükséges mechanikus beavatkozást csak elektromos árammal tudjuk gyakorolni a motorra, mely az alternátoron keresztül kell megtörténnjen.

Ezért az alternátor két üzemmódja szükséges: generátoros és motoros üzemmód.

1.2. A lineáris alternátor tervezési követelményei

A lineáris alternátor tervezésénél több szempontot is figyelembe kellett vevyek:

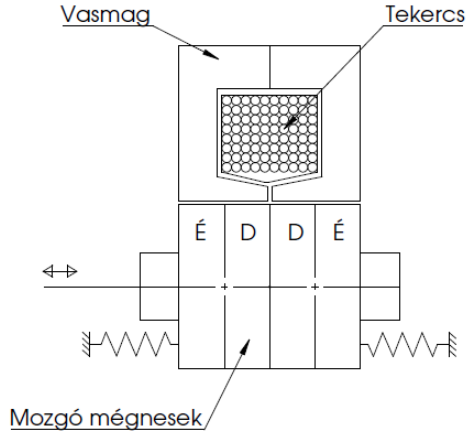
- Olyan berendezés tervezése és megépítése, mely egyszerű felépítése következtében könnyen és olcsón megépíthető és hosszútávú beavatkozás mentes működést biztosít;
- Az alternátort úgy kell megtervezni, hogy az optimális mozgórész amplitúdó akkora legyen, mint a munkadugattyú amplitúdója. Ez azért szükséges, mert a szabaddugattyús Stirling motorok munkadugattyújáról közvetlenül kerül át a vonal menti mozgás a lineáris alternátor mozgó-részére. Így csökkenthető a sűrűlódási veszteség;
- 50Hz üzefrekvenciára optimalizált alternátor. A szabaddugattyús Stirling motorok üzefrekvenciája 40 és 60 Hz között helyezkedik el;
- Az alternátor motoros üzemmódban be kell tudjon indítani egy 40 bar héliummal feltöltött 500W-os Stirling motort.

2.2. A lineáris alternátor felépítése

Villamos gépek működése a mágneses terek kölcsönhatásain alapszik. A gép két részből tevődik össze: mozgórész és állórész.

A lineáris alternátor permanens mágnesekből, és tekercsből épül fel. Az egyszerűbb felépítés végett mozgó mágneses alternátort terveztem. A mozgó mágnesek hatására az állórész vasmagjában fluxus változás lép fel, mely a tekercsben áramot

indukál. Célszerű az állórész takerceselni, mert így nem szükséges hajlékony kivezetéseket beépíteni a rendszerbe. A hajlékony kivezetések idővel elfáradnának, csökkentve az alternátor élettartamát.



1. ábra. A lineáris alternátor egyszerűsített metszet

Az alternátor egyszerűsége végett egyetlen tekercset terveztem a rendszerbe, melyet körülölel a lemezelts vasmag. A mozgórész a tengelyre erősített planár rugók középállásban kell tartásuk. A planár rugók előnye, hogy sokkal rövidebb a lineáris alternátor, és egyszerre végzik a rugós tag feladatát és a lineáris megvezető-csapágyak feladatát. A jó mágneses hatásfok érdekében a mozgórész és az állórész közti légrést minimálisra kellett terveznem. A megépített változatban a légrés 0,5 mm.

Az elképzelt alternátor egyszerűsített rajza az **1. ábrán** vizsgálható meg.

1. táblázat Felhasználható mágnes típusok

Típus	Fluxus-sűrűség Br [mT]	Koercitív erő Hcj [kOe]	Energia kJ/m ³	T °C
N42	1280	≥11,5	318	80
N45	1320	≥11,6	342	80
N48	1380	≥11,6	366	80
SmCo YX24	960	9,7	175	20 0

A mozgórészt a tengelyre erősített két darab Neodímium-mágnes alkotja, melyek tengely menti mozgást végeznek. A mágnesek gyűrű alakúak.

A választás egy 50mm külső átmérőjű, 20mm belső átmérőjű és 13,3mm vastagságú neodímium mágnesgyűrűre esett. A mágnes anyaga N48, amely 80C fokon még megtartja az előírt mágneses tulajdonságait. A remanens fluxussűrűség N48 esetén 1400mT.

A mozgórész körül a tengelyirányban lemezelt állórész vasmagja és tekercse helyezkedik el.

Az alternátor főbb méreteit az alábbi (1) képlet segítségével határoztam meg:

$$P = (4.8 \cdot 10^3) \cdot (\tau \cdot D \cdot f \cdot lm) \cdot B_r^2 \cdot \frac{V}{E} \cdot \left\{1 - \frac{1}{V}\right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{lm}{lm+g} \cdot \frac{f_1}{\frac{1-S_0}{2} C_f} \quad (1)$$

ahol:

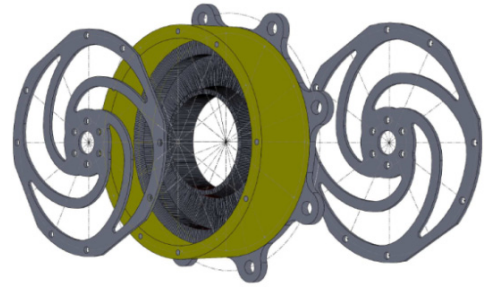
- P légrés teljesítmény,
- D vasmag belső átmérője,
- l löket legnagyobb amplitúdója,
- lm mágnes vastagság,
- g légrés sugárirányú mérete,
- Br a mágnes fluxussűrűség,
- $\frac{V}{E}$ a megengedett és a gerjesztett feszültség aránya,
- E az indukált feszültség RMS értéke,
- E_0 Légrés nélkül indukált feszültség RMS értéke.

