



**ČVUT**  
ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
KATEDRA FYZIKY

# LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno <b>Viktor Procházka</b>		Datum měření <b>15.4.2024</b>
Semestr <b>Letní 2024</b>	Ročník <b>1.</b>	Datum odevzdání
Studijní skupina <b>16</b>	Laboratorní skupina <b>104-1L</b>	Klasifikace
Číslo úlohy <b>9</b>	Název úlohy <b>Měření charakteristik palivového článku</b>	

## Obsah

Obsah.....	Error! Bookmark not defined.
1. Úkol měření .....	2
2. Seznam použitých přístrojů .....	2
3. Tabulky naměřených hodnot, zpracování .....	3
Voltampérová charakteristika PEM elektrolyzéro.....	3
Výpočet rozkladného napětí elektrolyzéro .....	3
Voltampérová charakteristika palivového článku .....	3
Nejistoty: .....	3
Výsledky.....	4
4. Graf(y) .....	4
Graf 1: .....	4
Graf 2: .....	4
5. Zhodnocení výsledku měření .....	5
6. Seznam použité literatury .....	5
7. Kopie záznamu s naměřenými hodnotami .....	5

## 1. Úkol měření

Prvním úkolem bylo proměřit voltampérovou charakteristiku PEM elektrolyzéro, sestavit graf a extrapolací určit rozkladné napětí elektrolyzéro.

Druhým úkolem bylo proměřit zatěžovací voltampérovou charakteristiku PEM palivového článku, sestavit graf a odhadnout maximální výkon, který lze z článku odebírat.

## 2. Seznam použitých přístrojů

Přístroj (počet)	Typ	Přesnost	Výrobce	Použitý rozsah
Multimetr (2x) (použit k měření napětí)	MY65	+ - 3 digity + 0.1 % z údaje	Mastech	0-20 V
Multimetr (2x) (použit k měření proudu)	MY65	+ - 10 digitů +2 % z údaje	Mastech	0.001-10 A
Elektrolyzér				
Palivový článek				
Regulovatelný zdroj				
Rezistory (4x, 1x, 4x)	1 $\Omega$ , 2 $\Omega$ , 10 $\Omega$	+ -2 %		
Rezistory (2x)	5 $\Omega$	+ -5 %		

### 3. Tabulky naměřených hodnot, zpracování

#### Voltampérová charakteristika PEM elektrolyzáru

Nejdříve jsme si změřili za pomoci multimetrů voltampérovou charakteristiku PEM elektrolyzáru.

Zde je 8 hodnot co jsme si změřili:

<b>U(V)</b>	2,800	2,609	2,504	2,404	2,316	2,117	1,959	1,730
<b>I(A)</b>	2.021	1,765	1,572	1,343	1,132	0,894	0,691	0,469

Účelem tohoto měření bylo získat data, která jsou nutná pro výpočet **rozkladného napětí elektrolyzáru**.

#### Výpočet rozkladného napětí elektrolyzáru

Zadal jsem změřené hodnoty do serveru [planck.fel.cvut.cz/praktikum](http://planck.fel.cvut.cz/praktikum) a po proložení přímkou získám:

$$I = a_0 + a_1 U \text{ [A]}$$

Kde  $a_0 = -2.27$  a  $a_1 = 1.52$

Viz Graf 1.

Rozkladné napětí je tam, kde protíná přímka osu proudu, tudíž  $I = 0$ . Po dosazení do předchozí rovnice vyšlo **rozkladné napětí:  $U = 1.49 \text{ V}$** .

Proložením přímkou grafem vyšla nejistota typu b:  $u_b = \pm 0.058 \text{ V}$ .

#### Voltampérová charakteristika palivového článku

Poté jsme změřili napětí a proud samotného palivového článku a vyzkoušeli jsme 12 různých zapojení rezistorů, abychom vytvořili co největší rozsah hodnot.

