

# VANDENILIO PLAZMOS ELEMENTO DARBO DINAMINIŲ REŽIMŲ TYRIMAI

Andrius Gečas, Janė Ščiukaitė, Aurelija Pelanskienė, Alfredas Lankauskas  
Šiaulių universitetas, Gamtos mokslų fakultetas

## Įvadas

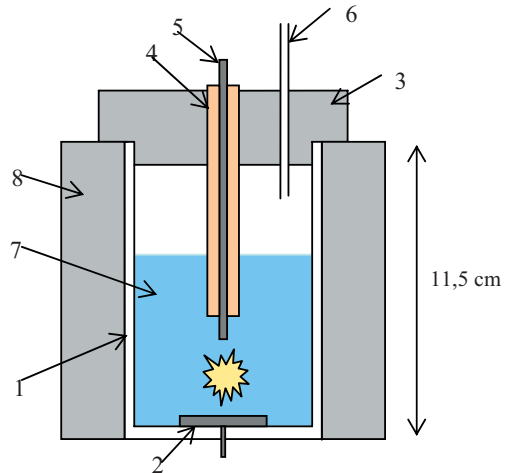
Tradiciniai energijos šaltiniai daug kartų buvo keičiami naujesniais ir tobulesniais. Šiuo metu pasaulyje taip pat ieškoma technologinių sprendimų, kaip padidinti apsirūpinimo energija saugumą ir išspręsti ekologines problemas. Analizuojant pasaulio mokslinių institucijų ir pramonės įmonių aktyvumą vandenilio energetikos srityje, galima prognozuoti, kad sprendžiant globalines energijos tiekimo ir ekologines problemas artimiausioje ateityje vandenilio energetikos technologijos gali tapti vienomis svarbiausių alternatyvų egzistuojančioms energijos gamybos technologijoms [1].

Šis darbas skirtas vandenilio plazmos elemento eksperimentiniams tyrimams. Nuo 1989 metų, kai pasirodė pirmieji pranešimai apie stebimą šaltąją branduolių sintezę sunkiojo vandens elektrolizės metu [2], buvo atlikta šimtai eksperimentų, norint įvertinti šių procesų energijos efektyvumą. Atlikti eksperimentai parodė, kad esant tam tikroms sąlygoms gaunamas didelis energijos efektyvumo rodiklis (Japonų mokslininkų gautos maksimalios efektyvumo rodiklio reikšmės siekia  $(2000 \div 3000)$  proc.) [3]. Šis energijos efektyvumo rodiklis priklauso nuo įvairių plazmoelektrolitinio generatoriaus ir vykstančios jame plazminės vandens elektrolizės proceso parametrų [4, 5]. Vandenilio plazmos elemente vykstančių procesų nepageidaujama savybė – nepakankamai geras rezultatų pasikartojimas. Nustatyti optimalias energijos išgavimo iš vandenilio plazmos sąlygas yra sudėtingas ir aktualus uždavinys.

**Tyrimo tikslas** – vandenilio plazmos elemento darbo dinaminiam režimui eksperimentiniai tyrimai. Darbe pristatomi eksperimentų rezultatai, kuriuose vandenilio plazmos elemento darbo charakteristikos nustatomos derinant įvairius šio elemento ir plazminės vandens elektrolizės proceso parametrus.

