

Nové spôsoby premeny tepla z obnoviteľných zdrojov energie na elektrickú energiu

Nosek, R., Jandačka, J., Đurčanský, P., Holubčík, M., Gavlas, S.: New Ways of Converting Heat from Renewable Energy Sources to Electricity. *Životné prostredie*, 2015, 49, 1, p. 41 – 43.

Nowadays, different solutions for increasing energy production are investigated in the world. One of the possibilities is using of renewable energy sources in cogeneration device – combined production of electricity and heat in one device, with a high overall efficiency. The article deals with principle of hot-air engine, its basic division and use in combined production of heat and electricity from biomass. The basic principle of engine is conversion of heat into mechanical energy, that is subsequently used for production of heat and electricity. In the contribution is presented Stirling engine that driven by thermal energy from a concentrating solar collector and from biomass boiler.

Key words: Stirling engine, internal combustion engine, biomass, boiler, concentrating solar collector

V súčasnej dobe sa slovo energia stalo dosť frekventovaným a skloňovaným. Neustály rast cien primárnych surovín ako ropy, zemného plynu a uhlia nás núti zamýšľať sa nad spotrebou a efektívnosťou. Je spotreba primárnych zdrojov vzhľadom na vykonanú prácu úmerná? Je energia využívaná efektívne? Elektrická energia, univerzálna forma energie, sa stala nezastupiteľnou v našom každodennom živote. Naproti tomu tepelná energia sa stáva dôležitou až v chladných zimných mesiacoch. Výroba elektriny a tepla je ovplyvnená nielen účinnosťou termickou, ale radom ďalších faktorov, od ktorých celková účinnosť priamo závisí. Jednou z možností, ako vyrobiť teplo a elektrickú energiu, je využívanie nekonvenčných zariadení s aplikáciou obnoviteľných zdrojov energie.

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie (OZE) je podporované v celosvetovom meradle a rieši tiež environmentálne aspekty energetiky. Hlavným úsilím je vyskúmať podmienky optimálnej funkcie a technológie výroby pre aplikácie v OZE, zabezpečiť prenos získaných poznatkov do praxe a tým prispieť k zvyšovaniu hospodárskeho rastu regiónov, ako aj celého Slovenska.

Výskum nových tepelných cyklov je orientovaný na optimalizáciu energetických zariadení všeobecne, zvlášť so zameraním na OZE. Súčasný typ tepelných cyklov pre stredné a nízke teplotné spády sú technicky i ekonomicky nevýhodné. Prioritou výskumu je účinnejšia transformácia primárnej energie z OZE na elektrickú energiu.

Dôvodom riešenia tejto práce je nízke využívanie OZE a absencia účinných spôsobov transformácie tepla na elektrickú energiu, teda účinných tepelných cyklov všeobecne. V súčasnosti neexistuje ekonomicky efektívne energetické zariadenie na premenu tepla stredného alebo nízkeho potenciálu.

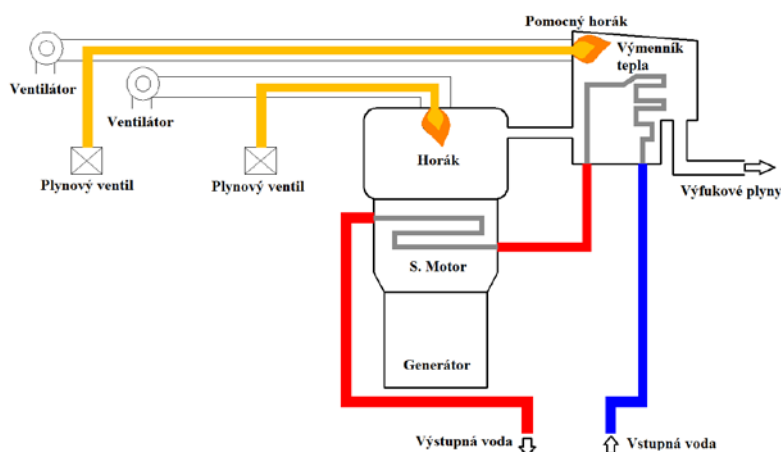
V tejto dobe máme pri OZE (a nielen pri nich) dobrý hardvér, t. j. zariadenie na zber energie, avšak chýba

dobry softvér, t. j. dobrý tepelný cyklus (tepelný transformačný proces), ktorý mení získanú vstupnú energiu na inú formu bez veľkých a zbytočných strát. V tepelnom motore je napr. postupnosť transformácie nasledovná: tepelná energia (výbuch) → tlaková energia → mechanická energia (rotačný pohyb). V tejto práci je hardvérom prototyp energetického zariadenia a softvérom budú nové typy regeneratívnych tepelných cyklov. Kvalitný tepelný cyklus výrazným spôsobom ovplyvňuje konečnú účinnosť premeny energií, v súčasnosti je to u ORC (*Organic Rankin Cycle*) cyklov napr. cca 17 %, čo je oproti cca 35 % účinnosti v konvenčných Rankinových cykloch a 44 % účinnosti v superkritických cykloch využívaných vo veľkej energetike, príliš málo.

