

## BRAUNO (HHO) DUJŲ GENERATORIAUS NAŠUMO TYRIMAS

Andrius BRAZDŽIŪNAS<sup>1</sup>, Ina TETSMAN<sup>2</sup>, Rimas MASKELIŪNAS<sup>3</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: <sup>1</sup>andriusbrazdziunas@gmail.com; <sup>2</sup>ina.tetsman@vgtu.lt;

<sup>3</sup>rimas.maskeliunas@vgtu.lt

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjami Brauno dujų (HHO) generatoriaus veikimo principai ir atlikti eksperimentiniai tyrimai. Tyrimais nustatytos Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybės esant elektrolito 0,5 %, 2 %, 8 %, 16 % ir 36 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijoms, keičiant elektros srovės stiprį ir įtampą. Brauno dujų gamybai naudoti nerūdijančiojo plieno elektrodai AISI 316. Eksperimentinių tyrimų metu srovės stipris svyravo nuo 20 iki 120 A, o įtampa – nuo 4 iki 72 V. Atlikus rezultatų analizę, nustatyta, kad, naudojant 0,5 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, 120 A elektros srovės stiprį bei 15 V įtampą, gaunamas didžiausias Brauno dujų generatoriaus našumas – 1,429 l/min. Norint sumažinti HHO dujų generatoriaus energijos sąnaudas, optimalus variantas – naudoti 80 A elektros srovės stiprį ir 11 V įtampą.

**Reikšminiai žodžiai:** Brauno dujų generatorius, Brauno dujos, HHO dujos, elektrolitas, elektrodai (AISI 316), našumas.

### Įvadas

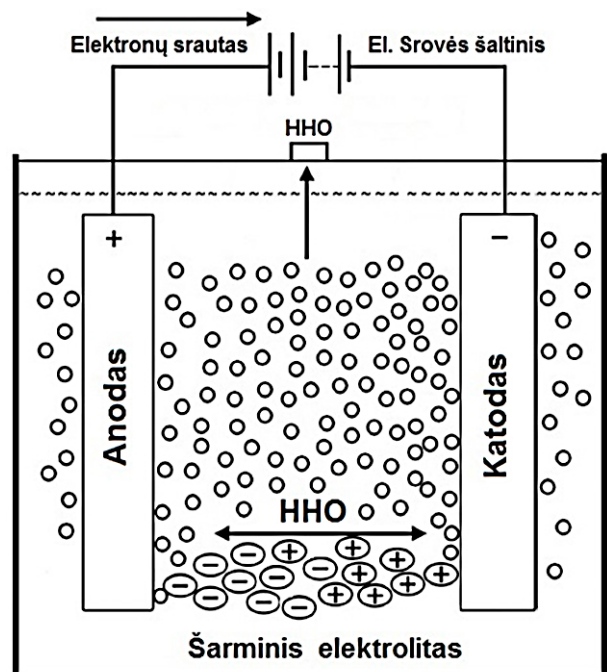
Pasaulyje vis didėja energijos poreikis, didėja ir neigiamas poveikis aplinkai, todėl ieškoma naujų technologijų ir energijos šaltinių.

Julus Braunas (Yull Brown) sukūrė dujų generatorių (angl. *Brown's gas generator (electrolyser)*) (Brown 1977), skaidantį elektrolizės būdu vandens molekulę ( $H_2O$ ) į unikalų dujų mišinį, kuris yra daug efektyvesnis energietiniu požiūriu nei atskirtas vandenilis ( $H_2$ ) su deguonimi ( $O_2$ ) (Hurtak, J., Hurtak, D. 2014; Bhardway *et al.* 2014). Šis dujų mišinys sudarytas iš dviejų vandenilio ir vienos deguonies molekulės ir vadinamas HHO dujomis, kurios susidaro tiksliai stochiometrinio santykiu vykstant elektrolizei. Veikimo schema pateikta 1 paveiksle.

