

VÝSKUM SOLÁRNYCH A SOLÁRO-PLYNOVÝCH TERMICKÝCH ENERGETICKÝCH ZDROJOV

INVESTIGATION OF SOLAR AND SOLAR-GAS THERMAL ENERGY SOURCES

Ivan Herec, Ján Župa*

Katedra Experimentálnej elektrotechniky, Elektrotechnická fakulta, Detašované pracovisko v Liptovskom Mikuláši, Žilinská univerzita v Žiline,

ul. kpt. J. Nálepku 1390, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko

**Vojenský technický ústav Liptovský Mikuláš*

ul. kpt. J. Nálepku 1390, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko

Abstrakt Článok sa týka projektu výskumu solárnych termických energetických zdrojov elektriny a tepla, ako aj výskumu hybridných soláro-plynových termických energetických zdrojov elektriny a tepla (ďalej aj skrátene fototermických zdrojov). Prezentované fototermické zdroje využívajú počítačovo riadené vstrekovanie konverznej kvapaliny do špeciálnej kapilárno-poréznej látky, ktorá je prispôbená na priame temperovanie absorbovaným koncentrovaným tepelným žiarením.

Summary The article deals with the investigation of solar thermal sources of electrical and heat energy as well as the investigation of hybrid solar-gas thermal sources of electrical and heat energy (so called photothermal sources). Photothermal sources presented here utilize computer- controlled injection of the conversion fluid into special capillary porous substance that is adjusted to direct temperature treatment by the concentrated thermal radiation absorption.

1. ÚVOD

Zabezpečenie rozvoja spoločnosti je nemysliteľné bez širokého využitia nových a netradičných zdrojov energie. Rýchlosť a rozsah ich uplatnenia bude značne závisieť od výskumu a vývoja zameranom na ich rozvoj a široké využitie.

Výskumná orientácia na alternatívne energetické zdroje je praktickým napĺňaním programu Národnej stratégie trvalo udržateľného rozvoja Slovenskej republiky a vyžaduje zásadnú spoločenskú zmenu. Musí dôjsť k zmene doterajšieho správania, postojov, hodnotovej orientácie, spôsobov riešenia problémov a dosahovania cieľov. Vážnosť situácie dokumentuje i strategický cieľ EÚ, aby do roku 2010 sa podieľali obnoviteľné zdroje 12% na hrubej domácej spotrebe energie. Každá krajina sa musí podľa svojich možností zapojiť do výskumných i realizačných aktivít v oblasti alternatívnych zdrojov energie.

Prednosťou filozofie projektu je obchádzanie najväčších bariér spojených s energetickým využitím priameho slnečného žiarenia na zemskom povrchu, ako sú: fluktuácia slnečného žiarenia, akumulácie energie, plošné nároky a ekonomická efektívnosť. Bariéry fluktuácie slnečného žiarenia a akumulácie energie sú obchádzané kombináciou primárnych zdrojov, t.j. kombináciou slnečného zdroja s plynovým zdrojom a symbiózou s ostatnými klasickými aj alternatívnymi energetickými zdrojmi a energetickými sústavami.

Riešené fototermické zdroje umožňujú rovnako centralizovanú výstavbu energetických zdrojov, napríklad na púšťach, oceánoch, ako aj decentralizovanú – sporadickú výstavbu energetických zdrojov v blízkosti miest energetickej spotreby na nevyužitých alebo inak využitých plochách, napríklad na vodných plochách, kopcoch, skládkach odpadov, strechách domov, okolo komunikácií, dokonca môžu

byť inštalované aj na mobilných prostriedkoch. Ekonomická efektívnosť je z hľadiska investičných nákladov podmienená technickými a výrobnými aspektmi založenými na veľko-sériovej výrobe s malým výrobným sortimentom. Investičná návratnosť je závislá na efektívnosti združeného využitia výstupných energií, t.j. elektriny a tepla, prípadne chladu. Okrem efektívnosti riešenia sú sledovanými cieľmi nízke prevádzkové náklady, automatizácia prevádzky a dlhá doba životnosti [1], [2], [3].

