


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE		KATEDRA FYZIKY	
LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY			
Jméno			Datum měření
Stud. rok	2018/2019	Ročník	2.
			Datum odevzdání 4.12.2018
Stud. skupina	6	Lab. skupina	Klasifikace
Čís. úlohy	Název úlohy	Měření charakteristik palivového článku	

1 Úkol měření

1. Proměřit voltampérovou charakteristiku elektrolyzéru, sestavit graf a určit rozkladné napětí elektrolyzéru.
2. Proměřit zatěžovací voltampérovou charakteristiku palivového článku, sestavit graf a odhadnout maximální výkon, který lze z článku odebírat.

2 Měřicí přístroje

1. 4 digitální multimetry MY-65; nejistoty jsou uvedeny v příloze 1

3 Naměřené hodnoty a výpočty

3.1 Příprava měření

V našem případě v elektrolyzéru nebyla voda. Nejdříve jsme zkontrolovali, že palivový článek není zkratován a pracuje naprázdno. Do nádřky jsme nalili destilovanou vodu a nastavili jsme výstupní napětí na 5V, proud na 2A. Za několik minut plastový nástavec na vodíkové straně elektrolyzéru se naplnil do poloviny vodou, po té jsme nasadili hadičky.

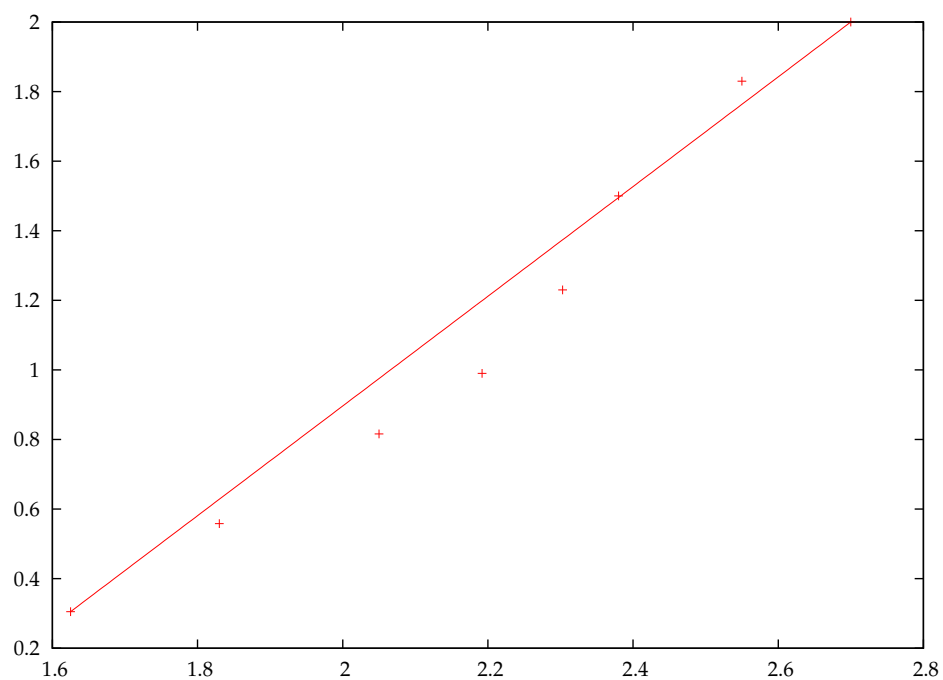
3.2 Měření voltampérové charakteristiky

Na začátku měření proud I protékající elektrolyzérem je nastaven na 2A. Po dvou minutách jsme ho začli postupně snižovali až do minimální hodnoty. Pro

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$I[\text{A}]$	2,0	1,83	1,5	1,23	0,99	0,816	0,558	0,305
$U[\text{V}]$	2,7	2,55	2,38	2,303	2,192	2,05	1,835	1,625

Tabulka 1: Hodnoty napětí a proudu

každou hodnotu proudu bylo vypočítáno napětí. Vysledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 1.



