

Magnetohydrodynamický pohon aneb pohon bez převodů

Jakub Klemsa David Klečka Jakub Kubiš

Fyzikální seminář

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

25. listopadu 2010

Obsah

- 1 Podstata děje a přidružené jevy
 - Příčina hnací síly
 - Proud v elektrolytu
 - Přidružené jevy
- 2 Matematický popis děje
 - Závislost rychlosti a síly na parametrech
 - Modelování vektorového pole proudových hustot
- 3 Konstrukce pohonu
- 4 Měření parametrů pohonu
- 5 Porovnání s teorií a závěr

Cíle projektu

Dokážeme odhadnout účinnost, sílu či rychlost?

- Zjistit podstatu děje a s ním spojených jevů
- Najít jednoduchý matematický popis
- Na základě výpočtů zkonstruovat co nejúčinnější, nejsilnější resp. nejrychlejší MHD pohon
- Změřit parametry hotového modelu a porovnat je s teoretickými závěry

Cíle projektu

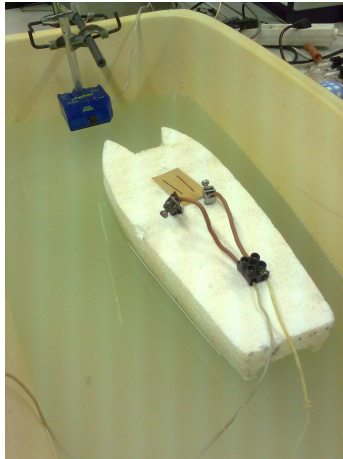
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Obrázek: Japonská loď Yamato, 15 km/h

Cíle projektu

Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Obrázek: Naše loď Tomato, ? km/h

Podstata děje a přidružené jevy

Příčina hnací síly

- Lorentzova síla působí na vodič s proudem v magnetickém poli
- $\vec{F}_L = \vec{I} \times \vec{B} \cdot d$
- V našem případě je vodičem elektrolyt mezi elektrodami
- Ze zákona akce a reakce položíme tuto sílu rovnu hnací

Podstata děje a přidružené jevy

Proud v elektrolytu

- V elektrolytu není vedení proudu homogenní
- Nahradíme „vektor“ proudu opravdovým vektorem proudové hustoty $\vec{j} = \frac{dI}{dS_{\perp}} \vec{n}$
- Ve stacionárním poli platí Ohmův zákon $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho}$, kde ρ je měrný elektrický odpor
- Přepíšeme jako $\vec{F}_L = \int_V \frac{\vec{E}}{\rho} \times \vec{B} \cdot dV$

Podstata děje a přidružené jevy

Přidružené fyzikální jevy

- Vliv proudu na tvarování elektromagnetického pole
- Hallův jev a zpětná magnetická indukce
- Naprosto zanedbatelné!
- Například zpětná magnetická indukce podle hrubého výpočtu naindukuje o 6 řádů (!) menší napětí než přívodní

Podstata děje a přidružené jevy

Přidružené fyzikální jevy

- Vlastní podstata elektrolytu - ionty obalené molekulami vody
- Velké vnitřní tření
- Vzniká velké množství tepla
- Minimální účinnost

Podstata děje a přidružené jevy

Chemie elektrolytu

- Použili jsme $NaCl$: dostupnost, cena, vysoká vodivost díky kompletní disociaci
- Elektrolýza na elektrodách - vzniká výbušný H_2 a štiplavý Cl_2
- Velké ztráty výkonu elektrolýzou (přibližně 50 – 70%)
- Množství vzniklých plynů úměrné proudu, tedy značné

Matematický popis děje

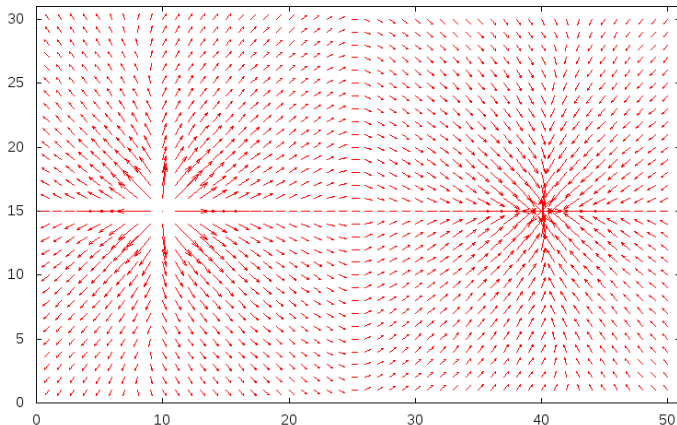
Závislost rychlosti na ostatních parametrech

