

**STRAIN GAUGE MEASUREMENT OF PRESTRESS FORCES OF 9ER-40MVA  
TRANSFORMER COILS****TENZOMETRICKÉ MĚŘENÍ PŘEDEPÍNACÍCH SIL CÍVEK TRANSFORMÁTORU  
9ER-40MVA**

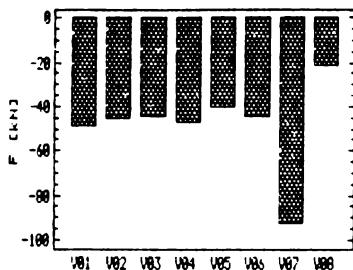
KOTAS M., WEINBERG O.

The paper deals with the objectives of measurement and the brief description of dynamometr. The process and select samples of static and dynamic measurement including conclusions are mentioned.

Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících bezporuchový provoz olejových transformátorů je úroveň předepínacích sil jednotlivých cívek. Šrouby, které vytvárají předpětí, však nelze s ohledem na poměrně vysokou úroveň sil utahovat přímo. Při montáži je proto konstrukce transformátoru rozevršena hydraulickými zvedáky, šrouby jsou lehce dotaženy a hydraulické zvedáky jsou uvolněny. Prvním cílem měření bylo stanovení nerovnoměrnosti rozdělení předpětí mezi jednotlivé šrouby po montáži transformátoru a jeho změn po vybraných technologických krocích. Vzhledem k tomu, že konstrukce transformátoru je nejvíce namáhána při zkratu, bylo dalším cílem určení časových průběhů sil v předepínacích šroubech při zkratových zkouškách.

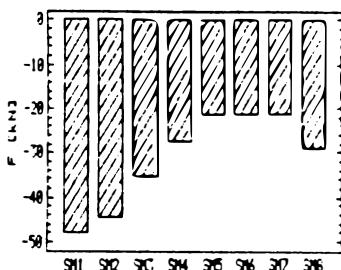
Pro měření sil v předepínacích šroubech byla navržena siloměrná vložka válcového tvaru, na níž byly nalepeny 4 tenzometry v celostovém zapojení. Kabeláž byla provedena podle [1] tak, aby byl co nejvíce eliminován vliv elektromagnetického pole na měřené hodnoty. Tenzometry byly chráněny proti mechanickému poškození texgumoidovou trubkou navlečenou na siloměrnou vložku. Vložky v počtu 16 kusů byly umístěny pod přítlačné šrouby fáze B a C transformátoru. Pro posouzení vlivu elektromagnetického pole transformátoru na přesnost měření při zkratech byl navržen referenční kus ve tvaru tenkostenné trubky polopené tenzometry ve stejně konfiguraci jako u siloměrných vložek. Tento element byl navlečen na jednu siloměrnou vložku a v průběhu měření nebyl zatěžován. Kalibrace siloměrných vložek byla provedena na elektrohydraulickém zatěžovacím zařízení SCHENCK 250 kN na dynamické zkušebně našeho pracoviště.

Rozložení sil ve sroubech fáze C



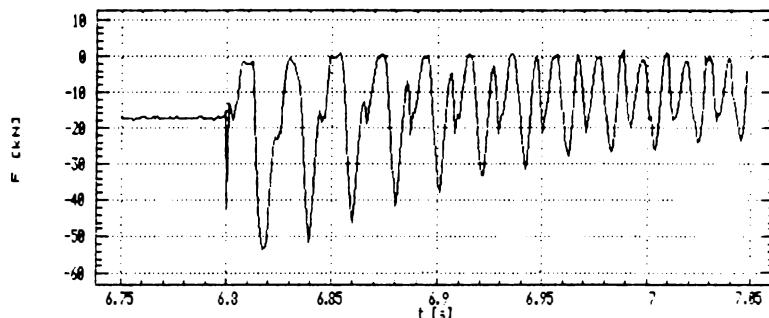
Obr. 1.

Přímerne sily ve sroubech fáze C



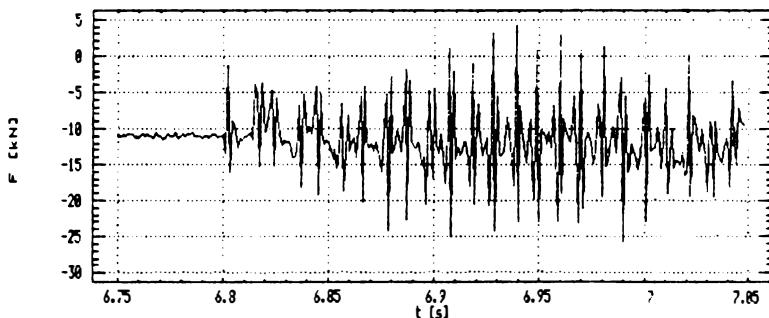
Obr. 2.