## Tyrimo metodika

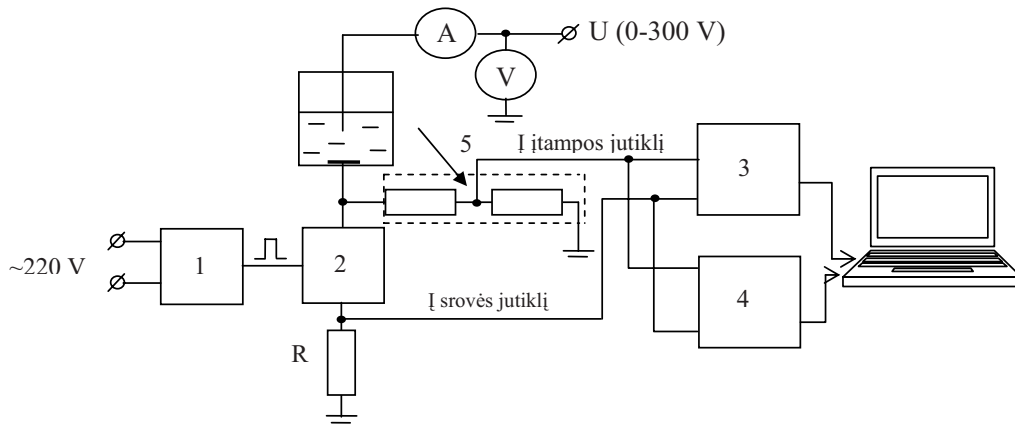
Tiriamąjį vandenilio plazmos elemento struktūrinę schemą pateikta 1 paveiksle.



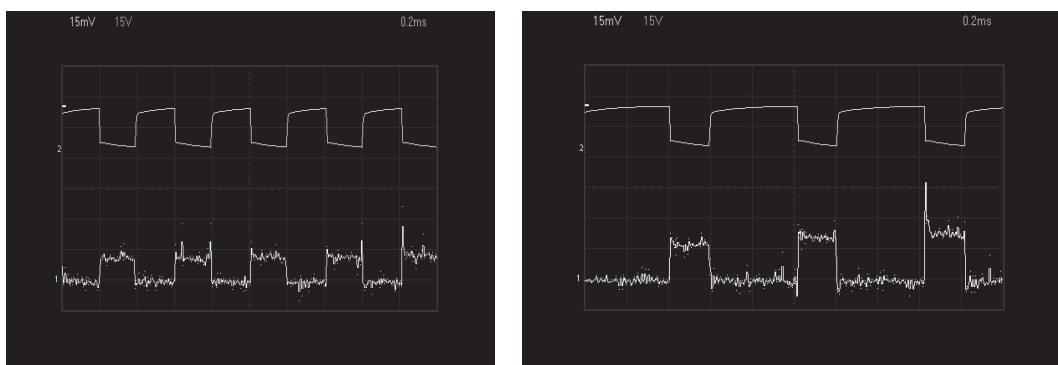
**1 pav.** Vandenilio plazmos elemento schema:  
1 – 110 cm<sup>3</sup> organinio stiklo indas, 2 – nerūdijančio plieno 30 mm skersmens anodas, 3 – izoliacinis kamštis, 4 – izoliatorius, 5 – katodas, 6 – stiklinis vamzdelis išeiti garams, 7 – elektrolitas, 8 – putplasčio gaubtas

Vandenilio plazmos elementui maitinti buvo naudojami įvairaus dažnio  $f$ , amplitudės  $U$  ir skvarbos  $T/t$  ( $T$  – impulsų pasikartojimo periodas,  $t$  – impulso trukmė,  $t/T$  – impulso užpildymo koeficientas) stačiakampiai impulsai. Tam buvo sukonstruotas įrenginys, kurio struktūrinė schema pateikta 2, o suformuotų įtampos ir srovės impulsų oscilogramų pavyzdžiai – 3 paveiksluose. Elemento maitinimo impulsų sunaudota galia buvo įvertinta pagal voltmetro, ampermetro ir oscilografo parodymus, kai kurie matavimų rezultatai buvo dubliuojami naudojant *Data-Studio* programą. Atliekant matavimus srovės stipris buvo nestabilus, todėl norint nustatyti vidutinę srovių, tekančių vandenilio plazmos elemente, reikšmę matavimai buvo atlikti kas kelios sekundės ir apskaičiuotos vidutinės reikšmės (4 pav.).