Iš 1 kg vandens pagaminama apytiksliai 1240 l vandenilio ir 620 l deguonies dujų, kurių bendras tūris – 1860 l. Kai slėgis  $p = 0,1$  MPa ir temperatūra  $T = 0$  °C, HHO dujų tankis  $\rho_{HHO} = 0,54$  kg/m<sup>3</sup>. Naudojant HHO dujas kaip degalų priedą, transporto priemonėse gerinama degalų degimo kokybė, mažinamas variklių išmetamų dujų toksiškumas, o dyzeliniuose varikliuose dar ir dūmingumas (Rimkus 2013; El-Kassaby *et al.* 2016). Brauno dujų degimo produktas yra vandens garai.

Brauno dujų generatorius pagal konstrukcijas galima suskirstyti į du tipus – atvirojo ir uždarojo (Silva *et al.*

2015). Atvirojo tipo Brauno dujų generatorių sudaro teigiamasis ir neigiamasis elektrodai, įmerkti į elektrolito tirpalą. Konstrukcija nesudėtinga, pagamintų dujų kiekis



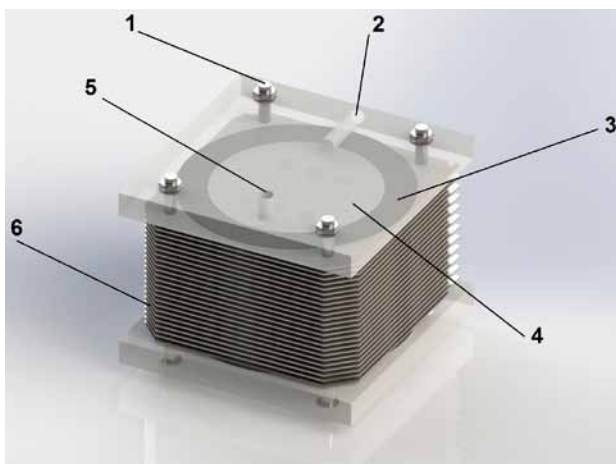
1 pav. Brauno (HHO) dujų generatorius veikimo schema

Fig. 1. Process diagram of Brown's (HHO) gas generator

yra pastovus ir eksploatuojant nereikalauja daug priežiūros. Tačiau ši konstrukcija turi trūkumų: cheminės reakcijos metu išsiskiriantis deguonis ( $O_2$ ) koroduoja elektrodus, o dėl išsiskiriančio šilumos kiekio vyksta elektrolito garavimas. Garai, susimaišydami su HHO dujomis, sumažina sistemos našumą.

Mokslininkai (Göllei 2014; Sudarmanta *et al.* 2016) teigia, kad uždarojo tipo Brauno dujų generatorius yra daug našesnis nei atvirojo tipo: išsiskiria mažesnis šilumos kiekis; HHO dujų gamybai reikalingas mažesnis elektros srovės stipris; elektrodai mažiau koroduoja, įrenginys yra atsparios konstrukcijos ir ilgaamžis. Uždarojo tipo Brauno dujų generatorių (2 pav.) sudaro konstrukcinės sienelės 4, tarp kurių išdėstyti elektrodai 6 su gumos tarpikliais 3. Konstrukcinės sienelės gaminamos iš elektrai nelaidžios medžiagos: organinio stiklo ar kitos rūšies polimerinės medžiagos, o elektrodai – iš nerūdijančiojo plieno AISI 316 0,5–0,8 mm storio plokštės. Tarpiklių gamybai naudojama rūgštims ir šarmams atspari guma, kurios storis svyruoja nuo 1 iki 5 mm. Iš šarminių elektrolitų dažniausiai naudojami kalio hidroksido (KOH) ir natrio hidroksido (NaOH) elektrolitai, nes, vykstant elektrolizės procesui, elektrodai nekoroduoja, priešingai nei naudojant rūgštinį elektrolitą. Tačiau, lyginant natrio hidroksido su kalio hidroksido elektrolitus, KOH yra didesnis elektrinis laidumas ir jis neužšąla žemoje temperatūroje.

