



ŠTÚDIUM VYBRANÝCH CHARAKTERISTÍK 9 ČLÁNKOVÉHO VODÍKOVÉHO HHO GENERÁTORA S VYUŽITÍM ROZTOKU KOH

MARCEL KURACINA - JOZEF FIALA - MAROŠ SOLDÁN

STUDY OF SELECTED CHARACTERISTICS OF 9-CELL HHO HYDROGEN GENERATOR USING SOLUTION OF KOH

ABSTRAKT

Cieľom príspevku je vypracovať štúdiu možnosti využívania suchého HHO generátora HORNET 9000 v osobnom automobile ako alternatívneho zdroja energie z hľadiska množstva a účinnosti výroby HHO plynu. Tento generátor pozostáva z 9 elektród (článkov), ktoré sú vyrobené z nerezovej ocele 316L. Ako elektrolyt bol použitý roztok KOH s koncentráciou 10 %. Použitý elektrolyt je považovaný za najvhodnejší pre tento typ aplikácie HHO generátora z hľadiska dosahovanej účinnosti výroby HHO plynu, stability z dlhodobého hľadiska a vhodnosti jeho použitia v chladných podmienkach. Na generátore boli sledované hodnoty napätia, prúdu a času potrebného na vznik 1 litra HHO plynu a z týchto hodnôt bola následne zhotovená volt-ampérová charakteristika tohto generátora, hodinový objemový výkon a účinnosť výroby HHO plynu. V závere sú výsledky z tohto profesionálneho HHO generátora HORNET 9000 porovnané s amatérskym 8 článkovým suchým HHO generátorom skonštruovaným na našom pracovisku.

KLúčové slová: HHO generátor, KOH, elektrolyza, vodík, alternatívne palivá

ABSTRACT

The aim of the contribution is to carry out the study of utilization of dry cell HHO generator HORNET 9000 in vehicle as an alternative energy source from the perspective of efficiency of HHO gas production and produced amount of HHO gas. This generator consists of 9 electrodes (cells) made of stainless steel 316L. As an electrolyte, KOH solution with concentration of 10 % was used. This type of electrolyte is commonly considered as the most suitable for this type of application from the perspective of reached efficiency of HHO gas production, stability during long-term operation and suitability of using in cold temperature conditions. On the generator, values of voltage, electric current and time needed to produce 1 litre of HHO gas were monitored and subsequently, values of volt-ampere characteristics, hourly volume performance and efficiency of HHO gas production were calculated. In the conclusion, results from HHO generator HORNET 9000 were compared to results from amateur dry cell HHO generator with 8 electrodes already constructed at our workplace.

Keywords: HHO generator, KOH, electrolysis, hydrogen, alternative fuels

ÚVOD

Fosílna palivá v súčasnosti pokrývajú 82% globálnej spotreby primárnych energetických zdrojov, z čoho ropa tvorí 31,5%. Z celkovej svetovej produkcie ropy je viac ako 62% spotrebovaných v sektore dopravy, z čoho vyplýva, že automobilový priemysel je významným konzumentom fosílnych zdrojov. Ak sa v blízkej budúcnosti nezmení celkové ponímanie energetiky, v najbližších rokoch sa spotreba fosílnych palív určite neznižuje, práve naopak, pravdepodobne bude stále rásť. Podľa niektorých zdrojov bude rásť dokonca exponenciálnym spôsobom, čo bude pravdepodobne drastickým spôsobom zvyšovať ich cenu [1]. Kvôli fluktuáciám na trhoch s ropou, obmedzeným zásobám fosílnych palív vo svete, znečisťovaniu našej planéty a geopolitickým tlakom je využívanie obnoviteľných zdrojov energie dôležitejšie ako kedykoľvek predtým [2]. Z týchto dôvodov sa v nedávnej minulosti dohodli viaceré automobilky pristúpiť na normy a štandardy, ktorých cieľom má byť zvyšovanie účinnosti spaľovania, redukcia emisií skleníkových plynov a znižovanie spotreby vozidiel. Existujú priame opatrenia, ktoré sú zamerané na výskum a vývoj nových palív, motorových technológií, využívanie systémov štart-stop, upravenie vstrekovania paliva, a tiež nepriame opatrenia, ktorých cieľom je znižovanie spotreby použitím ľahších a pevnejších materiálov a teda znížením hmotnosti vozidla, zdokonalením aerodynamiky vozidla, využitím pneumatík s nižším valivým odporom atď. [1].

