

**VYUŽITIE DIAGNOSTICKÝCH METÓD PRI KONTROLE  
VYHRANENÝCH TECHNICKÝCH ZARIADENÍ ELEKTRICKÝCH**

**APPLICATION OF DIAGNOSTIC METHODS AT THE CONTROL OF  
RESERVED TECHNICAL EQUIPMENT OF ELECTRICAL**

Róbert RIEDLMAJER

*Autor: Ing. Róbert Riedlmajer, PhD.*

*Pracovisko: Katedra fyziky, Materiálovotechnologická fakulta STU*

*Adresa: Paulínska 16, 917 24 Trnava*

*Tel.: 00421 33 5511243, E-mail: riedl@mtf.stuba.sk*

**Abstract**

*Príspevok popisuje diagnostické testovacie metódy vybraných vyhradených technických zariadení elektrických skupiny A. Sú identifikované fyzikálne javy v makroskopických elektrických procesoch prebiehajúcich v izolácii vysokonapäťového vinutia statora a analyzované výsledky testov. Detailne sú zhodnotené výsledky meraní získané rôznymi testovacími technikami.*

*The report is dealing with problem of diagnostic testing of reserved technical equipment group A. The physical phenomena underlying the macroscopic electrical behaviour of high-voltage stator winding insulation is identify. Comparative tests to evaluate the measurements obtained from chosen insulation testing techniques is conduct.*

**Key words**

*metódy diagnostické, zariadenia elektrické technické, odpor izolačný, index polarizačný*

*diagnostic methods, technical equipment, insulation resistance, polarisation index*

**Úvod**

Podľa Vyhlášky 718/2002 Zb. z. sa za vyhradené technické zariadenia elektrické považujú zariadenia s vysokou mierou ohrozenia (skupina A) a s vyššou mierou ohrozenia (skupina B). Do skupiny A patria napríklad technické zariadenia na výrobu elektrickej energie s menovitým výkonom 3 MW a viac. Spoľahlivosť týchto zariadení závisí od údržby a sledovania možných príčin vzniku porúch. Z hľadiska sledovania starnutia izolačných systémov týchto vysokonapäťových zariadení, najväčší význam nadobúdajú metódy založené na ich pravidelnej nedeštruktívnej diagnostike, ktorá spočíva v analýze veličín, získaných z niekoľ-

kých diagnostických metód. Výsledkom takejto diagnostiky je podrobná informácia o procese starnutia izolačného systému daného vysokonapäťového zariadenia.

Veľký význam nadobúda sledovanie zmien hodnôt veličín akými sú izolačný odpor, kapacita a stratový činiteľ, čiastkové výboje a nabíjacie prúdy. Kapacita vinutia bez porovnania s ďalšími veličinami sa pre hodnotenie obvykle nepoužíva. Jej zmeny však môžu indikovať poškodenie izolácie a v prípade lokálnych porúch aj napomôcť k ich odhaleniu. Stratový činiteľ poskytuje obraz o celkovom stave izolácie a z jeho veľkosti sa dá indikovať, či je izolačná sústava zostarnutá alebo navlhnutá. V obmedzenej miere reaguje taktiež na vznik čiastkových výbojov.

Životnosť izolácie je definovaná ako časový úsek, v priebehu ktorého môže byť izolačný systém spoľahlivo a ekonomicky používaný [1]. V súčasnosti sa využívajú tieto diagnostické metódy pre točivé elektrické stroje: prepäťové skúšky, jednosmerné merania, striedavé mostíkové merania, pulzné a vysokofrekvenčné merania, mechanické a akustické merania, tepelné a chemické merania a vizuálna kontrola.

