

MERANIE ÚČINNOSTI A SYSTÉM RIADENIA OXIDO-VODIKOVÉHO GENERÁTORA**Miroslav BADIDA – Marián HURAJT- Tomáš JEZNÝ –Radoslav RUSNÁK****MEASUREMENT AND EFFECTIVE MANAGEMENT SYSTEM OXYHYDROGEN GENERATOR****ABSTRAKT**

Na princíp využitia energie z vodíka je však potrebné mať k dispozícii dostatočné množstvo vodíka na palube automobilu alebo iného dopravného prostriedku, využívajúceho spaľovací motor. Asi najjednoduchší spôsob je montáž nádrže s vodíkom. Problém nastáva v tom, že vodík patrí medzi veľmi horľavé a výbušné plyny. Teda pri jeho väčšom úniku by mohlo dôjsť k explózií. Tento fakt je dosť rizikový a tak je snaha nahradiť zásobník s vodíkom systémom, ktorý by vyrábala vodík priamo na palube automobilu v takom množstve, ktoré by sa ihneď spotrebovalo. Išlo by teda o systém výroby vodíka na požiadanie.

KLúčové slová: vodík, generátor, elektrolyza

ABSTRACT

The principle of the use of energy from hydrogen, it is necessary to have sufficient amount of hydrogen on board a car or other vehicle, utilizing an internal combustion engine. Probably the easiest way is to mount the tank with hydrogen. The problem arises in that the hydrogen is one of the highly flammable and explosive gases. Therefore, its larger leak could lead to an explosion. This fact is quite risky and so is to replace the cartridge with a hydrogen system capable of hydrogen produced directly on board the vehicle in an amount which would be consumed immediately. It would, therefore, a system of hydrogen production on demand.

Key words: hydrogen, generator, electrolysis

ÚVOD

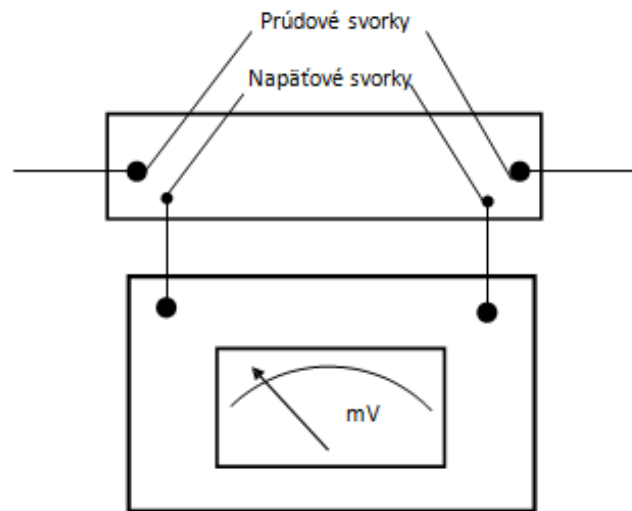
Oxido-vodíkový (ďalej len HHO) generátor musí spĺňať určité požiadavky a parametre tak, aby nebol problém s jeho umiestnením do motorového vozidla. Taktiež musí spĺňať určitú produkciu vodíka tak, aby dokázal dostatočne zásobovať motor. Pri návrhu sú zohľadnené ďalšie časti zariadenia, ktoré sú potrebné k správne fungovaniu. Nemenej dôležitou časťou návrhu bol senzorický subsystém, ktorý sleduje potrebné parametre vo vodíkovom generátore a získava aj informácie z automobilu, ktoré sú využité k riadeniu elektrolyzéra. Keďže motor nepracuje na konštantnom výkone, musí sa taktiež meniť výkon elektrolyzéra v závislosti na požiadavkách motora. Preto nájdeme v časti článku popis, zaoberajúci sa riadením elektrolyzy, ktorý popisuje ako samotnú riadiacu elektroniku, tak i návrh použitej výkonovej elektroniky. Riadenie je dôležité kvôli optimálnemu zásobovaniu, aby zariadenie nevyrábalo nadbytočný vodík vtedy, keď ho nieje potreba a naopak, aby ho nevyrábalo málo, keď má motor najväčšiu spotrebu. Taktiež riadenie a celý systém výroby vodíka je navrhovaný s ohľadom na čo najmenšie energetické nároky. V dnešnej dobe väčšina dopravných prostriedkov využíva na svoj pohon spaľovanie fosílnych palív. Avšak práve s týmito palivami sa v poslednom čase otvárajú problematické otázky. Dva hlavné problémy fosílnych palív sú ich postupné vyčerpanie a ekologické znečisťovanie emisiami. Možnosť, ako vyriešiť problém s fosílnymi palivami je viac, ale väčšia časť z nich vyžaduje hlbší výskum a teda nedajú sa využiť v blízkej dobe. Táto práca však popisuje spôsob, ktorý sa dá aplikovať na dnes používané zážihové aj vznietové motory bez zložitejších zásahov do samotného motora a s použitím jednoduchej technológie, ktorá využíva súčasne spaľovanie vodíka s uhľovodíkovými palivami. Štúdie, ktorými sa zaoberali viaceré vedecké práce dokázali, že pridaním malého množstva vodíka do 10% spaľovanej zmesi, je možné zredukovať objem spotrebovaného uhľovodíkového paliva. [2] Teória, ktorá sa skrýva za celým princípom vychádza z toho, že spaľovaním zmesi vodíka a uhľovodíkových palív dochádza k zlepšeniu horľavosti zmesi a skráteniu času horenia zmesi.

