

MAGNETOHYDRODYNAMICKÝ (MHD) GENERÁTOR

Vojtěch Bednář, Jiří Šleis

Obsah prezentace

- *Úvod*
- Princip MHD generátoru
- Typy MHD generátorů
 - Faradayův generátor s průběžnými elektrodami
 - Faradayův generátor s článkovými elektrodami
 - Hallův generátor
 - Diskový generátor
- Využití MHD
- Experiment
 - Konstrukce
 - Měření
- Závěr

- Náš experiment zaměřen výhradně na MHD generátor
- MHD generátor - zařízení na výrobu energie
- v praxi použití MHD pohonu –
dávkače rud, vesmírný program

Obsah prezentace

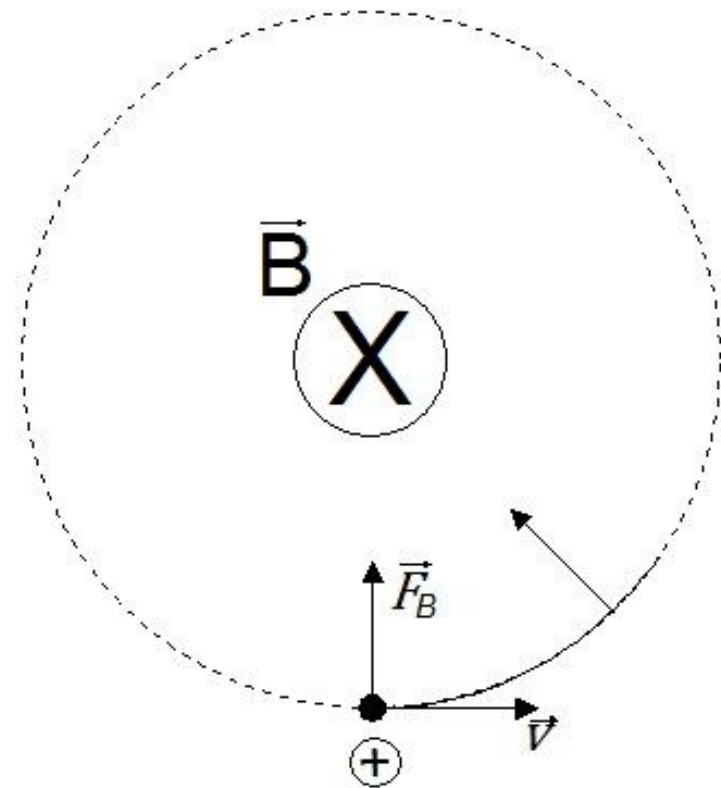
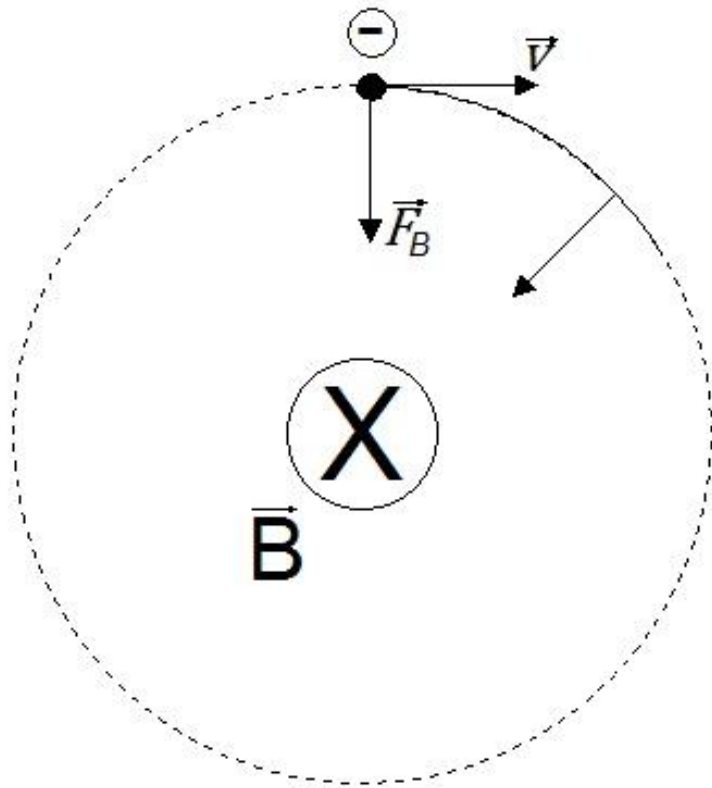
- Úvod
- *Princip MHD generátoru*
- Typy MHD generátorů
 - Faradayův generátor s průběžnými elektrodami
 - Faradayův generátor s článkovými elektrodami
 - Hallův generátor
 - Diskový generátor
- Využití MHD
- Experiment
 - Konstrukce
 - Měření
- Závěr

- při pohybu nabitých částic v magnetickém poli na částice působí Lorentzova síla F_B :

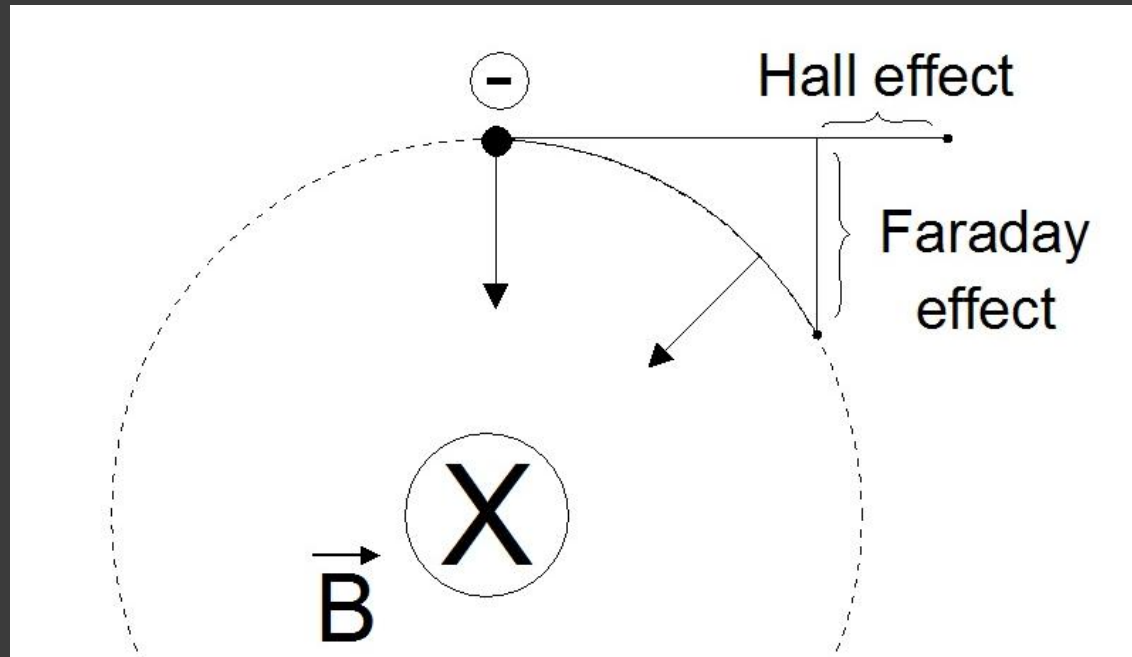
$$\mathbf{F}_B = Q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

- Lorentzova síla způsobuje zakřivení trajektorií nosičů náboje

Zakřivení trajektorie:



- Kanál s vodivým médiem – ionizovaný plyn, roztoky solí, kyselin...



