

Jaroslav Džmura, Jozef Balogh, Jaroslav Petráš

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

## Vlastnosti senzorov indukčnej metódy merania aktivity častkových výbojov

**Abstrakt.** Pre meranie častkových výbojov v izolačných systémoch elektroenergetických zariadení vysokého napätia sa najčastejšie používa priama galvanická metóda. Ako alternatívnu metódu je možné využiť indukčnú metódu. Meranie nepriamou indukčnou metódou vyžaduje senzory, ktoré sú konštrukčne riešené ako lineárne alebo toroidálne. Pomocou vhodných metód musíme určiť vlastnosti takýchto sond.

**Abstract.** For partial discharge measurements in insulation systems of high voltage electric power devices the most usually used method is the direct galvanic method. As an alternative method we can use indirect inductive method. This method requires inductive sensors that are constructed as linear or toroidal types. With the help of suitable approaches we have to measure parameters of such sensors.

**Kľúčové slová:** toroidný snímač, indukčný snímač, častkový výboj.  
**Keywords:** toroidal sensor, induction sensor, partial discharges.

### Úvod

Meranie častkových výbojov a výbojovej aktivity v izolačných systémoch patrí medzi dôležité metódy diagnostiky izolačných systémov. Pre takéto meranie sa najčastejšie využíva priama galvanická metóda. Sú k dispozícii aj ďalšie metódy, ako sú napr. akustická metóda vhodná na lokalizáciu zdroja častkových výbojov, alebo nepriama indukčná metóda, umožňujúca meranie on-line.

Pre monitorovanie výskytu častkových výbojov v izolačných systémoch zariadení vysokého a veľmi vysokého napätia sme na Katedre elektroenergetiky Fakulty elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach vyvinuli sondy toroidálne, ktoré sú svojimi elektromagnetickými a geometrickými vlastnosťami vhodné ako snímanie častkových výbojov v meracích systémoch [1], [2]. Nakoľko výsledky, ktoré sú dosiahnuteľné týmito typmi snímačov majú byť ekvivalentné výsledkom z galvanických meraní častkových výbojov, bolo potrebné vypracovať metódu na testovanie týchto indukčných sond.

### Určenie počiatkovej permeability a prenosovej charakteristiky senzora

Pre výpočet základných parametrov indukčných sond je potrebné poznať hodnoty počiatkovej permeability. Táto hodnota je pri niektorých toroidoch uvedená výrobcom, avšak pri niektorých toroidoch počiatkovú permeabilitu je potrebné určiť meraním.

Počiatková permeabilita  $\mu_p$  je permeabilita určená smernicou dotyčnice magnetizačnej charakteristiky v bode  $H=0, B=0$  [3].

$$(1) \quad \mu_p = \frac{1}{\mu_0} \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{H}$$

kde  $\mu_0$  je permeabilita vákua ( $1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$ ),

$H, B$  sú súradnice bodov magnetizačnej charakteristiky [ $\text{Am}^{-1}; \text{T}$ ].

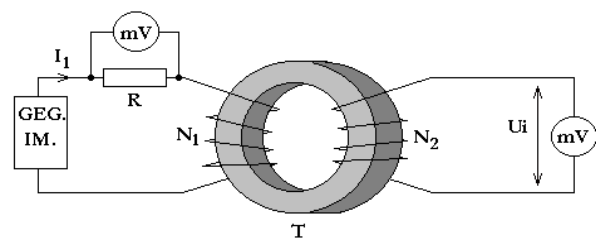
V praxi sa nahradzuje obvykle amplitúdovou permeabilitou, meranou pri malých amplitúdach striedavej intenzity magnetického poľa, poprípade magnetickej indukcie.

Na Katedre elektroenergetiky Fakulty elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach bola navrhnutá meracia metóda na stanovenie počiatkovej permeability  $\mu_p$  na báze zákona celkového prúdu a

indukovaného napätia [4]. Výsledný vzťah pre výpočet  $\mu_p$  potom je určený nasledovne:

$$(2) \quad \mu_p = \frac{U_i r_s \cdot 10^7}{8,88 \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot N^2 I_1 f}$$

kde  $U_i$  - indukované napätie,  
 $r_s$  - polomer strednej siločiar toroidu,  
 $S$  - prierez cievky,  
 $I_1$  - prúd v prvej cievke,  
 $f$  - frekvencia.



Obr.1 Schéma zapojenia pre meranie počiatkovej permeability

GEG. IM.	- generátor impulzov
R	- odpor
$N_1$	- počet závitov na primárnej strane
$N_2$	- počet závitov na sekundárnej strane
$I_1$	- prúd v prvej cievke
$U_i$	- indukované napätie

Pre určenie v akom frekvenčnom rozsahu pracujú snímače častkových výbojov je potrebné zmerať ich prenosové charakteristiky [4]. Je to závislosť:

$$(3) \quad A = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

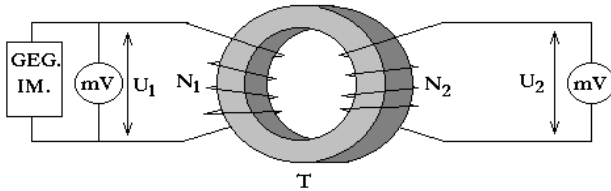
od frekvencie.