- Model zanedbává mnoho jevů, proto místo numerického integrování postačí dosazení středních hodnot veličin
- Postačí vztah $F_L = IBd \equiv Av^2$, kde $I = \frac{U_e \Lambda c S}{d}$
- Odtud $v = \sqrt{\frac{IBd}{A}}$

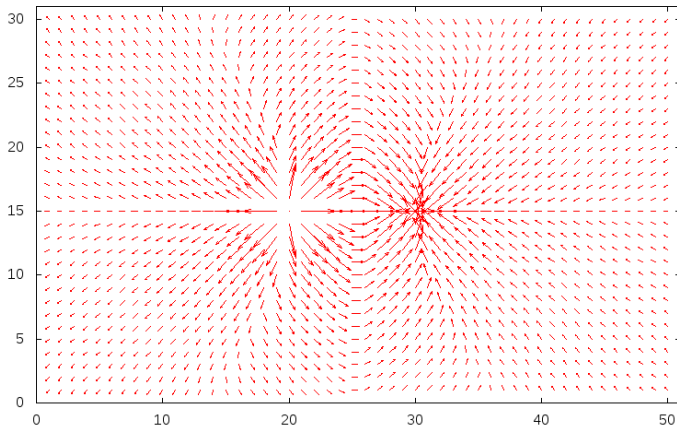
Matematický popis děje

Modelování vektorového pole proudových hustot

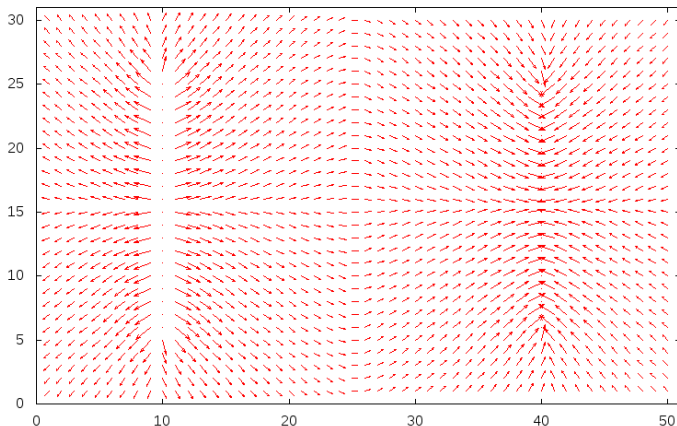
- Hledáme nejvýhodnější vektorové pole proudových hustot
- Požadavky:
 - Kolmé na směr požadované síly a magnetickou indukci
 - Maximální hustota uvnitř magnetického pole
- Vycházíme z vektorové rovnice $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho} = \frac{1}{4\pi\epsilon\rho} \int_Q \frac{\vec{R}}{R^3} dQ$



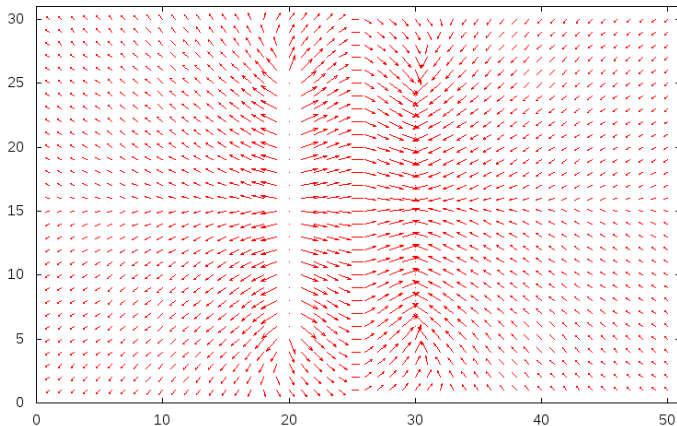
Obrázek: Pole proudových hustot vzdálených bodových elektod