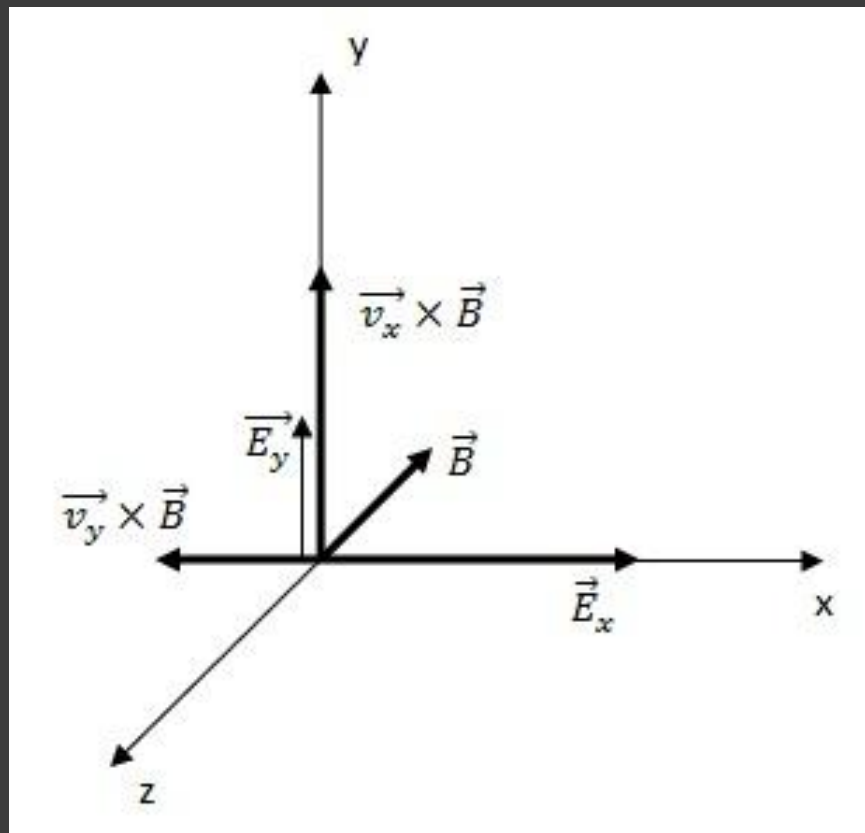
- Faradayův jev - nabité částice se posouvají ke kraji kanálu
- Hallův jev - nabité částice se vůči neutrálním částicím zpomalují

Obečná situace [1]

$$\vec{v} = -\mu \vec{E}$$

$$\vec{J} = \sigma_0 \vec{E}$$

$$\vec{J} = -\sigma_0 \frac{\vec{v}}{\mu}$$



$$\vec{E}_f = \vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}$$

$$v_x = -\mu(E_x - v_y \times B)$$

$$v_y = -\mu(E_y + v_x \times B)$$

$$v_z = -\mu E_z$$

$$\beta = -\mu B$$

$$v_x = -\frac{\mu}{(1 + \beta^2)}(E_x + \beta E_y)$$

$$v_y = -\frac{\mu}{(1 + \beta^2)}(E_y - \beta E_x)$$

$$v_z = -\mu E_z$$

$$J_x = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} (E_x + \beta E_y)$$

$$J_y = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} (E_y - \beta E_x)$$

$$J_z = -\mu E_z$$

E intenzita původního pole

E_s intenzita výsledného pole, které měříme

$$\begin{aligned}E_x &= -E_{sx} \\E_y &= vB - E_{sy} \\E_z &= -E_{sz}\end{aligned}$$

$$K = \frac{E_{cc}}{E_{oc}}$$

Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

Faradayův generátor s článkovými elektrodami

Hallův generátor

Diskový generátor

Využití MHD

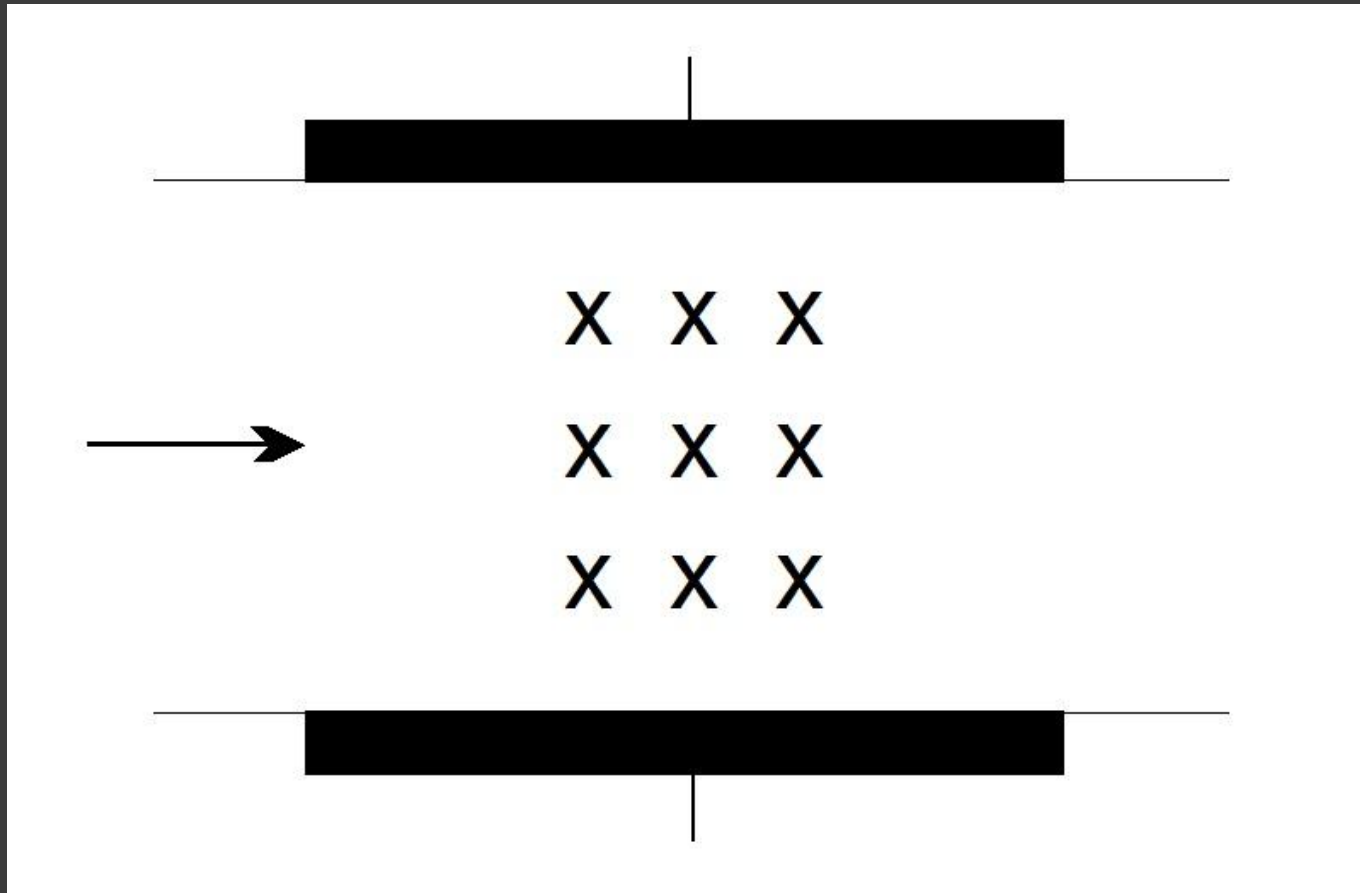
Experiment

Konstrukce

Měření

Závěr

Faradayův generátor s průběžnými elektrodami



Počáteční podmínky:

