

*AUTORIZOVANÝ SOFTWARE*

*PROVOZNÍ CHARAKTERISTIKY PEMFC - V 0.1*

---

Autor: *Ing. Pavel Novotný, 61920  
Prof. Ing. František Maršík, DrSc., 61920  
PhDr. Martin Tomáš, Ph.D., 61920*

Číslo projektu: *CENTEM CZ.1.05/2.1.00/03.0088*

Číslo výsledku: *NTC-ASW-13-005*

Odpovědný pracovník: *Ing. Pavel Novotný*

Vedoucí odboru: *Prof. Ing. František Maršík, DrSc.*

Ředitel centra: *Doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček*

---

**Jazyk výsledku:** CZ  
**Hlavní obor:** BJ, JE  
**Uplatněn:** ANO  
**Poznámka:** <http://www.ntc.zcu.cz/vysledky/sw/NTC-ASW-13-005.html>

**Název výsledku česky:**

*Provozní charakteristiky PEMFC - v 0.1*

**Název výsledku anglicky:**

*Operating characteristics of PEMFC - v 0.1*

**Abstrakt k výsledku česky:**

*Software slouží k zobrazování základních provozních charakteristik (volt-ampérová charakteristika, výkonová křivka, účinnost) vodíkového palivového článku s polymerní elektrolytickou membránou (dále PEMFC). Software po načtení dat naměřených dat na reálném PEMFC provede převody naměřených veličin, základní výpočty a určí účinnost odpovídající maximálnímu výkonu analyzovaného PEMFC.*

**Abstrakt k výsledku anglicky:**

*The main purpose of this software is to picture basic operating characteristic of the hydrogen fuel polymer electrolyte fuel cell (PEMFC). The basic operating characteristics are  $i$ - $V$  curve, power curve and efficiency. After data reading, that are obtained by measuring of the real PEMFC, the software converts measured quantities, makes basic calculations and determines an efficiency corresponding to maximum power of the analysed PEMFC.*

**Klíčová slova česky:**

*volt-ampérová charakteristika; výkonová křivka; účinnost*

**Klíčová slova anglicky:**

*$i$ - $V$  curve; power curve; efficiency*

**Vlastník výsledku:** *Západočeská univerzita v Plzni*

**IČ vlastníka výsledku:** *49777513*

**Stát:** *Česká republika*

**Lokalizace:** *Západočeská univerzita v Plzni, Nové technologie  
– výzkumné centrum*

**Licence:** *ANO*

**Licenční poplatek:** *NE*

**Ekonomické parametry:** *Ekonomické přínosy jsou ve zrychlení a v unifikaci  
vyhodnocování provozních charakteristik  
vodíkových palivových článků s polymerní  
elektrolytickou membránou.*

**Technické parametry:** *Software stanovuje základní provozní  
charakteristiky vodíkových palivových článků s  
polymerní elektrolytickou membránou na základě  
naměřených vstupních dat. David Lávička,  
Západočeská univerzita v Plzni (IČO 49777513),  
Nové technologie - výzkumné centrum, Univerzitní  
8, 306 14 Plzeň, 377634714,  
dlavicka@ntc.zcu.cz. Viz odkaz  
<http://www.ntc.zcu.cz/vysledky/sw/NTC-ASW-13-005.html>*

**Kategorie nákladů:** *A - ( výše nákladů ≤ 5 mil.)*

**Současný postup řešení:** *Popis současného řešení, pokud existuje...*

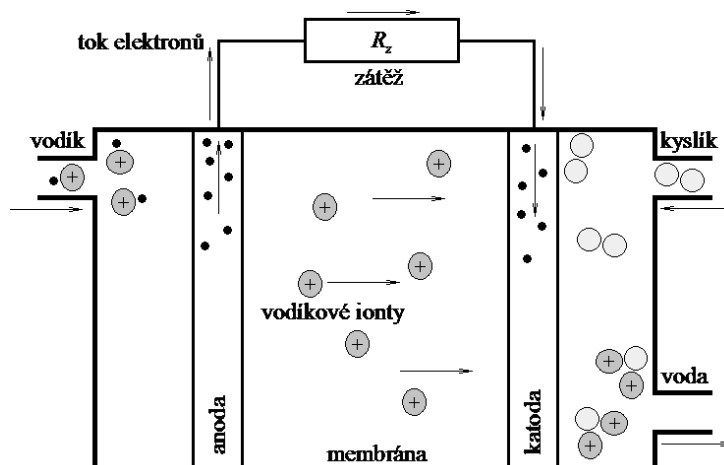
**Nový postup řešení:** *Popis nového řešení...*