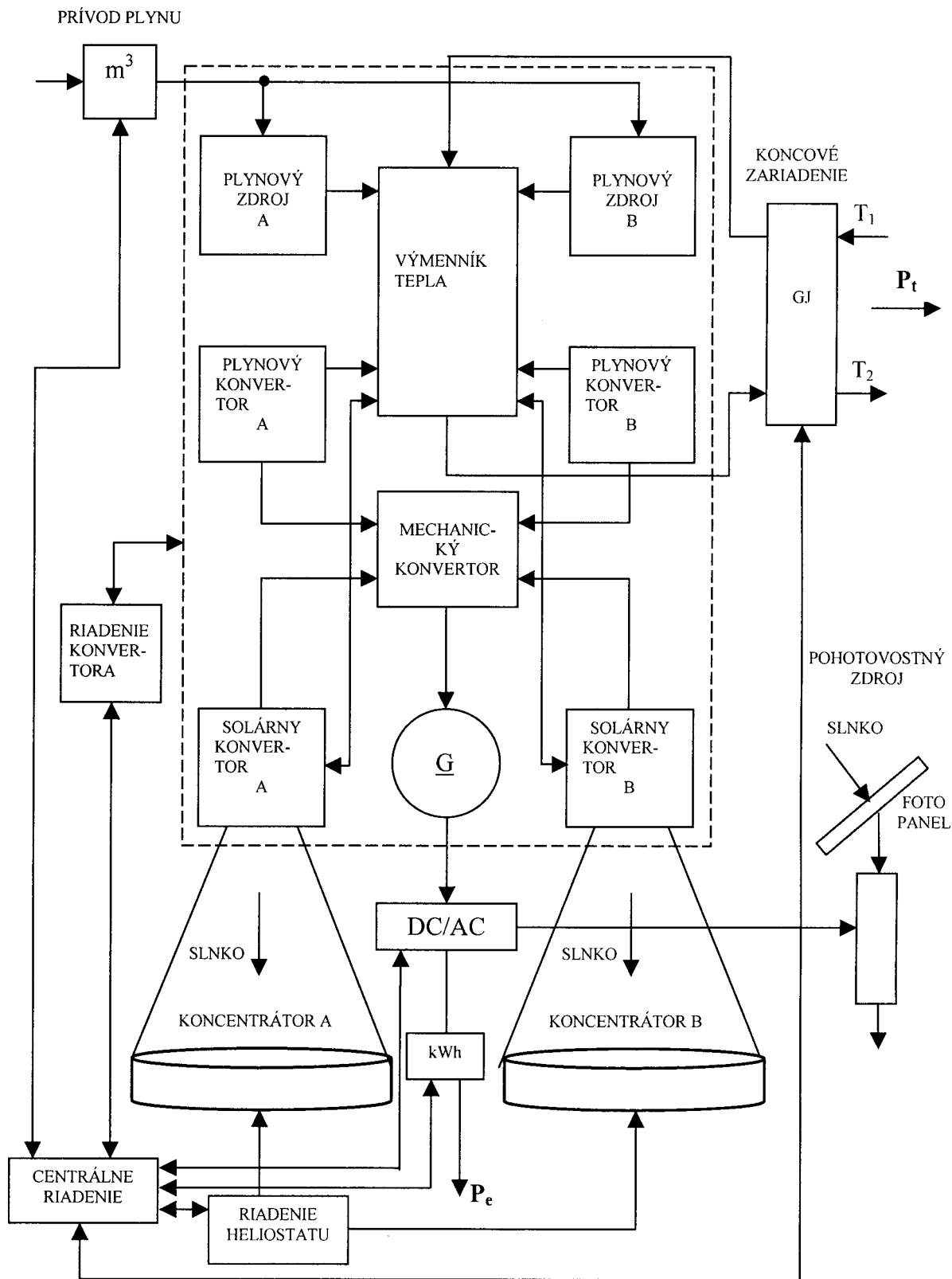
2. STRUČNÝ POPIS

Solárne termické energetické zdroje sú malé solárne termické zdrojové agregáty, ktoré sú tvorené parabolickým koncentrátorom – heliostatom a termoelektrickým konvertorom. V systéme sa využíva originálne riešený termomechanický konvertor - termomotor, ktorý je v Slovenskej republike patentovo chránený. Princíp konverzie spočíva v počítačom riadeným vstrekaním konverznej ekologickej kvapaliny do vhodnej kapilárno-poréznej látky, temperovanej koncentrovaným slnečným žiarením, alebo tepelným žiarením získaným spaľovaním plynu – vodíka [4].

V súčasnosti sú riešené:

- fototermický impulzný vyvíjač pary,
- fototermický piestový termomotor.