Obrázek: Pole proudových hustot blízkých bodových elektod



Obrázek: Pole proudových hustot vzdálených plochých elektod

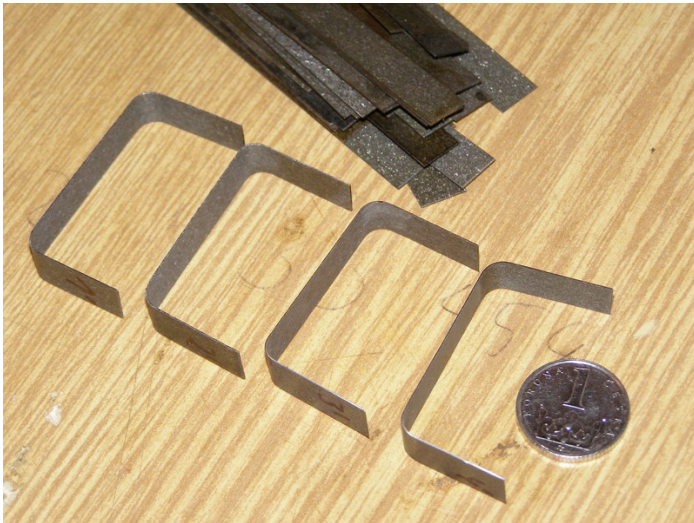


Obrázek: Pole proudových hustot blízkých plochých elektrod - nejlepší

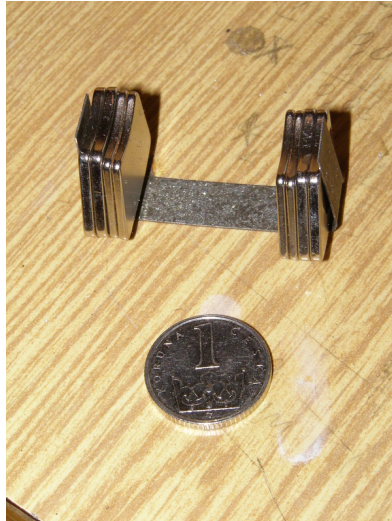
Konstrukce pohonu

- Použité „součástky“:
 - Silné neodymové magnety ze starých HDD
 - Plátky z jádra cívky
 - Opotřebené uhlíkové elektrody z elektromotoru
 - Elektrikářská bužírka, kabely, svorky. . .

Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



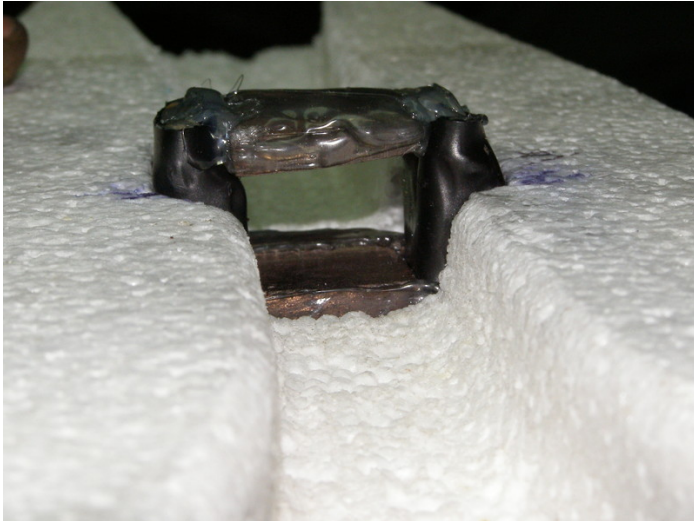
Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Cíle projektu
Podstata děje a přidružené jevy
Matematický popis děje
Konstrukce pohonu
Měření parametrů pohonu
Porovnání s teorií a závěr
Zdroje a poděkování



Měření parametrů pohonu

- Vzdálenost elektrod a magnetické pole jsme naměřili předem (pro potřeby porovnání teorie s experimentem)
- $B = 0.13 T$, $d = 15mm$
- Cíl změřit závislost síly a rychlosti na proudu resp. příkonu
- Použili jsme: zdroj proudu do $5A$, voltmetr, ampérmetr, elektronický siloměr s citlivostí $50mN$

Měření parametrů pohonu

Důvody nezdaru

- Bohužel jsme včas nedosadili známé hodnoty do $F_L = IBd$
- Vyšlo by $10mN$ tahové síly při proudu $5A$
- Přívodní kabely znemožňovaly měřit rychlost
- Pohyb slané vody pod lodí byl viditelný
- Tah lodí při spuštění byl postřehnutelný
- Takto rozjetá loď dokázala stlačit zaznamenaných $50mN$

Měření parametrů pohonu

Kam se poděl výkon?

- Maximální proud $4.5A$ při napětí $11V$
- Elektrický výkon $50W$, odpor 2.5Ω
- Spočtený odpor elektrolytu 1Ω , tzn. 1.5Ω v elektrolýze
- Jen elektrolýza vezme $30W$ (60%!) příkonu
- Téměř celý zbytek tepelný výkon, mechanický zanedbatelný

Porovnání s teorií

Převážně kvalitativní

- Po určení orientace magnetů podle zemského pole se loď pohybovala předvídaným směrem
- Dosazení do $F_L = IBd$ řádově odpovídalo
- Elektrody vylučovaly očekávané množství chloru, nutno větrat

Závěr

Splnění cílů

- Sestrojen funkční MHD pohon
- Naměření a zpracování závislostí neuskutečněno
- Srovnání s teorií jen kvalitativní

Zdroje

- <http://wikipedia.org/> - teorie elektromagnetismu
- <http://tesladownder.com/> - ukázka funkčního MHD pohonu

Poděkování

- Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. - poskytnutí časoprostoru a vybavení
- Vojtěchu Bednářovi - konzultace o MHD (min. ročník semináře)
- Vám za pozornost