Zkratová zkouška (vložka 16)



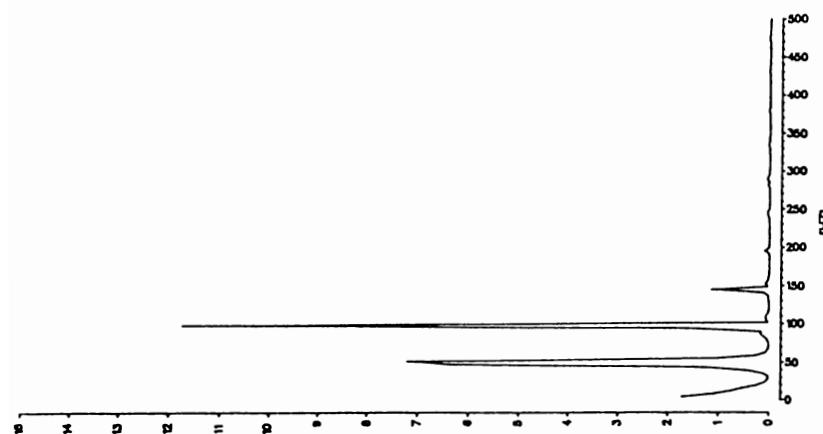
Obr. 3.

Zkratová zkouška (vložka 81)



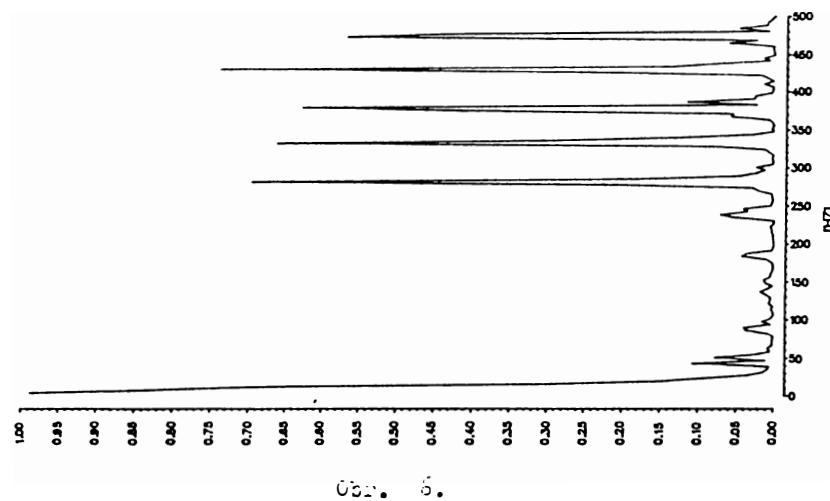
Obr. 4.

G SPEKTRALNI HUSTOTA



Cbr. G.

G SPEKTRALNI HUSTOTA



Cbr. G.

Měření hodnot statického předpětí bylo provedeno v těchto stavcích:

- po předepnutí přítlačných šroubů (SM1),
- po dotažení kontramatic na přítlačných šroubech (SM2),
- po zalití transformátoru olejem (SM3),
- před započetím zkratové zkoušky (SM4),
- po sérii zkrátů na fázi C (SM5),
- po sérii zkrátů na fázi B (SM6),
- po sérii zkrátů na fázi A (SM7),
- po demontáži nádoby transformátoru ve výrobním závodě (SM8).

Na obr. 1 je nakresleno rozložení předepínacích sil v jednotlivých šroubech fáze C po montáži transformátoru. Na obr. 2 je zobrazen průběh průměrné předepínací síly na téže fázi ve všech výše uvedených stavcích. Z hodnot získaných při statických měřeních lze udělat tyto závěry:

a) Rozložení statického předpětí mezi některými šrouby po montáži transformátoru je značně nerovnoměrné.

b) Podstatný vliv na změnu statického předpětí měl zkrat na dotyčné fázi, dále zalití transformátoru olejem a transport mezi běchovickou zkratovnou a výrobním závodem.

Při zkratových zkouškách prováděných v běchovické zkušebně byly postupně zkratovány jednotlivé odbočky všech tří fazí. Přitom byly zaznamenávány časové průběhy sil v přítlačných šroubech. Z rozboru záznamů pořízených při těchto zkouškách plynou následující závěry:

a) Časové průběhy sil ve šroubech jsou navzájem časově posunuté a neplatí zde tedy zjednodušená představa synchronizace zkratových proudů a všech předepínacích sil.

b) U některých šroubů s nižším statickým předpětím docházelo při zkratu k jejich úplnému odlehčení (viz obr. 3).

c) Některé záznamy byly silně zašuměné (viz obr. 4). Jejich průběh spektrální výkonové hustoty ukazuje, že kromě očekávaných frekvencí 50 Hz a 100 Hz obsahují ještě 5 dalších výrazných frekvencí v rozmezí 270 Hz až 470 Hz (viz obr. 6). Stejný charakter měl průběh spektrální výkonové hustoty signálu z referenčního kusu a z toho lze tedy soudit, že rušivé složky signálu mají původ v silném elektromagnetickém poli transformátoru. Nejkvalitnější signál byl získán ze siloměrné vložky, na níž byl navlečen referenční kus (viz obr. 3, 5). Zde se zřejmě příznivě projevil jeho stínící účinek.

#### Literatura:

- [1] Havlík J. a kol.: Měření odpovídající tenzometry v magnetickém poli. Výzkumná zpráva. Škoda, UVZÚ, 1986.

Milan Kotáš, Ing., Otakar Weinberg, Ing.  
ŠKODA, VÝZKUM, s.r.o., Tylova 57, 316 00 Plzeň  
tel.: 019/504-4384