Základom fototermického vyvíjača pary a fototermického piestového termomotora je solárna termohlava, ktorá obsahuje dva impulzné generátory pary. Z toho vyplýva aj požiadavka na riešenie dvojhnikových parabolických koncentrátorov tepelného žiarenia. Pracovný priestor termomotora - valce, piesty, termohlava budú vyhotovené na báze



Obr. 1. Zjednodušená bloková schéma hybridného solárno-plynového termického energetického kompletu.
 Fig. 1. Simplified block scheme of hybrid solar-gas thermal power system.

sklokeramických, prípadne keramických – porcelánových materiálov.

Konverzia pracovnej látky je reverzibilná - kondenzačná. Požadovaná celková tepelná účinnosť konverzie je minimálne 80 %. Konštrukcia termomotora umožňuje použitie lineárnych aj rotačných alternátorov. V rámci autonómneho systému riadenia bude vykonávané automatické riadenie termorežimu termomotora a riadenie heliostatu v azimute a elevácii. Riadiaci systém musí umožňovať prevádzku solárnych monoagregátov aj v spoločnej energetickej sieti. Solárne monoagregáty vyžadujú každý vlastný heliostat. Solárne multiagregáty môžu využívať spoločné heliostaty, napríklad v počte 4, 7, 14, 19, 38 ks. Obecne je celkový výkon solárnej multiagregátovej elektrárne daný súčtom výkonov inštalovaných solárnych agregátov.

Základom riešených hybridných solárno-plynových termických energetických zdrojov sú malé solárno-plynové termické zdrojové agregáty, ktoré sú tvorené parabolickým koncentrátorom – heliostatom, plynovým infražiarikom a termoelektrickým konvertorom – termoagregátom. Na rozdiel od solárneho termického energetického zdroja je v hybridnom solárno-plynovom termickom energetickom zdroji riešený hybridný piestový termomotor v dvojčinnom vyhotovení, s oddelenými termohlavami na Slnko a plyn. Každá termohlava pozostáva z dvoch absorbérov tepelného žiarenia [4], [5]. Pri súčasnom využití solárneho a plynového zdroja je možné krátkodobo zdvojnásobiť výstupné výkony.

3. POZITÍVA RIEŠENIA

- rozvoj vedy a techniky v perspektívnej oblasti alternatívnych zdrojov,
- decentralizácia energetiky ako základného predpokladu zvyšovania energetickej bezpečnosti v podmienkach vojny, teroristických útokov, živelných pohrôm a havárií,
- šetrenie primárnych energetických zdrojov,
- nízke výrobné – investičné náklady vyplývajúce zo spôsobu technického riešenia,
- zvýšenie elektrického a tepelného výkonu súčasnou prevádzkou primárnych energetických zdrojov Slnko + plyn,
- skrátenie návratnosti vložených investičných prostriedkov združeným využitím vyrábanej elektriny a tepla, prípadne chladu,
- možnosť zavedenia výroby technickej sklokeramiky v Slovenskej republike,
- nízke prevádzkové náklady,
- nízke spoločenské (externé) náklady,
- zavedenie energetických zdrojov v ťažko dostupných miestach,
- zvýšenie mobility a flexibility pri používaní alternatívnych energetických zdrojov,

- energetické zdroje pre bezobslužné zariadenia (zavlažovanie, meteorologické stanice, stanice pre životné prostredie, retranslačné stanice),
- ekologicky čistá výroba elektrickej a tepelnej energie (solárne termické energetické zdroje),
- takmer nulové prevádzkové náklady – lacná výroba elektrickej a tepelnej energie (solárne termické energetické zdroje),
- ekologicky čistejšia výroba elektrickej a tepelnej energie (hybridné solárno-plynové termické energetické zdroje),
- skrátenie návratnosti vložených investičných prostriedkov kombináciou primárnych energetických zdrojov Slnko – plyn (hybridné solárno-plynové termické energetické zdroje).

Klasické solárne termické energetické zdroje sú určené do oblastí s najviac priaznivými slnečnými podmienkami. Je potrebné riešiť otázku energetického zabezpečenia v noci, alebo pri dlhodobo nepriaznivých podmienkach a to tam, kde sa vyžaduje neustála dodávka elektrickej energie. V týchto podmienkach je výhodné používať hybridné solárno-plynové termické energetické zdroje [2], [3], [6].