$$E_x = 0, E_z = 0, J_z = 0$$

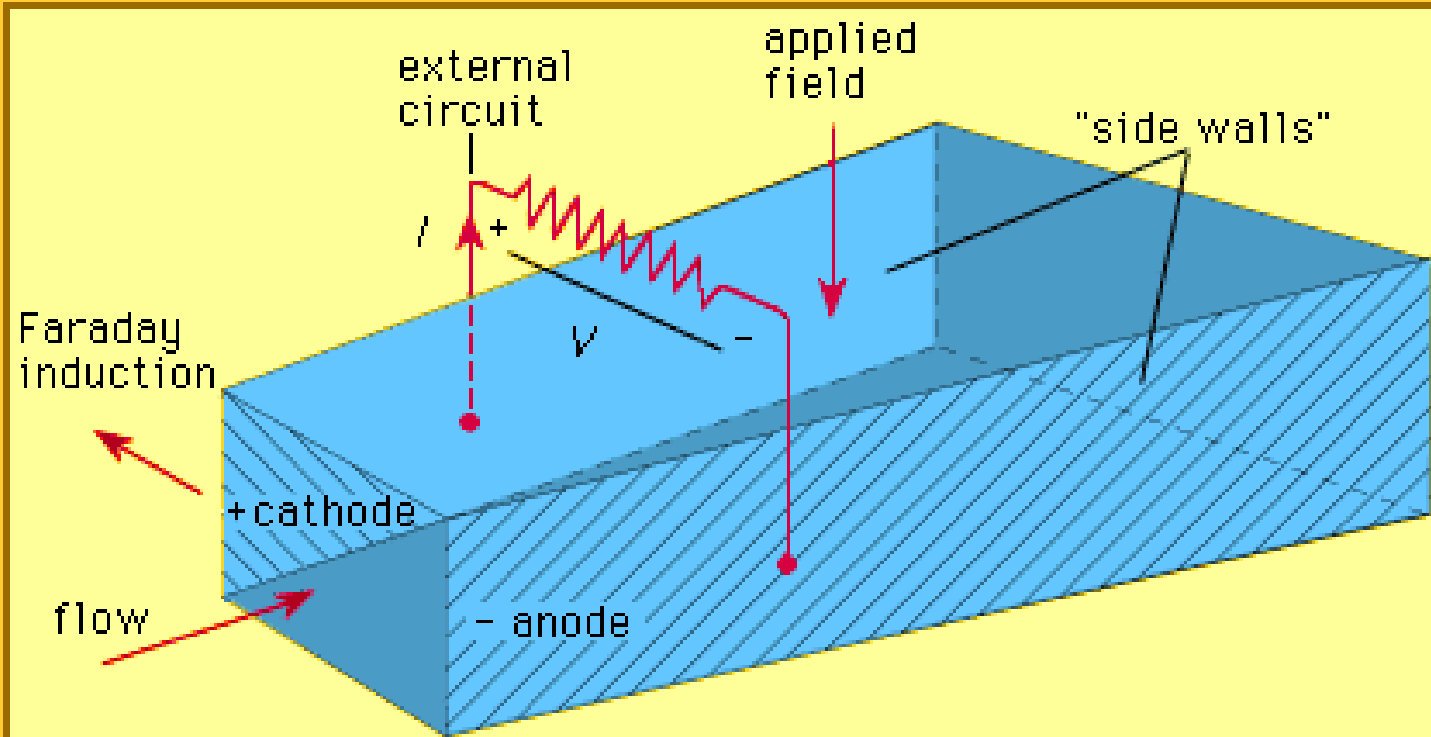
$$E_{sy} = KvB$$

$$E_y = vB(K - 1)$$

$$J_x = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} \beta vB(K - 1)$$

$$J_y = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} vB(K - 1)$$

$$P = J_y E_{sy} = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} v^2 B^2 (K - 1) K$$



© 1999 Encyclopædia Britannica, Inc.

Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

Faradayův generátor s článkovými elektrodami

Hallův generátor

Diskový generátor

Využití MHD

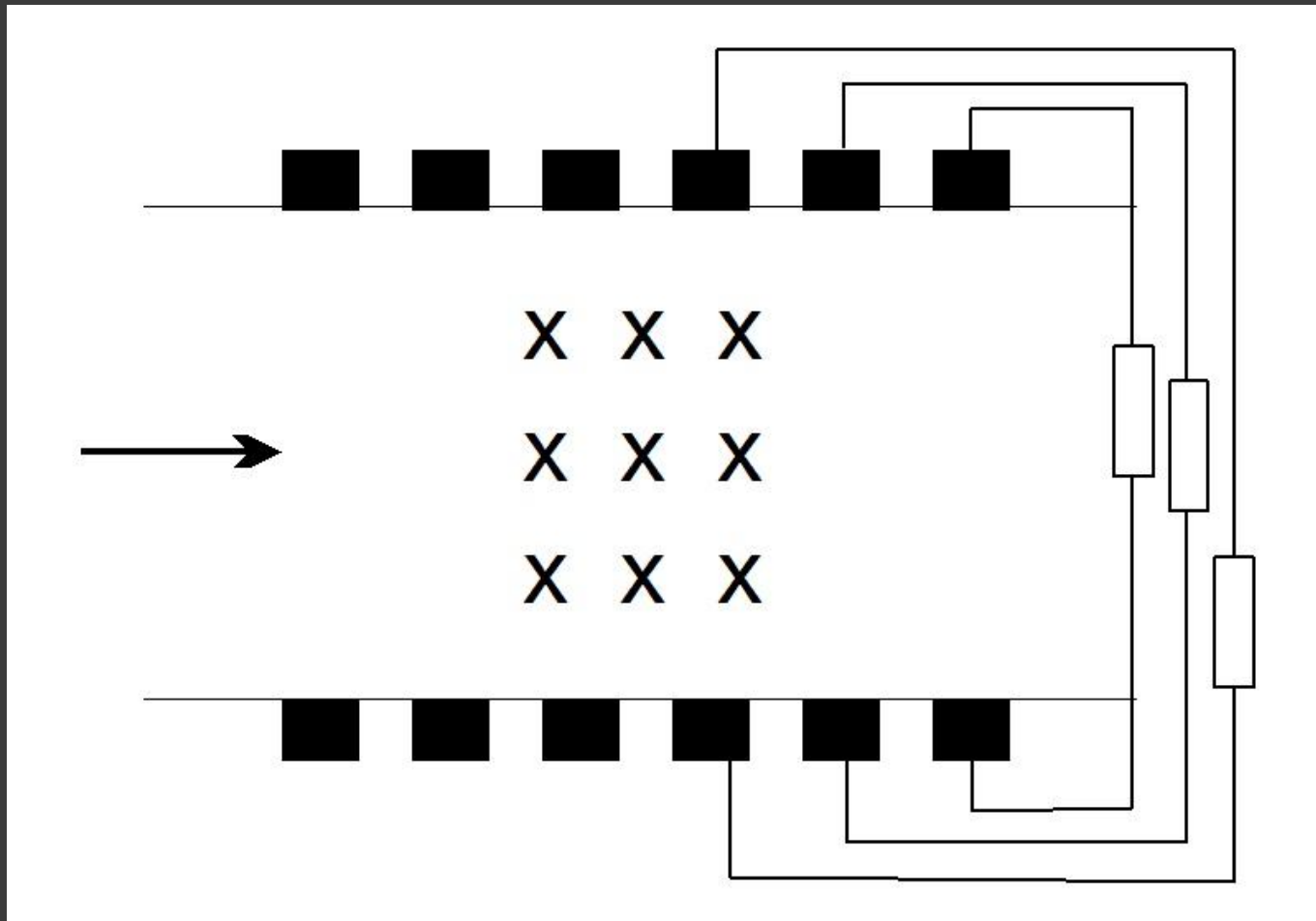
Experiment

Konstrukce

Měření

Závěr

Faradayův generátor s článkovými elektrodami



Počáteční podmínky:

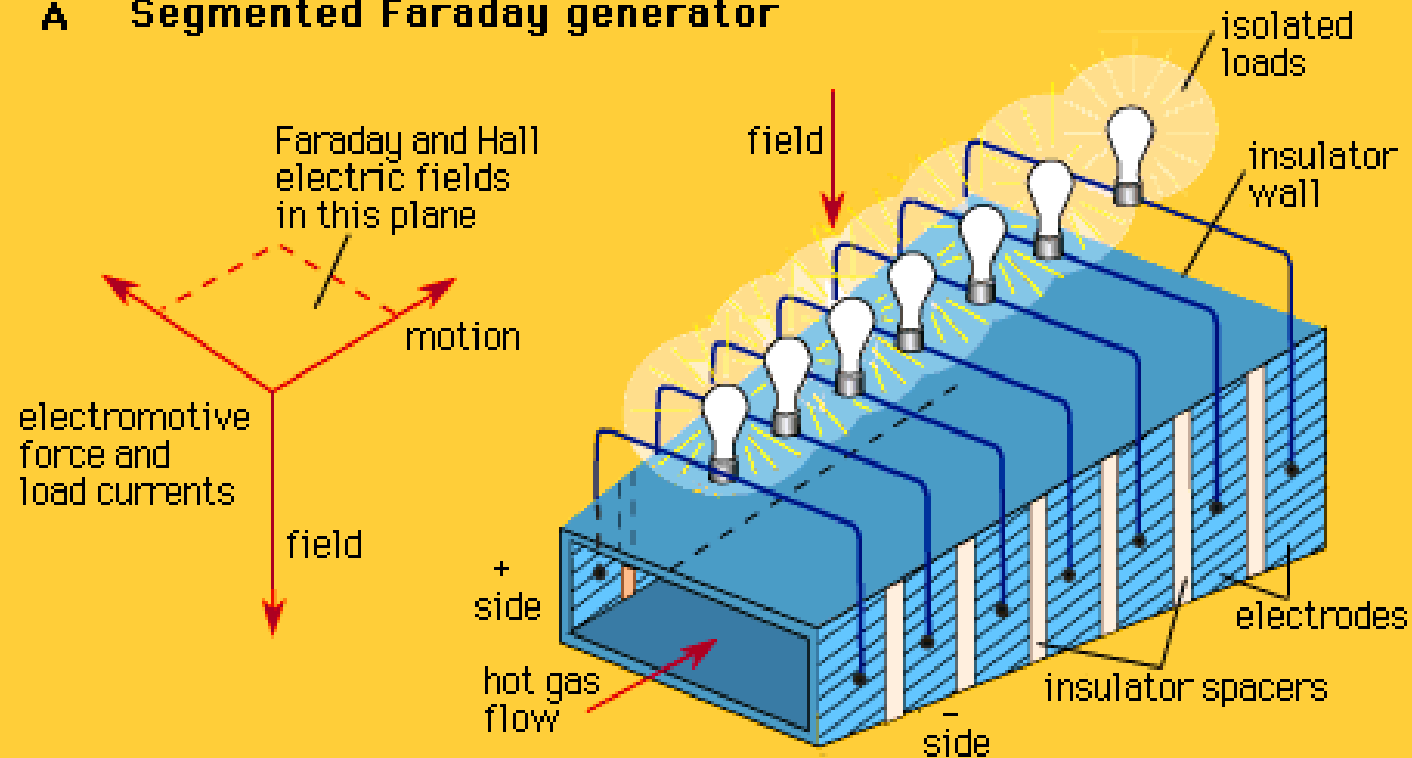
$$J_x = 0, J_z = 0, E_z = 0$$

$$E_{sy} = KvB$$

$$J_y = \sigma_0 v B (1 - K)$$

$$P = J_y E_{sy} = \sigma_0 v^2 B^2 (1 - K) K$$

A Segmented Faraday generator



Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

Faradayův generátor s článkovými elektrodami

Hallův generátor

Diskový generátor

Využití MHD

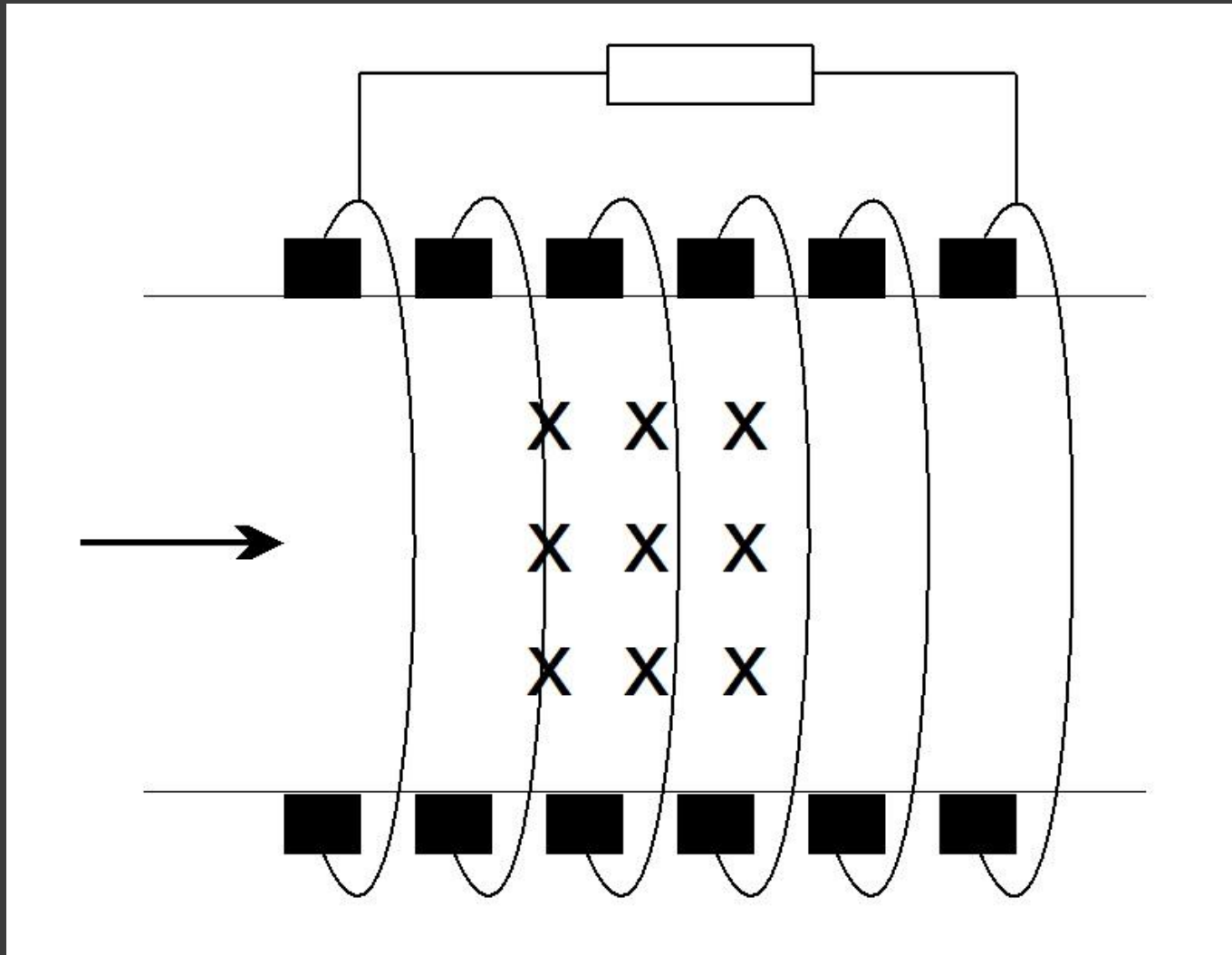
Experiment

Konstrukce

Měření

Závěr

Hallův generátor



Počáteční podmínky:

$$E_{sy} = 0$$

$$E_{sx} = -\beta K v B$$

$$J_x = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} \beta v B (1 - K)$$

$$P = J_x E_{sx} = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} \beta^2 v^2 B^2 (1 - K) K$$