1. VYTVORENIE SYSTÉMU NA MERANIE ÚČINNOSTI

Pri samotnom meraní je dôležitá schéma merania, ktorá nám ukazuje ako bude systém zapojený pri meraní potrebných parametrov. Schéma ukazuje taktiež zapojenie jednotlivých meracích prístrojov. Systém bude obsahovať viacero typov snímačov, ktoré budú pri meraní vyhodnocovať jednotlivé potrebné veličiny v čase. Pre samotné meranie sú potrebné nasledujúce snímače:

- snímač napätia
- snímač prúdu
- snímač teploty prostredia
- snímač teploty elektrolyzéra
- snímač atmosférického tlaku
- snímač zariadenie prietoku plynu.

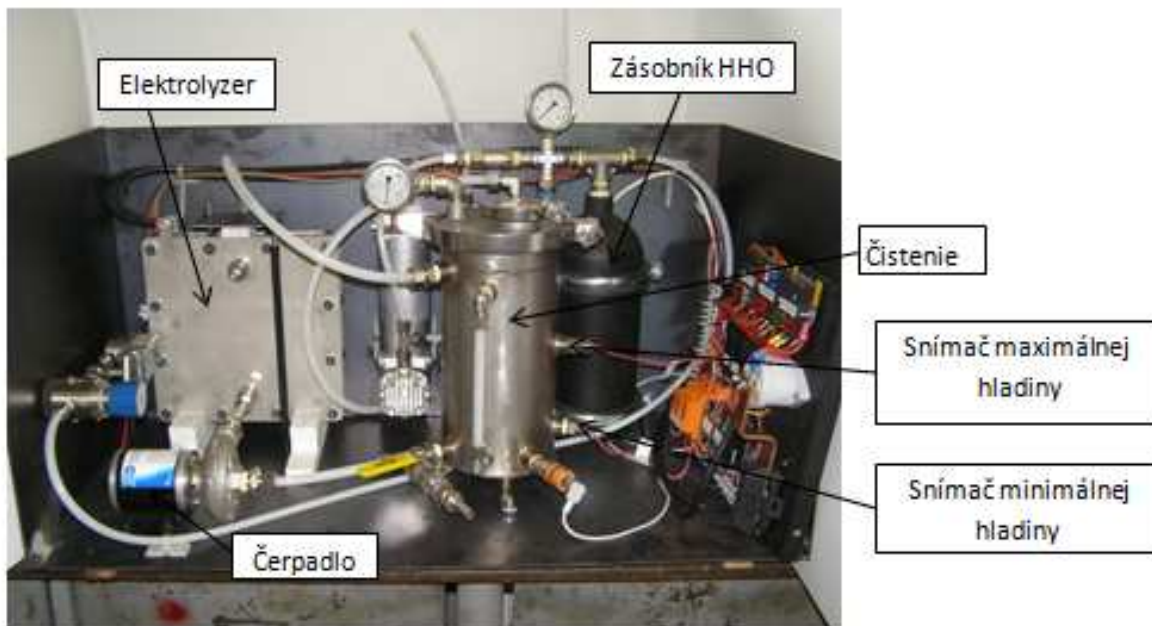
Meranie prúdu sa v našom prípade bude realizovať jednoduchým spôsobom za použitia bočníka.