**Uživatel:** *Nové technologie - výzkumné centrum,  
Západočeská univerzita v Plzni*

# Popis software

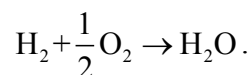
## Úvod

Pro jednotné vyhodnocování naměřených dat při laboratorním výzkumu vodíkových palivových článků s polymerní elektrolytickou membránou (dále PEMFC), Obr. 1, a následné porovnání získaných charakteristik je nutné nastavit jednotnou formu zobrazování výsledků.



Obr. 1: Schéma vodíkového palivového článku s polymerní elektrolytickou membránou, [3].

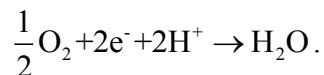
PEMFC je tvořen dvěma elektrodami, anodou a katodou, které jsou odděleny polymerní elektrolytickou membránou. K elektrodám je přiváděno palivo, které zde chemicky reaguje. PEMFC lze popsat následující reakcí



K anodě, kde obecně probíhá oxidace, je přiváděn vodík ve formě dvouatomových molekul. Na anodě dochází k ionizaci molekul vodíku



Výsledkem jsou tedy čtyři protony (čtyři ionty vodíku) a čtyři elektrony. Protony putují napříč polymerní elektrolytickou membránou ke katodě, ke které je přiváděn kyslík. Uvolněné elektrony směřují rovněž ke katodě, ale jejich cesta nevede přes polymerní elektrolytickou membránu, nýbrž přes elektrický obvod. Na katodě, kde obecně probíhá redukce, dochází k reakci



K popisu PEMFC lze užít termodynamiku, a to I. i II. zákon termodynamiky. Pomocí termodynamiky lze určit elektromotorické napětí  $V_{eq}$  [V] PEMFC ve tvaru, [1]

$$V_{eq} = -\frac{\Delta G}{z_e F},$$

kde  $\Delta G = -237340$  [Jmol<sup>-1</sup>] představuje Gibbsovu volnou energii, která je v případě palivového článku rovna maximální generované elektrické práci,  $z_e$  je počet elektronů přenesený 1 molem paliva (pro PEMFC  $z_e = 2$ ) a  $F = 96485$  [Cmol<sup>-1</sup> = Asmol<sup>-1</sup>] je Faradayova konstanta.

Pomocí termodynamiky lze určit i účinnost PEMFC, jedná se o účinnost, která se nazývá účinnost podle II. zákona termodynamiky a je dána vztahem [2]