B Hall generator

Faraday
electromotive
force and current
in gas

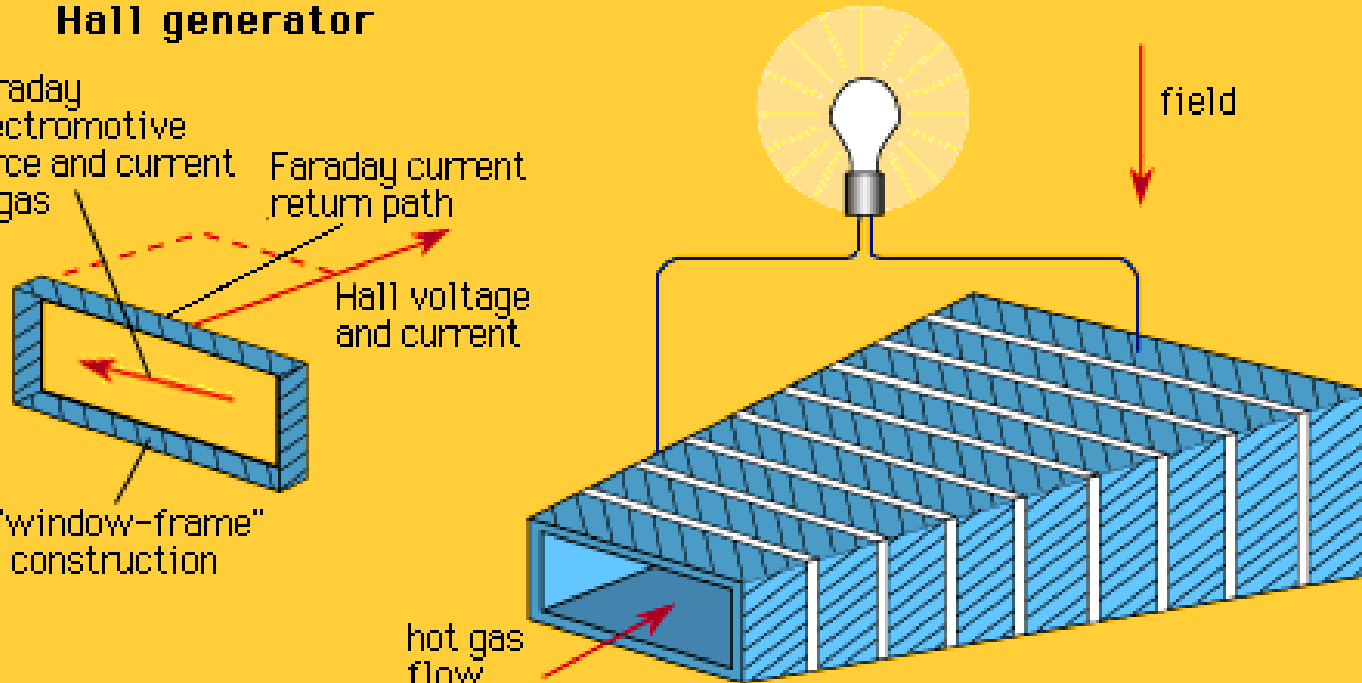
Faraday current
return path

Hall voltage
and current

"window-frame"
construction

hot gas
flow

field



Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

Faradayův generátor s článkovými elektrodami

Hallův generátor

Diskový generátor

Využití MHD

Experiment

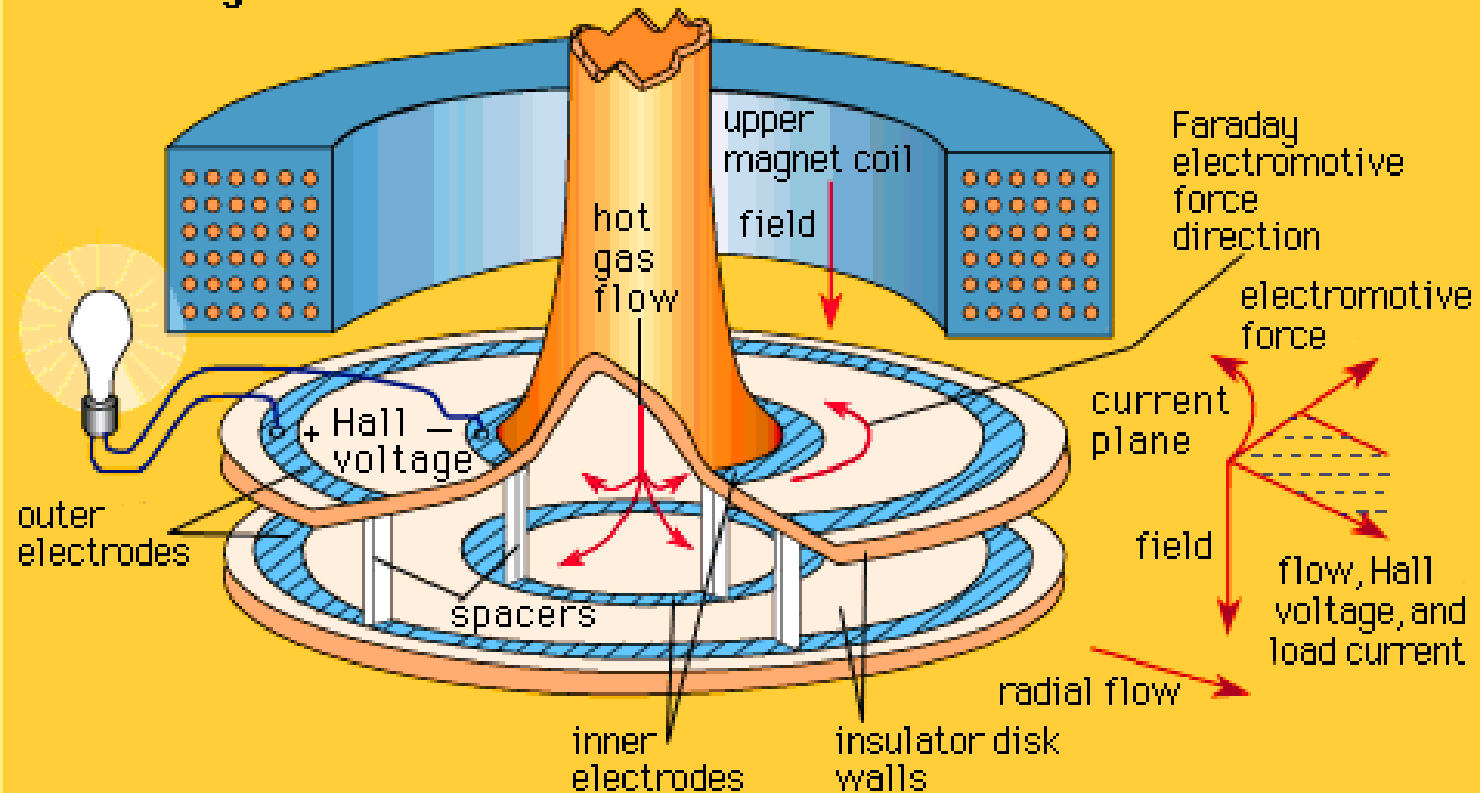
Konstrukce

Měření

Závěr

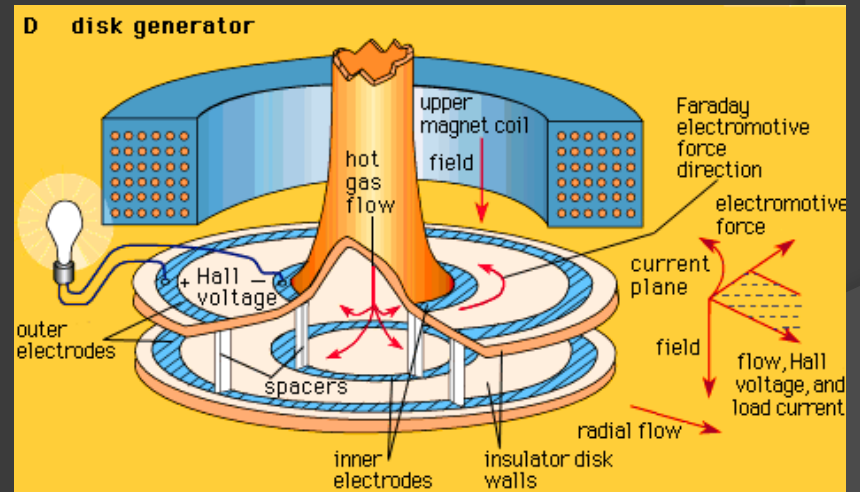
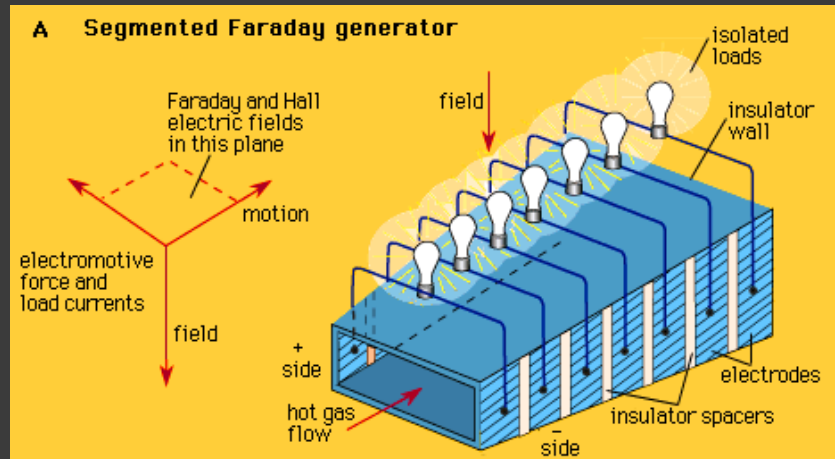
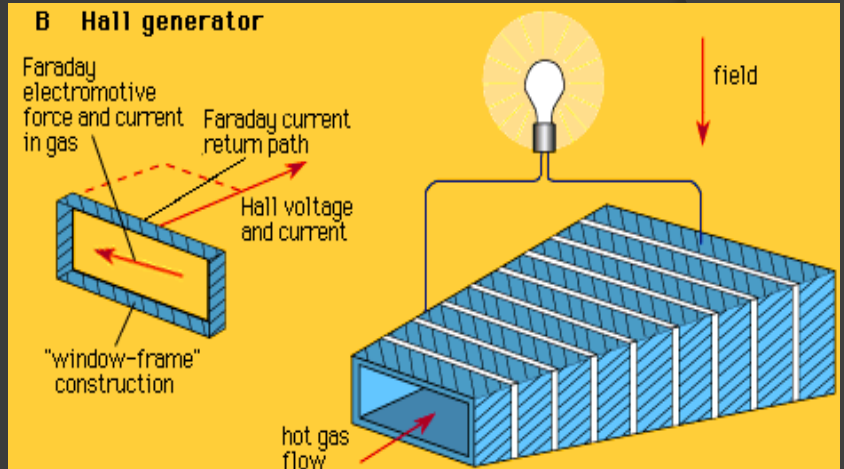
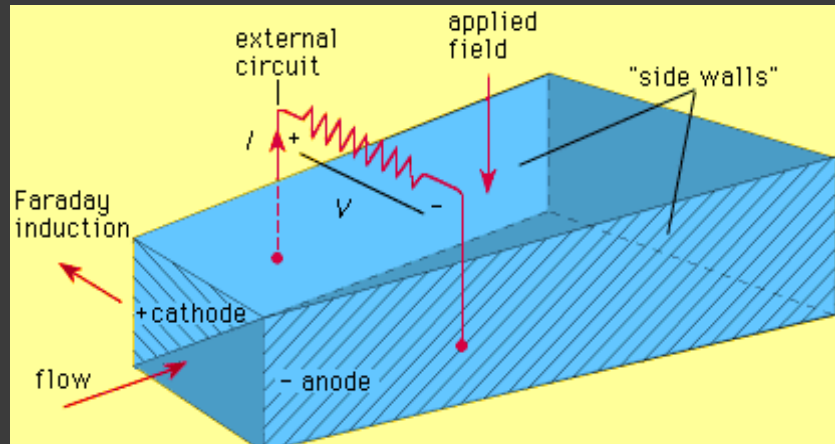
Diskový generátor

D disk generator



©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

SHRNUTÍ



Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

- Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

- Faradayův generátor s článkovými elektrodami

- Hallův generátor

- Diskový generátor

Využití MHD

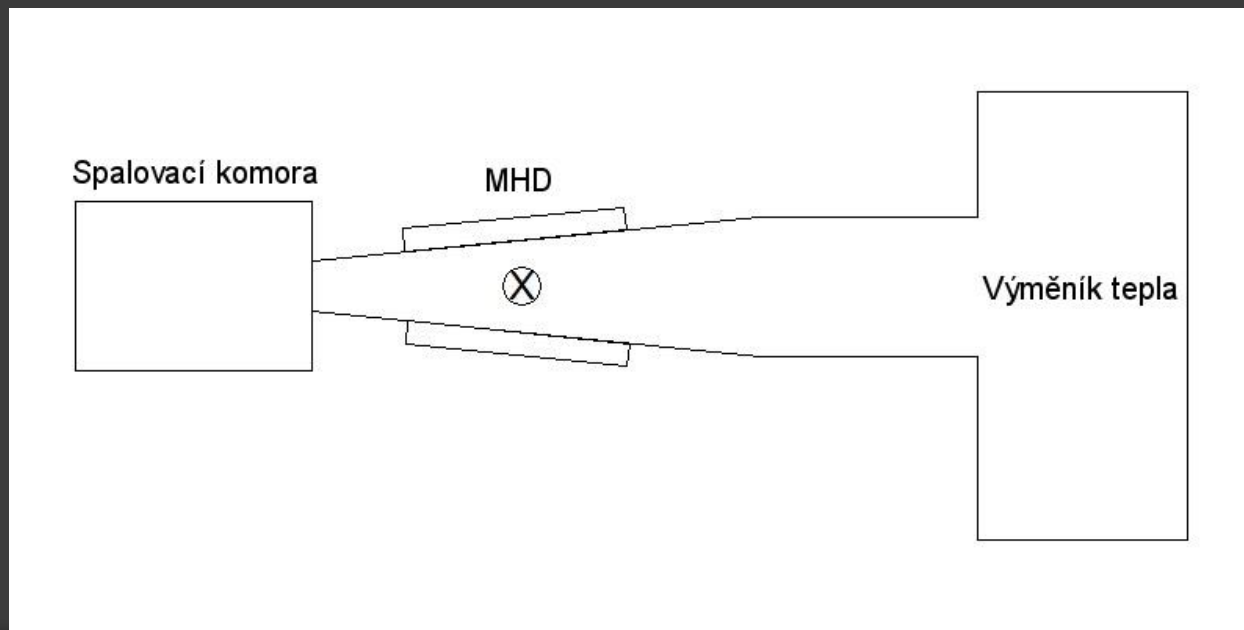
Experiment

- Konstrukce

- Měření

Závěr

- výroba elektrické energie v tokamaku
- zvýšení účinnosti výroby energie ve spalovnách fosilních paliv



Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

- Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

- Faradayův generátor s článkovými elektrodami

- Hallův generátor

- Diskový generátor

Využití MHD

Experiment

- Konstrukce

- Měření

Závěr

- cílem sestrojení MHD generátoru o co největším možném výkonu
- měření závislosti výkonu na podmínkách