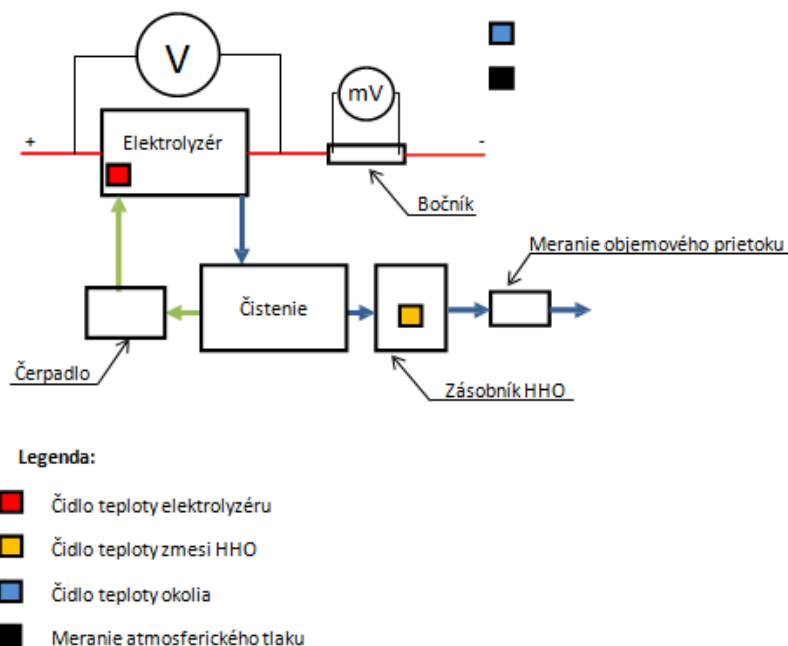
Obrázok 1 Zapojenie bočníka pre meranie veľkých prúdov

Na svorkách bočníka sa bude merať napätie a zo znalosti jeho odporu a nameraného napätia vypočítame hodnotu prúdu prechádzajúceho obvodom.

Na meranie objemového prietoku vyprodukovanej zmesi plynov sa použije merací prístroj, ktorý funguje na princípe uzavretej guľičky vo valcovej nádobe. Plyn prúdiaci zo spodu valcovej nádoby tlačí na guľičku silou a tá zas naopak svojou gravitačnou tiažou tlačí v opačnom smere dole. V polohe kde sa obe sily vyrovnajú, ukáže guľička na stupnici hodnotu rýchlosti prúdiaceho plynu v litroch za minútu.