Obrázek 1: Voltampérová charakteristika elektrolyzéru

Aproximační funkce

$$y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x^1 + a_0, \quad y(x) = A e^{kx}, \quad y(x) = c x^m$$

Průběh č. 1
$a_0 = 0.26099986307682$
$a_1 = -8.4285665455533$
$\sigma_{a0} = 0.0020024940895616$
$\sigma_{a1} = 0.071784671514502$
$\chi^2/\nu = 0.0001770631874392$
$(\chi^2/\nu)^{1/2} = 0.013306509213133$

Obrázek 2: Aproximační funkce pro graf závislosti $I(U)$

Z obrázku 1 vidíme, že závislost napětí na proudu je lineární. Aproximační funkce

$$I = a_0 + a_1 U \quad (1)$$

má koeficienty

$$a_0 = -2,5000 \quad (2)$$

a

$$a_1 = 1,6561 \quad (3)$$

Vypočítáme rozkladné napětí U_r . To se určí jako průsečík aproximační funkce (1) s osou nezávislé proměnné (v našem případě napětí).

$$U_r = \frac{2,5000}{1,6561} = 1,5096 \text{ V} \quad (4)$$

Nejistota měření

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (5)$$

u_B je nejistota pro MY-65, která je $\pm 2,0\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 10 A. S nejistotou dostáváme

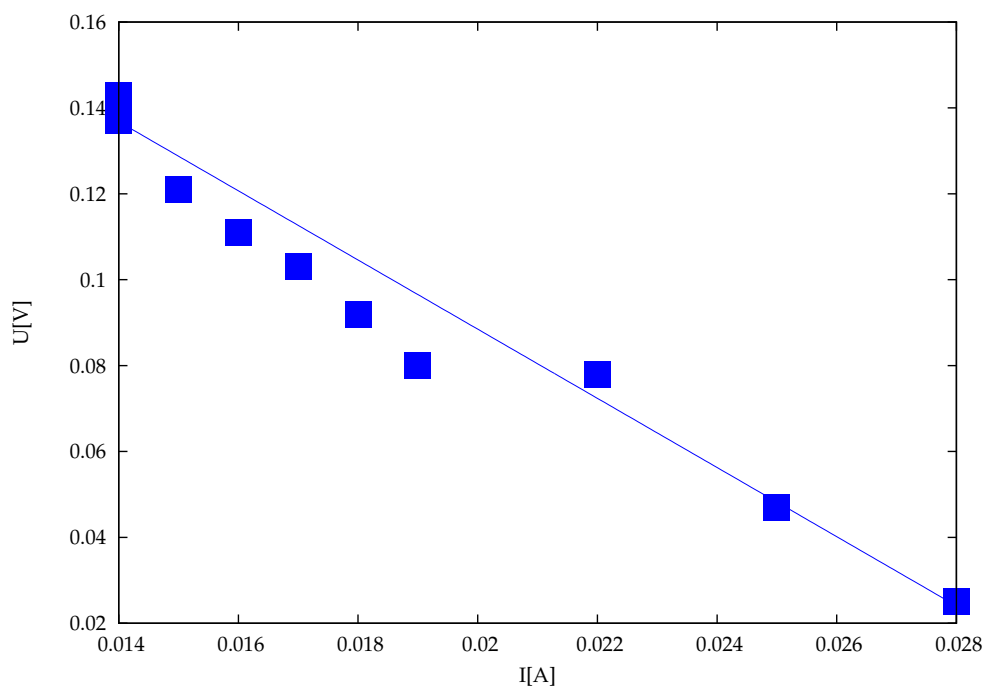
$$U_r = 1,5096 \pm 0,1048 \text{ V} \quad (6)$$

3.3 Měření zatěžovací voltampérové charakteristiky palivového článku

Nastavili jsme proud tekoucí elektrolyzérem na 2 A. Po době pěti minut palivový článek byl ztížen rezistorem s odporem $2\ \Omega$. Po jeho odpojení jsme změřili napětí naprázdno U_0 .

$$U_0 = 0,223\ V \quad (7)$$

Postupně jsme zatěžovali palivový článek různými rezistory a zapojovali jsme je tak, aby celkový odpor v obvodu byl celočíselný. Výsledky měření napětí a proudů pro různé odpory jsou uvedeny v tabulce 2.