Elektrolizės procesą generatoriuje galima apibūdinti kaip heterogenines reakcijas, kurios vyksta tarp elektrodų paviršiaus sąveikaujant su elektrolitu. Tokiu būdu formuojasi dvigubas elektrinis sluoksnis ant elektrodų. Šio sluoksnio susidarymą veikia elektronų greitis elektrolite,



2 pav. Brauno (HHO) dujų generatorius: 1 – smeigės; 2 – dujų išėjimo anga; 3 – guminiai tarpikliai; 4 – konstrukcinė sienelė; 5 – elektrolito užpildymo anga; 6 – elektrodai

Fig. 2. Brown's (HHO) gas generator: 1 – studs; 2 – outlet valve of gas; 3 – rubber plate; 4 – end plate; 5 – inlet valve of electrolyte; 6 – electrode

elektrolito koncentracija, elektrinis potencialas ir reakcijos atstumas tarp elektrodo. Kiekvienas iš šių dydžių sudaro skirtingus dvigubus sluoksnius. Žinoma, kad elektrolizės procesas vyks greičiau, jeigu nus naudojamas stiprios koncentracijos elektrolitas. Bet ar didės HHO dujų našumas? Eksperimentiniams tyrimams nustatyti pagrindiniai parametrai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindiniai eksperimentinio tyrimo parametrai  
Table 1. Main parameters of experiment research

Parametras	Matavimo vienetai	Reikšmė
Elektros srovės stipris	A	0–120
Įtampa	V	4–72
Kalio hidroksido (KOH) koncentracija tirpale	%	0,5; 2; 8; 16; 36
Elektrolito tirpalo tūris	l	1

Tyrimų tikslas – ištirti Brauno dujų generatoriaus našumą, naudojant skirtingas elektrolito koncentracijas, keičiant įtampą ir elektros srovės stiprį.

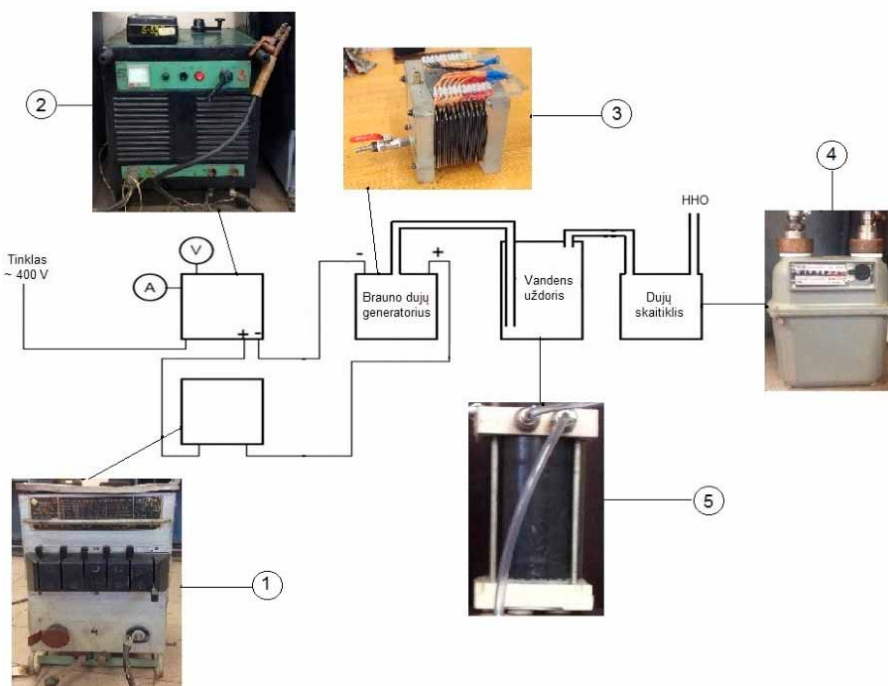
### Eksperimentinių tyrimų stendas ir metodika

VG TU Mechanikos inžinerijos katedros laboratorijoje eksperimentiniams tyrimams buvo sukurtas eksperimentinių tyrimų stendas (3 pav.), sudarytas iš trijų zonų: elektros srovės šaltinio zona (matuojamas elektros srovės stipris ir įtampa), HHO dujų gamybos zona, HHO dujų matavimo zona. Atliekant tyrimus, Brauno dujų generatorius (3) (2 pav.) užpildomas elektrolito tirpalu atitinkamai 0,5 %, 2 %, 8 %, 16 % ir 36 % KOH koncentracijos. Įjungiamas apsauginė traukos spinta ir tik paskui įjungiamas eksperimentinio stendo elektros energijos šaltinis (2) su įmontuotais ampermetru (skalės ribos – 0–500 A) ir voltmetru (skalės ribos – 0–150 V) per reostatą RB-301 (1), kuriuo keičiant varžą reguliuojamas elektros srovės stipris ir įtampa sistemoje. HHO dujų našumas matuojamas dujų skaitikliu „G-6 Prema“ (4), o vandens uždoris (5) užtikrina perteklinę apsaugą. Reguliuojant reostato varžą, nustatomi elektros srovės stipris, įtampa ir HHO dujų našumas Brauno dujų generatoriui veikiant 60 s.

