

MERANIE NAPÄTOSTI ELASTICKO-MAGNETICKÝM SNÍMAČOM

Doc. Ing. Miroslav Mojžiš, CSc.

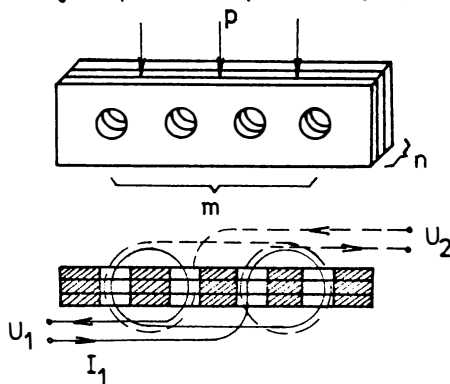
Katedra teoretickej elektrotechniky a techniky obvodov
EF VŠT, Košice

1. Úvod

Navrhovaný snímač napätosti /tlaku/ pracuje na princípe elasticko-magnetického javu. Magnetické vlastnosti, ktoré reprezentuje materiálový parameter - permeabilita, sa vplyvom deformácie látky menia. Ak túto deformáciu spôsobuje konkrétna mechanická sila, možno podľa veľkosti zmeny permeability a príslušnej deformácie magnetického poľa usúdiť o jej veľkosti. Uvedený snímač je určený na meranie jednosovej tlačnej sily, resp. v prepočítaní na jednotku styčnej plochy snímača na meranie jednosového statického tlaku v rozsahu 20 - 120 MPa. Pôsobenie krútiacich síl sa musí vylúčiť.

2. Vzťahy určujúce výstupnú charakteristiku snímača

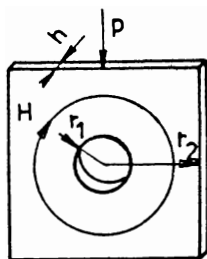
Vlastný snímač skladá sa z lamíel /plechov/ z feromagnetického materiálu, v nich sú vrtané otvory pre vinutie, / Obr. 1/ Na teleso snímača pôsobí tlak p . Vinutie v snímači je usporiadané podľa obr. 1. Prechodom prúdu I_1 vytvorí sa v snímači približne kruhové mg. pole, ako je to naznačené na obr. 2.



Obr. 1

Tento elementárny geometrický útvar /prvok/ nachádza sa v snímači $m \cdot n$ - krát a tým aj kruhové mg. pole. Pôsobením tlaku deformuje sa pôvodné mg. pole a tým sa zmení výstupné napätie U_2

o hodnotu ΔU_2 , ktorá predstavuje užitočný signál. Kvantitatívny vzťah udávajúci hodnotu ΔU_2 bol odvodený teoretickým rozborom z energetickej rovnováhy feromagnetika [1], [2], [3] riešenia poľa mechanickej napätosti takéhoto



útvary [4] riešenia elektromagnetického poľa [5], [6] a riešenia interakcie elektromagnetického poľa a poľa mechanickej napätosti. Vzťah bol odvodený v dvoch stupňoch približenia ku skutočnosti. Približný, ale praktický vzťah má tvar

Obr. 2

$$\Delta U_{2a} = \left[\mu_0 n \cdot 2 \cdot f \cdot N_2 \cdot \frac{2 \lambda_{ss} \omega^2}{B_{sef}^2} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{N_1 I_{1a} h}{2 \lambda} \cdot \lg \frac{r_2}{r_1} \right] \cdot p$$

a presnejší

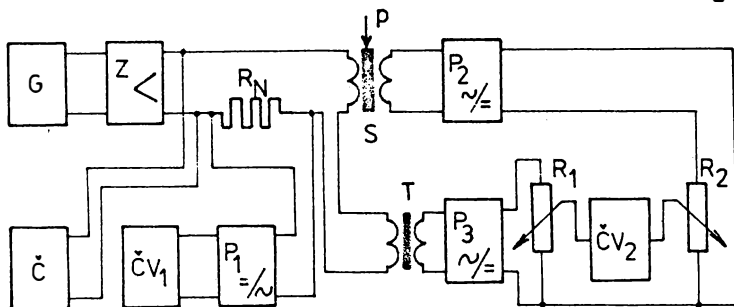
$$\Delta U_{2a} = \left\{ \mu_0 n \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot N_2 \cdot \frac{2 \lambda_{ss} N_1 I_{1a} h}{B_{sef}^2 \cdot 2 \lambda} \int_{r_1}^{r_2} \omega^2 / r^2 \cdot \frac{1}{2} \left(1 + \frac{r_1}{r} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+2r_2} - \frac{1}{r-2r_2} + \frac{2r}{r^2 + /2r_2^2} \right) dr \right\} p$$