Veľká množina magnetických materiálov, ktoré poskytujú výrobcovia bol podrobený analýze z hľadiska ich použitia pre konštrukciu jadra indukčných snímačov. Po meraniach magnetických vlastností a prenosových charakteristík sme pozornosť sústredili na tie materiály, ktoré sa mali vysokú počiatkovú permeabilitu ( $\mu_p > 10^4$ ) a umožnili ich aplikáciu v širokom frekvenčnom pásme.

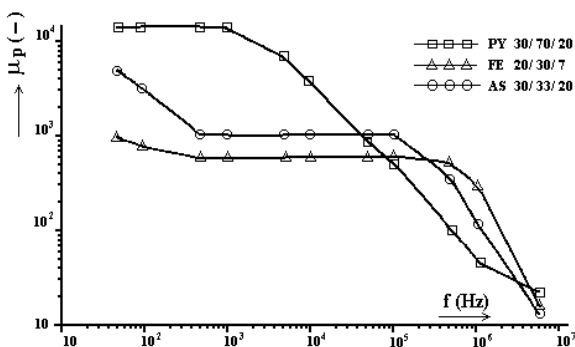
Medzi materiály spĺňajúce vyššie uvedené parametre patria:

- kompaktný mäkký feromagnetický materiál vyrobený na báze zliatiny železa a niklu - Permalloy (PY),
- oxidový mäkký feromagnetický materiál, ktorého vlastnosti určuje zloženie  $MO.Fe_2O_3$  - Ferit B (FE),
- anorganické páskové sklo (AS), ktoré sa vyznačuje vlastnosťami magnetický mäkkých materiálov.

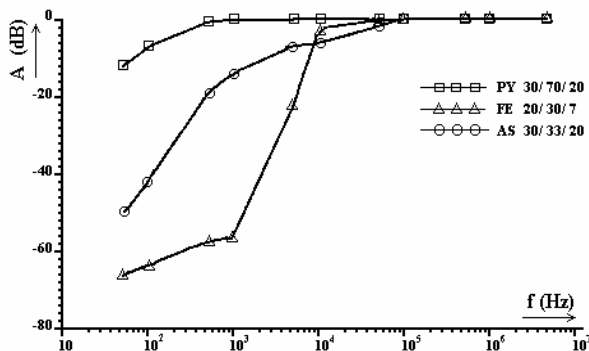
Frekvenčná závislosť počiatkovej permeability  $\mu_p$  a prenosové charakteristiky u vyššie uvedených materiálov sú zrejme z obr. 3 a obr. 4.



Obr.2 Schéma zapojenia pre určenie frekvenčnej závislosti prenosovej charakteristiky



Obr.3 Závislosť  $\mu_p(f)$  meraná pri sínusovom tvare signálu v zostave podľa obr. 2



Obr.4 Závislosť  $A(f)$  nameraná pri obdĺžnikovom tvare signálu

### Záver

Merania boli vykonané pomocou napätia sínusového a obdĺžnikového t.j. pravouhlého priebehu. Pri aplikovaní sínusového tvaru signálu boli prenosové krivky obmedzené na určitú diskretnú šírku frekvenčného pásma, pri aplikovaní pravouhlého priebehu nebola charakteristika  $A=f(\omega)$  zhora ohraničená, čo vyplýva z charakteru vstupného signálu.

Tieto vyššie uvedené výsledky meraní ukazujú, že indukčné senzory je možné konštruovať z vyššie uvedených skúmaných materiálov. Testované materiály spĺňajú požadované podmienky.

V tejto práci sme sa snažili poukázať na nutnosť zistenia vlastností materiálu použitého ako konštrukčný prvok indukčného senzora, na metódu určovania týchto vlastností a na spôsob správnej voľby materiálu pre efektívne využitie použitého materiálu.

### Literatúra

- [1] MARTON, K. a kol.: Výskumná správa GAV č.1/990345/92, EF TU Košice, 1992.
- [2] Magnetický mäkké ferity, s. p. PRAMET ŠUMPERK, 1988.
- [3] KNEPPO, L.: Prechodné javy v elektrických sieťach, EF SVŠT Bratislava, 1983, s. 34 - 35.
- [4] MARTON, K., BALOGH, J., GARGUŠOVÁ, T.: Rozbor indukčného snímača na sledovanie predpripravného stavu izolácie. Zborník prác VI. Vedeckej konferencie EF TU, sekcia Technika vysokých napätí, Košice 1992, s. 131-137.

Táto práca vznikla na základe podpory vedeckej grantovej agentúry VEGA MŠVVaŠ SR a SAV č. projektu 1/0368/2009 a APVV-20-006005.

**Autori:** Jaroslav Džmura, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: [jaroslav.dzmura@tuke.sk](mailto:jaroslav.dzmura@tuke.sk)

Jozef Balogh, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: [jozef.balogh@tuke.sk](mailto:jozef.balogh@tuke.sk)

Jaroslav Petráš, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: [jaroslav.petras@tuke.sk](mailto:jaroslav.petras@tuke.sk)