Obsah prezentace

Úvod

Princip

Typy MHD generátorů

- Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

- Faradayův generátor s článkovými elektrodami

- Hallův generátor

- Diskový generátor

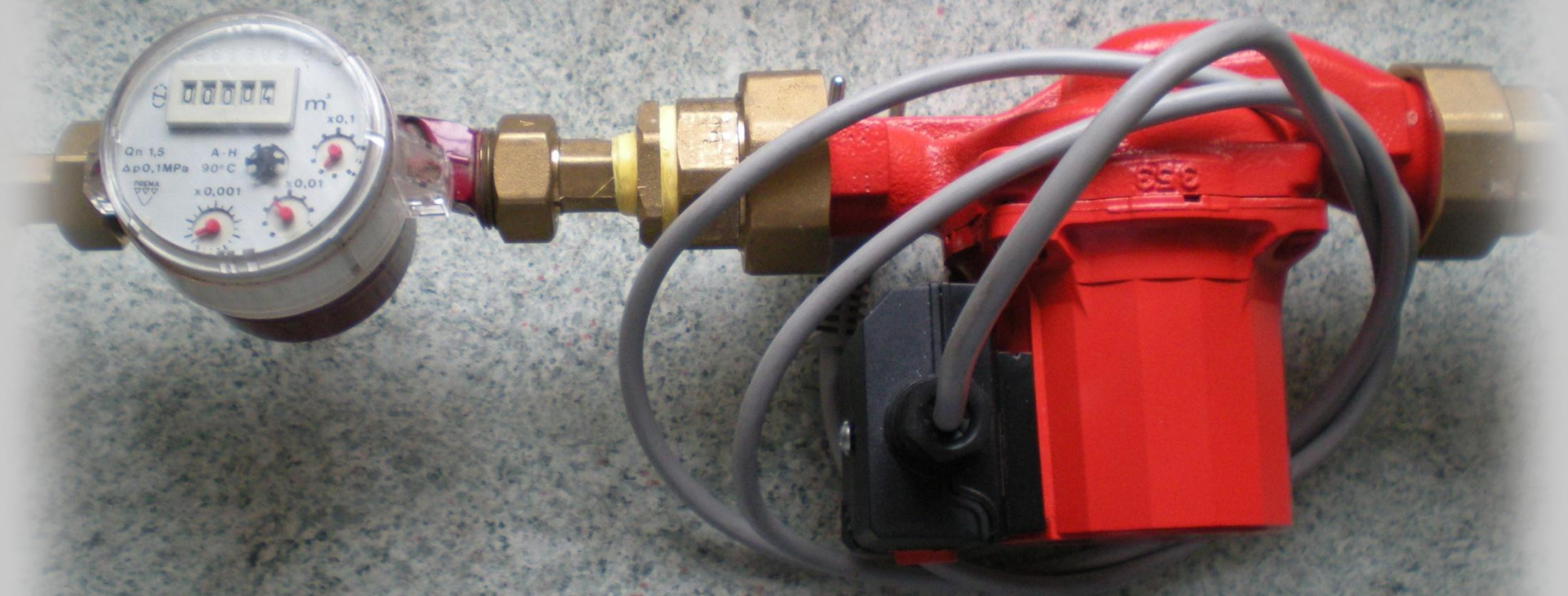
Využití MHD

Experiment

- Konstrukce*

- Měření

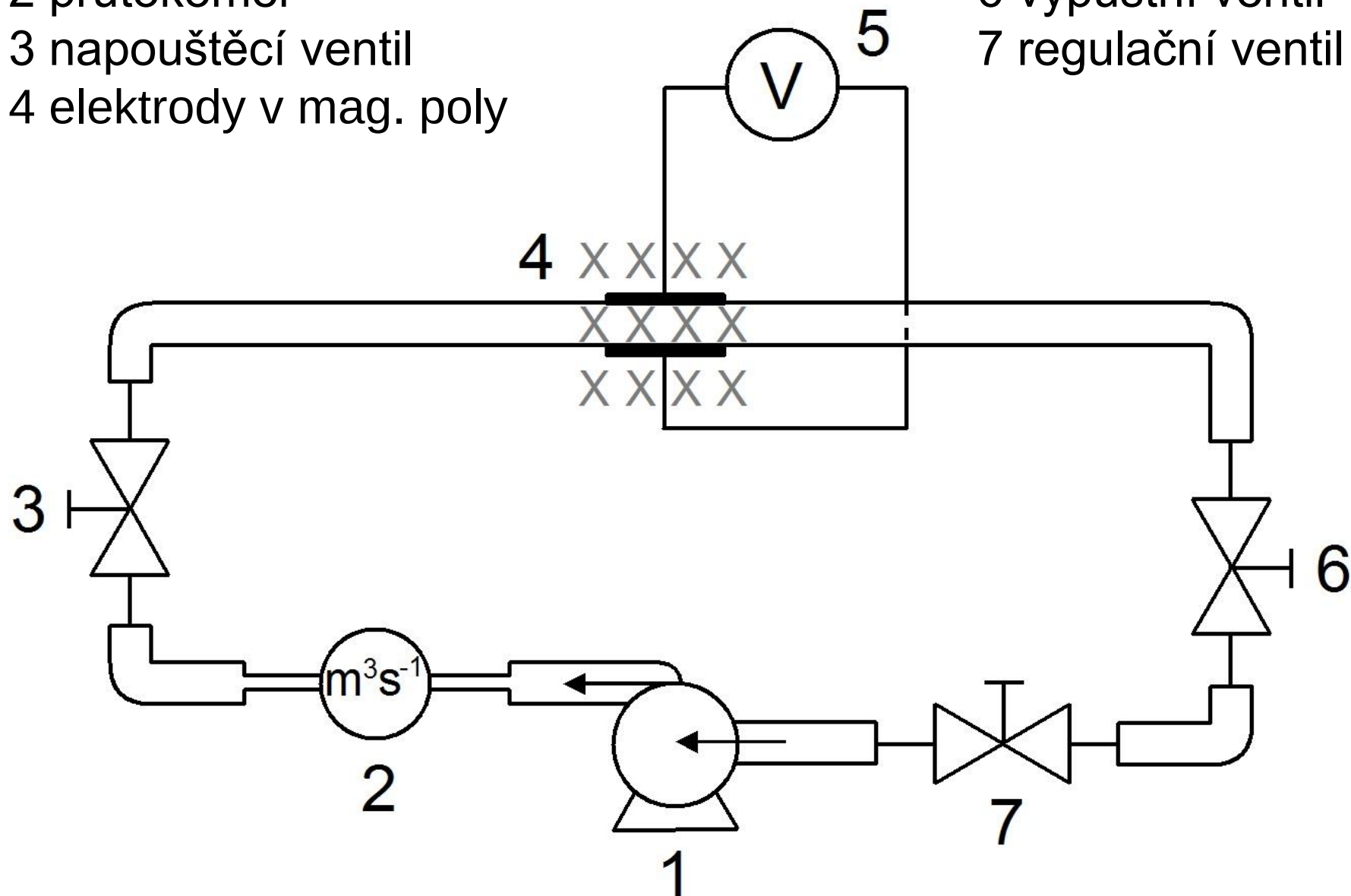
Závěr



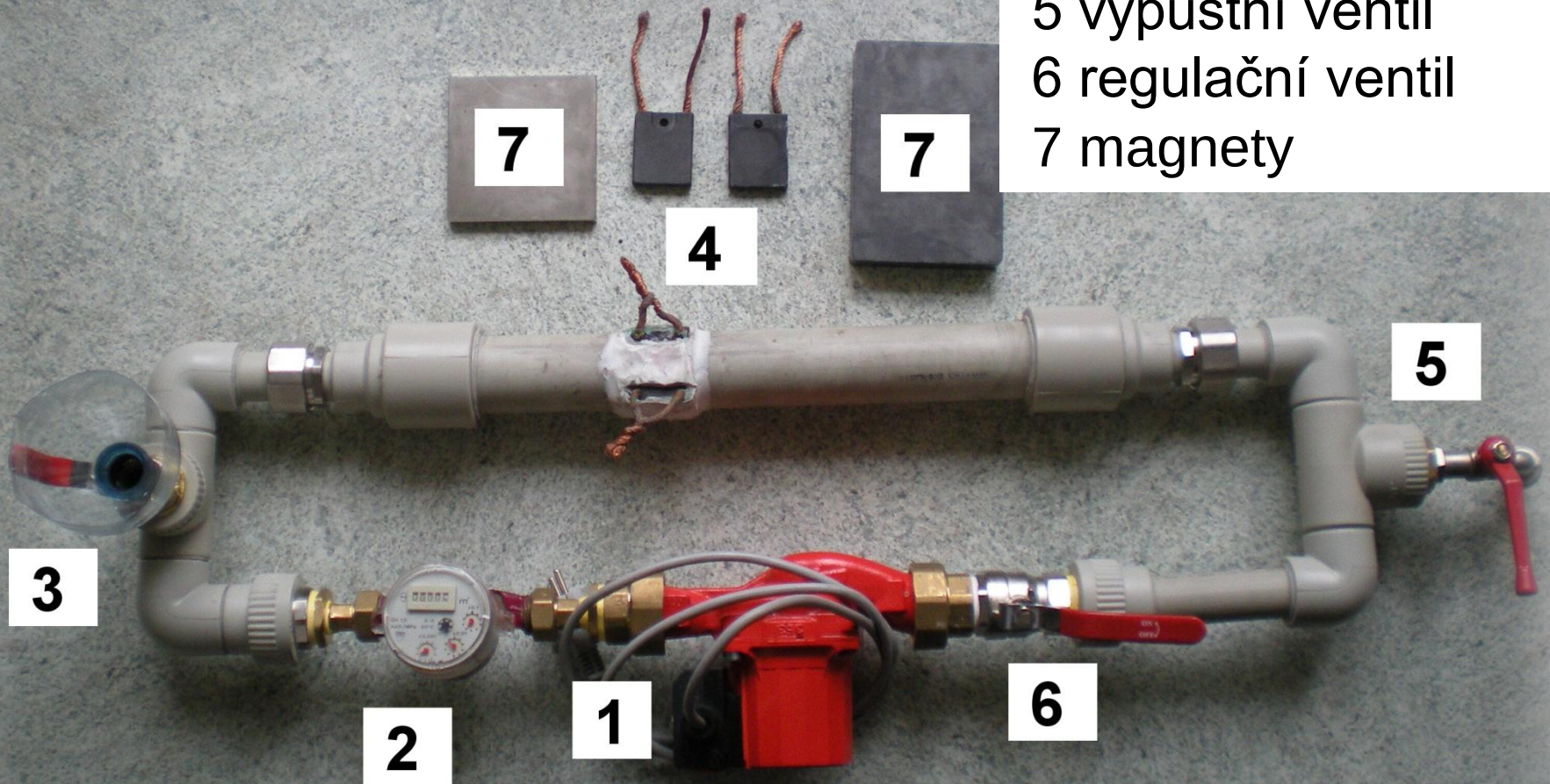


1 čerpadlo
2 průtokoměr
3 napouštěcí ventil
4 elektrody v mag. poly

5 voltmetr
6 výpustní ventil
7 regulační ventil



- 1 čerpadlo
- 2 průtokoměr
- 3 napouštěcí ventil
- 4 elektrody
- 5 výpustní ventil
- 6 regulační ventil
- 7 magnety



Obsah prezentace

Úvod

Princip

Typy MHD generátorů

- Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

- Faradayův generátor s článkovými elektrodami

- Hallův generátor

- Diskový generátor

Využití MHD

Experiment

- Konstrukce

- Měření*

Závěr

výpočet

$$v = 0,4 \text{ m/s}$$

$$B = 0,07 \text{ T}$$

$$\sigma_0 = 20 \text{ S/m}$$

$$K = 0,5$$

$$c_m = 13 \text{ mol/l}$$

$$\mu = \sigma / (2Fc_m) \approx 10^{-5}$$

$$V = 30 \text{ cm}^3$$

$$P = \frac{\sigma_0}{(1 + \beta^2)} v^2 B^2 (K - 1) K$$

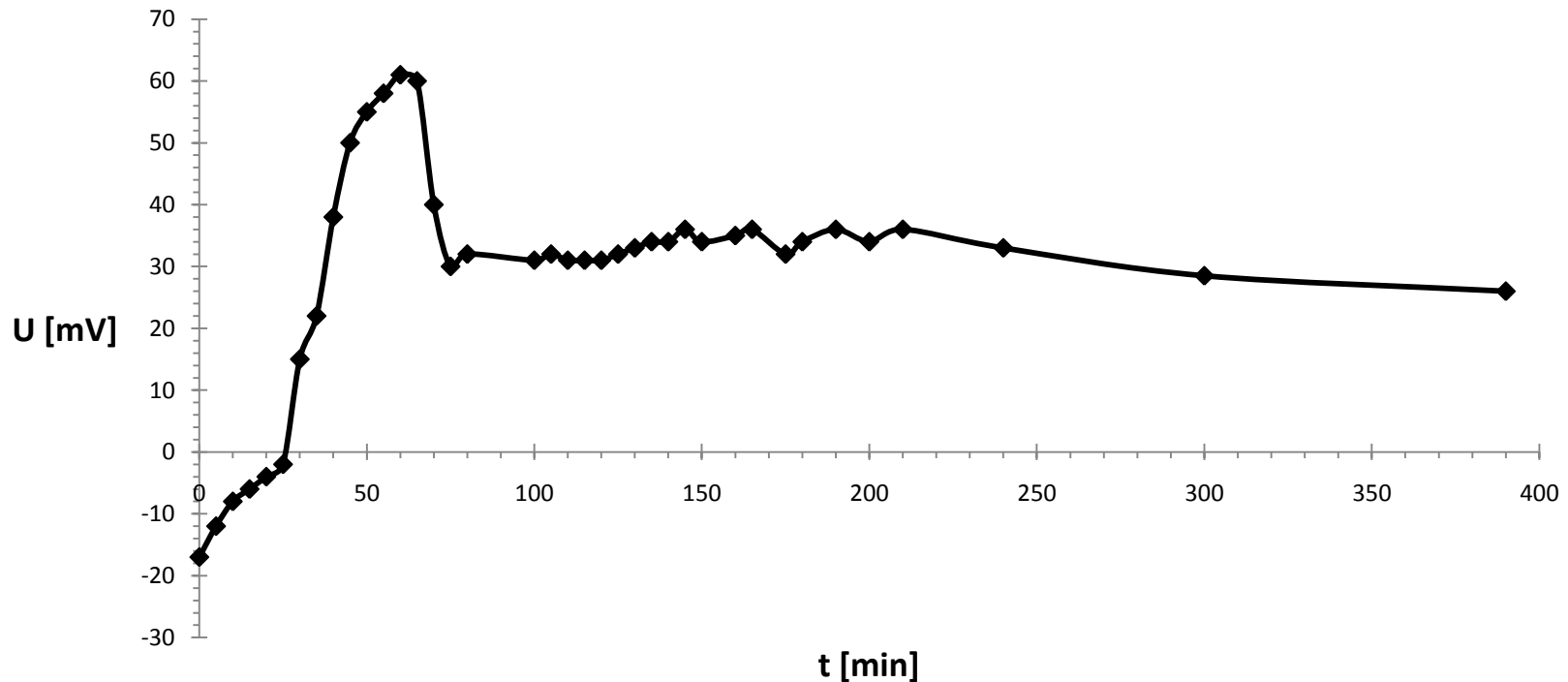
$$= 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