$$\eta = \frac{z_e F V}{z_e F V_{eq}} = \frac{V}{V_{eq}} [-],$$

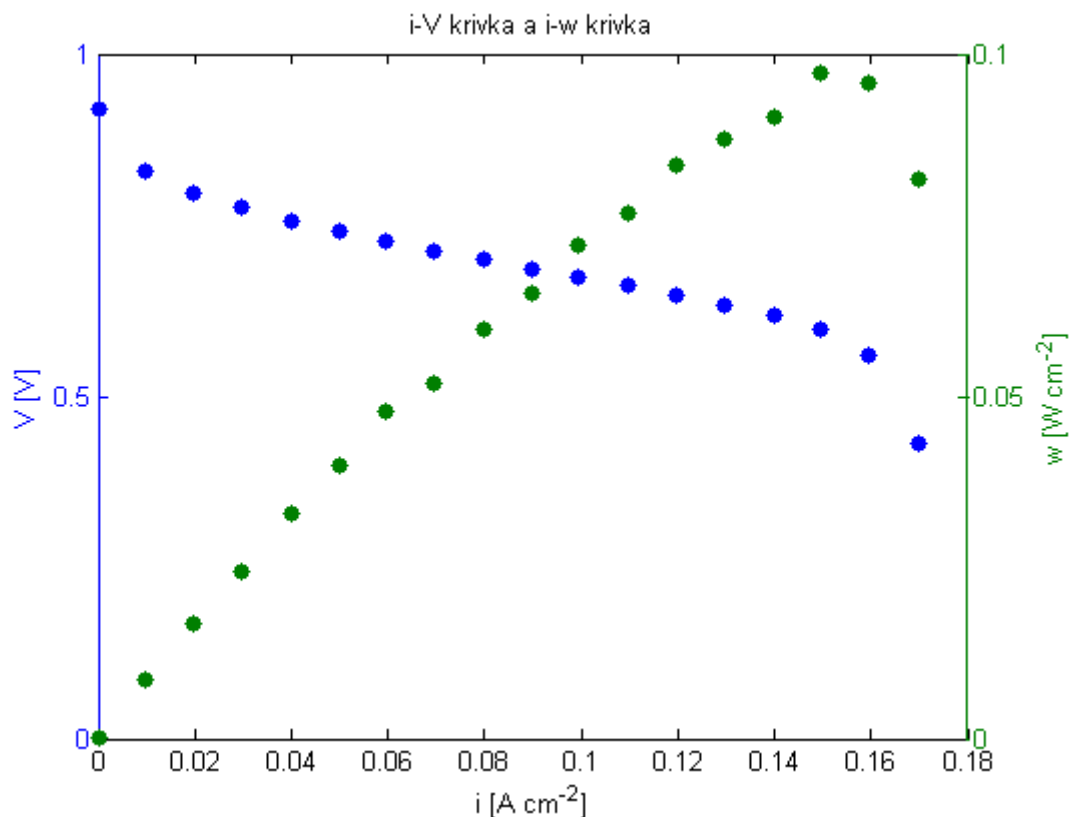
kde  $V$  [V] je změřené napětí PEMFC.

### Výsledky a shrnutí

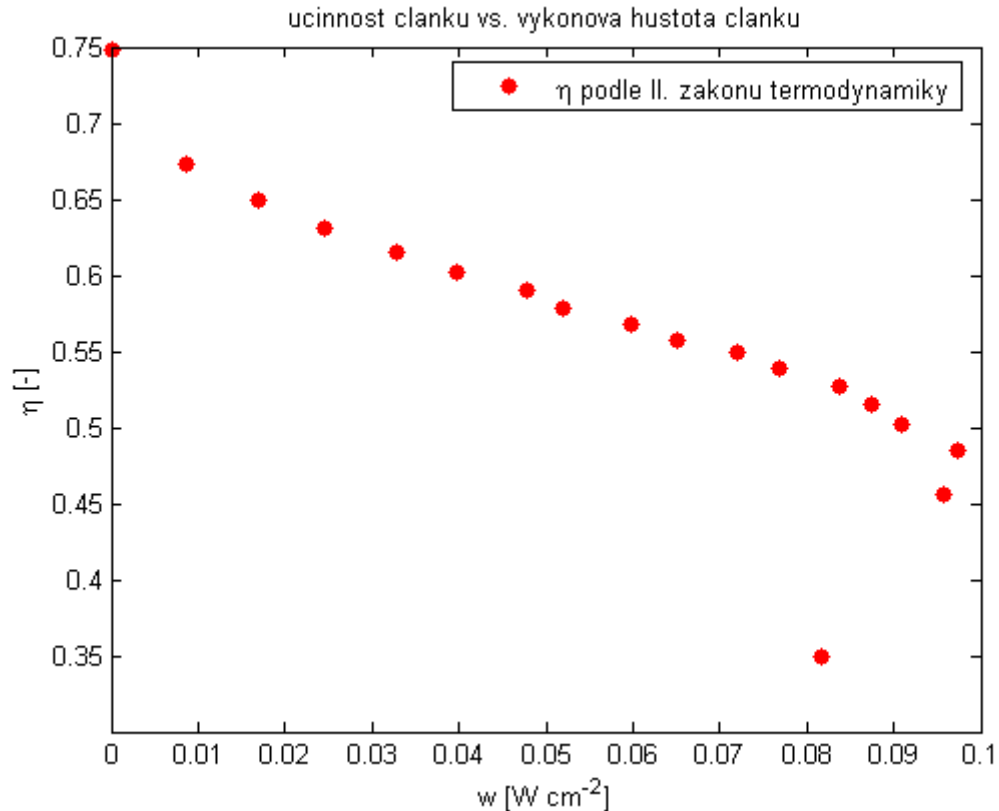
Popisovaný software je vytvořený v programu Matlab a na základě dat získaných měřením, Obr. 2., určí provozní charakteristiky PEMFC, jako je volt-ampérová charakteristika (i-V křivka), výkonová charakteristika (i-w křivka) a určení účinnosti, Obr. 3, a její maximální hodnoty, v tomto případě účinnosti podle II. zákona termodynamiky, Obr. 4.

