Výroba a užití elektrické energie

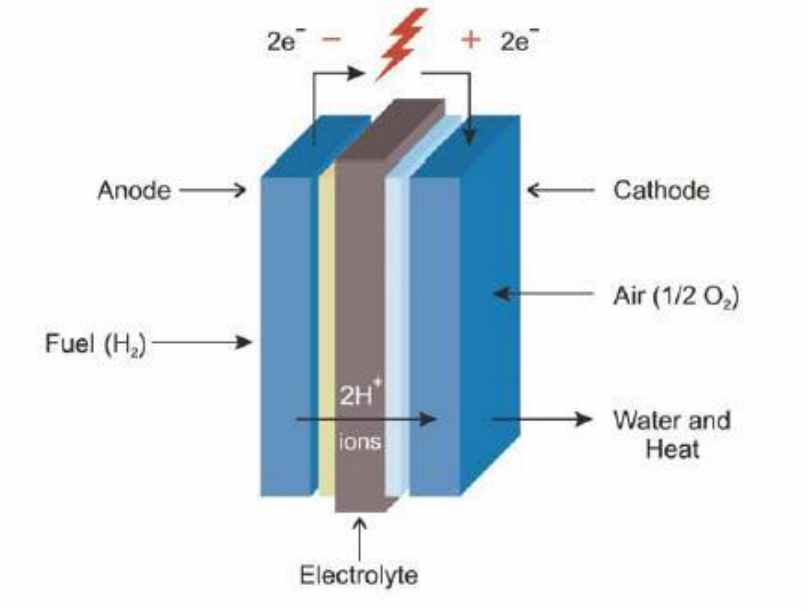
Palivové články

Úvod

- **Palivový článek je galvanický článek, který vyrábí elektřinu z energie uvolňované při chemické reakci kontinuálně přiváděného paliva s oxidačním činidlem. Obvykle se tímto pojmem míní kyslíko-vodíkový palivový článek.**
- **Vyrábějí elektřinu přímo, a proto by měly být účinnější, jednodušší a spolehlivější.**
- **Historie**
  - **princip palivového článku objevil 1838 švýcarský vědec Schönbein**
  - **na základě této teoretické práce sestavil první fungující prototyp Sir Growe**
  - **1932 sestrojil Bacon první prakticky použitelný článek**
  - **60. léta 20. století - kosmický výzkum (program Apollo)**

Princip

- **Palivový článek se skládá ze dvou elektrod, které jsou odděleny membránou nebo elektrolytem. K anodě je přiváděno palivo, které je zde oxidováno. Ke katodě je přiváděno oxidační činidlo, které se zde redukuje.**
- **Elektrody - kovy nebo uhlíkové nanotrubičky, potaženy katalyzátorem (vyšší účinnost).**
- **Elektrolyt - kyseliny nebo zásady, keramiky nebo membrány.**
- **Elektrické napětí je okolo 1,23 V a závisí na typu paliva a kvalitě článku, zařazuje se více článků do série.**



Reakce

- **Palivo (například H) je na anodě katalyticky přeměněno na kationty (H^+). . Uvolněné elektrony jsou vychytány anodou a vytváří elektrický proud, který teče přes elektrický spotřebič ke katodě. Na katodě se oxidační činidlo (většinou O) redukuje na anionty (O^{2-}), a ty pak reagují s H^+ ionty na vodu.**
- **Oxidace / odevzdání elektronu**