Všetky menované spôsoby znižovania spotreby a zvyšovania energetickej účinnosti sú veľmi dôležité, avšak ich vývoj stojí nemalé finančné prostriedky a ich účinok na celkovú spotrebu je častokrát prinajmenšom nevýrazný. Je nutné zakomponovať všetky uvedené technológie do jedného balíka, aby vo vozidle nastala významná redukcia spotreby paliva, pričom nadobúť docieliť cenu takého vozidla uvedené technológie pravdepodobne nepomerne navýšia [1]. Z tohto hľadiska sa stáva čoraz nutnejší prechod k využívaniu alternatívnych palív v sektore dopravy, ktoré dokážu zmierniť našu závislosť na fosílnych palivách. Existuje viacero úspešných alebo menej úspešných konceptov, ktoré sa vo svete buď v menšej miere presadili alebo upadli do zabudnutia [3]. Spoločným znakom týchto technológií je však ich veľmi nákladný vývoj s neistými vyhlídkami na úspešnosť tejto technológie a častokrát nutnosť vybudovať celú novú infraštruktúru a siete čerpacích staníc. Všetky tieto nedostatky môžu

byť eliminované, ak sa vo vozidle využije HHO technológia, ktorá je cenovo dostupná, principiálne jednoduchá a môže byť aplikovaná prakticky v každom type automobilu využívajúcom palivá na fosílnom základe [1].

HHO TECHNOLOGIA

HHO technológia využíva proces elektrolýzy, počas ktorej sa z vody vytvára plynný vodík a kyslík. Výhodou je skutočnosť, že voda a teda aj vodík sa vo svete nachádzajú v prakticky neobmedzenom množstve a získavanie vodíka pomocou elektrolýzy je relatívne jednoduchý proces [4]. Nevýhodou je skutočnosť, že počas elektrolýzy dochádza k pomerne vysokej spotrebe elektrickej energie, ktorá je potrebná na rozklad vody. Cieľom je teda zvýšiť účinnosť elektrolýzy na čo najvyššiu úroveň, aby bola takáto výroba vodíka ekonomicky výhodná. Zaujímavým riešením je využívanie vysokoteplotnej elektrolýzy, kedy je do procesu dodávaná tepelná energia schopná zvýšiť kinetiku chemickej reakcie a súčasne znížiť nároky na elektrickú energiu. Vychádza sa zo skutočnosti, že elektrická energia je najdrahšia forma energie a teda jej nahradenie tepelnou energiou zvýši samotný proces elektrolýzy [4]. HHO generátor nie je alternatívnym palivom v pravom zmysle slova, avšak táto technológia má potenciál znížiť energetické nároky na chod motorového vozidla a teda znížiť jeho spotrebu a množstvo vyrábaných emisií [6]. HHO plyn, ktorý vzniká v generátore pri procese elektrolýzy môže byť následne zavedený do nasávania vzduchu spaľovacieho motora, kde následne spolu v zmesi so vzduchom vstupuje do spaľovania [7].

METODIKA PRÁCE

V tomto type HHO generátora vzniká vodík a kyslík pomocou elektrolýzy vody, v ktorej sa nachádza malé množstvo elektrolytu. V meraniach bol použitý roztok KOH s koncentráciou 10 %, ktorá je všeobecne považovaná za optimálnu z hľadiska množstva vyrábaného HHO plynu, z hľadiska účinnosti jeho výroby a z hľadiska dlhodobej stability tohto roztoku. Takto vznikajúca zmes plynov obsahuje 66,6 % vodíka a 33,3 % kyslíka. KOH sa do systému pridáva kvôli zvýšeniu vodivosti roztoku. Ak by bola v systéme použitá bežná voda, táto v sebe obsahuje stopové množstvá rôznych nečistôt, ktoré by sa počas reakcií vylučovali na elektródach a tesneniach, čo by časom viedlo k zníženiu účinnosti procesu. Ak by sa použila destilovaná voda, proces by prakticky neprebíhal, pretože destilovaná voda je veľmi zlý vodič elektrického prúdu. Preto sa do destilovanej vody pridáva aditívum v podobe KOH, ktorého cieľom je zvýšenie vodivosti.

