

# Zasnova, izdelava in termodinamična analiza Stirlingovega motorja tipa gama na sončno energijo

Tolga Topgül\*

Univerza Gazi, Oddelek za avtomobilsko strojništvo, Turčija

Onesnaževanje okolja je v zadnjih letih postalo eden od pglavitnih problemov. Med glavnimi povzročitelji tega ekološkega problema so tudi emisije motorjev z notranjim zgorevanjem. Stirlingovi motorji z zunanjim zgorevanjem so uporabna tehnologija za zmanjševanje škodljivih emisij, obratujejo pa lahko z različnimi viri toplotne energije. Uporaba Stirlingovih motorjev s sončno energijo in z drugimi obnovljivimi viri energije lahko pomaga pri zmanjševanju ogljičnega odtisa. V predstavljeni študiji je bil zato zasnovan, izdelan ter teoretično in eksperimentalno obdelan Stirlingov motor tipa gama.

Najprej je bil dvovaljni zračni V-kompresor predelan v Stirlingov motor. Izkoriščeni so bili blok motorja, ojnici in ročni mehanizem kompresorja. S samo konstrukcijo zračnega kompresorja so zato opredeljene nekatere lastnosti Stirlingovega motorja, kot so fazni kot, hod in premer valjev. Preostali deli motorja, kot so bat, glava valjev, krmilni bat in njegov valj, so bili izdelani na novo.

Predelani Stirlingov motor je bil nato preizkušen z zrakom in helijem pri različnih polnilnih tlakih. Helij v primerjavi z zrakom zagotavlja večje izboljšanje moči motorja pri vseh polnilnih tlakih. Največja moč motorja z zračno polnitvijo je znašala 9,8 W pri 123 obr./min in polnilnem tlaku 3 bar, s helijevo polnitvijo pa kar 42,5 W pri 260 obr./min in polnilnem tlaku 4 bar.

Rezultati eksperimentov s helijem pri polnilnem tlaku 2,5 bar oz. 4 bar so bili nato primerjani s teoretičnimi ugotovitvami vozliščne termodinamične analize. Eksperimentalni rezultati dajejo moč na izhodu motorja, medtem ko rezultati vozliščne termodinamične analize prikazujejo moč v valju za idealne delovne pogoje, kot so uporaba idealnega plina, popolno tesnjenje, odsotnost tlačnih padcev in druge idealne predpostavke. Rezultati teoretične analize podajajo največjo dosegljivo moč motorja oz. zgornjo mejo zmogljivosti motorja pri danih obratovalnih pogojih. V praksi je ta dosegljiva le pri brezhibnem motorju in pri popolnih obratovalnih pogojih. Eksperimenti so pokazali, da znaša maksimalna izhodna moč 20,5 W oz. 42,5 W pri polnilnem tlaku 2,5 bar oz. 4 bar. Teoretična indicirana moč v teh točkah znaša 77,1 W oz. 188,9 W.

Končno so bili preučeni še optimalni obratovalni pogoji za maksimalen toplotni izkoristek. V ta namen je bila opravljena vozliščna termodinamična analiza motorja, ki uporablja za vir toplote energijo sončnih žarkov. Za delovni medij je bil izbran helij, ki je varen in ima ustrezne termodinamične lastnosti. Za maksimalen toplotni izkoristek so bili optimizirani temperatura na vročem delu, masa delovnega medija, hitrost motorja in višina krmilnega bata. Temperaturno območje na vročem delu je bilo določeno za parabolične solarne kolektorje. Maksimalen toplotni izkoristek znaša 46,5 % pri masi delovnega medija 0,15 g, vrtilni frekvenci motorja 100 rad/s, višini krmilnega bata 190 mm in temperaturi na vročem delu 850 K. Indicirana moč v tej točki je 657,8 W. Če bi se vrtilna frekvenca motorja povišala na 300 rad/s, bi indicirana moč znašala 1141,5 W.

Teoretični rezultati tako nakazujejo, da je mogoče toplotni izkoristek izboljšati z optimizacijo obratovalnih parametrov Stirlingovega motorja. V praksi so za to potrebne še nekatere izboljšave, kot npr. zmanjšanje toplotnih, tornih in tlačnih izgub, izboljšanje učinkovitosti regeneracije in zatesnitev. Stirlingov motor mora za večjo moč obratovati z višjo vrtilno frekvenco in z najboljšo učinkovitostjo regeneratorja. Za večjo zmogljivost je treba tudi povišati temperaturo vročega dela. Končno pa so za zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida nujni tudi do okolja prijazni viri energije. Iz navedenega sledi sklep, da se bo pomen solarnih sistemov in Stirlingovih motorjev ohranil tudi v prihodnje.

**Ključne besede:** Stirlingov motor tipa gama, obratovalni parametri, zmogljivost motorja, toplotni izkoristek, vozliščna termodinamična analiza, sončna energija