<b>U(V)</b>	0,846	0,828	0,802	0,782	0,748	0,729	0,703	0,632	0,441	0,272	0,174	0,107
<b>I(A)</b>	0,020	0,028	0,040	0,051	0,074	0,089	0,116	0,155	0,217	0,262	0,328	0,380
<b>R(Ω)</b>	40	30	20	15	10	8	6	4	2	1	0,5	0,25

Výkon získáme ze vzorce  **$P = U \times I \text{ [W]}$**  (pro DC). Dosazením hodnot získáme:

$$P = 0.632 * 0.155 = 97.96 \text{ [mW]}$$

Maximální výkon je 97.96 mW.

#### Nejistoty:

##### Nejistota typu B:

$$\text{Multimetr (V): } U_b = \frac{n \text{ digitů} + \% \text{ naměřené hodnoty}}{\sqrt{3}} = \frac{0.001 * 0.632 + 0.003}{\sqrt{3}} = + - 0.0021 \text{ V}$$

$$\text{Multimetr (A): } I_b = \frac{n \text{ digitů} + \% \text{ naměřené hodnoty}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02 * 0.155 + 0.01}{\sqrt{3}} = + - 0.0076 \text{ A}$$

##### Nejistota typu C:

$$u^2(Z) = y^2 * u^2(X) + x^2 * u^2(Y) = (0.155 * 0.021)^2 + (0.632 * 0.076)^2 = + - 2.44 * 10^{-8} \text{ [W]}$$