Cieľom riešenia je vynájdenie tepelného cyklu s regeneráciou tepla vhodného predovšetkým pre OZE (slnko a biomasu, teda pre stredné a nízke teplotné spády) s dostatočne vysokou účinnosťou a s akceptovateľnou ekonomikou vo viacerých variantoch.

Zvyšovanie účinnosti dnešných energetických zariadení na výrobu elektrickej energie ide smerom k zvyšovaniu tepelnej odolnosti materiálov, ktoré sú v priamom styku s primárnym teplom (spaliny) a odolávajú vysokým tlakom superkritickej pary 720 ° C (cez 22 MPa). Primárnym cieľom výskumu je dosiahnutie vyššej účinnosti pri nízkej teplotnej hladine z primárneho zdroja energie aplikáciou zariadení využívajúcich progresívne tepelné cykly a účinnejšiu regeneráciu tepla vhodného pracovného média.

Ludia donedávna využívali primárne zdroje nehľadiac na efektívnosť ich využitia, no technický pokrok a znižovanie zásob zdrojov ich prinútilo hľadať alternatívne a najefektívnejšie možnosti. Jednou z takýchto možností je práve kogenerácia – kombinovaná výroba elektrickej a tepelnej energie v jednom zariadení s vysokou celkovou účinnosťou (Čierny a kol., 2014).



Obr. 1. Princíp činnosti Stirlingovho motora. Zdroj: Čierny a kol. (2014)

Mikrokogeneračná jednotka s nekonvenčným motorom

Jednou z alternatív pre efektívne využívanie primárnych zdrojov energie môže byť mikrokogenerácia – kombinovaná výroba elektrickej a tepelnej energie (KVET) s výkonom do 50 kWe. Pre domácnosti sú však zaujímavé výkony rádovo do 2 kWe.

Ako hlavný zdroj mikrokogeneračných jednotiek sa v súčasnosti najviac používajú spaľovacie motory na zemný plyn, na ktorom je vysvetlený princíp zariadenia. Do motora sa dodáva palivo, kde počas spaľovania získavame mechanickú prácu na výstupnom hriadieli a tepelná energia sa prenáša cez chladiaci systém pozostávajúci z výmenníka tepla. Dodatočne môžeme tepelnú energiu získať zo spalínového výmenníka. Tieto výmenníky tepla sú zapojené do sériového obvodu, kde je pracovné médium (najčastejšie voda) zohrievané v niekoľkých etapách. Viacfázová regenerácia tepla zvyšuje celkovú účinnosť kogeneračných jednotiek a znižuje celkové náklady potrebné na palivo (Patsch, Čierny, 2014).

Možnú alternatívu pre spaľovacie motory predstavujú nekonvenčné motory. Pracujú na princípe vonkajšieho spaľovania, čiže spaľovanie paliva neprebíha v pracovnom valci. To umožňuje, na rozdiel od bežných motorov s vnútorným spaľovaním, riadiť priebeh spaľovacieho procesu, s tým spojenú kvalitu, ktorá sa odráža v zložení znečisťujúcich látok vypúšťaných do ovzdušia. Medzi najznámejšie teplovzdušné motory patrí Stirlingov motor a Ericssonov motor. Ericssonov motor je tiež s vonkajším spaľovaním, no na rozdiel od Stirlingovho môže mať dve možné alternatívy – otvorené a uzavreté (Creyx, 2013). Vzduch je stláčaný v kompresore, prechádza cez výmenník tepla a pri konštantnom tlaku prijíma teplo. Vzduch potom expanduje adiabaticky vo valci a koná prácu. Časť tejto práce je využi-

tá na pohon kompresora a ďalšia časť mechanickej práce sa premieňa za pomoci generátora na elektrickú energiu. Na výrobu tepelnej energie sa môže použiť široké spektrum paliva, keďže sa jedná o motor s vonkajším spaľovaním. Palivo sa spaľuje v samostatnej spaľovacej komore, poprípade v osobitnom zariadení a tepelná energia je transformovaná za pomoci výmenníka tepla do pracovnej látky. Pracovné médium v otvorenom cykle, najčastejšie suchý vzduch, je po ukončení cyklu vypúšťané do ovzdušia. V uzavretom je pracovné médium po každom cykle ochladzované vo výmenníku, kde sa dodaná tepelná energia vracia späť do cyklu (Kalčík, Sýkora, 1973). S použitím uzavretého cyklu môžeme zlepšiť efektívnosť vykurovacích zariadení.