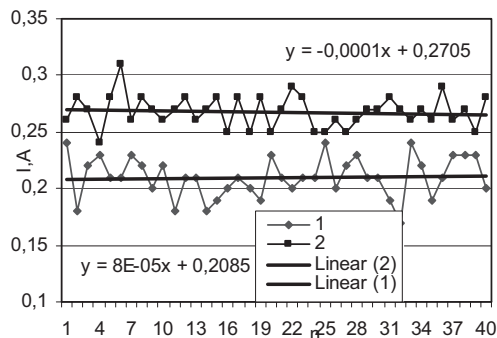
Eksperimentai atlikti su cilindrinės formos vario  $Cu$  ( $\varnothing = 3,45$  mm) bei volframo  $W$  ( $\varnothing = 2,77$  mm) katodais ir nerūdijančio plieno 316 T anodu (katodų padidintos nuotraukos pateiktos 5 paveiksle), elektrolitai – kalio ( $KOH$ ) ir natrio ( $NaOH$ ) šarmų bei geriamosios sodos ( $NaHCO_3$ ) įvairių koncentracijų tirpalai.



**2 pav.** Vandenilio plazmos elemento maitinimo įrenginio struktūrinė schema: 1 – stačiakampių impulsų generatorius, 2 – raktas, 3, 4 – sąsajos su kompiuteriu PC. LAB ir Data Sturio, 5 – įtampos daliklis 1:10



**3 pav.** Oscilogramų pavyzdžiai: viršutinės diagramos – maitinimo impulsai  $U = f(t)$  (1:10), apatinės – įtampų  $U_R = f(t)$  kritimai varžoje  $R = 0,05 \Omega$  (srovės  $I = U_R / R$ ).



**4 pav.** Vidutinių srovių elemente sklaida: (elektrolitas 5 %  $NaHCO_3$ ,  $U = 150 V$ ,  $f = 500 Hz$ ,  $t / T = 0,5$ ): 1 – katodas  $W$  ( $\bar{I} = 0,210 A$ , standartinis nuokrypis  $\sigma = 0,0179$ ); 2 – katodas  $Cu$  ( $\bar{I} = 0,268 A$ ,  $\sigma = 0,0142$ )

Vandenilio plazmos elemento energijos efektyvumui įvertinti buvo atlikti kolorimetriniai bandymai. Tiriamoje celėje generuojama šiluminė energija yra sukaupama elektrolite, vandens garuose, plazminės elektrolizės procese išsiskiriančiose van-

denilio, deguonies ir ozono dujose. Taip pat yra išskiriama šviesos ir garso energija. Šiame darbe, įvertinant energijos efektyvumą, buvo matuojama tik šiluminė energija, sukaupia elektrolite. Bandymai buvo atlikti virimo temperatūroje [6]. Nustatytas energijos efektyvumo rodiklis:

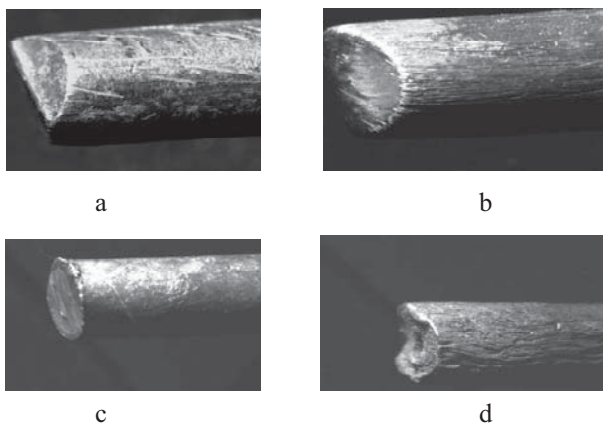
$$k = \frac{Q}{W}, \quad (1)$$

čia:  $Q$  – išsiskyręs šilumos kiekis,  $W$  – sunaudota elemente vidutinė elektros energija ( $W = P_v t$ , čia  $P_v$  – vidutinė galia [7],  $t = 600 s$  – bandymo atlikimo laikas).

