



Vliv magnetického pole Halbachovy soustavy na chování elektrod v kapalině

Jakub Jaroš <jakub.jaros@tul.cz>, Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.

ABSTRAKT

Jedním z mnoha typů průtokoměrů je indukční, měřící průtok indukovaným elektrického napětí za přítomného magnetického pole a rychlosti proudění tekutiny. Střídavé magnetické pole je generováno dvěma cívkami na vnějším obalu průtokoměru. Již třetím rokem se věnuji jejich nahrazení permanentními magnety a výzkumu materiálu pro elektrody. Veškeré předpoklady ověřuji v simulačním programu Comsol Multiphysics. V diplomové práci se mi podařilo sestavit průtokoměrné čidlo, které dle všech předpokladů bude možné pro měření průtoku použít.

ÚVOD

Zadání:

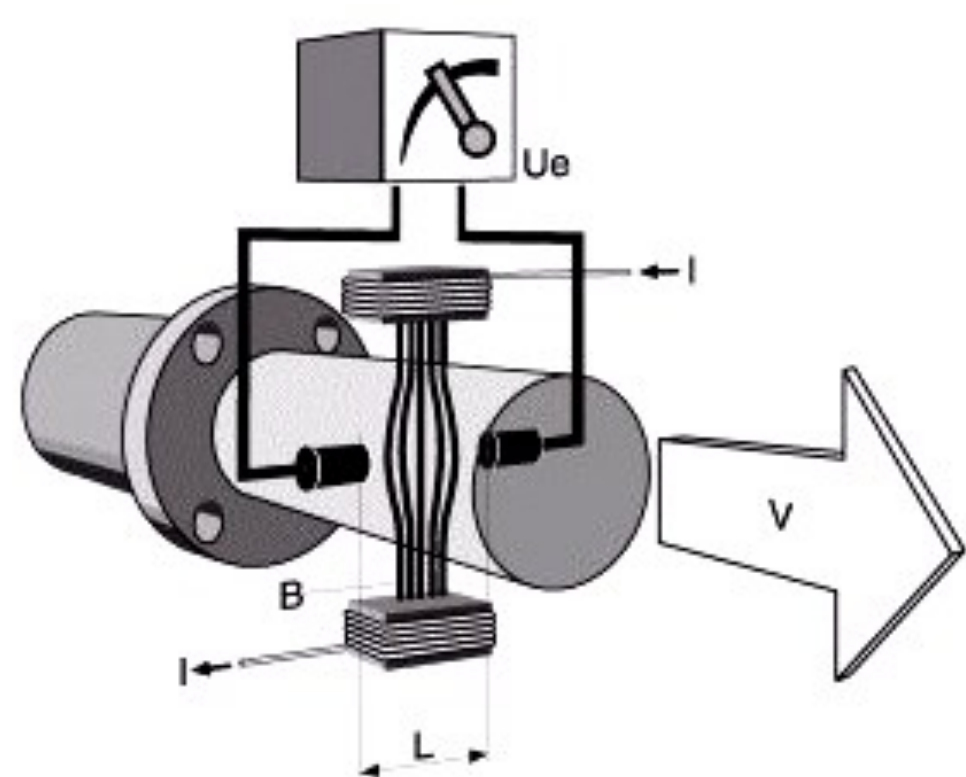
- Vytvoření modelu kruhové Halbachovy soustavy pro DN40 v Comsolu
- Realizace namodelované Halbachovy soustavy
- Zjištění vlivu magnetického pole na chování elektrod ve vodě

Motivace a řešerše:

- Úspora energie pro napájení cívek
- Z pohledu EMC méně rušivé než cívky
- Tento typ průtokoměru je stále považován za nerealizovatelný
- Glassy carbon (skelný uhlík) pro elektrody - neuplatnění zeta potenciálu

METODIKA

Princip indukčního průtokoměru (Obrázek 1) je velmi jednoduchý. Potrubím protéká tekutina rychlostí v . Kolmo na směr proudění působí magnetická indukce B . Pokud dáme do rovnosti elektrickou a magnetickou složku Lorentzovy síly (1) můžeme odvodit vztah pro intenzitu magnetického pole. Ta vzniká jako následek předchozích dvou veličin a její směr je na ně též kolmý (2). Po integraci intenzity přes vzdálenost mezi elektrodami dostaneme hodnotu elektrického napětí v daném okamžiku (3).