Navrhovaná mikrokogeneračná jednotka pozostáva z dvoch výmenníkov tepla, jeden slúži ako chladič a druhý ako ohrievač. Obidva z nich majú rozličné požiadavky na prevádzku. Jednou z nich je zabezpečiť optimálny prenos tepla z pracovného média. Prenos tepla je charakterizovaný súčiniteľom prestupu tepla a ten následne charakterizuje usporiadanie výmenníka tepla. Koeficient závisí od vlastností média, tepelnej kapacity, od konštrukčného usporiadania a v niektorých prípadoch je významne ovplyvnený použitým materiálom výmenníka. Ďalšími požiadavkami na výmenník sú potom veľkosť, tlaková strata a možnosti údržby.

Predstaviteľom teplovzdušných motorov je aj Stirlingov motor, ktorý premieňa teplo na mechanickú prácu (obr. 1). Mechanická energia môže byť použitá na pohon generátora elektrickej energie. Motor, rovnako ako Ericssonov motor, získava energiu z externého zdroja, v pracovnom valci sa teda nespája žiadne palivo. Toto umožňuje použiť ľubovoľné palivo a riadiť priebeh spaľovania alebo je taktiež možné použiť iný zdroj tepla, napr. odpadové teplo, slnečnú energiu a iné. Tiež sa dá označiť ako piestový spaľovací motor s vonkajším spaľovaním. Teplo je dodávané z vonkajšieho zdroja namiesto spaľovania paliva vnútri vo valci, čím dochádza k zníženiu emisií v porovnaní s emisiami produkovanými napr. s motorom s vnútorným spaľovaním a nedochádza k žiadnej explózií. Stirlingov motor teda pracuje na princípe rozťažnosti plynu. Keď sa plyn ohrieva, rozťahuje sa, keď sa ochladzuje, svoj objem znižuje. Tým dáva piesty do pohybu.

Experimentálne zariadenie

Pre pohon Stirlingovho motora môže byť využitá energia zo slnka alebo z biomasy a v tomto projekte

sa použije motor poháňaný práve týmito OZE.

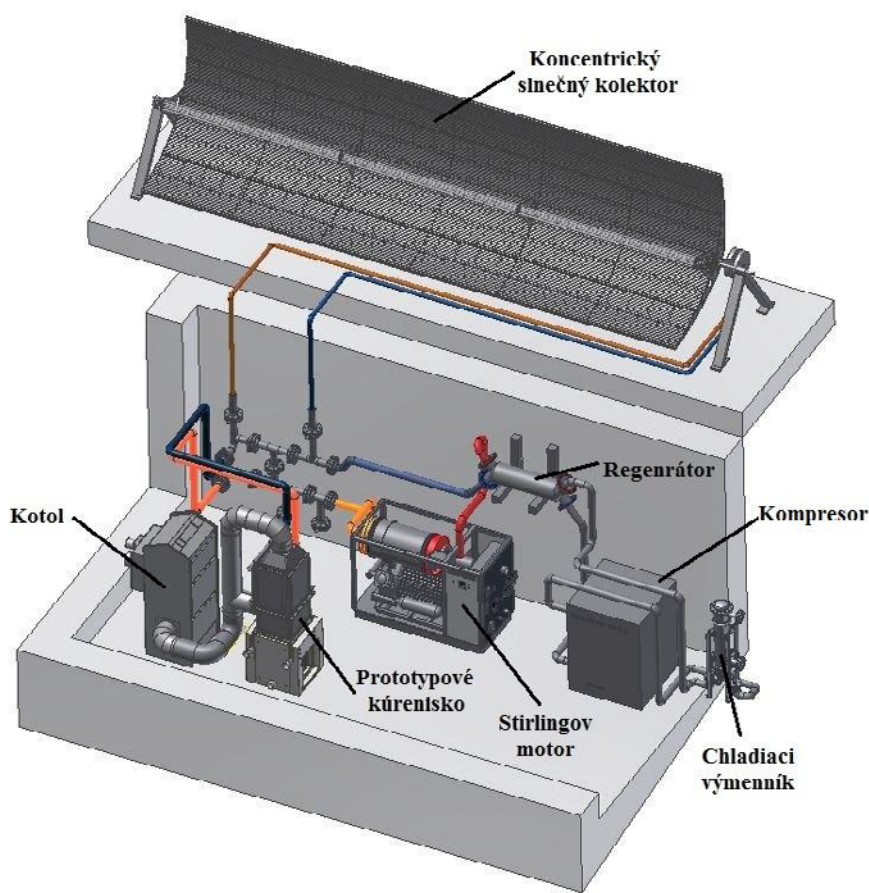
Z hľadiska tepelných ziskov je možné pripojiť slnečný kolektor k Stirlingovmu motoru, ktorého účinnosť je závislá od rozdielu teplôt pracovného média v kompresnej a expanznej časti. Pre spaľovanie biomasy bolo navrhnuté a zostavené prototypové kúrenisko, ktoré umožňuje spaľovať kusové drevo alebo drevné pelety. Koncentrický slnečný kolektor bol taktiež navrhnutý výskumníkmi zo Žilinskej univerzity (obr. 2).

