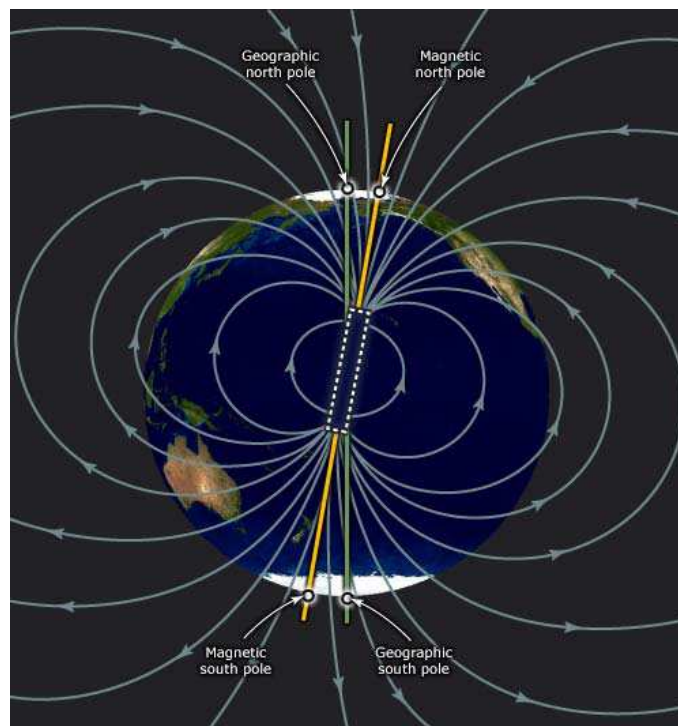


# Meranie magnetického poľa Zeme

Peter Hrabčák

2011/2012

Tvar zemského magnetického poľa (ZMP) má podobný tvar ako pole tyčového magnetu (fiktívne umiestneného v strede zemského telesa) s osou orientovanou približne v smere osi rotácie Zeme (s odklonom cca  $11^\circ$  - Obr. 1). Intenzitu ZMP v danom bode na povrchu Zeme predstavuje totálny vektor  $B$  s určitou amplitúdou a orientáciou. V pravouhlom súradnicovom systéme orientovanom tak, že rovina  $XY$  je dotyčnicová k zemskému povrchu a os  $Z$  k nemu kolmá, je možné totálny vektor ZMP rozložiť na príslušné zložky. Ďalej sa dá určiť horizontálna a vertikálna zložka vektora a uhol ktorý spolu zvierajú. Intenzita ZMP v oblasti Slovenska sa pohybuje okolo  $47 \mu\text{T}$ , najväčšia hodnota je v oblasti magnetických pólov a to cca  $62 \mu\text{T}$ . Najmenšia v okolí rovníka s hodnotou cca  $23 \mu\text{T}$ . Denné variácie spôsobujú zmeny intenzity v jednotkách až desiatkach nT, magnetické búrky v stovkách nT, anomálie vyvolané zmenou obsahu magnetických minerálov v geologických telesách vyvolávajú zmeny až do veľkosti tisícou nT a zmeny väčšie ako desaťtisíc nT môžu vyvolať umelé zdroje, napr. rôzne výkonné elektrické zariadenia, kovové konštrukcie a pod.



Obr. 1 Tvar zemského magnetického poľa

Veľkosť vektora magnetického poľa na danom mieste je možné odmerať pomocou cievky a integrátora. My sme použili cievku v tvare štvorca, ktorá mala 70 závitov. Takže výsledná plocha, ktorú sme takto získali je 4,606 m<sup>2</sup>. Na zostavenie integrátora sme potrebovali operačný zosilňovač TL 061 a ďalšie dôležité súčiastky, ktoré uvádzame nižšie. Ešte pred samotným meraním bolo potrebné vyladiť offset operačného zosilňovača. Spravili sme to pomocou vhodne vybraných odporov a potenciometra, ktorým sme aj neskôr robili jemné doladovania. Neskôr to bolo potrebné najmä kvôli teplotnej nestálosti offsetu, čiže driftu operačného zosilňovača. Celé pomocné zapojenie sme priviedli na vstup operačného zosilňovača. Podrobne je kompletne zapojenie integrátora ilustrované na obr. 2, kde sa nachádza jeho schéma. Tlačidlo v zapojení nám slúži na vynulovanie integrátora. Samotné meranie sme uskutočnili jednotlivo pre všetky tri zložky magnetického poľa. A to tak, že sme postupne vo všetkých troch smeroch pootočili cievkou o 180 °. Počas tohto otočenie sa v cievke indukovalo napätie, ktorého veľkosť je určená nasledovne:

$$U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d(2NBS)}{dt}$$

kde  $d\Phi$  je zmena magnetického indukčného toku za čas  $dt$ ,  $B$  je veľkosť zložky magnetického poľa, ďalej  $N$  je počet závitov cievky,  $S$  jej plocha a násobenie dvoma je kvôli otočeniu o 180°. Pre výstupné napätie ďalej platí:

$$U_{\text{výst}} = - \frac{1}{RC} \int_0^T U_{\text{ind}} dt = \frac{1}{RC} 2NBS$$

kde  $R$  je veľkosť použitého odporu,  $C$  je kapacita kondenzátora a horná hranica integrálu je rovná času  $T$ , ktorý je potrebný na pootočenie cievky o 180°. Je potrebné aby tento čas bol čo najkratší a to z dôvodu eliminácie offsetu integrátora. Nám to trvalo cca 1- 2 sekundy, ale offset sa aj tak stihne prejaviť. Preto sme si pred meraním určili jeho približnú veľkosť za čas  $T$  a túto hodnotu sme odrátali od výstupného napätia. Vďaka tomu sme jeho prejav ešte trochu eliminovali. Pomocou výstupných napätí už následne vieme určiť aj jednotlivé zložky vektora magnetického poľa a to nasledovným vzorcom, ktorý získame úpravou posledného výrazu, takže:

$$B = \frac{U_{\text{výst}} RC}{2NS}$$

Po odmeraní výstupných napätí a následnom výpočte sme dostali tieto hodnoty veľkosti vektora magnetického poľa:

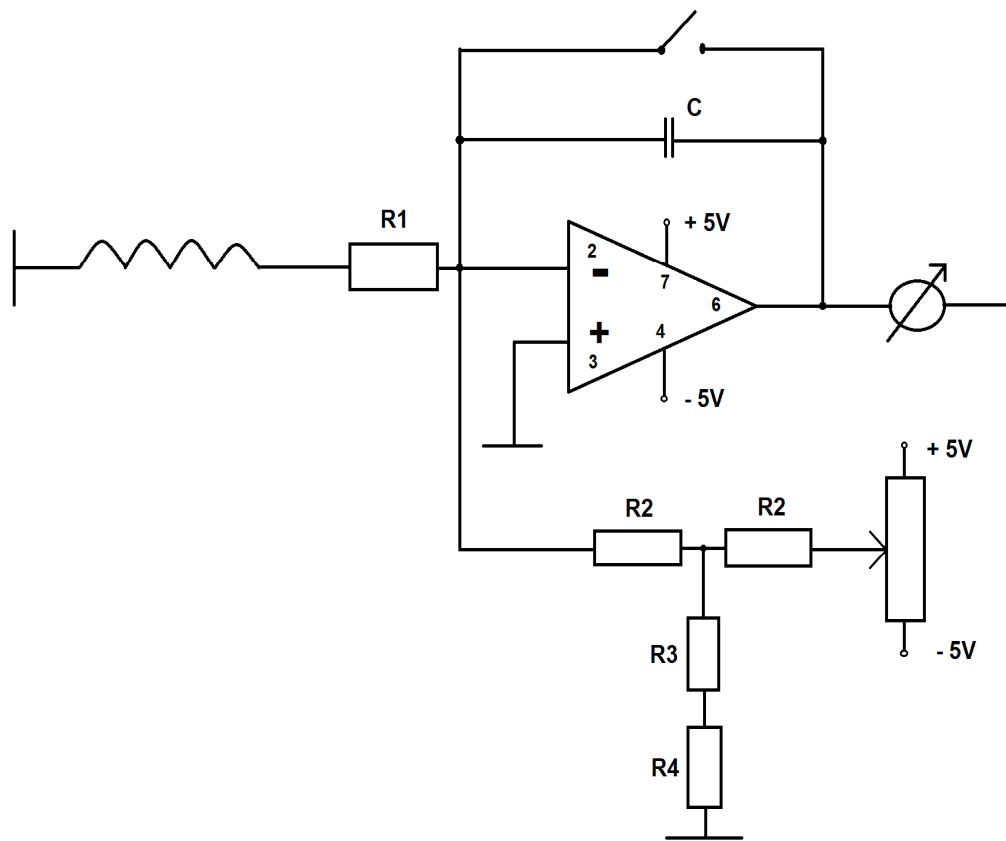
1. meranie:  $51 \mu\text{T}$
2. meranie:  $48 \mu\text{T}$
3. meranie:  $47 \mu\text{T}$

