

Iraida Kolcunová, Juraj Kurimský, Bystík Dolník, Marek Matviša

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

## Diagnostika distribučného transformátora v laboratórnych podmienkach

**Abstrakt.** Článok je zameraný na diagnostické merania izolačného systému trojfázového distribučného transformátora. Sú v ňom popísané základné jednosmerné a striedavé diagnostické meracie metódy, pomocou ktorých sa dá zistiť izolačný odpor, prítomnosť čiastkových výbojov a určiť hodnotu stratového činiteľa poukazujúceho na dielektrické straty. Na základe nameraných hodnôt je možné stanoviť stav izolačného systému transformátora.

**Abstract.** The article is focused on diagnostic measuring methods of insulating system of three-phase distribution transformer. There are described the basic DC and AC diagnostic measurement methods according which we can evaluate the state of insulation system in terms of moisture content, dielectric loss and partial discharges.

**Kľúčové slová:** Diagnostika, izolačný systém transformátora, izolačný odpor, stratový činiteľ, čiastkové výboje.

**Keywords:** Diagnostics, insulating system of transformer, insulating resistance, loss factor, partial discharges.

### Úvod

Jedným z najrizikovejších miest transformátora z pohľadu poruchovosti a straty životnosti je jeho izolačný systém.

Na základe štatistických údajov porúch transformátorov bolo zistené, že 60% porúch transformátorov spôsobujú defekty v izolačnom [2]. Z toho vyplýva, že diagnostika transformátorov a hlavne diagnostika izolačných systémov transformátorov má dôležitú úlohu pri prevádzke týchto zariadení.

Počas prevádzky na izolačný systém transformátora pôsobia rôzne degradačné činitele, ktoré spôsobujú jeho opotrebovanie, starnutie, stratu kvality a požadovaných parametrov. Postupná degradácia izolačného systému môže viesť až k prerazu izolácie a následnej strate prevádzkyschopnosti transformátora. Oprava izolačného systému je spojená s nemalými nákladmi, preto sa v súčasnosti uplatňujú meracie metódy, na základe ktorých sa sledujú vlastnosti a stav izolačného systému. Týmto meraniami je možné odhaliť rozvíjajúce sa poruchy, kvalitatívne posúdiť stav izolačného systému a na základe toho plánovať údržbu izolačného systému transformátora tak, aby sa predišlo prerazu izolácie a havárii transformátora.

### Diagnostické meracie metódy

Ako meraný objekt bol použitý vysokonapäťový olejový distribučný transformátor 22/0,4 kV v zapojení Dy1 so zdanlivým výkonom S=50kVA. V súčasnosti existuje množstvo meracích metód využívajúcich rôzne princípy. V danom prípade boli na diagnostiku izolačného systému distribučného transformátora použité meranie izolačného odporu, meranie činiteľa dielektrických strát  $\tan\delta$  a meranie čiastkových výbojov.

### Izolačný odpor

Meranie izolačného odporu patrí medzi najstaršie a najjednoduchšie meracie metódy na kontrolovanie izolačného stavu izolácie. Princíp metódy spočíva v meraní odporu izolácie po pripojení jednosmerného napätia počas určitej doby.

Na posúdenie kvality izolačného systému sa používa takzvaný jednominútový polarizačný index  $p_{11}$ . Polarizačný index sa získa ako pomer odporov v dvoch rôznych časoch

od pripojenia napätia. Podľa normy sa používajú hodnoty  $R_{15}$  - odpor po 15 sekundách od pripojenia napätia a  $R_{60}$  - odpor po 60 sekundách od pripojenia napätia. Na základe týchto dvoch hodnôt sa polarizačný index vypočíta ako pomer hodnoty odporu  $R_{60}$  a odporu  $R_{15}$ .

$$(1) \quad p_{11} = \frac{R_{60}}{R_{15}}$$

V prípade navlhnutej izolácie sa hodnoty odporu  $R_{60}$  a odporu  $R_{15}$  príliš nelíšia, teda polarizačný index sa približuje k 1. Naopak pri suchej kvalitnej izolácii je ustálená zložka prúdu veľmi malá a prevláda absorpčná (polarizačná) zložka, ktorá s časom klesá. Na základe toho bude hodnota odporu  $R_{60}$  väčšia ako hodnota odporu  $R_{15}$  a teda polarizačný index bude väčší ako 1. Polarizačný index nových transformátorov sa pohybuje v hodnotách od 1,3 po 1,7÷1,8 a vyššie v závislosti na kvalite izolačného systému[1].

### Činiteľ dielektrických strát

Izoláciu vysokonapäťových zariadení je možné si predstaviť ako dielektrikum kondenzátora, ktorého elektródy sú tvorené vysokonapäťovou a nízkonapäťovou (uzemnenou) časťou daného zariadenia. Pri priložení striedavého napätia k tomuto kondenzátoru začne dielektrikom pretekať prúd. Ideálne dielektrikum nevykazuje žiadne straty a vektor nabíjacieho prúdu dielektrika má výhradne kapacitný charakter a je posunutý o 90° voči vektoru priloženého napätia [2].