3. A lineáris alternátor megvalósítása

Az alternátor megvalósítása 2016. február 09. kezdődött. A tervek elkészítése két hét alatt történt. Az alternátor tervezésénél két szabadalmaztatott forrást használtam, melyek szabaddugattyús Stirling generátorok [1] és lineáris alternátor tervezését és megépítését közlik [2].

Ezután az alkatrészek legyártása kezdődött meg. A vasmag lemezeit egy AMADA

LCG3015AJ lézervágón gyártottam le. A vasmag 1mm vastagságú acéllemezből készült. Darabszámuk 364. Az állórész tekercseit 1,5mm lakkozott rézhuzalból készítettem el, melynek menetszáma 92. A tekercset poliészter gyantával itattam át a jó vilamos szigetelés és a mechanikai ellenállóság érdekében.



2. ábra. A lineáris alternátor testmodellje

Egy ilyen alternátor megépítésében a legigényesebb szerelés a vasmag lemezeinek a beszerelése a vasmagtartóba. Ezeket a darabokat egyenként be kell helyezni a tartóba, ügyelve arra, hogy a két fedőlaptól galvanikusan el legyenek szigetelve. Az állórész vasmagjait csillag alakban szereltem össze, melyek két oldalról burkolják a tekercset. A kialakított vasmag feleket poliészter gyantával töltöttem fel, mely megnövelte a vasmag szilárdságát. A megszilárdulás után a vasmagok belső átmérőjét csiszológépen munkáltam meg.

A csiszolással állítható be a mágneses légrés mérete. A légrés mérete jelentősen befolyásolja az alternátor.

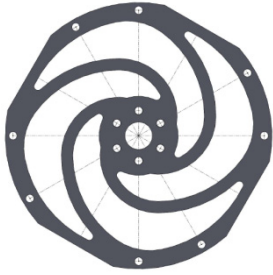
Az mozgórész két 50 mm átmérőjű gyűrű alakú Neodímium mágnesből készült el. A mágnesezési irány tengely menti. Szükséges volt a pólusirányítók használata, mely visszafordítja a pólusokat a mágnesek oldalára. A mágnesek egy 14 mm átmérőjű csiszolt acéltengelyen helyezkednek el azonos pólussal szembe fordítva. Két oldalról egy-egy szorítógyűrű tartja össze a két gyűrű mágneset, melyek egymást 820N-al taszítják.

A szorítógyűrűkre két planár rugó illeszkedik csavarkötéssel.

A planár rugók feladata, hogy a mozgórészt nyugalmi helyzetben tengelyirányban középállásban tartsák.

A planár rugókat 2mm vastag rugóacélból gyártottam le a lézervágón galaxis spirál alakúra.

A mozgórész kialakításának köszönhetően a lineáris alternátor amplitúdója 20mm lett. Így felhasználható egy szabaddugattyús Stirling motor alternátoraként.



2. ábra Planár rugó testmodellje

A lineáris alternátor jelleggörbéinek a meghatározására egy bütykös tengellyel ellátott villamos motort használok, mely a forgó mozgást 20mm amplitúdójú egyenes vonalú mozgássá alakítja. Az így kialakított kísérleti berendezéssel vizsgálni tudom, hogy 50Hz mozgási frekvencián mekkora áramot tud generálni az alternátor. Továbbá meghatározható az alternátor optimális terhelhetősége.

A motoros üzemmód vizsgálatára egy generátort használok, melyet szintén bütykös tengellyel illeszték az alternátorhoz. A generátor terhelését változtatva meghatározható a megépített alternátor optimális terhelhetősége.

A kutatás még folyamatban van.

4. Következtetések

A planár rugók a spirális rész rövid mérete miatt eléggé merevek lettek. Ezért kis (200W) teljesítményű Stirling motorok alternátoraként csak kis löket mellett ajánlott. A V2 alternátor szerkezetében hosszabb spirálkarral rendelkező planár rugókat fogok alkalmazni.

Érdeemes az alternátorban található planár rugókat mágneses rugókra lecserélni. A mágneses rugók élettartama hosszabb a planár rugókhoz képest. Egy ilyen változatnál figyelembe kell venni, hogy a mágnesek közti erő a távolság függvényében négyzetesen változik.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] 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*
- [2] U.S. Department of energy, ORNL/Sub/84-05907/1 *Preliminary Design of Linear Alternator Dynamometer for Free Piston Stirling Engines*