A1	Operator,G11-470,Sample,.....														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Operator,G11-470,Sample,.....														
2	.....														
3	.....														
4	Polarization_2013-04-25_13:22:34.343,.....														
5	2013-04-25_13:22:34.343,.....														
6	Polarization,.....														
7	5,.....														
8	Description,.....load_value,current_density,mean_cell_voltage,stack_voltage,stack_power,standard_dev,max_cell_voltage,min_cell_voltage														
9	Unit,.....A,mAmp/cm^2,V,V,W,\$\$\$,V,V														
10	Elapsed_Time,Date,Time,Comment,MarkPoint,load_value,current_density,mean_cell_voltage,stack_voltage,stack_power,standard_dev,max_cell_voltage,min_cell_voltage														
11	1,2013-04-25,13:03:11.093,,1,0.004,0.064,0.920,0.953,0.003,0.000,0.920,0.920														
12	2,2013-04-25,13:04:17.093,,1,0.495,9.900,0.828,0.881,0.436,0.000,0.828,0.828														
13	3,2013-04-25,13:05:26.093,,1,0.990,19.800,0.798,0.850,0.842,0.000,0.798,0.798														
14	4,2013-04-25,13:06:34.093,,1,1.485,29.700,0.776,0.827,0.825,0.000,0.776,0.776														

Obr. 2: Formát dat získaný měřením PEMFC.



Obr. 3a: Volt-ampérová charakteristika (i-V křivka), výkonová charakteristika (i-w křivka) - příklad výsledku.



Obr. 3b: Závislost účinnosti palivového článku na výkonové hustotě článku - příklad výsledku.

Software také do konzole vypíše hodnotu maximální výkonové hustoty a jí odpovídající hodnotu účinnosti, Obr. 4.

```

Command Window
Chces analyzovat pouze jeden soubor dat? Ano 1 x Ne 0:1
Vloz nasev souboru, který je umístěn ve stejném adresáři jako m-file, ve formě: fopen(nazev souboru s příponou mezi apostrofy) fopen('polar_curve_Dce
Maximální výkonová hustota analyzovaného článku
MaxVykonHustota =
0.097280000000000
Účinnost článku pro maximální hodnotu výkonové hustoty analyzovaného článku
MaxUcinnost =
0.48539264346507

```

Obr. 4: Příklad výpisu výsledku do konzole programu Matlab.

### Reference

- [1] Barbir, J.: *PEM Fuel Cells: Theory and Practise*. Academic Press, Waltham 2005.
- [2] Chen, E.: Thermodynamics and Electrochemical kinetics. In: G. Hoogers, ed. *Fuel Cell Technology Handbook*. Boca Raton: CRC Press 2003. ISBN: 0-8493-0877-1.
- [3] Tomáš, M., Novotný, P.: *Poznatky ze současného vývoje vodíkových palivových článků*. PMFA 58 (1), 2013, pp. 28 - 38.