### **Použité meracie metódy**

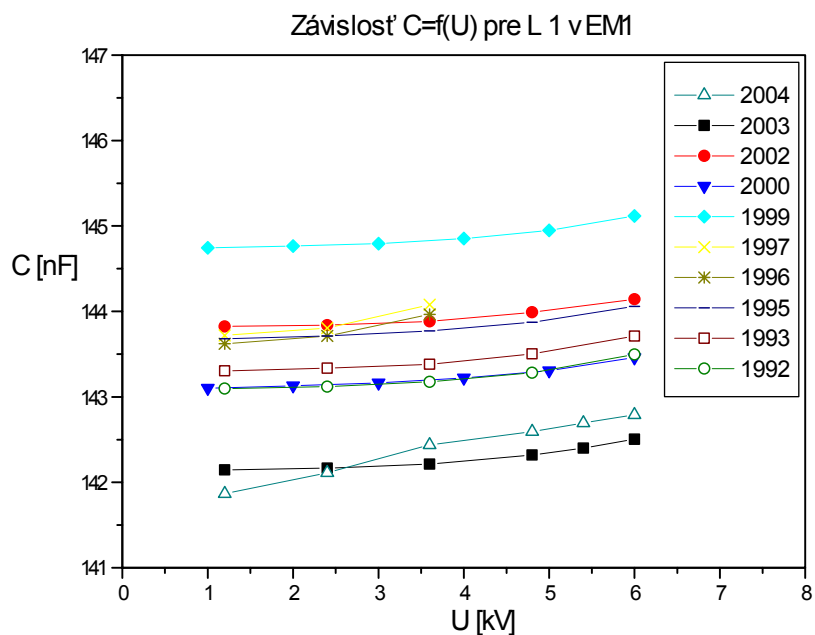
Izolačný odpor citlivo reaguje na najslabšie miesto izolačného systému. Pokles izolačného odporu je často spojený s vplyvom vlhkosti, vodivých nečistôt resp. so znečistením vonkajšieho povrchu vinutia [2]. Reaguje tiež na hrubé poruchy, k akým patrí napr. vodivý prieraz izolačného systému. U moderných strojov sa dajú očakávať vysoké hodnoty izolačného odporu berúc do úvahy malé objemy izolácie a tým obmedzené množstvo paralelných ciest.

Časová závislosť nabíjacieho prúdu sa v jednoduchšej forme využíva pre stanovenie polarizačných indexov, ktoré sa vypočítajú ako pomer izolačných odporov, meraných v rôznych časoch: polarizačný index jednodeminútový a desaťminútový [3]. Pri navlhnutí izolácie môže byť hodnota nameraného izolačného odporu malá. Ak sa vyskytne v izolácii lokálny kaz, je hodnota presakujúceho prúdu v tomto mieste veľmi vysoká. V tomto prípade môže dôjsť k prierazu, aj napriek vysokej hodnote nameraného izolačného odporu, preto budeme zisťovať aj časovú závislosť izolačného odporu.

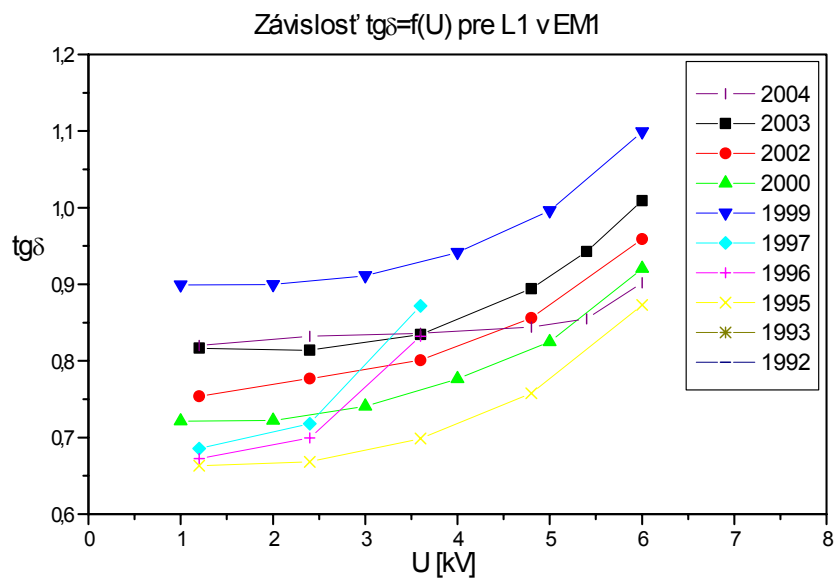
Meranie kapacity a stratového činiteľa sa bežne aplikuje pri kontrole kvality izolácie [4]. Kapacita vinutia sa sama o sebe pre hodnotenie obvykle nepoužíva. Jej zmeny však môžu indikovať poškodenie izolácie a v prípade lokálnych porúch aj napomôcť k ich odhaleniu. Stratový činiteľ poskytuje obraz o celkovom stave izolácie a z jeho veľkosti, ktorá je ovplyvnená pevnou a kvapalnou časťou dielektrika sa dá indikovať, či je izolačná sústava zostarnutá alebo navlhnutá.