Eksperimentų metu oro temperatūra buvo 20 °C, o Brauno dujų generatoriaus elektrodų išorės temperatūra –36 °C.

### Eksperimentinių tyrimų rezultatų analizė

Atlikus eksperimentinių tyrimų analizę nustatyta, kad Brauno dujų generatoriaus našumui didžiausią įtaką turėjo elektros srovės stiprio reikšmė. Kuo didesnis elektros srovės stipris



3 pav. Stendo schema: 1 – reostatas; 2 – elektros srovės šaltinis; 3 – Brauno dujų generatorius; 4 – dujų skaitiklis; 5 – vandens uždoris  
 Fig. 3. Scheme of an stand: 1 – rheostat; 2 – power source; 3 – Brown's gas generator; 4 – gas counter; 5 – water seal

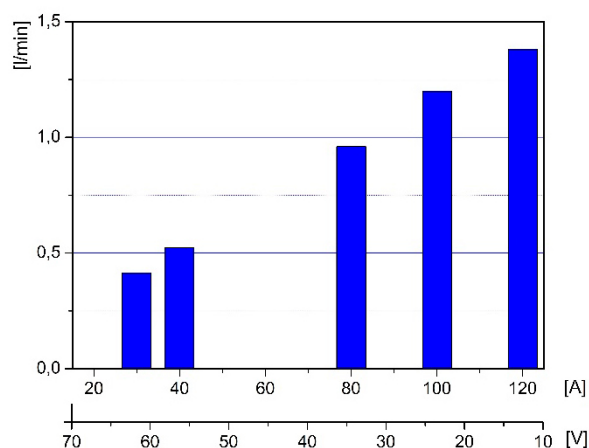
sistemoje, tuo didesnis Brauno dujų našumas buvo gautas. Elektros srovės stipris kito nuo 20 iki 120 A. Brauno dujų generatoriaus našumui įtampa didelės įtakos neturėjo, jos pokytis buvo nuo 4 iki 63 V, didžiausias našumas buvo gautas naudojant 15 V įtampą, įskaitant visas naudotas elektrolito koncentracijas.

Brauno dujų generatoriaus didžiausias našumas buvo gautas, naudojant elektros srovės stiprį  $I = 120$  A ir įtampą  $U = 15$  V:

- taikant 0,5 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, buvo gautas  $Q_{\text{HHO}} = 1,429$  l/min. (4 pav.);
- taikant 2 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, buvo gautas  $Q_{\text{HHO}} = 1,364$  l/min. (5 pav.);
- taikant 8 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, buvo gautas  $Q_{\text{HHO}} = 1,429$  l/min. (6 pav.);
- taikant 16 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, buvo gautas  $Q_{\text{HHO}} = 1,395$  l/min. (7 pav.);
- taikant 36 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, buvo gautas  $Q_{\text{HHO}} = 1,399$  l/min. (8 pav.).

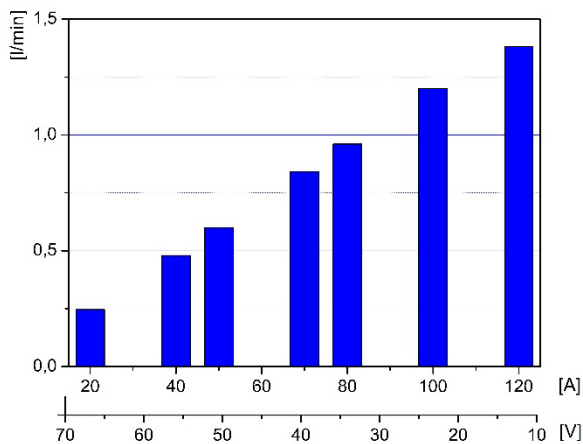
Esant 0,5 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijai elektros srovės stipris kito nuo 37 A iki 120 A, tai vidutiniškai sudaro 38,3 %, o Brauno dujų generatoriaus našumo pokytis sudarė 39,6 %, tačiau įtampa kito net 74 %. Esant 2 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijai vidutinis elektros srovės stiprio pokytis tyrimų metu kito 37,4 %, įtampa – 50,5 %, o generatoriaus našumas vidutiniškai kito 35,1 %. Esant 8 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijai, vidutinis

