

Meranie otáčok pomocou Hallových snímačov

Speed measurement with Hall sensors

Ján Vlnka – Marian Králik

Doc. Ing. Ján Vlnka, PhD. Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky, Strojnícka fakulta, STU, Bratislava, jan.vlnka@stuba.sk

Doc. Ing. Marián Králik, CSc. Ústav výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality, Strojnícka fakulta, STU, Bratislava, marian.kralik@stuba.sk

Abstrakt

Hallove snímače majú široké použitie v priemysle. Pracujú na princípe Hallovho javu, ktorý pracuje vytvorením rozdielového elektrického potenciálu v magnetickom poli cez ktorý preteká elektrický prúd. Vznik napätia vzniká pôsobením elektromagnetického poľa – magnetickej indukcie. Využitie Hallových snímačov nachádzame v automobilovom priemysle ako snímače hladiny paliva, merania polohy uhla reflektorov ale aj v ABS systémoch, kde sa používajú na meranie rýchlosti otáčania kolies.

Abstract

Hall sensors are widely used in industry. They work on the principle of the Hall effect, which works by creating a differential electric potential in a magnetic field through which an electric current flows. The formation of voltage is caused by the action of an electromagnetic field - magnetic induction. The use of Hall sensors is found in the automotive industry as fuel level sensors, measuring the position of the headlight angle, but also in ABS systems, where they are used to measure the speed of rotation of the wheels.

Kľúčové slová

Hallov snímač, Hallovo napätie, meranie otáčok, magnetická indukcia, Teslameter

Keywords

Hall sensor, Hall voltage, speed measurement, magnetic induction, Teslameter

Veľkosť Hallovho napätia vypočítame

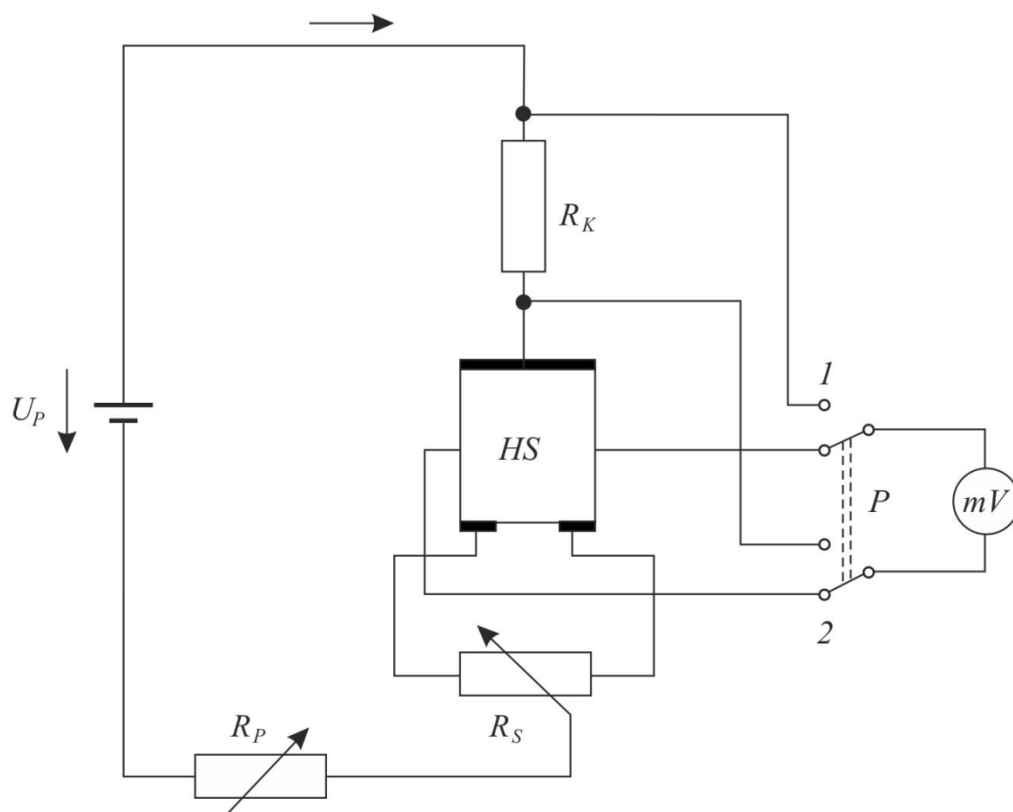
$$U_h = k_H \frac{l}{d} B$$

kde k_H je tzv. Hallova konštanta, ktorá je priamo úmerne závislá od merného odporu látky a od pohyblivosti voľných nábojov použitého polovodiča,

d je hrúbka doštičky.