Obrázok 2 Testovací HHO generátor

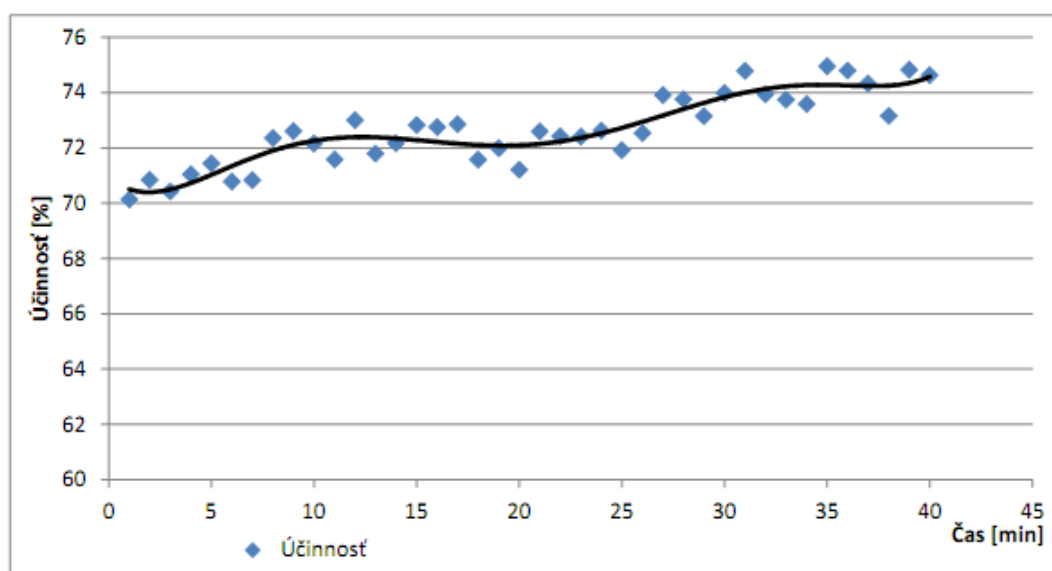


Obrázok 3 Schéma zapojenia meracích prístrojov

Na obrázku č.3 sa uvádza rozmiestnenie a zapojenie meracích prístrojov a senzorov. Dané senzory a prístroje zaznamenávajú zmenu meraných veličín v čase, aby bolo možné vyhotoviť grafické znázornenie. Senzor teploty okolia ako aj senzor atmosférického tlaku nemusia zaznamenávať teplotu stále. Predpokladá sa, že počas merania nedôjde k výraznejšej zmene teploty okolia a atmosférického tlaku.

Dôležitým faktorom je účinnosť elektrolyzéra. Tá je definovaná ako pomer objemového množstva k teoretickému, vypočítanému objemovému množstvu (1) . [3]

$$\eta_{HHO} = \frac{V_{HHO}}{V'_{HHO}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$



Obrázok 4 Graf účinnosti elektrolyzéra

Účinnosť elektrolyzéra sa počas merania pohybovala od 70% do 75%. Na jej hodnotu malo vplyv viacero faktorov ako napríklad teplota elektrolyzéra, prúd prechádzajúci elektrolyzérom ale aj meniaci sa koncentrácia elektrolytu. Účinnosť

elektrolyzéra býva od udávaná od 50% do 94%. Teda v danom prípade sa pohybujeme približne v strede rozsahu. Účinnosť by sa samozrejme mohla zvýšiť kvalitnejším chladením elektrolyzéra a zmenou povrchovej úpravy elektród, ich zdrsnením sa dosiahne väčšia plocha.

2 SPÔSOB RIADENIA PRODUKCIE HHO

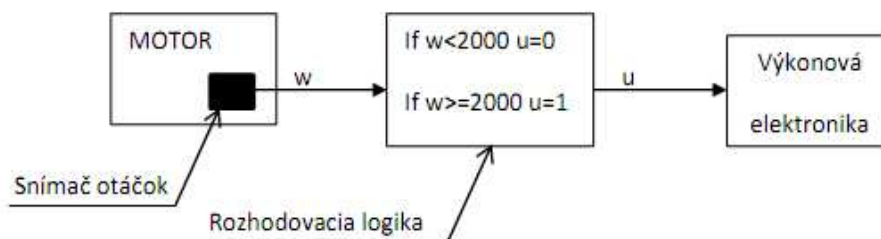
Spôsobov ako riadiť výkon samotného elektrolyzéra je viac. Je na riešiteľoch, ktorý spôsob sa zvolí ako najvhodnejší pre danú aplikáciu. Ideo to, aby bol všetok vygenerovaný plyn čo najskôr spotrebovaný. Teda riadenie musí byť prispôbené spotrebe paliva v motore. Logicky z toho vyplýva, že čím viac paliva bude motor spotrebovať, tým viac zmesi plynu musí HHO generátor produkovať a naopak. Každý spôsob riadenia vyžaduje iné vstupné informácie do riadiacej elektroniky, teda aj použitie rôznych snímačov. Čím zložitejšie riadenie je použité, tým je cena celého systému vyššia. Pri navrhovaní je teda treba dbať aj na konečnú cenu v závislosti na zákazníkovi. Treba mu dať možnosti s návrhom riadenia a poradiť, ktorá aplikácia by bola pre neho vzhľadom na využívanie generátora a spôsobu jazdy najvhodnejšia. [1]