4. NAVRHOVANÝ VÝSTUP RIEŠENIA

Výskum solárnych termických energetických zdrojov a hybridných solárno-plynových termických energetických zdrojov je členený do štyroch etáp [5].

1. etapa: Výskum termo-mechanických konvertorov

Obsah:

- Návrh a overenie funkcie solárneho lineárneho termomotora - piestového termomotora s lineárnym alebo rotačným alternátorom.
- Návrh a overenie funkcie solárneho rotačného termomotora - rotačného lamelového hydromotora s rotačným alternátorom.

Odborné zameranie výskumu:

- Optimalizácia pracovného priestora z hľadiska prenosu a absorbovania tepla a z hľadiska pracovných podmienok (tvar piesta kompresné pomery).
- Semikvantitatívny popis rozloženia teploty „výparníka“ pri jeho intenzívnom osvetlení a popis výmeny tepla medzi výparníkom a vstreknutou kvapalinou.
- Výskum termodynamických procesov na povrchu a vnútri kapilárne poréznych látok pri vysokých teplotách a tlakoch.
- Výskum optických prvkov systému (priepustnosť, absorbcia, sálanie, pevnosť, tepelná odolnosť, stálosť).

- Optimalizácia prevodov (lineárneho a rotačného) z hľadiska čo najvyššej účinnosti a ďalších hľadísk (využitie magnetického poľa a rotácie piesta pre zníženie trenia).
- Riešenie optimalizácie vstrekovania konverznej látky (dávkovanie, uhly vstrekú, úprava vstrekovacieho priestoru).
- Návrh systémov riadenia solárnych termomotorov.
- Využitie plazmových nástrekov pri úprave kapilárno-poréznych látok.
- Popis dynamiky cykla termomotora.

2. etapa: Výskum solárneho energetického zdrojového kompletu

Obsah:

- Návrh a overenie funkcie solárneho koncentrátora heliostatu.
- Návrh a overenie funkcie systémov riadenia solárneho termomotora a heliostatu.

Odborné zameranie výskumu:

- Riešenie automatizácie riadenia termomotora.
- Výber senzorov na meranie rýchlosti a smeru vetra, intenzity slnečného žiarenia, tlaku vlhkosti vzduchu, teploty otáčok, polohy piesta, fotometrické merania.
- Optimalizácia chodu termomotora a doriešenie prechodu zo solárneho zdroja na plynový a naopak - prognostikovanie okamihu prechodu a optimalizácia doby reakcie na vonkajšie podnety (Slnko - mraky, teplota, vietor, vlhkosť vzduchu).
- Riešenie teplotnej zotrvačnosti s vplyvom na dodávaný elektrický a tepelný výkon.
- Riešenie automatického sledovania pohybu Slnka.
- Návrh softvéru pre automatické sledovanie Slnka.
- Riešenie vhodných tvarov, výrobných technológií a povrchových ochrán heliostatov.
- Doriešenie vhodných dostupných a lacných materiálov na výrobu heliostatov.
- Vývoj technologických prostriedkov- výmenníkov tepla, chladiacich zariadení, čerpadiel, ventilov a návrh optimálneho výparníka (optimálna hrúbka pri známej hodnote tepelnej vodivosti).
- Vývoj elektrických pohonných jednotiek a mechanizmov.
- Výber vhodných typov existujúcich alternátorov a ich úprava pre termomotor, prípadne vývoj vlastných alternátorov.

3. etapa: Výskum hybridného solárno-plynového termického energetického zdrojového kompletu.

Odborné zameranie výskumu:

- Riešenie optimálnej funkcie zdroja na báze plynového motora s priamym alebo nepriamym spaľovaním.
- Riešenie záložných zdrojov pre bezproblémový prechod termomotora z jedného režimu do druhého i pri dlhšom odstavení systému.
- Využitie získaných sekundárnych energií (mechanickej a tepelnej energie) termomotora.
- Príprava teplej úžitkovej vody, vykurovanie bazénov, skleníkov, bytových a rôznych pracovných priestorov.