Výstupom projektu bude súbor poznatkov o optimálnej funkcii nových progresívnych tepelných cyklov v prototypu energetického zariadenia. Z výsledkov výskumu sa taktiež navrhnu technické riešenia, ktoré sú využívané predovšetkým pri OZE kvôli zvýšeniu účinnosti premeny tepla na elektrickú energiu, skráteniu doby návratnosti a zlepšeniu ich funkcie formou zavedenia nepretržitej prevádzky (hlavne solar). Spustenie celého zariadenia sa predpokladá v najbližších mesiacoch.

* * *

Problematika tohto projektu je v súlade s dlhodobým zámerom Slovenskej republiky v oblasti vedy a výskumu energetiky. Potreba vývoja a optimalizácie progresívnych tepelných cyklov vhodných najmä pre stredné a nízke teplotné spády využívané pri OZE je vysoko aktuálna. Výskum v tejto oblasti má vyriešiť aj otázky, ako nahradiť časť dovozu primárnych palív (ropu, plyn) a akými zariadeniami vyprodukovať elektrickú energiu pomocou využitia OZE. Strategickým zámerom je prostredníctvom realizácie projektu preniesť do praxe najnovšie výsledky z oblasti nových spôsobov premien tepelnej energie na iné formy energií, najmä elektrickú a nové technológie výroby, resp. praktické konštrukčné riešenia pre aplikácie alternatívnych zdrojov energie.

Autori vyslovujú poďakovanie Agentúre pre štrukturálne fondy EÚ za finančnú podporu projektu Výskum nových spôsobov premeny tepla z OZE na elektrickú energiu využitím



Obr. 2. Schematické zapojenie experimentálneho zariadenia. Zdroj: vlastné spracovanie (2014)

nových progresívnych cyklov ITMS 26220220117.

Literatúra

- Creyx, M., Delacourt, E., Morin, C., Desmet, B., Peultier, P.: Energetic Optimization of the Performances of a Hot Air Engine for Micro-CHP Systems Working with a Joule or an Ericsson Cycle. *Energy*, 2013, 49, 1, p. 229 – 239.
- Čierny, J., Patsch, M., Malcho, M.: Mikrokogeneračná jednotka na báze Stirlingovho motora. *Slovgas*, 2014, 23, 3, s. 19 – 22.
- Kalčík, J., Sýkora, K.: *Technická termodynamika*. Praha: Academia Praha, 1973, 540 s.
- Patsch, M., Čierny, J.: Analýza prevádzky mikrokogeneračnej jednotky s palivovým článkom na zemný plyn. *Plyn*, 2014, 94, 11, s. 243 – 248.

Doc. Ing. Radovan Nosek, PhD., radovan.nosek@fstroj.uniza.sk
 Prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD., jozef.jandacka@fstroj.uniza.sk
 Ing. Peter Ďurčanský, PhD., peter.durcansky@fstroj.uniza.sk
 Ing. Michal Holubčík, PhD., michal.holubcik@fstroj.uniza.sk
 Ing. Stanislav Gavlas, PhD., stanislav.gavlas@fstroj.uniza.sk
 Katedra energetickej techniky Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina