

VERIFICATION OF INDUCTIVE COUPLING BETWEEN ELECTROMAGNETIC SENSOR AND MOVING OBJECT

Bc. Zdeněk Dvořák

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xdvora92@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D., Ing. Bohumil Král, CSc.

E-mail: kratot@feec.vutbr.cz, bohumil.kral@prototypa.cz

ABSTRACT

The paper deals with the method for verification of the inductive coupling between electromagnetic coil sensor and moving object. This method could be applied in research and development of ballistic devices and equipments. There are presented design of proposed method and possible practical implementation in the laboratory environment.

1. ÚVOD

S měření rychlostí různých předmětů se dnes setkáváme v řadě oblastí. Důležité odvětví, kde je kladen veliký důraz na přesné měření rychlosti je balistika. Balistika je věda o pohybu střely. Svoje začátky má již ve starověku. Za zakladatele teoretické balistiky je pokládán švýcarský matematik a fyzik Leonard Euler (1707 - 1783). K měření rychlosti projektilů se v drtivé většině případů používají optické metody. Tyto metody však v určitých případech selhávají, proto je vhodné v některých případech tyto metody nahradit metodami elektromagnetickými. Navrhovaná měřicí metoda, popsaná v této práci, zkoumá indukční vazbu mezi elektromagnetickým snímačem a letícím projektilem. Měla by pomoci při realizaci prototypu a funkčního vzorku takového měřicího zařízení.

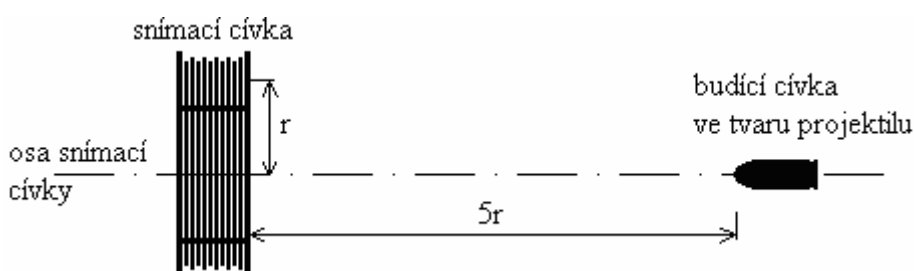
2. ROZBOR

2.1. OPTICKÉ METODY

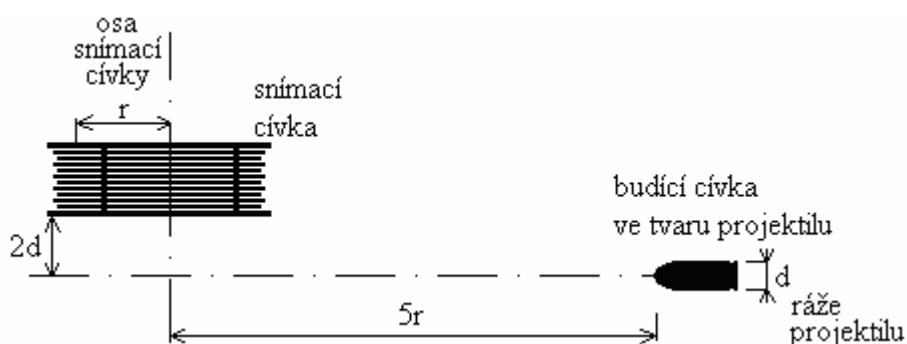
V současné době se v balistice k měření rychlostí využívají převážně optické metody. Výhodou těchto metod je univerzálnost a jejich použití v mnoha modifikacích. Měření se provádí různě konstruovanými světelnými hradly a měřený předmět svým stínem tuto světelnou závoru v určitém místě a v určité šíři naruší. Tento děj lze na přijímací straně zachytit pomocí zpracování signálů optických snímačů. Signál odezvy snímače je dobře vyhodnotitelný a měřené předměty mohou být různých velikostí, tvarů a chemického složení (kov, plast). Nevýhoda všech optických metod spočívá v nemožnosti umístit snímací hradlo bezprostředně za hlaveň zbraně. Problémy zde tvoří vyletující nespálené zbytky prachu, ústřední plamen a tlaková vlna. Ve stínu vyvolaném těmito rušivými elementy by se mohl ztratit stín od vystřeleného projektilu.