Hallove napätie sa meria citlivým magnetoelektrickým milivoltmetrom ciachovaným priamo v jednotkách B alebo H. Výhodou Hallovej sondy je, že môže mať veľmi malé rozmery (hrúbka doštičky niekoľko desiatín mm o ploche niekoľko mm^2) a tým je možné ju použiť pre meranie v úzkych vzduchových medzerách magnetických obvodov. Malé rozmery umožňujú ďalej jej použitie pre lokalizované merania v nehomogénnych poliach. Natáčaním sondy sa dá zistiť smer vektora magnetickej indukcie \vec{B} .

Hallovu sondu HS pre meranie magnetickej indukcie používa merací prístroj TESLAMET, výrobok bývalého n.p. Metra Blansko. Principiálne zapojenie merania s Hallovou sondou je znázornené na Obr. 1. Napájací prúd I_p sa odoberá zo zabudovanej batérie s napätím U_p . Skôr než sa prístroj použije k vlastnému meraniu, najprv treba prepnúť do polohy max, nastaviť potenciometrom ručičku prístroja na maximálnu výchylku, potom treba dať prepínač p do polohy 1 a prístroj spolu so sondou nastaviť na nulu až potom treba nastaviť prístroj na požadovaný rozsah magnetickej indukcie. Pomocou premenného odporu R_p sa nastavi vhodný pomocný prúd I_p tak, aby milivoltmeter ukazoval výrobcom určenú (obvyčajne maximálnu) výchylku. Tým sa odstráni vplyv prípadnej zmeny napájacieho napätia U_p . Ak tomu tak nie je, doladíme výchylku na nulu symetizačným potenciometrom R_s , ktorý je pripojený na dve elektródy. Tým sa vykompenzuje rušivá pokojová zložka výstupného napätia spôsobená nepresným umiestnením elektród (pri malých rozmeroch doštičky nie je možné z výrobných dôvodov dosiahnuť dokonalú symetriu) a prístroj je pripravený k meraniu. Rozmery vlastnej sondy bývajú $3 \times 1,5 \text{ mm}$ o hrúbke $0,3 \text{ mm}$. Hrúbka sondy spolu s ochranným hliníkovým obalom je 1 mm , čo umožňuje meranie magnetickej indukcie i v úzkych medzerách. Prístroj má tri rozsahy $0,2; 0,5 \text{ a } 2 \text{ T}$. V súčasnosti sa vyrábajú aj prístroje s najnižším rozsahom až $0,0001 \text{ T}$ (kombinované so zosilňovačom).