4. etapa: Výskumné práce v podporných a súvisiacich oblastiach

Odborné zameranie výskumu:

- Riešenie zapojenia solárnych termických a solárnych hybridných energetických zdrojov do energetickej sústavy.
- Spolupráca pri vývoji sínusových meničov a podporných elektrických zariadení – rozvádzačov, elektromerov.
- Spôsob riadenia a komunikácie zdrojovej sústavy na základe multy-úrovňových systémov riadenia .
- Skúmanie životnosti komponentov a materiálov použitých v systéme. Využitie metód urýchleného stárnutia.
- Praktické skúšky za rôznych klimatických a pracovných podmienok.
- Metódy merania a simulačné metódy so zameraním na termodynamické procesy v pracovnom priestore termomotora.
- Sledovanie perspektívnych trendov s cieľom využitia výsledkov v oblastiach fotovoltaiiky, solárneho, vodíkoveho hospodárstva, elektrolyzerov, palivových článkov, tepelných čerpadiel, nových technológií a materiálov.

5. SUBJEKT VÝSKUMU

Názov: Pracovisko základného a aplikovaného výskumu alternatívnych energetických zdrojov Elektrotechnickej fakulty , Detašované pracovisko Žilinskej univerzity v Liptovskom Mikuláši

Predmet činnosti:

Podľa navrhnutých podmienok je predmetom činnosti „základná výskumná činnosť zameraná na nadobúdanie a rozširovanie nových vedeckých a technických poznatkov v oblasti „Alternatívnych energetických zdrojov - Kombinovaných solárno-plynových termických systémov“.

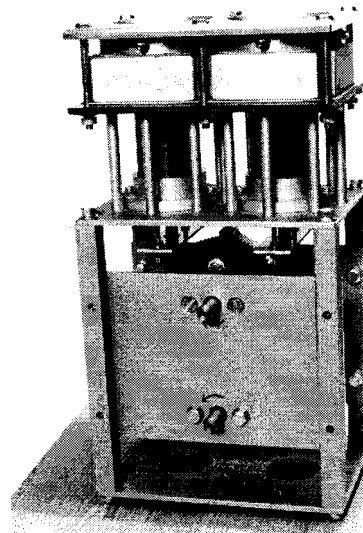
Upresnenie predmetu činnosti:

- Sledovanie trendov v oblasti obnoviteľných energetických zdrojov a navrhovanie konkrétnych tém na výskum.

- Príprava nových odborníkov v oblasti alternatívnych zdrojov. Zavedenie predmetov súvisiacich s alternatívnymi zdrojmi elektrickej energie. Práca pomocných vedeckých síl a vedeckých krúžkov. Spracovanie diplomových prác. Vedenie doktorandov v danom odbore. Perspektívou je akreditácia nového študijného odboru pre budúce potreby praxe.
- Výskum viacúrovňových systémov riadenia alternatívnych (solárnych a iných) zariadení a systémov a ich začleňovaní do spoločnej distribučnej siete veľkých a malých energetických zdrojov a lokálnych distribučných sietí.
- Výskum termo-mechanických meničov – konvertorov (Stirlingov motor, mriežkový konvertor, kapilárno-porézny konvertor, ...).
- Výskum termodynamických procesov pri impulznom generovaní pary (tepelné cykly).
- Výskum termodynamických procesov na povrchu a vnútri kapilárno-poréznych látok pri vysokých teplotách a tlakoch.
- Výskum systémov akumulácie energie (vodíkový program, palivové články, náhradné zdroje, ...).
- Návrh a overenie sínusových meničov s konverziou DC/AC (využitie impulznej šírkového modulácie a tzv. zosilňovačov v triedach D a E s procesorovým riadením).
- Výskum a vývoj špeciálnych rotačných, rotačno-lineárnych a lineárnych alternátorov.
- Základný a aplikovaný výskum špeciálnych materiálov pre solárne systémy, napríklad materiálov, technických tvarov a technológie výroby absorbátorov tepelného žiarenia.
- Výskum koncentrátorov slnečného žiarenia a heliostatov, systémov automatického smerovania a fokusácie na Slnko, reflexných materiálov, ...
- Vývoj plynových zdrojov tepelného najmä infračerveného žiarenia.

Toto zameranie výskumu vyústí do praktickej realizácie projektu v kooperácii s inými výskumnými pracoviskami a výrobnými firmami týchto čiastkových výskumných úlohách [5]:

- Návrh riešenia malého solárno-plynového termického energetického zdroja.
- Návrh, stavba a skúšky funkčného vzoru kombinovaného solárno-plynového motora
- Návrh a overovania ďalších heliotechnických zariadení.
- EF ŽU disponuje vedeckým a výskumným potenciálom a má priestorové možnosti na realizáciu výskumu.
- Možnosť nábora vedeckého a technického personálu z VTÚ Liptovskom Mikuláši, ktorý pracuje v tejto oblasti.