2.2. ELEKTROMAGNETICKÉ METODY

Při použití elektromagnetických metod je snímací hradlo tvořeno cívkou, která má primární a sekundární vinutí. Primární vinutí je napájeno stejnosměrným proudem a metoda je použitelná pouze pro feromagnetické materiály. V této metodě projektil prolétá měřicí cívkou nebo kolem ní (viz Obr. 1 a obr. 2) a protíná siločáry vzniklé od primárního vinutí. Ty v projektilu způsobují vznik vířivých proudů. V okolí projektilu vzniká elektromagnetické pole a magnetické siločáry tohoto pole protínají závity sekundárního vinutí cívky. Na sekundárním vinutí cívky vzniká napěťová odezva, která představuje „start impuls“ od letícího projektilu. Ten spouští hodinový signál nebo synchronizuje paměťový osciloskop. „Stop impuls“ dostáváme od druhého totožného hradla vzdáleného o určitou vzdálenost (tzv. báze).



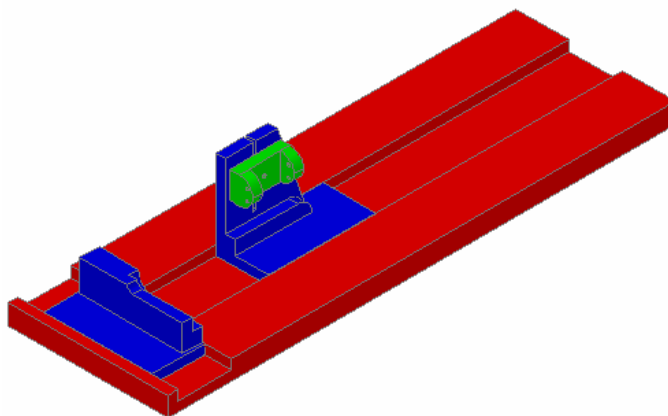
Obr. 1 Ilustrace vzniku podélné magnetizace snímací cívky



Obr. 2 Ilustrace vzniku příčné magnetizace snímací cívky

2.3. OVĚŘENÍ INDUKČNÍ VAZBY MEZI SNÍMAČEM A POHYBUJÍCÍM SE PŘEDMĚTEM

Cílem tohoto návrhu a dalších experimentů je získání jednoduchých pravidel pro posuzování citlivosti různých typů snímačů. Řešení vychází z ekvivalence průletu objektu statickým magnetickým polem s časově proměnným polem budící a snímací cívky a to v různém geometrickém uspořádání. Za účelem ověření této metody byl navržen a sestaven přípravek (viz obr. 3) umožňující simulaci průletu objektu snímačem nebo v jeho okolí. Přípravek byl využit i k měření intenzity magnetického pole cívek. Cílem ověření je stanovit elektromagnetickou vazbu mezi letícím objektem a snímačem při různém geometrickém uspořádání (např. poloha přijímače a vysílače).



Obr. 2 Počítačový 3D model měřicího přípravku

2.4. PODÉLNÉ A PŘÍČNÉ MAGNETOVÁNÍ SNÍMACÍ CÍVKY

Letící projektil je nahrazen budící cívkou malých rozměrů o délce a průměru vybraného projektilu (např. průměr 9 mm, délka 15-25 mm), která je napájena z generátoru o frekvenci v rozsahu $f = (5-30)$ kHz. Snímač tvoří samotná cívka a vyhodnocení probíhá měřením na osciloskopu. Budící cívka je posouvána ve směru letícího objektu po ose (podélné magnetování) nebo kolmo na osu (příčné magnetování) snímací cívky počínaje vzdáleností rovné alespoň pěti poloměrům snímací cívky. Situace je naznačena na obr. 1 a obr. 2. Ve statické poloze je zaznamenána velikost signálu ve snímací cívce. Postupně se budící cívka staticky posouvá až do středu snímací cívky (podélné magnetování) nebo až pod střed snímací cívky (příčné magnetování). Obdobné měření provedeme i pro budící cívku, která je vychýlena od své hlavní osy v podélném nebo příčném směru. Takto lze následným měřením získat grafy závislosti výstupního napětí snímací cívky na poloze budící cívky ve směru letu objektu.

3. ZÁVĚR

Navržená metoda umožňuje zkoumat indukční vazbu mezi snímačem a letícím předmětem. Takto lze vyhodnotit získané signály při různém geometrickém uspořádání snímače a pohybujícího se objektu. Na základě těchto závěrů bude možné navrhnout elektromagnetické hradlo s ohledem jednak na velikost měřených předmětů, tak i na možné zdroje rušení vyskytujících se při měření.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za spolupráce PROTOTYPA a.s. ve spolupráci s Prototypa-ZM, Explosia Pardubice a Ústavem teoretické a experimentální elektrotechniky VUT v Brně, projekt v rámci programu TIP, podporovaného MPO ČR „DIAGNOSTIKA VELMI RYCHLÝCH OBJEKTŮ PRO TESTY BEZPEČNOSTI“.

REFERENCES/LITERATURA

- [1] Dvořák, Z.: Měření rychlosti a polohy objektu optickými a elektromagnetickými metodami (semestrální projekt). Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010.