Jedným zo spôsobov je nastaviť maximálnu produkciu tak, aby motor bol schopný spotrebovať väčšinu zmesi HHO ihneď. Alebo tak, že aj pri zníženej spotrebe motora sa vytvorené množstvo vodíka a kyslíka spotrebuje hneď po zvýšení výkonu motora. Pri tomto spôsobe nie je potrebné žiadne riadenie, ide len o správne navrhnutý HHO generátor, ktorý bude v podstate produkovať konštantné množstvo zmesi. Odpadajú teda akékoľvek snímače a riadiaca elektronika. Problém však nastáva v dvoch prípadoch. Prvá oblasť je pri nízkych otáčkach, alebo pri voľnobežných otáčkach motora, kedy je spotreba paliva minimálna. Vzniká tak prebytok zmesi HHO, čo môže spôsobovať nadmerné množstvo zmesi v zásobníku a tým aj vyššie riziko. To sa však dá zamedziť použitím tlakového spínača, ktorý pri určitom tlaku vypne elektrolyzér. Ďalší problém nastáva pri vysokej spotrebe paliva, kedy sa nevyrába dostatok zmesi HHO a teda celý systém má slabú účinnosť. Tento systém sa využíva u väčšiny HHO generátorov, ktoré sa dajú zakúpiť v dnešnej dobe na internete. Tento spôsob však nie je vhodný a dobre funguje len v určitom pásme spotreby motora. Navyše tento spôsob zaťažuje v nízkych spotrebách viac alternátor, pretože si berie konštantný prúd po celú dobu činnosti. Taktiež pri absencii snímačov v podstate nie je možné udržať konštantný výkon generátora. Keďže koncentrácia elektrolytu sa v čase mení a tým sa mení aj prúd prechádzajúci cez elektrolyzér.



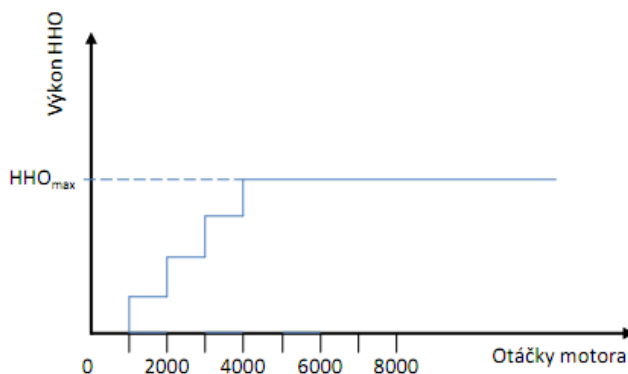
Obrázok 5 Graf znázorňujúci ideálnu produkciu zmesi HHO a skutočnú produkciu HHO

Druhým zo spôsobov je spôsob, ktorý nevyužíva riadiacu elektroniku a ani snímače. Elektrolyzér ide na plný nami nastavený výkon, ale len pri určitých otáčkach motora. Teda môžeme povedať, že celý systém funguje len v určitom rozsahu. Dá sa využiť napríklad pri jazde po diaľnici, kedy sú spotreba a otáčky motora konštantné alebo sa pohybujú len v malom rozmedzí. Samozrejme toto platí len pokiaľ automobil neustále nezrýchľuje a nespomaľuje. Systém sa teda dá využiť napríklad pri jazde na tempomat. Navrhne sa elektrolyzér o takom výkone, aby pri konštantnej jazde na tempomat produkoval také množstvo HHO zmesi, ktoré by dostatočne pokryli spotrebu automobilu. Generátor je počas jazdy neaktívny a spúšťa sa až po dosiahnutí určitých otáčok, respektíve sa dá spustiť spolu so zapnutím tempomatu a zas naopak po jeho vypnutí sa vypne aj generátor. Znova však v tomto prípade nastáva problém so zmenou koncentrácie elektrolytu a tým aj zmenou výkonu generátora. To sa však dá napraviť, že sa bude sledovať prúd prechádzajúci cez elektrolyzér a za pomoci regulátoru prúdu sa bude udržiavať na konštantnej úrovni. Keďže ide o riadenie za pomoci pulzov, dá sa navrhnuť elektrolyzér, ktorý bude mať potrebný výkon v 80% šírky pulzu. Potom pri poklese výkonu elektrolyzéra sa dá šírka pulzu predĺžiť a tak korigovať výkon na konštantnú hladinu.



Obrázok 6 Zapojenie HHO generátora so zapínaním pri určitých otáčkach[6]

Navrhovaný systém sa dá ďalej zefektívniť a to za použitia riadiacej elektroniky a nastavenia viacerých pracovných bodov v závislosti na otáčkach. Teda systém by sa nezapínal sa len pri jednej hodnote otáčok, ale mohol by teoreticky fungovať už od nulových otáčok pričom by sa upravoval výkon elektrolyzéra podľa toho, v akej hladine otáčok by sa motor nachádzal. Rozmiestnenie hladín otáčok, ich počet a na tom závislý výkon by sa určoval priamo pre konkrétny motor. Týmto pomerne jednoduchým spôsobom by bol celý systém efektívnejší. Pokryli by sa tým miesta, kde v predchádzajúcom prípade nie je dodávaná žiadna zmes HHO. Celý systém by sa dal navrhnúť tak, aby mal v malých otáčkach nízke nároky na alternátor a pritom motor dostával optimálne množstvo zmesi HHO.