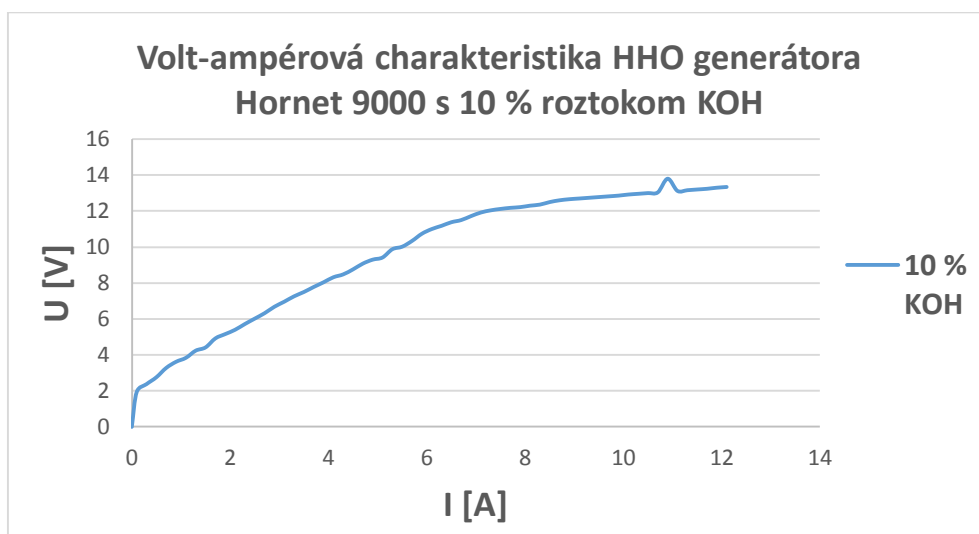
HHO generátor HORNET 9000 pozostáva z 9 elektród z nerezovej ocele s rozmermi 110x110x1,5 mm, ktoré v sebe majú otvory slúžiace na vyrovnávanie hladiny roztoku v generátore a na prívod elektrolytu a vývod vznikajúceho HHO plynu. Medzi elektródami sa nachádzajú tesnenia z gumy odolnej voči kyselinám a zásadám, ktoré zabraňujú kontaktu medzi dvomi susednými elektródami. Ako zásobník na roztok elektrolytu bol použitý rezervoár z HDPE plastu, odolný voči pôsobeniu silných kyselín a zásad. Tento bol počas meraní umiestnený nad HHO generátorom, čím sa gravitáciou čerpal roztok do generátora. Tento rezervoár súčasne slúžil aj ako bubbler, pretože vznikajúci HHO plyn následne hadičkou prúdil naspäť do rezervoára, odkiaľ bol otvorom v hornej časti vyvádzaný priamo do bubnového prietokomeru. HHO generátor bol zapojený v bipolárnej konfigurácii a teda napätie bolo privedené na krajné elektródy, ktoré slúžili ako katóda a anóda, medzi ktorými sa nachádzali neutrálne elektródy. Využívanie neutrálnych elektród má význam z hľadiska znížovania napätia medzi elektródami, čím sa produkuje nižšie teplo, čo v konečnom dôsledku zvyšuje účinnosť prevádzky, pretože vznikajúce teplo je považované za energetické straty. Pri meraniach na aparátúre boli použité nasledovné meracie prístroje a pomôcky:

- DC programovateľný zdroj GW INSTEK PSH-6012A,
- výkonový analyzátor LUTRON DW 6090,
- bubnový prietokomer TCM 143/10-4726.

Laboratórny zdroj GW INSTEK PSH-6012 dovoľuje regulovanie výstupných hodnôt v rozsahu 0-60 V a 0-12 A. Pri meraniach bol využitý celý prúdový rozsah zdroja. Počas meraní boli zaznamenávané hodnoty napätia, prúdu a času potrebného na produkciu jedného litra HHO plynu. Následne boli z týchto hodnôt vypočítané hodnoty hodinového objemového výkonu a hodnoty účinnosti tohto typu HHO generátora. Merania boli realizované pri laboratórnych podmienkach na pracovisku UBEK pri teplote prostredia 22 °C.