Ak tieto výsledky porovnáme s hodnotu, ktorá je typická pre oblasť Slovenska, čiže  $47 \mu\text{T}$ , tak vidíme výbornú zhodu. Poznamenajme ešte, že údaje ktoré nám vyšli boli ovplyvnené aj magnetickým poľom elektrických zariadení v miestnosti a kovovými konštrukciami. Takže pole, ktoré sme namerali bolo kombináciu zemského poľa a ďalších rušivých polí. Výrazný vplyv na výsledok mal aj offset integrátora, ďalej ani výsledná plocha cievky nebola určená s dostatočnou presnosťou a má svoju neurčitosť. Určite tiež chyba prístrojov zohrala svoju rolu a nakoniec aj ľudský faktor bol dôležitý. Najme pri potrebe rýchleho odčítania hodnoty výstupného napätia.

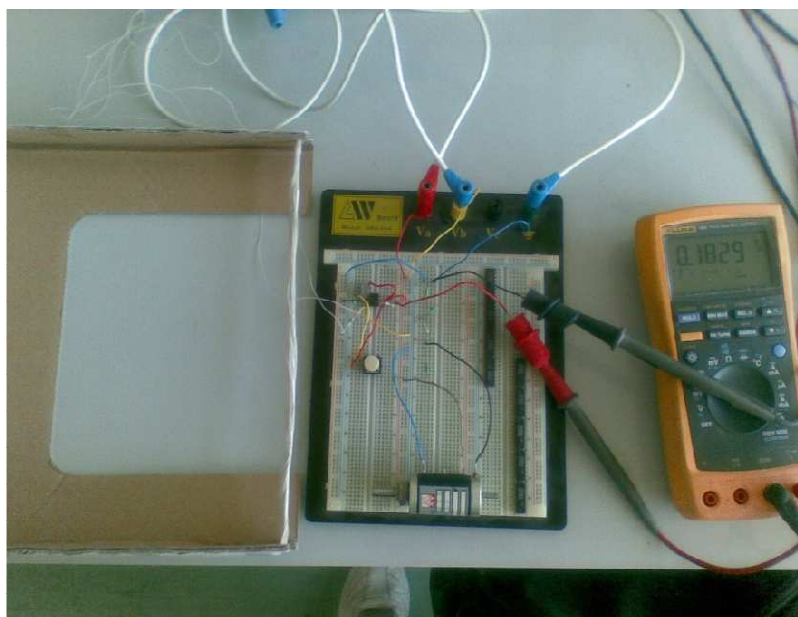
Výsledok nás milo prekvapil, ak by niekto v budúcnosti zopakoval tento experiment odporúčame kúpiť kvalitnejší operačný zosilňovač a taktiež dôkladne vyladiť offset. Nižšie uvádzame použité súčiastky, schému zapojenia a niekoľko fotografií celého experimentu.