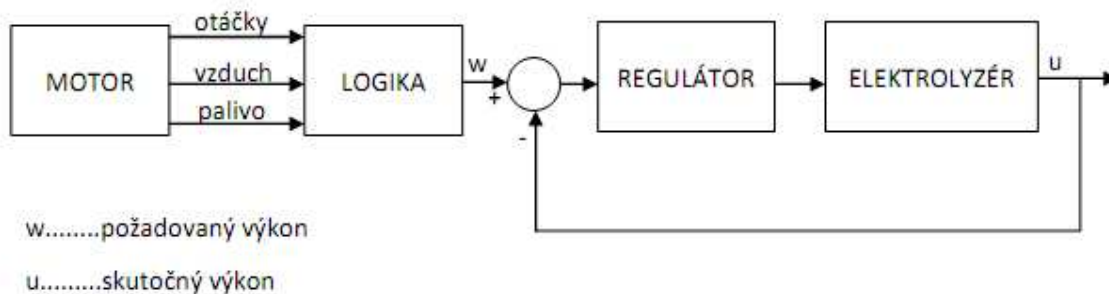


Obrázok 7 Závislosti výkonu HHO generátora na otáčkach

Samozrejme konečným cieľom je riadiť výkon elektrolyzéra tak, aby v každom okamihu dodával optimálne množstvo zmesi HHO. Otázne je, ako definovať optimálne množstvo danej zmesi. Predovšetkým musíme zohľadniť vplyv prídania vodíka a kyslíka do zmesi paliva. Keďže vodík s kyslíkom v danom pomere dva ku jednej je veľmi výbušná zmes a po pridaní k palivu zefektívňuje jeho horenie, musíme predpokladať, že v spaľovacej komore vznikne väčšia teplota. V literatúre sa uvádza teplota v spaľovacom motore pri výbuchu zmesi okolo 2000°C až 2500°C. Horenie kyslíka a vodíka prebieha za teplôt väčších ako 3000°C. [5] Teda rozdiel v teplotách je znateľný a i keď ide o veľmi krátku dobu v dlhšom časovom období môže spôsobiť vyššie teploty v motore. Preto je veľmi potrebné zväziť množstvo zmesi tak, aby nedochádzalo k nadmernému prehrievaniu motora a následne jeho opotrebovaniu. To aké je optimálne množstvo nie je jednoduché určiť. U každého typu motora je táto hodnota iná a preto je potrebné vyladovať pomer paliva a zmesi HHO priamo pre daný typ motora. Pri ladení treba brať do úvahy teplotu motora a prúdový odber z alternátora pri daných otáčkach a zaťaženi. Pre takéto riadenie je za potreba viac informácií z motora automobilu. Jedná sa hlavne o aktuálne otáčky motora, aktuálnu spotrebu paliva a o množstvo vzduchu nasávaného do motora. Tieto údaje budú spracovávané za pomoci mikroprocesoru, vyhodnocované a pomocou výstupu z regulátora bude následne riadená výkonová elektronika. Spôsob vyhodnocovania a regulovania výkonu elektrolyzéra bude popísaný v nasledovnej kapitole.