elektros srovės stiprio pokytis tyrimų metu buvo 21,9 %, o generatoriaus našumas vidutiniškai kito 25,1 %. 16 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijos HHO dujų našumas kito 19,6 %, kai elektros srovės stipris pakito 18,1 %, o įtampa – 76,1 %. Esant 36 % kalio hidroksido (KOH) koncentracijai, vidutinis elektros srovės stiprio pokytis tyrimų metu buvo 24,4 %, įtampos – 78,6 %, generatoriaus našumas vidutiniškai kito 15,8 %.



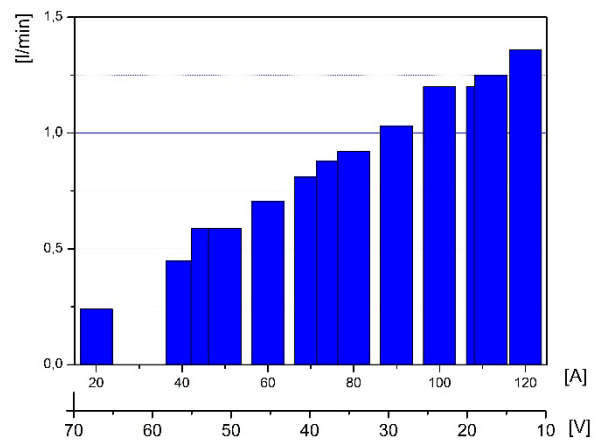
4 pav. Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybė nuo elektros srovės stiprio ir įtampos, naudojant 0,5 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją

Fig. 4. Productivity of Brown's gas generator dependence on amperage and voltage using 0.5% potassium hydroxide (KOH) concentration



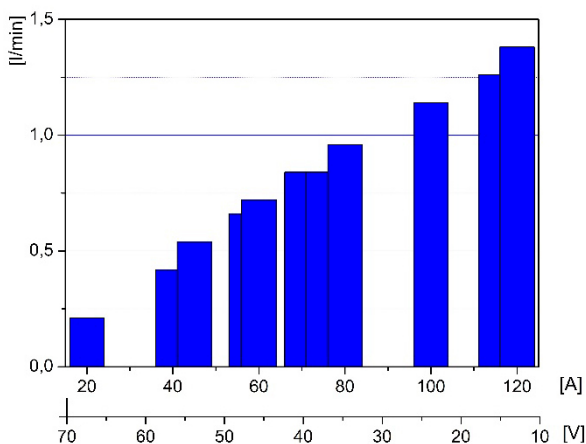
5 pav. Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybė nuo elektros srovės stiprio ir įtampos, naudojant 2 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją

Fig. 5. Productivity of Brown's gas generator dependence on amperage and voltage using 2% potassium hydroxide (KOH) concentration



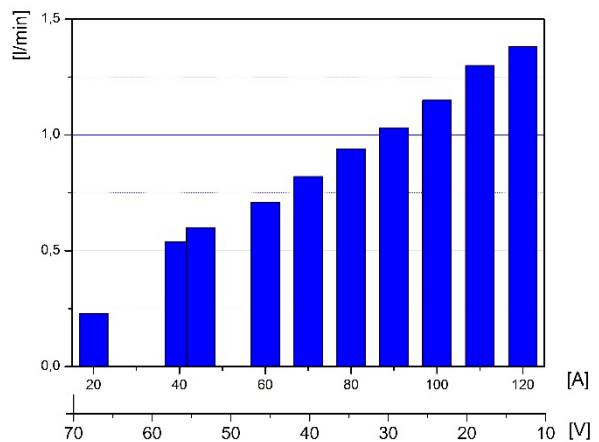
7 pav. Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybė nuo elektros srovės stiprio ir įtampos, naudojant 16 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją

Fig. 7. Productivity of Brown's gas generator dependence on amperage and voltage using 16% potassium hydroxide (KOH) concentration



6 pav. Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybė nuo elektros srovės stiprio ir įtampos, naudojant 8 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją

Fig. 6. Productivity of Brown's gas generator dependence on amperage and voltage using 8% potassium hydroxide (KOH) concentration



8 pav. Brauno dujų generatoriaus našumo priklausomybė nuo elektros srovės stiprio ir įtampos, naudojant 36 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją

Fig. 8. Productivity of Brown's gas generator dependence on amperage and voltage using 36% potassium hydroxide (KOH) concentration

Norint sumažinti HHO dujų generatoriaus energijos sąnaudas, optimalus variantas būtų naudoti 80 A elektros srovės stiprį ir 11 V įtampą. Didinant kalio hidroksido (KOH) koncentraciją, Brauno dujų generatoriaus našumas keitėsi nuo 2,4 iki 10,3 %. Vidutinis Brauno dujų generatoriaus našumo pokytis buvo gautas 5,5 %. Iš gautų rezultatų matyti, kad kalio hidroksido (KOH) koncentracija didelės įtakos Brauno dujų generatoriaus našumui neturėjo.

## Išvados

1. Atlikus eksperimentinių tyrimų rezultatų analizę, nustatyta, kad, naudojant 0,5 % kalio hidroksido (KOH) koncentraciją ir 120 A elektros srovės stiprį bei 15 V įtampą, gaunamas didžiausias Brauno dujų generatoriaus našumas 1,429 l/min.
2. Norint sumažinti HHO dujų generatoriaus energijos sąnaudas, geriausia naudoti 80 A elektros srovės stiprį ir 11 V įtampą.

## Literatūra

- Brown, Y. 1977 03 29. *Welding*. Int. Cl:US 05/489,921. US patent, 4014777.
- Bhardway, S.; Verma, S. A.; Sharma, K. S. 2014. Effect of Brown gas on the performance of a four stroke gasoline engine, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 4(1): 300–308.
- EL-Kassaby, M. M.; Eldrainy, A. Y.; Khidr, E. M.; Khidr, I. K. 2016. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions, *Alexandria Engineering Journal* 55: 243–251. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.10.016>
- Göllei, A. 2014. Measuring and optimization of HHO dry cell for energy efficiency, *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering* VII: 20–22.
- Hurtak, J. J.; Hurtak, D. 2014. The history and future of Brown's gas, *Nexus* 21(4): 49–54.
- Rimkus, A. 2013. *Vidaus degimo variklio darbo efektyvumo didinimas panaudojant Brauno dujas*: daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika. 156 p.
- Silva, D. T.; Senevirathne, L.; Warnasooriya, T. 2015. HHO generator – an approach to increase fuel efficiency in spark ignition engines, *European Journal of Advances in Engineering and Technology* 2(4): 1–7.
- Sudarmanta, B.; Darsopuspito, S.; Sungkono, D. 2016. Application of dry cell HHO gas generator with pulse width modulation on sinjai spark ignition engine performance, *International Journal of Research in Engineering and Technology* 5(2): 105–112. <https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0502019>

## INVESTIGATION OF PRODUCTIVITY OF BROWN'S (HHO) GAS GENERATOR

A. Brazdžiūnas, I. Tetsman, R. Maskeliūnas

### Abstract

There were made tests of productivity of Brown's gas generator using different potassium hydroxide (KOH) concentration changing voltage and amperage. It is described experimental stand that is used to do researches and methodology of experiments performance. Brown's gas production in electrolyser (electrolyser – the device that is going electrolysis) to use stainless steel (AISI 316) electrodes. It was determined after researches that increasing the potassium hydroxide (KOH) concentration in the solution and using the same amperage and voltage of the all concentration results are similar. The highest productivity 1.429 l/min was obtained by using a 120 A amperage and 15 V voltage.

**Keywords:** Brown's gas generator, Brown's gas, HHO gas, electrolyte, electrodes (AISI 316), productivity.