### **Použité súčiastky:**

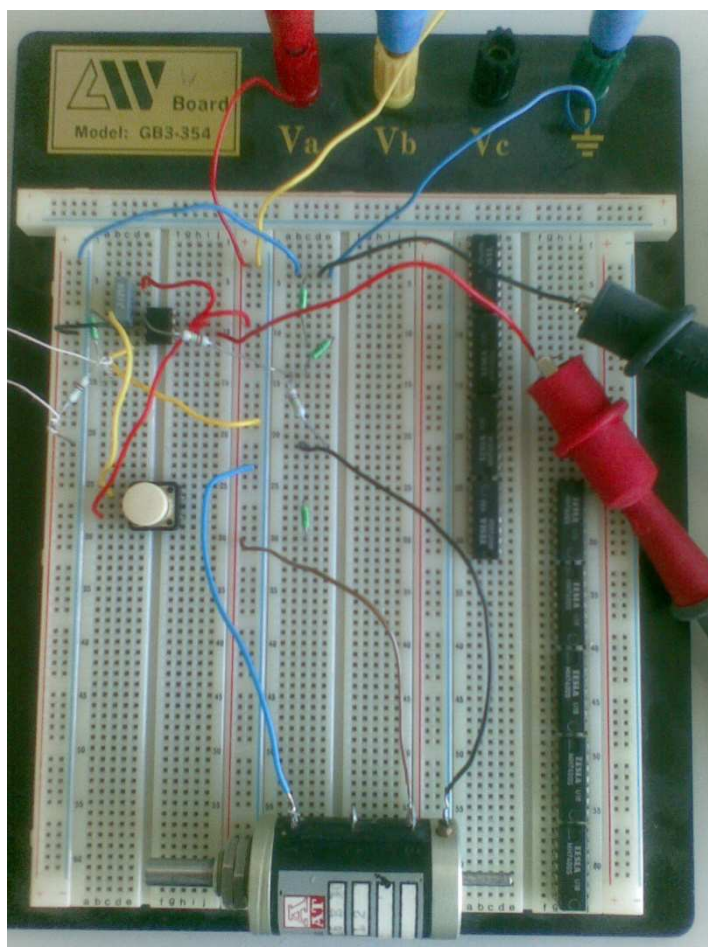
- |                           |   |
|---------------------------|---|
|                           | školský zdroj napätia                       |
| a) pre integrátor:        | operačný zosilňovač TL 061                  |
|                           | cievka, $S = 0,0658 \text{ m}^2$ , $N = 70$ |
|                           | kondenzátor, $C = 100 \text{ nF}$           |
|                           | odpor, $R1 = 8200 \Omega$                   |
|                           | spínač                                      |
|                           | voltmeter                                   |
| b) pre reguláciu offsetu: | potenciometer                               |
|                           | 2 x odpor, $R2 = 1 \text{ M} \Omega$        |
|                           | odpor, $R3 = 8200 \Omega$                   |
|                           | odpor, $R4 = 6800 \Omega$                   |



Obr. 2 Schéma zapojenia



Obr. 3 Na fotografii vidíme cievku, zapojenie integrátora a voltmeter



**Obr. 4** Na fotografii vidíme zapojenie integrátora

**Zdroj:**

<http://ns.spsknm.sk/padysak/elN/oz/oz.htm>

<http://www.fns.uniba.sk/uploads/media/Magnetometria.pdf>

**Autor:**

Peter Hrabčák

phrabcak@gmail.com