3 OPTIMÁLNE RIADENIE VÝKONU

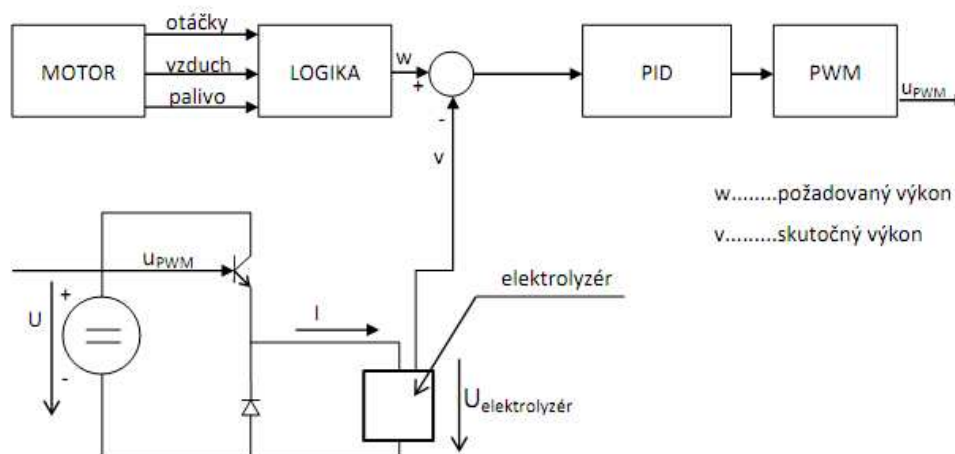
Pri optimálnom riadení výkonu elektrolyzéra máme k dispozícii viacero vstupných údajov, pričom ide o nasledujúce: otáčky motora, objem vzduchu nasávaného do motora, objem paliva vstupujúceho do motora a aktuálny výkon elektrolyzéra meraný v g/min. Z týchto štyroch vstupných veličín nám riadenie vygeneruje jednu výstupnú veličinu. Ide teda o systém MISO, teda multiple input single output. Systém s viacerými vstupmi a jedným výstupom. Podstatnou časťou je ako z viacerých vstupov vygenerovať jeden. Pre začiatok možno vstupy rozdeliť na dve časti. V prvej časti sa nachádzajú informácie získané z motora automobilu pričom ide o tri vstupy. Ostávajúci jeden vstup dáva informácie o aktuálnom výkone elektrolyzéra, teda ide o veličinu ktorá sa bude riadiť.



Obrázok 8 Základná schéma regulovania[3]

Zo základnej schémy na predchádzajúcom obrázku vidieť, že zo získaných informácií z motora automobilu na základe rozhodovacej logiky stanovíme požadovaný výkon elektrolyzéra. Od toho následne odčítame skutočný výkon a zistíme tak regulačnú odchýlku vstupujúcu do regulátora. Pre správne fungovanie musí byť vhodne zvolená rozhodovacia logika, ktorá podľa nami určených pravidiel rozhodne o konečnom výkone elektrolyzéra.

Pri používaní rozhodovacej logiky sú najdôležitejšími činiteľmi množstvo vzduchu a paliva vstupujúceho do motora. Z nich sa určí najprv optimálne množstvo zmesi HHO. Otáčky motora slúžia hlavne k získavaniu informácií o činnosti alternátora. Keďže pod určitými otáčkami nemôže elektrolyzér pracovať na plný výkon, ale len na čiastočný. Dochádzalo by totiž už k spomínanému preťažovaniu alternátora. Podľa otáčok sa upraví žiadaný výkon elektrolyzéra. Samotné riadenie elektrolyzéra prebieha v podstate spínaním tranzistora vo výkonovej elektronike. Ten sa spína na základe riadiaceho signálu vo forme pulzov s meniacou sa šírkou pulzu (PWM). Ideálne by teda bolo, keby z regulačnej sústavy vychádzal PWM signál, ktorý by priamo spínal tranzistor.



Obrázok 9 Schéma riadiacej a výkonovej elektroniky[4]

Na predchádzajúcom obrázku sa uvádza schéma zapojenia riadenia so samotnou výkonovou elektronikou. Pri tomto spôsobe je najdôležitejšia rozhodovacia logika, ktorá za pomoci vopred určených pravidiel rozhodne o výkone elektrolyzéra. Najdôležitejšími hodnotami sú pri rozhodovaní palivo a vzduch. Zjednodušene sa dá povedať, že čím viac paliva ide do motora, tým aj viac zmesi HHO treba dodať. Pomer HHO a paliva sa môže s časom meniť. Hodnota závisí od potrieb motora, je teda potrebné v prvom rade zmapovať potreby konkrétneho motora a podľa nich nastaviť samotnú rozhodovaciu logiku. Otáčky motora sú dôležité hlavne u menej výkonných motoroch. Nastavenie šírky PWM signálu má na starosti PWM generátor, ktorý z požadovaného výkonu určí príslušnú šírku signálu. Je teda stanovený minimálny a maximálny výkon. Minimálnemu výkonu zodpovedá šírka pulzu 0% a maximálnemu šírka pulzu 100%.

3.1 Spôsob napájania elektrolyzéra

Dôležitou časťou celého HHO generátora je spôsob jeho napájania. Samotná výroba totiž nemôže prebiehať bez dodania energie zvonka. Množstvo energie závisí od výkonnosti a parametroch daného generátora. V našom prípade ide o napájanie napätím $U=14$ V a prúdom, ktorý dosahuje maximálnych hodnôt až $I=70$ A. Tieto hodnoty nie sú práve v automobile zanedbateľné.