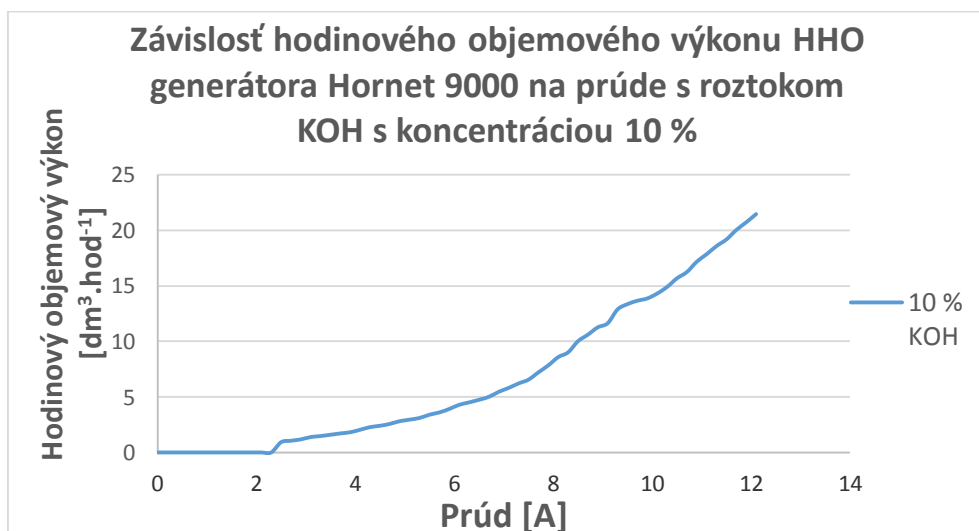
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na obrázku 1 sa nachádza volt-ampérová charakteristika HHO generátora HORNET 9000 s využitím 10 % roztoku KOH. Hodnoty napätia s narastajúcim prúdom rástli až do maximálnej hodnoty prúdu 12,1 A. Pri tejto hodnote prúdu generátor odoberal napätie 13,34 V, čo je pozitívne z hľadiska využívania tohto typu generátora v osobnom automobile pri jeho napájaní štandardnou autobatériou.



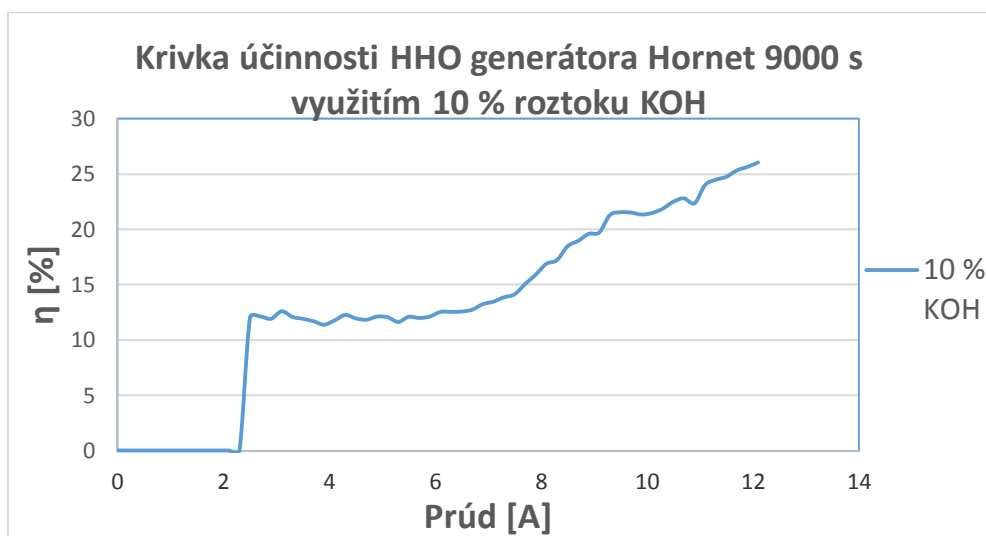
Obr. 1 Volt-ampérová charakteristika HHO generátora HORNET 9000 s využitím 10 % roztoku KOH

Na obrázku 2 sa nachádza závislosť hodinového objemového výkonu na odoberanom prúde HHO generátora HORNET 9000. Ako roztok bol použitý roztok KOH s koncentráciou 10 % hm. Hodnoty objemového výkonu boli merateľné až od hodnoty prúdu 2,3 A kvôli nízkemu tlaku vyrábaného HHO plynu v bubnovom prietokomeri. Maximálna hodnota 21,43 $\text{dm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ bola nameraná pri prúde 12,1 A.



Obr. 2 Závislosť hodinového objemového výkonu na prúde HHO generátora HORNET 9000 s využitím 10 % roztoku KOH

Na obrázku 3 sa nachádza závislosť účinnosti na odoberanom prúde HHO generátora HORNET 9000. Ako elektrolyt bol použitý roztok KOH s koncentráciou 10 %. Hodnoty účinnosti boli tak ako v prípade hodinového objemového výkonu merateľné až od hodnoty prúdu 2,3 A, kvôli nízkemu tlaku vyrábaného HHO plynu v bubnovom prietokomeri. Maximálna hodnota účinnosti 26,03 % bola nameraná pri prúde 12,1 A.