- možnost sledování závislosti napětí na elektrodách na podmínkách

$$U = Ed = vBd \approx 0,6 \text{ mV}$$

- časově proměnné elektromotorické napětí

Graf závislosti napětí na elektrodách U na čase t při vypnutém čerpadle



Obsah prezentace

Úvod

Princip MHD generátoru

Typy MHD generátorů

- Faradayův generátor s průběžnými elektrodami

- Faradayův generátor s článkovými elektrodami

- Hallův generátor

- Diskový generátor

Využití MHD

Experiment

- Konstrukce

- Měření

Závěr

Zdroje

Halliday D., Resnick R., Walker J.: Fyzika III: Elektřina a magnetismus, Prometheus, Brno, 2000

URL:

- [1] <<http://www.youtube.com/watch?v=rFJ1UZSFZno&feature=channel>> [3.5.2010]
- <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/357424/magnetohydrodynamic-power-generator>> [5.5.2010]
- <<http://www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/machacj/docs/E3-Elektricka%20vodivost%20kapalin.pdf>> [5.5.2010]
- <<http://vojta.prevencehanak.cz/files/2-06.pdf>> [5.5.2010]
- <http://en.wikipedia.org/wiki/MHD_generator> [5.5.2010]
- <<http://www.platinummetalsreview.com/pdf/pmr-v30-i1-002-011.pdf>> [5.5.2010]

Poděkování

Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc.
FJFI ČVUT Praha