4 REALIZÁCIA

Pri realizácii nastáva otázka, či sa vývoj HHO generátora oplatí z hľadiska investícií. Treba si uvedomiť, že celý projekt sa zameriava hlavne na znižovanie emisií, a nie na šetrenie paliva. Úspora paliva je v tomto prípade braná ako vedľajšia. Ako modelový príklad si môžeme uviesť, že by bolo výsledné zníženie emisií o 12 až 15%. Teda aj samotná spotreba by klesla o spomínanú hodnotu. Bežne sa pohybuje spotreba nákladných áut nad 30 l/100 km.

Predpokladaná cena HHO generátora je 15 000 EUR aj s montážou do automobilu.

Počiatkové náklady	15 000 EUR
Spotreba	35 l/100 km
Cena paliva	1,45 EUR/l
Ročná prevádzka	200 000 km
Ročné náklady na palivo	105 000 EUR
Náklady KOH a destilovaná voda	200 EUR na 50 000 km
Šetrenie paliva s HHO	12 %
Ročné náklady s HHO	93 200 EUR
Ročné šetrenie	11 800 EUR

ZÁVER

Záverom môžeme konštatovať, že je snaha o čo najväčšiu energetickú samostatnosť celého systému. Bolo by dobré podotknúť, že pri ďalšej práci na vodíkovom generátore by bolo vhodné zvážiť možnosť výroby zmesi HHO [1] tak, aby nedochádzalo k zmiešaniu týchto dvoch plynov hneď pri ich výrobe. Systém treba vylepšiť tak, aby bol každý z plynov vedený k motoru zvlášť a k ich zmiešaniu by dochádzalo až v motore automobilu. Výrazne by sa tak zvýšila bezpečnosť celého systému. Taktiež čo sa týka zabudovania navrhovaného systému, je vhodné zvoliť miesto tak, aby pri prípadnom úniku plynov nedochádzalo k ich hromadeniu, ale aby unikali do voľného priestranstva. V prípade, že takéto zabudovanie nie je možné, treba zvážiť nútenú ventiláciu celého priestoru. Výhodné by bolo navrhnuť spôsob monitorovania úniku plynu a následne pri jeho úniku celý systém výroby zastaviť.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol na základe riešenia projektu KEGA č. 049 TUKE-4/2012 Využitie výsledkov vedecko – výskumnej činnosti pri výučbe predmetov "Základy environmentalistiky" a "Environmentálne inžinierstvo" pomocou multimediálnych technológií.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] SANTILLI R. M., ARINGAZIN A. K.: Structure and Combustion of Magnegases, Hadronic Journal (27), pp. 299-330, 2001
- [2] SANTILLI R.M.: A new gaseous and combustible form of water, International Journal of Hydrogen Energy 31 (9), pp. 1113-1128, 2006
- [3] BADIDA, M.-LUMNITZER, E.-BADIDA, D. VARGOVÁ, J.: ENVIRONMENTALISTIKA-ALTERNATÍVNE POHONY AUTOMOBILOV. KOŠICE, 2007, 107 s., ISBN 978-80-8073-937-9
- [4] BADIDA, M.-MURANSKÝ, J.-HRICOVÁ,S.: EKODIZAJN V STROJÁRSTVE. ALFA s. r. o., KOŠICE, 2011, 198 s., ISBN 978-80-553-6788-6
- [5] KRČEK, M. Analýza využití vodíku v energetice. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lukáš Radil.
- [6] BADIDA, M. – LUMNITZER,E.-BARTKO,L.: MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA DOPRAVNÉHO HLUKU. ALFA, s. r. o. KOŠICE, 2011, 274s., ISBN 978-80-8086-181-6

ADRESY AUTOROV

Dr.h.c. prof. Ing. Miroslav BADIDA, PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského č. 5, 042 00 Košice, e-mail: miroslav.badida@tuke.sk

Ing. Marián HURAJT, Technická Univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského č.8, 042 00 Košice, e-mail: marian.hurajt@tuke.sk

Ing. Tomáš JEZNY, Technická Univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského č.5, 042 00 Košice, e-mail: tomas.jezny@tuke.sk

RNDr. Radoslav RUSNÁK, PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského č.5, 042 00 Košice, e-mail:radoslav.rusnak@tuke.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.