### **Diagnostické merania na elektromotore**

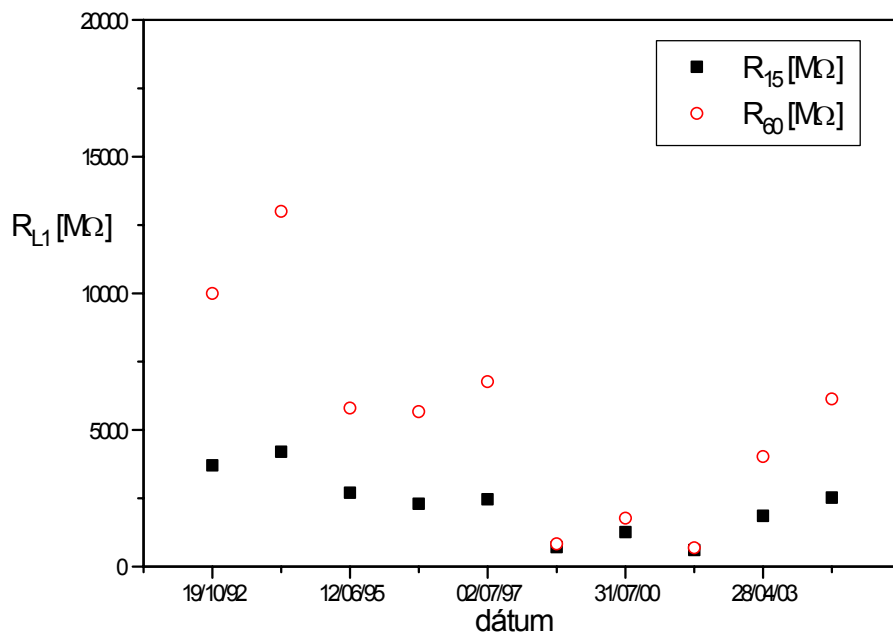
Diagnostické merania sme robili na elektromotore EM1 s výkonom 4,8 MW, prúdom 590 A a otáčkami  $371 \text{ min}^{-1}$ . Vykonali sme merania kapacity (obr. 1) a stratového činiteľa (obr. 2) v závislosti od napätia, izolačného odporu (obr. 3) a polarizačného indexu (obr. 4).



**Obr. 1.** Porovnanie závislostí  $C=f(U)$  vo fáze L1 v EM1 v rozsahu napätí 1,2 až 6 kV počas sledovaného obdobia



**Obr. 2.** Porovnanie závislostí  $\text{tg} \delta=f(U)$  vo fáze L1 v EM1 v rozsahu napätí 1,2 až 6 kV počas sledovaného obdobia