$$Q \cdot \vec{E} = Q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

$$\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

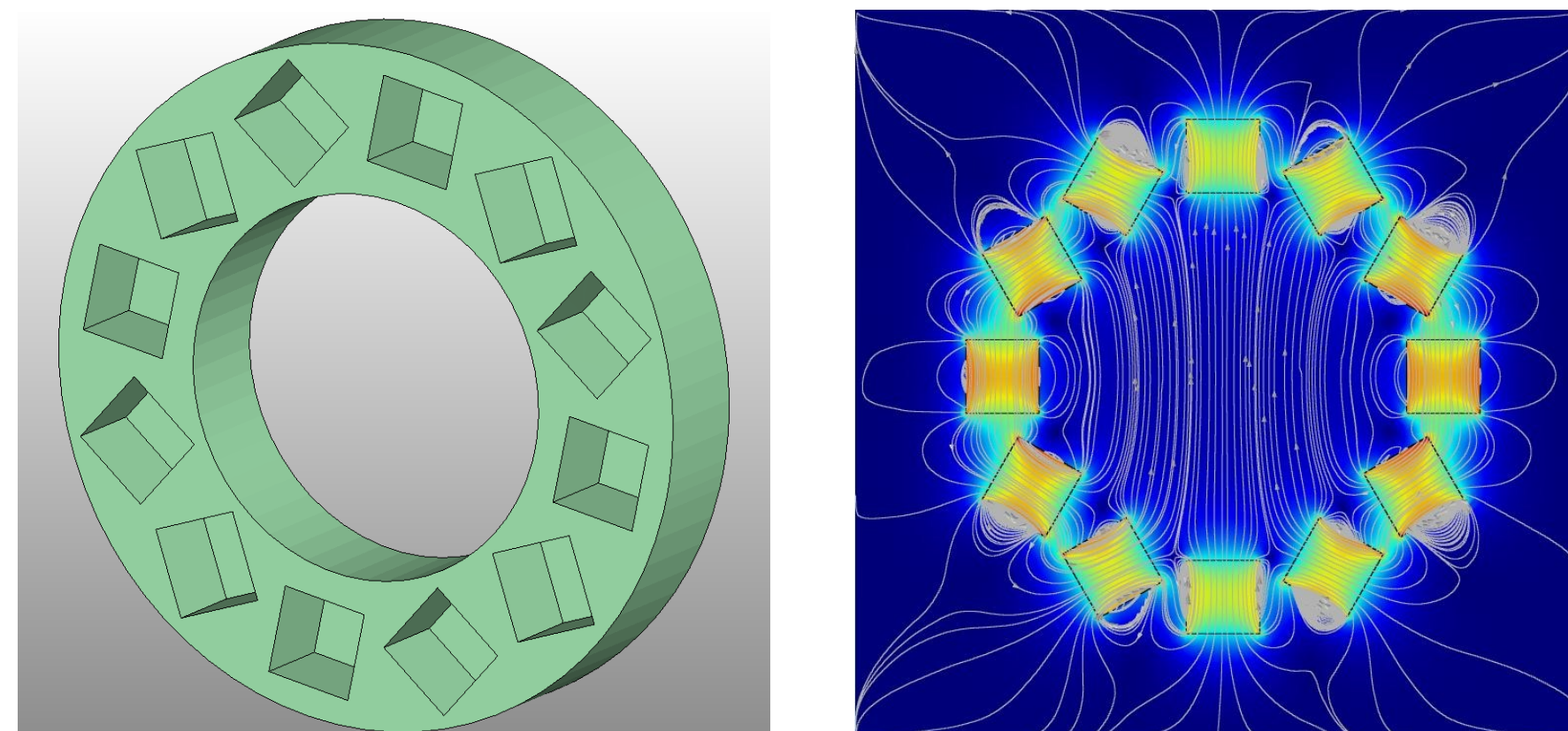
$$U = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Obrázek 1: Indukční průtokoměr

Pro co největší rozdíl mezi žádaným signálem a šumem je dobré mít co nejsilnější, nejhomogennější a nejlineárnější magnetické pole. Právě tyto všechny parametry splňují některá uspořádání kruhové Halbachovy soustavy.