Vidíme, že vzťahy majú tvar $\Delta U_2 = k_c p$, kde k_c sme označili konštantu citlivosti. Merané výstupné napätie bude úmerné pôsobiacemu tlaku,

3. Experimentálna časť

Meraciu aparatúru sme zapojili podľa principiálnej blokovej schémy, ktorú znázorňuje obr. 3. Vstupný obvod snímača tvoril generátor /G/, zosilňovač /Z/, odporový normál / R_N /, primárna strana kompenzačného transformátora /T/ a primárny obvod vlastného snímača /S/. Pomocou čítača

/Č/ a číslícového voltmetra /ČV₁/ sme sledovali vstupné hodnoty f a I_1 . Odporový normál slúžil na prispôbienie obvodu k zosilňovaču, ako aj na prevod prúdu na napätie. Výstupný obvod tvorili tieto časti: sekundárne vinutie vlastného snímača /S/, prevodník striedavého napätia na rovnosmerné napätie /P₂/, sekundárne vinutie transformátora /T/ a príslušným prevodníkom /P₃/, Pomocou potenciometrov R_1 a R_2 sme zvolili vhodné kompenzačné napätie, zodpovedajúce $U_2/p=0$. Číslícový voltmeter /ČV₂/, zapojený podľa schémy, meral potom len užitočný signál ΔU_2 .



Obr. 3

Takto vytvorené kompenzačné zapojenie kompenzovalo zároveň amplitúdovú a frekvenčnú nestabilitu napájacieho zdroja. Tlačnú silu ako vstupnú veličinu sme vyvodzovali úradne precizovaným zariadením, zhotoveným na pracovisku na princípe váh. Vstupnú veličinu tvorila kvapalina.

Vlastné meranie sme uskutočnili na vzorkách s rozmermi $28 \times 7 \times 0,5$ mm /n=1/ podľa uvedenej koncepcie /obr. 1/. Vzorky pozostávali z viacerých materiálov československej výroby. Najlepšie výsledky sme dosiahli na snímači z materiálu Et 26 0 : trieda presnosti 1,5 %, rozsah pracovných teplôt $20 - 60^\circ \text{C}$, merací rozsah $20 - 120$ MPa, maximálne dovolené preťaženie 180 MPa bez zmeny charakteristiky. Po preťažení do 210 MPa sme museli snímač precizovať.

4. Záver

Na záver možno konštatovať, že aj keď sa spoľahlivosť snímača v agresívnom prostredí dosiaľ nemerala, v prípade kladných výsledkov má uvedené meranie tlaku široké možnosti uplatnenia v technickej praxi. Snímače pracujúce sice so zásadne iným geometrickým usporiadaním magnetického poľa a nosného telesa, ale založené na rovnakom fyzikálnom jave, sa už vo svete veľmi dobre osvedčili a nahradili klasické snímače s lepenými tenzometrami. Najmä špičkový výrobca švédsko-firma ASEA dosiahla v tomto smere veľmi dobré výsledky. Jej výrobky slúžia na meranie valcovacích síl, na váženie v podobe váh, na meranie hmotností bremena žeravú a na meranie tlaku vo valcoch výbušných lodných motorov. Jej zariadenie sú však vzhľadom na ich cenu, v prípade obmedzenosti devízových prostriedkov, veľmi ťažko dostupné.

5. Označenia

Veličiny

B - magnetická indukcia $[\text{T}]$	n - počet lamiel /obr.1/
f - frekvencia napájacieho prúdu $[\text{Hz}]$	p - tlak $[\text{Pa}]$
h - hrúbka lamely	r - polárna súradnica /obr.3/ $[\text{m}]$
I - elektrický prúd $[\text{A}]$	r_1, r_2 - geometrické rozmery podľa obr. 3 $[\text{m}]$
k_c - koeficient citlivosti	U - elektrické napätie
m - počet elementárnych útvarov vedľa seba /obr.1/	λ - koeficient dĺžkovej magnetostrikcie $[\text{l}]$
N - počet závitov vinutia $[\text{l}]$	μ - permeabilita $[\text{H/m}]$

6. Literatúra

- [1] AKULOV N.: Feromagnetizm, Leningrad GITTL 1939
 [2] BJELOV K.: Berechnungen in feromagnetischen Metallen, Berlin, VEB Verlag 1953 - [3] KNELLER E.: Ferromagnetismus Berlin, Springer Verlag 1962 - [4] SAVIN G.: Rasspredelenije naprjaženij okolo otverstij Kijev, Naukova Dumka 1968 - [5] KULDA J.: Magnetické pole v silnoproudé elektr. otechnice Praha, Academia 1974 - [6] STRATON J.: Teorie elektromagnetického pole Praha, TKI 1961