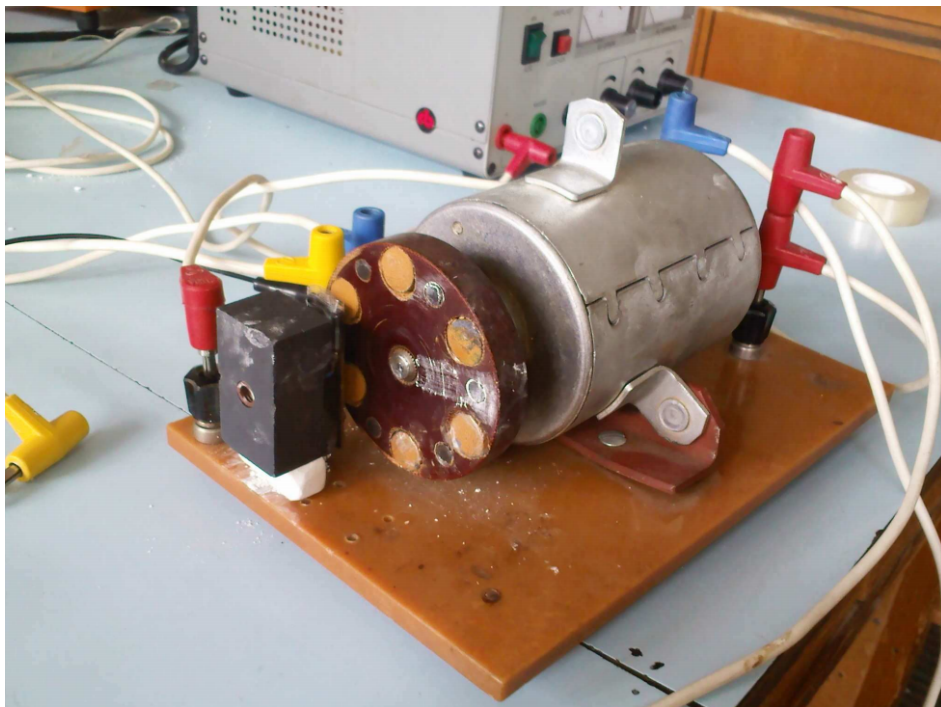
Obr.1 Zapojenie Teslametu

Magnetickú indukciu a intenzitu magnetického poľa možno merať aj magnetoelektrickým systémom, ktorého moment systému je daný vzťahom

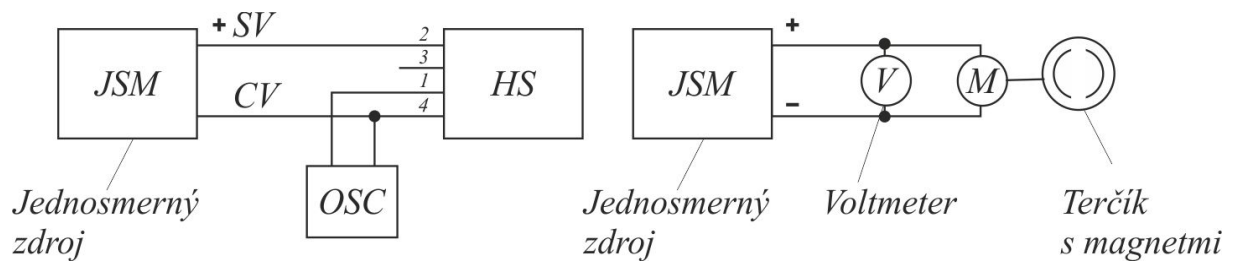
$$M_s = 2 B I r N l$$

Ak otočnou cievkou bude prechádzať konštantný jednosmerný prúd I , bude sa po vložení do magnetického poľa vychýľovať priamo úmerne veľkosti indukcie B . Ak je cievka uložená na závesnom vlákne, dá sa pri dostatočne veľkom prúde I dosiahnuť pomerne veľká citlivosť a tým je možné merať aj malé hodnoty indukcie, resp. intenzity magnetického poľa. Ďalšie metódy, umožňujúce meranie magnetickej indukcie a intenzity v jednosmerných magnetických poliach vo vzduchu používajú k meraniu rôzne feromagnetické sondy, rotačné, príp. vibračné sondy, vizmutovú špirálu a i.