Išsiskyręs šilumos kiekis vandenilio plazmos elemente apskaičiuotas matuojant išgaravusio vandens masę  $\Delta m$ :

$$Q = r \Delta m, \quad (2)$$

čia:  $r$  – vandens savitoji garavimo šiluma vandens virimo temperatūroje.



**5 pav.** Elektrodo formos pokyčiai vandenilio plazmos elemente:

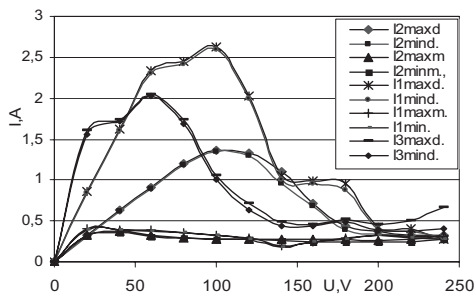
a, b – vario elektrodas (nenaudotas ir atlikus seriją bandymų), c, d – volframo elektrodas

### Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tiriant vandenilio plazmos elemento (1 pav.) darbo efektyvumą dinamiu režimu buvo nustatytos plazmos egzistavimo sritys, voltamperinės charakteristikos, maitinimo impulsų pasikartojimo dažnių ir užpildymo koeficientų įtaka elemento darbo efektyvumui.

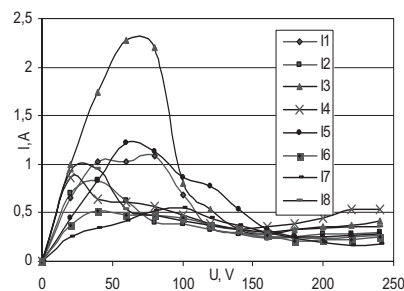
6 paveiksle pateiktos voltamperinės charakteristikos  $I = f(U)$  didinant ir mažinant įtampą tarp elektrodų. Atliekant matavimus srovė buvo nestabili, todėl brėžiant voltamperines charakteristikas nurodytos maksimalios ir minimalios srovės stiprio vertės ( $I_{maxd}$ ,  $I_{mind}$  – atitinkamai maksimalios ir minimalios srovės didinant įtampą tarp elektrodų;  $I_{maxm}$ ,  $I_{minm}$  – mažinant įtampą). Bandymai atlikti su vario katodu.

7 paveiksle pateikta voltamperinių charakteristikų  $I_d = f(U)$ , nustatytų naudojant Cu katodą ir 5 proc.  $NaHCO_3$  elektrolitą, šeima (elektrolito masė  $m = 45$  g): 1 – 7 nustatytos, kai  $U = 220$  V ir  $1 - f = 125$  Hz,  $t/T = 0,25$ ; 2 – 167 Hz, 0,3; 3 – 250 Hz, 0,05; 4 – 333 Hz, 0,17; 5 – 100 Hz, 0,20; 6 – 83 Hz,  $t/T = 0,17$ ; 7 – 125 Hz, 0,06 ir 8 – 150 V, 100 Hz, 0,5.



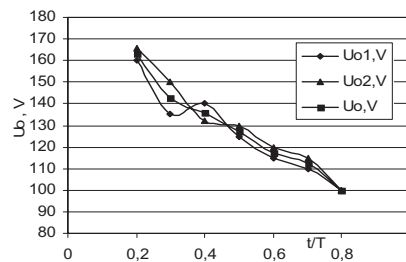
**6 pav.** Voltamperinės charakteristikos:

1 – elektrolitas 2 proc. koncentracijos NaOH tirpalas,  $f = 125$  Hz,  $t/T = 0,125$ , plazmos užsidegimo įtampa  $U_0 = 140$  V; 2 – 2%  $NaHCO_3$ , 125 Hz, 0,125, 180 V; 3 – 2% KOH, 100 Hz, 0,8, 120 V