$$u(C) = \sqrt{2.44 * 10^{-8}} = 0.00016 \text{ [W]} = 0.16 \text{ [mW]}$$

3.1

3.2

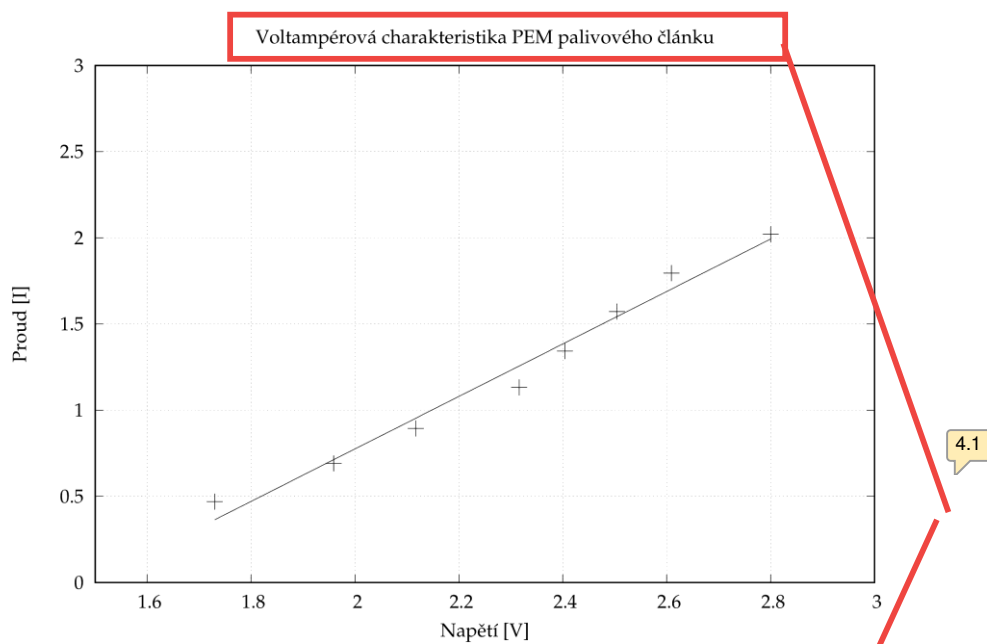
## Výsledky

Rozkladné napětí elektrolyzáru:  $U = (1.49 \pm 0.058) \text{ V}$

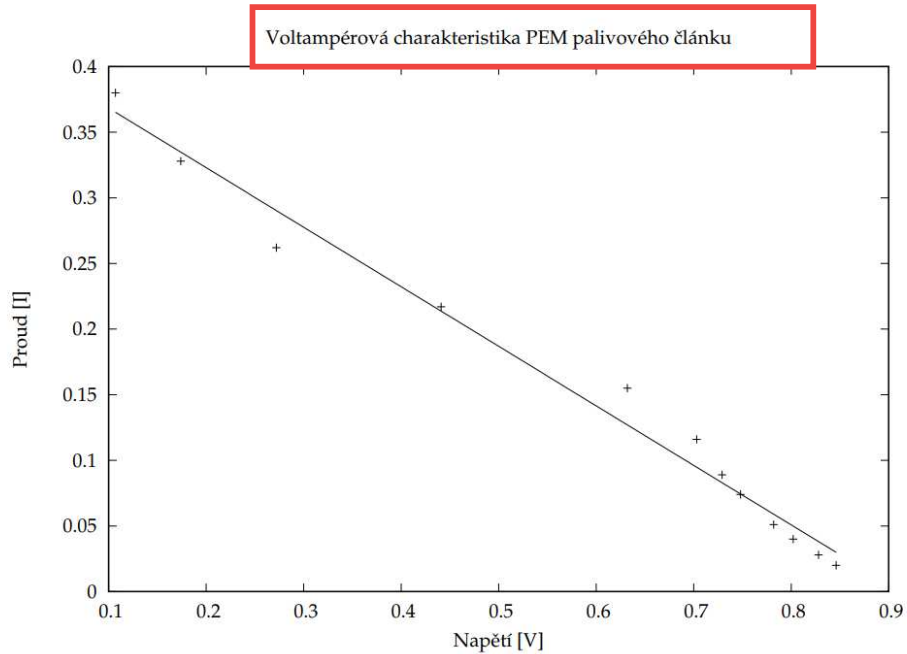
Odhadovaný maximální výkon:  $P = (97.96 \pm 0.16) \text{ mW}$

## 4. Graf(y)

Graf 1:



Graf 2:



## 5. Zhodnocení výsledku měření

Pomocí grafické analýzy voltampérové charakteristiky elektrolyzéru jsme určili rozkladné napětí metodou lineární regrese. Toto napětí činí  $(1.49 \pm 0.058)$  V. Také jsme určili maximální výkon palivového článku, který činí  $(97.96 \pm 0.16)$  mW při odporu  $4 \Omega$ .

Nepřesnosti v měření vznikly především z odchylek multimetrů, a kdybychom počkali déle při měření, než se ustálí hodnoty. Také jsme mohli udělat více měření s podobnými hodnotami odporů, a tím bychom pravděpodobně získali přesnější hodnotu maximálního výkonu palivového článku.

Kdybychom chtěli ze zdroje dostat vyšší výkon, museli bychom použít výkonnější elektrolyzér, aby stihl zásobovat zdroj vodíkem.

5.1

## 6. Seznam použité literatury

1. Měření charakteristik palivového článku, na webu:  
<https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/pemchar.pdf>
2. Zpracování fyzikálních měření, na webu:  
<https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/zpracdat.pdf>
3. Server planck (viz odkaz ve výpočtu)

## 7. Kopie záznamu s naměřenými hodnotami

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Dvě platné cifry				Měření VA charakteristiky palivového článku		
3	Měření elektrolyzéru Pro 5V				Napětí naprázdno (V)		0.932
4	Voltampérová charakteristika				Voltampérová charakteristika		
5	U(V)	I(A)	Nastavení omezovače	Výkon (mW)	U(V)	I(A)	Odpor (Ohm)
6	2.800	2.021	2A	16.92	0.846	0.020	40
7	2.609	1.765		23.184	0.828	0.028	30
8	2.504	1.572		32.08	0.802	0.040	20
9	2.404	1.343		39.882	0.782	0.051	15
10	2.316	1.132		55.352	0.748	0.074	10
11	2.117	0.894		64.881	0.729	0.089	8
12	1.959	0.691		81.548	0.703	0.116	6
13	1.730	0.469		97.96	0.632	0.155	4
14				95.697	0.441	0.217	2
15				71.264	0.272	0.262	1
16				57.072	0.174	0.328	0.5
17				40.66	0.107	0.38	0.25
18							
19							

# Index komentářů

---

- 3.1 Bez závorek
- 3.2 Není jasné co dosazují, obecný vztah chybí
- 4.1 Proč jsou průběhy rozdílné, když jde o stejné grafy?
- 5.1 Toto není pravda. Výkon je funkcí plochy elektrod.