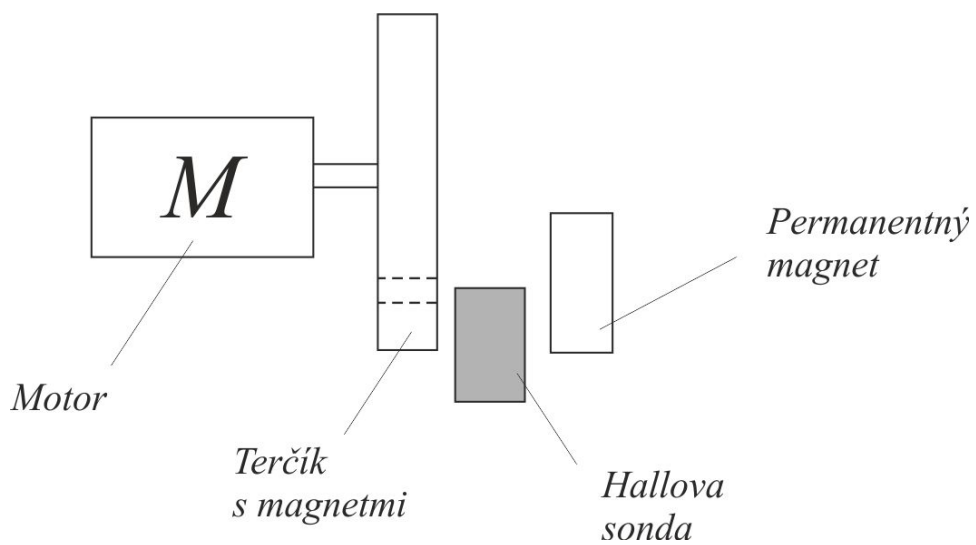
Snímanie otáčok sme uskutočnili pomocou Hallovej sondy. Na os motora sme mali pripojený disk s magnetmi tak, že magnety boli uložené v rovnakých odstupoch po obvode terčika (viď. Obr. 2). Jedna strana (polovica) terčika mala severnú a druhá južnú polarizáciu (180° a -180°) (Obr. 4). Oproti terčiku s magnetmi sme mali uložený ďalší permanentný magnet a medzi terčíkom s magnetmi a permanentným magnetom sme mali uloženú Hallovu sondu. Typ Hallovej sondy je MH 1SS1, ktorý nám dáva logický TTL výstup. Sondu sme zapájali podľa schémy Obr. 3, napájacie napätie sondy sme mali 5V, ktorý sme pripájali na vývod 3 a zem sme mali na vývode 4. Vývody 1 a 2 nám dávali TTL výstup, ktorý sme priviedli (pripojili) na osciloskop Obr. 5, kde sme sledovali zmenu šírky pulzov v závislosti na napájacom napätí. Keď sme mali nízke napájacie napätie, mali sme nižšie otáčky motora. Na osciloskope sme videli oveľa širšie impulzy. Zvyšovaním napájacieho napätia sa zvýšili otáčky motora a šírky impulzov sa nám zužovali. Merali sme čas trvania jednotlivých periód T [ms] pri rôznych hodnotách napájacieho napätia. Z hodnôt trvania jednej periódy sme vypočítali otáčky motora a tiež frekvenciu pulzov, ktoré nám dávali otáčky motora pomocou vzorca $f = \frac{1}{T}$ [Hz]. Táto frekvencia pre nás znamená počet otáčok motora za 1 sekundu. My sme chceli zistiť otáčky motora za minútu, tak sme vynásobili túto hodnotu číslom 60, $RPM = f \cdot 60$ [otáčky/min.]. Výsledky sú uvedené v tabuľke č. 1, ktorú sme znázornili aj pomocou grafu ako závislosť otáčok jednosmerného motora od napájacieho napätia. Takto sme si určili otáčky pomocou Hallovej sondy.



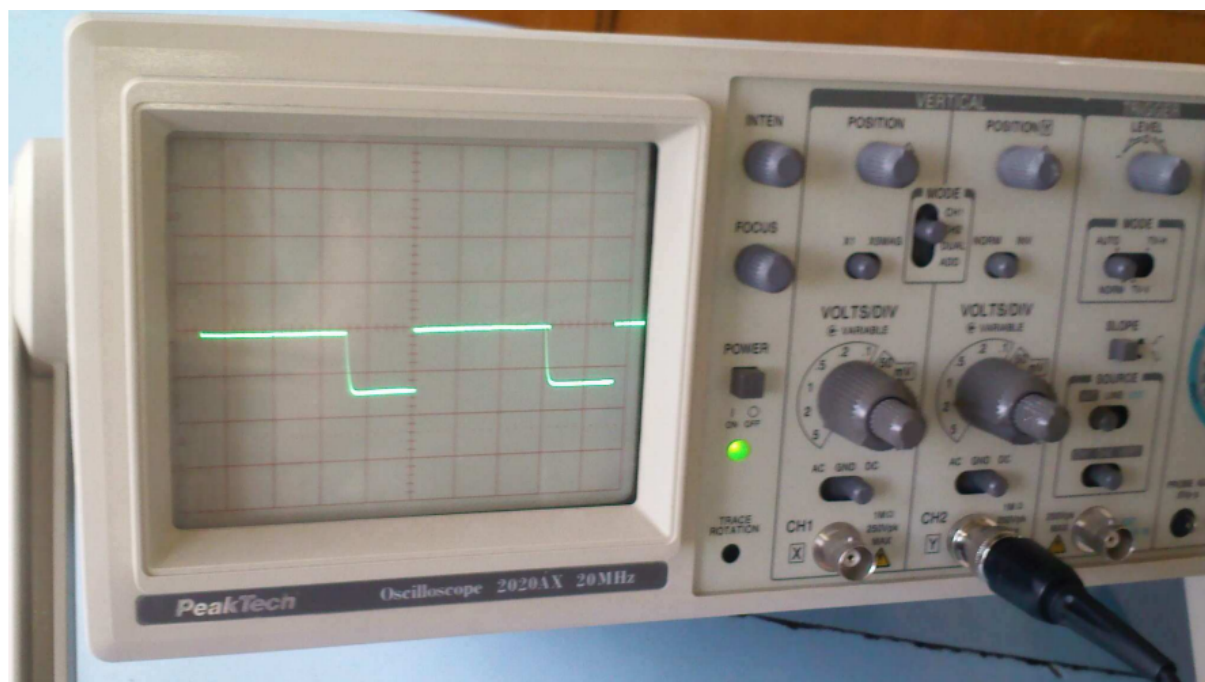
Obr. 2 Jednosmerný elektromotor s terčikom a permanentným magnetom