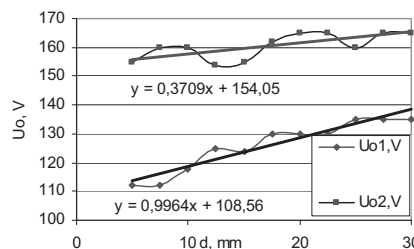


**7 pav.** Voltamperinės charakteristikos  $I = f(U)$

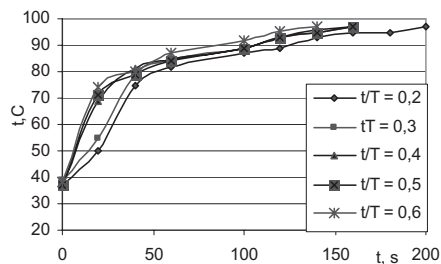
8 paveiksle pateikta užsidegimo įtampos priklausomybė nuo impulsų užpildymo koeficiento, o 9 paveiksle – nuo atstumo  $d$  tarp elektrodų. 10 paveiksle pateikta temperatūros kitimo eiga elektrolite esant skirtingiems impulsų užpildymo koeficientams. Bandymai atlikti su 5 proc.  $NaHCO_3$  elektrolitu ir Cu katodu, impulsų pasikartojimo dažnis  $f = 100$  Hz. 10 ir 11 paveikluose pateiktos nustatytų energijos efektyvumo rodiklių  $k$  reikšmės keičiant vandenilio plazmos elemento darbo sąlygas.



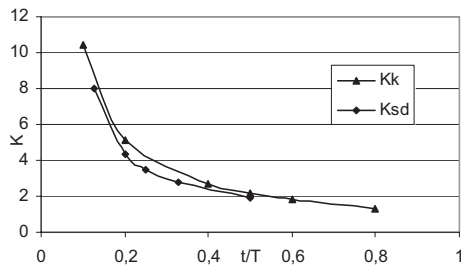
**8 pav.** Plazmos užsidegimo įtampos  $U_0 = f(t/T)$ :  $U_{01}$ ,  $U_{02}$  – pakartotiniai matavimai tomis pačiomis sąlygomis,  $U_0$  – matavimų vidurkis.



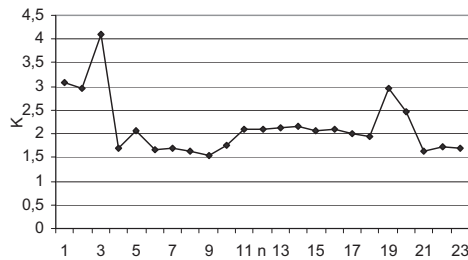
**9 pav.** Užsidegimo įtampos priklausomybė  $U_0 = f(d)$  nuo atstumo tarp elektrodų ( $U_{01} - t/T = 0,5$ ,  $U_{02} - 0,2$ ,  $y = f(x)$  – krypties linijos)



**10 pav.** Temperatūros kitimo eiga prie skirtingų impulsų užpildymo koeficientų  $t/T$



12 pav. Energijos efektyvumo koeficientų sklaida, kai  $t/T = 0,5$



11 pav. Efektyvumo koeficientai  $K = f(t/T)$  (katodas Cu):

$K_k$  – elektrolitas 2 proc. KOH tirpalas,  $U = 140 V$ ;  
 $K_{sd}$  – 2 proc. NaHCO<sub>3</sub>,  $U = 220 V$

### Išvados

1. Vandenilio plazmos elemento pagrindiniai darbo parametrai – voltamperinės charakteristikos, plazmos egzistavimo sritys, energijos efektyvumo rodikliai – priklauso nuo maitinimo impulsų užpildymo koeficientų.

2. Elemento energijos efektyvumo koeficientai (t. y. elemente sunaudoto šilumos kiekio gairinant vandenį santykis su jame sunaudota vidutiniškai elektros energija) didėja mažėjant užpildymo koeficientui, tačiau didėja plazmos užsidegimo įtampa ir mažėja temperatūros augimo sparta.
3. Vandenilio plazmos elemente vykstantys procesai dažnai yra sporadiniai, priklauso nuo įvairių atsitiktinių poveikių, todėl norint apibrėžti optimalias darbo sąlygas reikėtų iš daugelio atliktų eksperimentų nustatyti parametrų statistinius įverčius.