Obr. 3 Závislosť účinnosti na prúde HHO generátora HORNET 9000 s využitím 10 % roztoku KOH

ZÁVER

Po meraniach môže byť vyslovené tvrdenie, že medzi 9 článkovým HHO generátorom HORNET 9000 a 8 článkovým amatérskym HHO generátorom sú výrazné rozdiely z hľadiska účinnosti výroby HHO plynu a z hľadiska množstva vyrábaného HHO plynu. Ak porovnáme hodnoty hodinového objemového výkonu oboch generátorov, HHO generátor HORNET dosiahol maximálny objem vyrábaného HHO plynu na úrovni $21,43 \text{ dm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ pri prúde 12,1 A, pričom 8 článkový HHO generátor dosiahol hodinový objemový výkon na úrovni $48 \text{ dm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ pri prúde 9,5 A. Treba ale zobrať do úvahy skutočnosť, že hlavným činiteľom vplyvujúcim na množstvo vyrábaného HHO plynu je aktívna plocha použitých elektród. HHO generátor HORNET síce má 9 článkov a nami skonštruovaný HHO generátor len 8 článkov, avšak rozmery elektród z generátora HORNET sú $110 \times 110 \text{ mm}$, pričom v nami skonštruovanom generátore sú tieto rozmery takmer dvojnásobné ($200 \times 200 \text{ mm}$). Pri porovnávaní účinnosti oboch generátorov narazíme na prekvapivú skutočnosť. HHO generátor HORNET dosiahol maximálnu hodnotu účinnosti pri prúde 12,1 A (26,03 %), pričom amatérska konštrukcia HHO generátora dosiahla maximálnu účinnosť až 70,66 % pri prúde 3,5 A. Z výsledkov je zrejme, že amatérske riešenie HHO generátora s elektródami s takmer dvojnásobnými rozmermi dosahovalo zhruba rovnaké hodnoty hodinového objemového výkonu po prepočte na daný rozmer elektród, avšak pri meraniach účinnosti dosiahlo toto riešenie takmer trojnásobne vyššiu účinnosť v porovnaní s generátorom HORNET 9000.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. MADYIRA M. Daniel, HARDING G. Wayne. *Effect of HHO on Four Stroke Petrol Engine Performance*. 9th South African Conference on Computational and Applied Mechanics. University of Johannesburg: 2006.
2. P. Bača: *Fuel Cells and Hydrogen Economy as possible way to accumulate electric Energy from renewable energy sources*. In Photovoltaic forum. Plzeň 2010: Czech Nature Energy a.s., pgs. 66-71. ISBN: 978-80-254-6853- 1
3. M. Kuracina, J. Fiala, M. Soldán: *Study of selected characteristics of a dry cell hydrogen generator in conditions of long term operation*. In: Advanced Materials Research. Clausthal-Zellerfeld: Trans Tech Publications. ISSN 1022-6680(P). ISSN 1662-8985(E). Vol. 887-888. 2014, pgs. 985-988
4. J. Fiala, M. Kuracina, I. Hrušovský, M. Soldán: *Study of basic characteristics of hydrogen generator*. In: Applied Mechanics and Materials. ISSN 1660-9336. Vol. 448-453. 2014. ISBN 978-303785912-4, pgs. 3078-3081
5. *Hydrogen production*. [online]. [cit. 2015-01-12; 21:42 SEČ]. Dostupné na internete: <<http://energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production>>
6. S. Bari, M. Mohammad Esmail: *Effect of H₂/O₂ Addition in Increasing the Thermal Efficiency of a Diesel Engine Fuel*. February 2010. ISSN 0016-2361.
7. Fontana, E. Galloni, E. Jannelli, M. Minutillo: *Performance and fuel consumption estimation of a hydrogen enriched gasoline engine at part-load operation*. Soc Automot Eng, SAE paper no. 2002-01-2196; 2002.

Poznámka:

Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore v rámci programu na podporu Mladých výskumníkov za rok 2014.



ADRESY AUTOROV

Marcel KURACINA, Ing., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >marcel.kuracina@stuba.sk<

Jozef FIALA, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >jozef.fiala@stuba.sk<

Maros SOLDÁN, prof., Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.soldan@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.