Obrázek 3: Graf závislosti $U(I)$

Pro naměřené hodnoty napětí a proudu jsme vypočítali výkon P [W] pomocí vzorce

$$P = UI \quad (8)$$

Výsledek je uveden v tabulce 2, kde největší spočítaný výkon je v tabulce označen tučně. Vidíme, že maximální výkon odpovídá maximálnímu napětí a minimálnímu proudu (resp. maximálnímu odporu).

Aproximační funkce

$$y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x^1 + a_0, \quad y(x) = A e^{kx}, \quad y(x) = c x^m$$

Průběh č. 1
$a_0 = 0.24955624680064$
$a_1 = -8.0538323410142$
$\sigma_{a0} = 0.00022094918545277$
$\sigma_{a1} = 0.0095625368348214$
$\chi^2/\nu = 34.909102386416$
$(\chi^2/\nu)^{1/2} = 5.9083925382811$

Obrázek 4: Aproximační funkce pro graf závislosti $U(I)$

Vypočítáme nejistotu $u_{c(I)}$ pro proud pomocí vzorce

$$u_{c(I)} = \sqrt{u_{A(I)}^2 + u_{B(I)}^2}, \quad (9)$$

kde $u_{b(I)}$ je $\pm 0,8\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 20mA.

$$u_{b(I)} = (0,014 \cdot \frac{0,8}{100} + \frac{10}{100}) \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,0044456 \text{ mA} \quad (10)$$

Požitím výsledku ze vzorce (10) a obrázku (4) dostáváme

$$u_{c(I)} = 0.0011 \text{ A} \quad (11)$$

Nejistotu $u_{c(U)}$ pro napětí vypočítáme obdobně. $u_{b(U)}$ je $\pm 0,5\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 2V.

$$u_{c(U)} = \sqrt{u_{A(U)}^2 + u_{B(U)}^2} = 0,0129 \text{ V} \quad (12)$$

$R[\Omega]$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I[A]$	0,028	0,025	0,022	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014	0,014
$U[V]$	0,025	0,047	0,078	0,08	0,092	0,103	0,111	0,121	0,137	0,143
$P[W]$	0,0007	0,0012	0,0017	0,0015	0,0017	0,0018	0,0018	0,0018	0,0019	0,002

Tabulka 2: Hodnoty odporu, napětí, proudu a výkonu

Výkon je násobkem dvou veličin s nejistotami. Abychom zjistili nejistotu výkonu $u_{c(P)}$ musíme použít vzorec

$$Z = XY \Rightarrow u^2(Z) = \bar{y}^2 u^2(X) + \bar{x}^2 u^2(Y) \quad (13)$$

Dosazením hodnot ze vzorců (11) a (12) dostáváme

$$u_{c(P)} = 0,00015623 \text{ W} \quad (14)$$

Potom

$$P = (2,0 \pm 0,2) \text{ mW} \quad (15)$$

považujeme za odhad maximálního výkonu, který lze odebírat z měřeného palivového článku.

4 Závěr

První podúlohou bylo měření voltampérové charakteristiky palivového článku. Naměřené hodnoty jsme proložili polynomem prvního stupně. Pomocí parametru aproximační funkce bylo vypočítáno rozkladné napětí elektrolyzérů Ur.

$$U_r = (1,5 \pm 0,1) \text{ V} \quad (16)$$

Druhá podúloha bylo měření zatěžovací voltampérové charakteristiky palivového článku. Pomocí naměřených hodnot jsme odhadli maximální výkon, který lze z měřeného článku odebrat.

$$P = (2,0 \pm 0,2) \text{ mW} \quad (17)$$

5 Literatura

1. herodes.feld.cvut.cz/mereni/
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Electric power](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_power)
3. <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/manualy/my65.pdf>

6 Příloha 1: Použité nejistoty digitálního multimetru MY-65

1. $\pm 2,0\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 10 A střídavého proudu.
2. $\pm 0,8\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 20mA střídavého proudu.
3. $\pm 0,5\%$ z údaje ± 10 digitů pro rozsah 2V střídavého napětí.