**Obr. 3.** Hodnoty  $R_{L1}$  vo fáze L1 v EM1 počas sledovaného obdobia

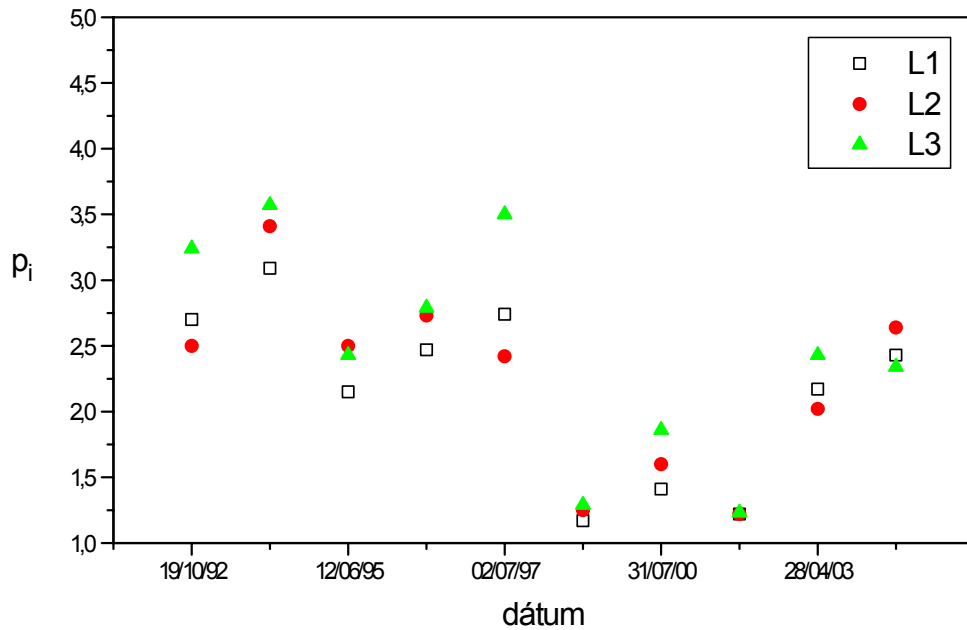
### Diskusia

Výsledky meraní kapacity pre elektromotor EM1 ukázali, že vo fázach L1, L2, a L3 sa kapacita v závislosti od roku merania (od r. 1993 do r. 2003) len mierne mení, pričom smerodajné odchýlky od strednej hodnoty namerané pri napätí 1,2 kV sú pre fázu: L1 ( $143,342 \pm 0,586$ ) nF, L2 ( $144,646 \pm 0,565$ ) nF a L3 ( $144,705 \pm 0,593$ ) nF. Všetky fázy vykazujú len malý rozptyl hodnôt a teda kapacita vinutia je stabilná počas dlhodobého sledovaného obdobia.

Hodnoty  $\text{tg } \delta$  pre elektromotor EM1 vo všetkých troch fázach sa v závislosti od roku merania značne menia, pričom smerodajné odchýlky od strednej hodnoty namerané pri napätí 1,2 kV sú pre fázu: L1  $0,718 \pm 0,066$ , L2  $0,777 \pm 0,076$  a L3  $0,734 \pm 0,077$ . Hodnoty stratového činiteľa  $\text{tg } \delta$  sa v každej fáze (porovnávajúc fázy L1, L2 a L3) len minimálne menia a stratový činiteľ vinutia je stabilný počas dlhodobého sledovaného obdobia.

Meranie izolačného odporu elektromotora EM1 pri jednosmernom napätí 5 kV ukázalo spoľahlivé hodnoty izolácie. Výsledky jednominútového polarizačného indexu (obr. 4) naznačujú dobrú kvalitu izolácie, pretože v ostatnom období (od r. 2003) sú všetky hodnoty v intervale od 2 do 4. V období rokov 1999 až 2002 bola kvalita izolácie zhoršená.

Výsledky merania závislosti izolačného odporu od času pre elektromotora EM1 ukázali mierne meniaci sa priebeh pre  $R_{15}$  a oscilujúci priebeh pre  $R_{60}$  v časovom období od roku 1992. Stredné hodnoty časovej závislosti izolačného odporu v sledovanom období pre EM1 sú zhrnuté v tabuľke 1.



Obr. 4. Hodnoty polarizačného indexu vo fázach L1, L2 a L3 v EM1 počas sledovaného obdobia

STREDNÉ HODNOTY ČASOVEJ ZÁVISLOSTI IZOLAČNÉHO ODPORU V OBDOBÍ OD r. 1992 PO r. 2004 PRE EM1. Tabuľka 1

	L1	L2	L3
<b>R<sub>15</sub> [MΩ]</b>	2201± 1241,65	2170,67 ± 1316,32	2330,11 ± 1198,02
<b>R<sub>60</sub> [MΩ]</b>	5396,44 ± 4168,0	5505,22 ± 4459,0	6654,55 ± 4866,12

### Záver

Detailne sme vyhodnotili diagnostické testy vybraného vyhradeného technického zariadenia elektrického skupiny A – elektromotora s výkonom 5,8 MW. Diagnostické metódy na zisťovanie stavu jednotlivých funkčných častí elektrického stroja a špeciálne pre vysoko-výkonový asynchrónny stroj sme zamerali na určenie kvality izolačného systému a vinutí, ale môžu byť využité aj na zistenie stavu magnetického obvodu a mechanického stavu ďalších strojov. Experimentálne merania a vyhodnotenie údajov merania závislosti izolačného odporu vinutia od času, závislosti kapacity a stratového činiteľa od napätia a polarizačného indexu potvrdilo dobrú kvalitu izolácie elektromotora, pretože sa nezistili žiadne procesy, vedúce k zníženiu jeho spoľahlivosti.

### Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] STONE, G. C. The Use of Partial Discharge Measurements to Assess the Condition of Rotating Machine Insulation. In *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 1996, Vol. 12, No. 4.
- [2] WARD, B. E., STONE, G. C., KURTZ, M. A Quality Control Test for High Voltage Stator Insulation. In *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 1987, Vol. 3, No. 5.

- [3] YAO, Z. T., SAHA, T. K. Analysis and Modelling of Dielectric Responses of Power Transformer Insulation. In *IEEE PES Summer Meeting, 2002*, Vol. 1, pp. 417-421.
- [4] SAHA, T. K. Review of Modern Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers. In *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2003, Vol. 10, No. 5.