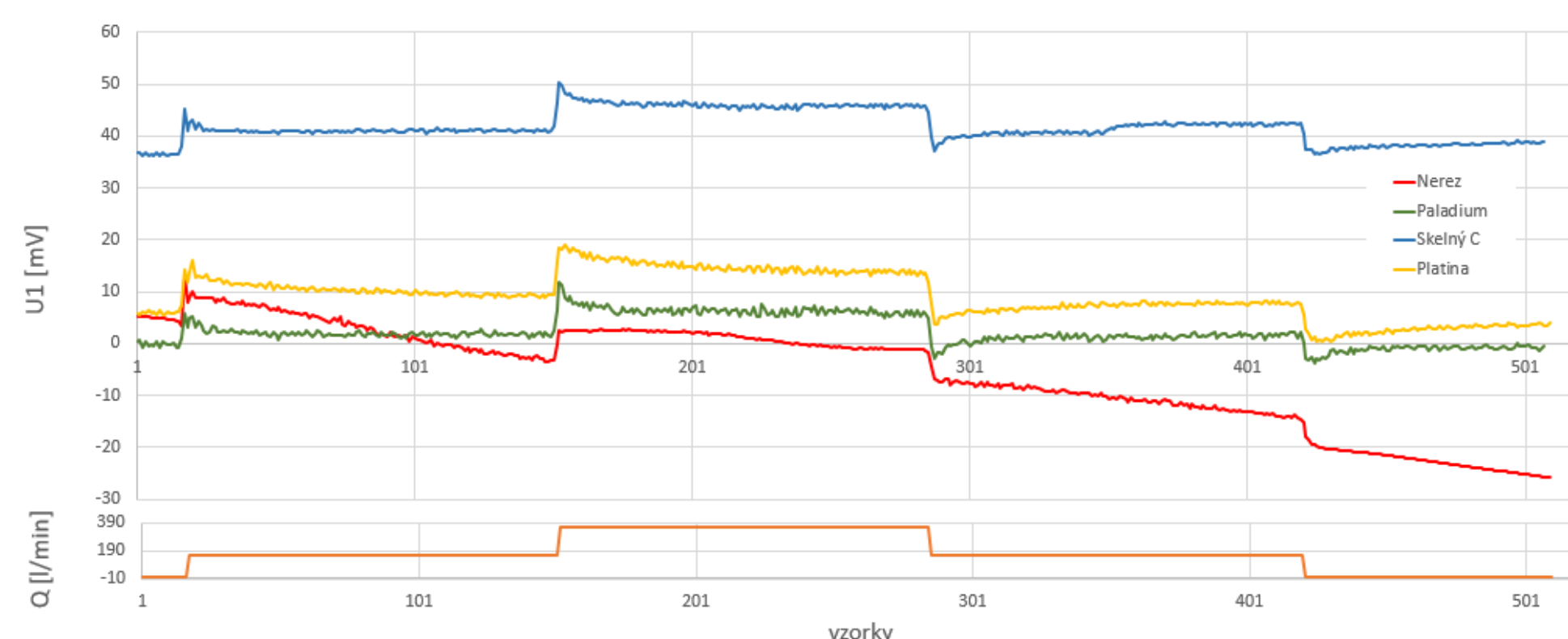
VÝSLEDKY

Finální Halbachovu soustavu jsem namodeloval s krychlovými magnety s hranou 20 mm. Ve středu byla odsimulovaná indukce 71 mT a zjištěna velmi dobrá linearita. Změřená indukce měla 50 mT.