### Literatūra

1. Worldwatch paper 157. *Hydrogen Futures: Toward a Sustainable Energy System*, August 2001.
2. Fleishmann S., Pons S., Hawkins M., 1989, Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *J. Elektroanal. Chem.* V. 261. № 301. P. 187.
3. Kanarev Ph. M., Mizuno T. *Cold Fusion by electrolysis of water*. Prieiga internete: <http://www.guns.connect.fi/inoplaza/energy/story/Kanarev/>.
4. Storms E., 2007, *The Science of Low Energy Nuclear Reaction*. World Scientific Publishing Co.
5. Mizuno T. *Glow Discharge in Light Water with W Electrodes*. Prieiga internete: <http://jlnlabs.online.fr/cfr/mizuno/index2.htm>.
6. Lankauskas A., Ščiukaitė J., Pelanskienė A., 2008, Vandenilio plazmos celės eksperimentiniai tyrimai. *Jauniųjų mokslininkų darbai*. Nr. 3 (19). P. 177–181.
7. Канарев Ф. *Еще раз о мощности электрических импульсов*. Prieiga internete: <http://Kanarev.innoplaza.net>.

## THE RESEARCH ON THE FUNCTIONING OF HYDROGEN PLASMA CELL IN DYNAMIC MODE

*Andrius Gečas, Janė Ščiukaitė, Aurelija Pelanskienė, Alfredas Lankauskas*

### Summary

The paper presents the experimental investigation into hydrogen plasma cell that operates in dynamic mode. The results of measurements of the main working parameters (energy efficiency rates, IV characteristics, conditions of plasma glow) of hydrogen plasma cell are presented in this article. These measurements were performed by using copper chrome and wolfram chrome electrodes. KOH, NaOH and NaHCO<sub>3</sub> water solutions were used as electrolytes. Great increase in hydrogen plasma cells energy efficiency rate and plasma ignition voltage was achieved by decreasing value of duty ratio. It is purposeful to identify spectral composition of plasma ignition and changes in shape and chemical composition of the electrodes for the better understanding of the processes in the hydrogen plasma cell.

**Keywords:** hydrogen plasma cell, electrolysis, cold fusion, energy efficiency.

**VANDENILIO PLAZMOS ELEMENTO DARBO DINAMINIŲ REŽIMU TYRIMAI**

*Andrius Gečas, Janė Ščiukaitė, Aurelija Pelanskienė, Alfredas Lankauskas*

**Santrauka**

Šis darbas skirtas vandenilio plazmos elemento darbo dinaminiais režimais tyrimams. Norint nustatyti optimalias elemento darbo sąlygas pateikti pagrindinių elementų darbo parametrų (voltage-ampere charakteristikų, plazmos egzistavimo sričių, energijos efektyvumo rodiklių) matavimo rezultatai įvairiomis darbo sąlygomis – keičiant maitinimo impulsų amplitudes, pasikartojimo dažnius, užpildymo koeficientus, elektrolitų tipus ir tirpalų koncentracijas bei elektrodų medžiagas ir matmenis. Nustatyta, kad vandenilio plazmos elemento energijos efektyvumo rodiklis didėja mažėjant impulso užpildymo koeficientui, tačiau didėja ir plazmos užsidegimo įtampa bei lėtėja temperatūros augimo sparta.

Vandenilio plazmos elemente vykstantys procesai dažnai yra sporadiniai, priklauso nuo įvairių atsitiktinių poveikių, todėl, norint nustatyti optimalias darbo sąlygas, reikėtų iš daugelio atliktų eksperimentų nustatyti parametrų statistinius įverčius.

**Prasminiai žodžiai:** vandenilio plazmos elementas, maitinimo impulsai, impulsų užpildymo koeficientas, užsidegimo įtampa, energijos efektyvumas.

Įteikta 2010-09-20