Obr.2. Fotografia funkčného vzoru solárneho termomotora 2 kW, ktorý bol vyvinutý spolupracujúcou firmou GoldenSUN Slovakia, s.r.o.

Fig.2. Functional model of 2 kW solar thermomotor developed by the cooperating company Golden SUN Slovakia, Ltd.

Predpoklady pre projekt vychádzajú z týchto skutočností:

- Možnosť vedecko-technickej spolupráce s VTÚ Liptovskom Mikuláši a tým zvýšiť vedecko-výskumnú kapacitu riešenia projektu.
- Možnosť spolupráce s firmami v regióne, ktoré majú strojné a elektrotechnické zameranie.

6. ZÁVER

Prezentovaná oblasť výskumu je perspektívna na desiatky rokov a vedie k multidisciplinárnemu výskumnému zapojeniu Elektrotechnickej fakulty ŽU a to i v rámci EÚ. Je tu možnosť postupného zapojenia ďalších pracovísk do projektu v spolupráci s perspektívne zriadeným pracoviskom „Základného a aplikovaného výskumu alternatívnych energetických zdrojov Elektrotechnickej fakulty Žilinskej univerzity“ v Liptovskom Mikuláši, prípadne so zahraničnými firmami a univerzitami.

Pre úspešný rozbeh výskumnej úlohy boli pripravené podklady pre zapojenie sa do 6.RP EÚ, kde sa predpokladá riešenie mobilnej verzie solárneho zdroja umiestneného na terénnom vozidle. Vozidlo je určené ako diagnostické zariadenie pre zdravotníkov a zdroje majú umožňovať napájanie diagnostického zariadenia, telekomunikačnej techniky, výpočtovej techniky, audio – video techniky, klimatizácie, sterilizačného

zariadenia, chladiacich zariadení a umožní prípravu teplej vody (cca 2,2 MJ/hod.). Súčasťou výbavy vozidla majú byť i fotovoltaický nabíjač batérií pre „magnetické pero“ a zdroj 50 W.

Ďalej boli spracované podklady pre zapojenie sa do vedeckých programov agentúry VEGA.

Nami navrhované riešenie je multiagregátové, autonómne, bezobslužné, ekonomicky nenáročné, s rýchlou návratnosťou investícií avšak má menšiu účinnosť.

Predbežné kalkulácie investičných nákladov sú urobené na výrobu solárneho zariadenia s predpokladaným elektrickým výkonom 2 kW a tepelným výkonom 6 kW, čo vytvára priaznivé merné investičné náklady v Sk/W. Naše riešenie kombinovaného systému Slnko – plyn predpokladá 30 až 60 Sk/W, zatiaľ čo u fotovoltaických zariadení sa ráta s cca 250 Sk/W. Výhodou nášho riešenia je aj rýchla návratnosť vložených investícií a to 3 - 5 rokov.

LITERATÚRA

- [1] HALAHYJA, M. – VALÁŠEK, J. a kol. : Solárna energia a jej využitie / Solar energy and its usage., Bratislava, ALFA, 1985
- [2] LEITNER, A.: Fuel from the sky: Solar powers potential for western energy supply. Senior consultant, RDI Consulting, (2002), document prepared for U.S. Department of Energy, 2002
- [3] CENK, M. a kol. : Obnoviteľné zdroje energie, FCC PUBLIC 2001 Praha, ISBN 80-901 985-8-9, 2001
- [4] ŽUPA, J. - KUŠNIR, V.: Termomechanický konvertor hlavne na umiestnenie v ohnisku heliostatu. Patent SK 282 442 B6, Banská Bystrica, 1997 (PV), 7 str., 2002 (patent)
- [5] HEREC, I. – ŽUPA, J. a kol.: Výskum solárnych koncentračných energetických zdrojov so zameraním na využitie priamej slnečnej energie na združenú výrobu elektriny a tepla. Návrh vedeckého projektu VEGA, Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta, Detašované pracovisko Liptovský Mikuláš, 37 str., 2003
- [6] ŽUPA, J.: Možnosti využitia koncentrovanej solárnej energie v Armáde SR. Štúdia, Vojenský technický ústav Liptovský Mikuláš 40 str., 2001