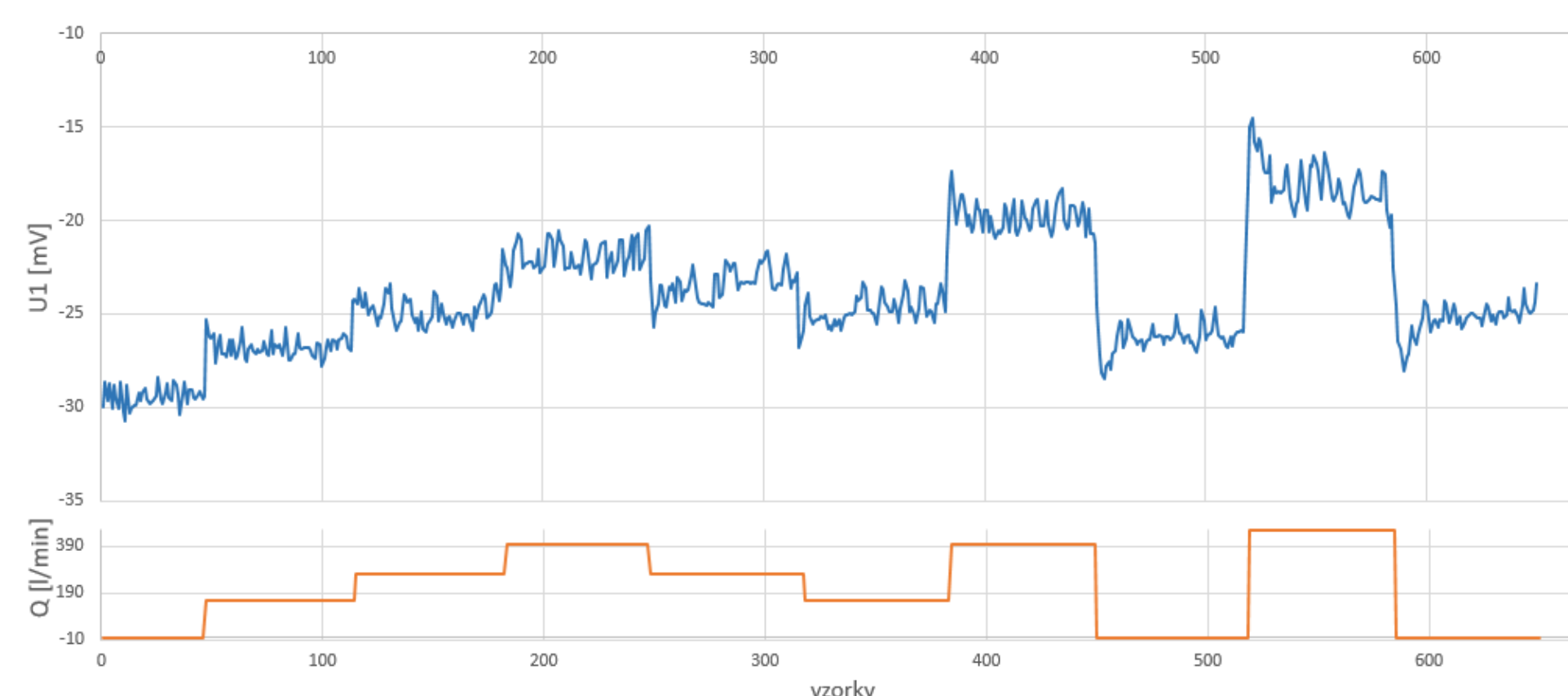
Obrázek 2: Model držáku magnetů a Halbachovy soustavy v Comsolu

Na průtokoměrné lince jsem začal připojením jednoho čidla a paládiových elektrod. Měření ukázalo skvělý výsledek. Napětí na elektrodách opravdu reagovalo, i když pomalu, na změnu průtoku. Následovalo porovnání různých materiálů elektrod.



Obrázek 3: Naměřené napětí na elektrodách různých materiálů

Nejvhodnější průběh měly elektrody ze skelného uhlíku, případně platin. U paladia byl pozorován větší šum a nerez se nedokázal ustálit. Jako finální měření jsem tedy použil právě ty uhlíkové a provedl měření s více skoky a menším časem pro ustálení napětí.



Obrázek 4: Měření s elektrodami ze skelného karbonu

Diskuze:

Celkově se povedlo velmi dobře odladit prototyp průtokoměrného čidla. Model v Comsolu se ukázal jako věrný a veškeré výstupy vycházely dle předpokladu. Mám radost, že práce má i hmatatelné výsledky a sestavil jsem něco, co bylo již z principu považováno za nemožné.

REFERENCE

- Brief Introduction of Halbach Array. Magnet-SDM [online]. [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://www.magnet-sdm.com/2018/10/30/halbach-array/>
- Halbach Array Magnets. MPCO Magnetic Products [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://www.mpcomagnetics.com/magnetic-components/halbacharray-magnets/>
- JAROŠ, Jakub. Studium permanentních magnetů. Liberec, 2018. Bakalářská. Technická univerzita v Liberci, FM. Vedoucí práce Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.
- JAROŠ, Jakub. Model chování kapaliny v elektromagnetickém poli. Liberec, 2019. Ročníková. Technická univerzita v Liberci, FM. Vedoucí práce Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.