$$Anoda : 2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$$

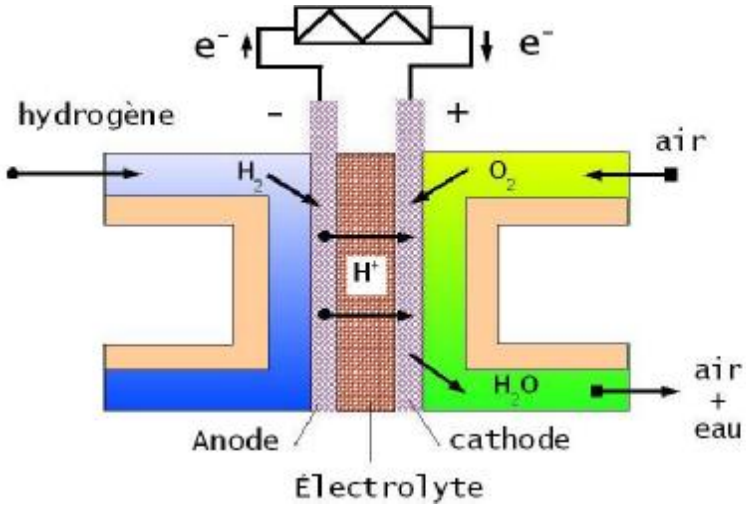
- **Redukce / přijmutí elektronu**

$$Katoda : O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$$

$$2.krok : 2O^{2-} + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$$

- **Redoxní reakce**

$$Souhrn : 2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

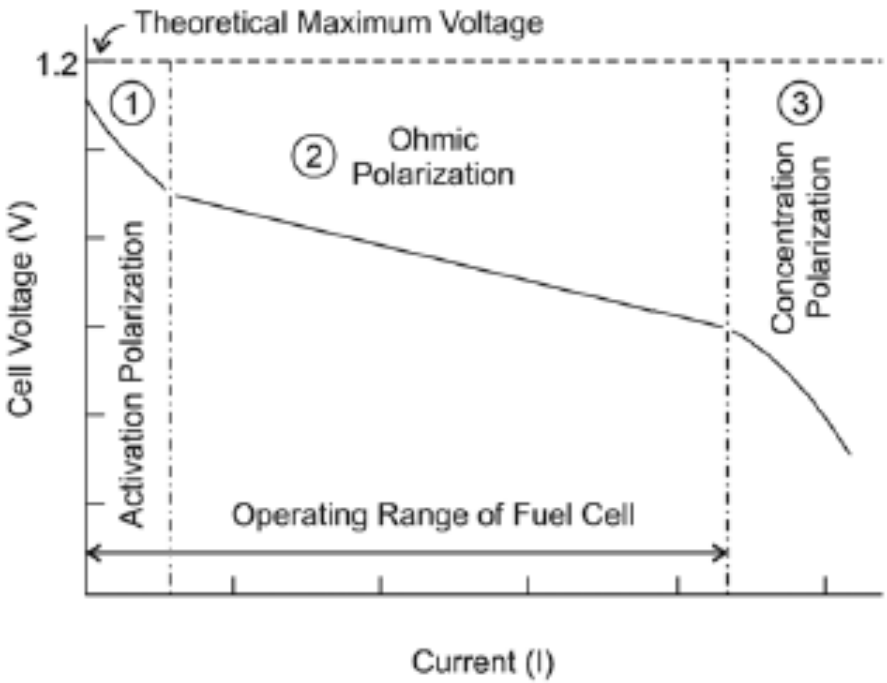


Účinnost systému palivového článku

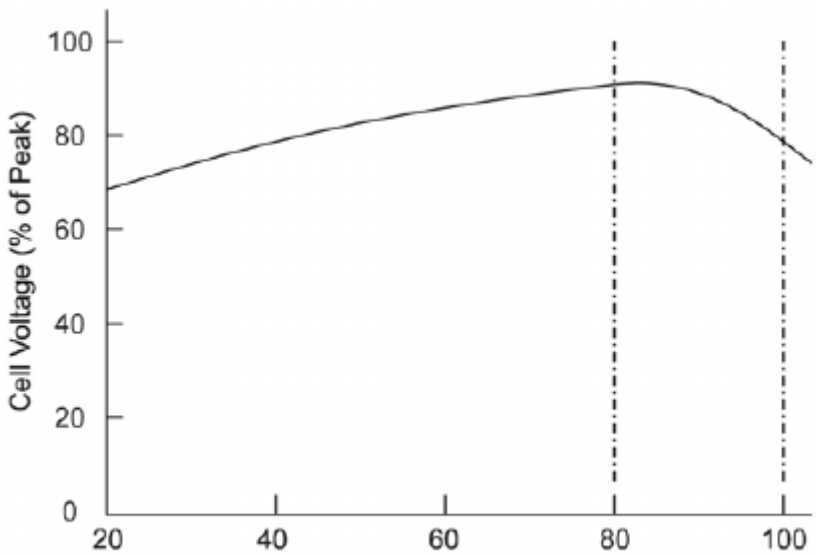
- **Účinnost palivového článku** **0 až 50 %**
- **Stlačení vzduchu** **5 %**
- **Účinnost střídače** **5 %**
- **Účinnost elektrického motoru** **97 %**
- **Celková účinnost systému** **31 až 39 %**
- **Jestliže systém využívá reformer, potom celková účinnost systému klesá v důsledku účinnosti reformeru mezi 65 a 75 % k hodnotám mezi 20 a 29 %**

Voltampérové charakteristiky

- **Polarizační křivka palivového článku typu PEM**



Účinek teploty



Výstupní teplota okysličovadla t, (°C)

Typy palivových článků

- **Vysokoteplotní palivové články**
  - **MCFC – Molten Carbonate Fuel Cells (tekuté uhličitany)**
  - **SOFC – Solid Oxide Fuel Cells (pevné oxidy)**

- **Nízkoteplotní palivové články**
  - **AFC – Alkaline Fuel Cells (alkalické)**
  - **PAFC – Phosphoric Acid Fuel Cells (kyselina fosforečná)**
  - **PEM FC – Proton Exchange Membrane Fuel Cells (protonová membrána)**
  - **DMFC – Direct Methanol Fuel Cells (přímé zpracování methanolu)**

Typy palivových článků

Typ palivového článku	Druh elektrolytu	Provozní teplota, [°C]	Napětí naprázdno, [V DC]	Použitá paliva
AFC (Alkaline Fuel Cell)	Hydroxid draselný (KOH)	65 - 220	1,1 - 1,2	$H_2 + O_2$
PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)	Proton Exchange Membrane (Nafion, Gore)	50 - 100	1,1	$H_2 + O_2$/vzduch
PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	Kyselina fosforečná	150 - 210	1,1	H_2 /plyn bohatý na vodík + vzduch
MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)	Vysokoteplotní sloučenina uhlíkových solí CO_3 (Sodík, Hořčík)	650	0,7 - 1,0	H_2 /plyn bohatý na vodík + vzduch
SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	Sloučeniny pevných keramik (Vápník. Zirkonium)	800 - 1000	0,8 - 1,0	H_2 /plyn bohatý na vodík + vzduch
DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)	Proton Exchange Membrane (Nafion, Gore)	130	1,1	Methanol/Ethanol + O_2/Vzduch

Výhody palivových článků

- **bez znečišťujících látek**
- **vyšší termodynamická účinnost**
- **pracují při nízkých provozních teplotách**
- **kogenerační aplikace**
- **nízká úroveň hluku**
- **jednoduchá konstrukce**

Nevýhody palivových článků

- **obtížně se vyrábí a uskladňuje**
- **požadují relativně čisté palivo**
- **velmi drahé**
- **PEM FC nesmí vyschnout**
- **odstranění zbytkové vody**