Obr. 3 Schéma zapojenia Hallovej sondy a jednosmerného elektromotora



Obr. 4 Schéma zapojenia meracej sústavy



Obr. 5 Výstupný signál z Hallovej sondy na osciloskope

V meraní sme sa chceli presvedčiť o princípe fungovania Hallovho snímača, kde sme sledovali generované Hallovo napätie v závislosti na natočení magnetického poľa. Meranie sme uskutočnili pomocou teslametu (typ ML 10 T), ktorý funguje na princípe Hallovho snímača. Teslameter nám ukazuje Hallovo napätie, ktorý získavame z Hallovho snímača uloženého v meranom magnetickom poli kolmo na tok magnetického poľa.

Tabuľka č.1 Namerané hodnoty

U [V]	T [ms]	f [Hz]	RPM [ot.min ⁻¹]
2,6	120	8,33	499,8
3,2	90	11,11	666,6
4	58	17,24	1034,4
5	39	25,64	1538,4
6	30	33,33	1999,8
7	24,5	40,82	2449,2
8	20,5	48,78	2926,8
9	18	55,56	3333,6
10	15,6	64,1	3846
11	14,2	70,42	4225,2
12	12,6	79,37	4762,2
13	11,4	87,72	5263,2
14	10,6	94,34	5660,4
15	9,8	102,4	6122,4

PodĎakovanie

The article was supported by KEGA Projekt č. 027STU - 4/2019 with the name “Príprava akreditovaného študijného programu "Výrobné systémy a manažérstvo kvality" na EUR-ACE akreditované štúdium” (Preparation of an accredited study program "Production Systems and Quality Management" on EUR-ACE accredited study).

Literatúra

[1] Snímače v motorových vozidlech, Bosch. Prvé české vydanie. Praha. Vydal Robert Bosch odbytová s.r.o. , 2003 – ISBN: 80-903132- 5-6

[2] Snímače v motorových vozidlech, Ing. Jiří Vlček, Doplnkový text k publikaci Jednoduchá elektronika pro obor Autoelektrikář, Autotronik, Automechanik

[3] ZEHNULA, K. : Snímače neelektrických veličin Druhé, upravené a doplněné vydanie. Praha. Vydalo SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983

[4] KOSORIN, D. – HANAJÍK, M. : Elektrické meranie neelektrických veličín Prvé vydanie. Bratislava. Vydala Slovenská vysoká škola technická v Bratislave v Edičnom stredisku SVŠT, 1985

[5] Polovodičové součástky, Tesla, 1982/83

[6] Brutovský, E. a kol.: Elektrotechnika – Návodý na laboratórne cvičenie pre poslucháčov strojného inžinierstva, Kolektív katedry elektrotechniky Sjf STU, Bratislava 2000

[7] Vlnka,J. – Bizub,J.: Elektrotechnik und elektronik fur die automobilindustrie von grundlagen bis zum elektrofahrzeug, Spektrum STU, Bratislava 2018, ISBN 9788022748711

Internet:

[8] Snímače na meranie uhlu
http://www.emsyst.sk/Podpora/Snimace_na_meranie_uhlu.htm

[9] Hall effect sensor http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect_sensor