Nakoľko izolačné materiály používané v elektroenergetických zariadeniach nie sú ideálne, prúd prechádzajúci dielektrikom obsahuje okrem jalovej zložky aj činnú zložku, ktorá je spôsobená vodivosťou a polarizáciou dielektrika. Potom prúd bude posunutý voči vektoru priloženého napätia o uhol  $\delta$  menší ako 90°.

Tangens uhla  $\delta$  je definovaný ako stratový činiteľ izolácie a jeho veľkosť je priamo úmerná stratám energie, ktoré sú rozptýlené v dielektriku pri jeho namáhaní striedavým elektrickým poľom. Dielektrické straty sú súčtom vodivostných, polarizačných a ionizačných strát. Veľkosť stratového činiteľa  $\tan\delta$  je ovplyvnená polarizáciou izolačného systému (množstvom prítomných polárnych látok, napr. vody, reakčných produktov starnutia a tepelného namáhania izolácie, mechanických

mikronečistôt), množstvom voľných nosičov náboja v izolácii, ionizačnými procesmi v izolácii (častkové výboje) a teplotou izolačného systému. Zvýšené hodnoty činiteľa dielektrických strát poukazuje na starnutie izolačného systému a zhoršenú kvalitu izolácie.

Meranie kapacity vypovedá o priestorovom rozložení jednotlivých prvkov v nádobe transformátora. Opakované meranie kapacity môže odhaliť mechanické poškodenia vo vnútri transformátora, ktoré spôsobili zmenu priestorového umiestnenia jednotlivých prvkov. Jedná sa hlavne o posunutie vinutí, rôzne deformácie, spôsobené či už mechanickým namáhaním, napríklad pri manipulácii a montáži, alebo vplyvom dynamických účinkov skratových prúdov a podobne.

Nakoľko platí vzťah na výpočet kapacity (2), z ktorého je vidieť, že ak zanedbáme malé zmeny relatívnej permitivity  $\epsilon_r$ , kapacita závisí výlučne od pomeru  $S/d$  čiže od geometrických parametrov.

$$(2) \quad C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$$

C – kapacita vinutia,

$\epsilon_0$  – permitivita vákua,

$\epsilon_r$  – merná permitivita dielektrika,

S – plocha elektród,

d – vzdialenosť elektród.

### Čiastkové výboje

V miestach so zníženou elektrickou pevnosťou vplyvom vysokej intenzity elektrického poľa v izolácii vznikajú čiastkové výboje. Tieto výboje predstavujú prriez plynných dutínok, lokálny prriez malých objemov pevných alebo kvapalných dielektrík, miestny prriez po povrchu pevného dielektrika. Vznik čiastkových výbojov závisí od tvaru elektrického poľa vo vnútri zariadení a od elektrofyzikálnych vlastností (zároveň aj elektrickej pevnosti) použitej izolácie [2].

Zvyčajne čiastkové výboje nevyvolávajú prriez celej izolácie, ale dochádza len k miestnemu poškodeniu dielektrika. Pri dlhodobom pôsobení čiastkových výbojov môže dôjsť k strate elektrickej pevnosti a následnému poškodeniu elektroizolačného systému. Ich postupná deštruktívna činnosť môže po nejakej dobe viesť až k totálnemu porušeniu izolačného systému a k havárii celého zariadenia [2].

Náboj  $q$ , ktorý prejde cez izolačný systém počas čiastkového výboja prakticky nie je možné priamo odmerať, pretože to súvisí s procesmi prebiehajúcimi vo vnútri dielektrika. Preto sa na kvantifikovanie činnosti čiastkových výbojov zaviedol pojem zdanlivý náboj  $q_{cv}$ .

Zdanlivý náboj čiastkového výboja  $q_{cv}$  je absolútna hodnota náboja, pri zavedení ktorého medzi elektródy skúšaného objektu sa krátkodobo zmení napätie medzi elektródami na takú hodnotu, na ktorú by sa zmenilo pri čiastkovom výboji [4].

### Príprava transformátora na meranie

Izolačný systém transformátora je zložitý, preto každé meranie potrebuje osobitné zapojenie vinutí a prípravu transformátora na meranie. Preto je nutné pred každým meraním vykonať potrebnú prípravu.

### Meranie izolačného odporu

Na meranie izolačného odporu bol použitý merací prístroj Norma insulating tester - UNILAP generujúci vysoké jednosmerné napätie s konštantnou veľkosťou od 1 kV do 5 kV, čo umožnilo zmenšiť meraciu chybu. Po pripojení meracieho prístroja k meraným vinutiám a zvolení príslušného napätia (pre VN stranu 5kV, pre NN stranu 1kV) bolo spustené meranie. Počas merania sa odčítavali hodnoty odporu po pätnástich sekundách  $R_{15}$  a po šesťdesiatich sekundách  $R_{60}$  od pripojenia napätia.

Meranie izolačného odporu sa uskutočnilo pri rôznych kombináciách zapojenia meraných vinutí. Jednotlivé vývody fáz na primárnej VN a sekundárnej NN strane boli prepojené a tým sa vytvorili VN a NN elektródy. Meranie sa vykonalo medzi:

- VN a NN elektródou,
- VN elektródou a uzemnenou nádobou,
- NN elektródou a uzemnenou nádobou,
- VN elektródou a NN elektródou spojenou s uzemnenou nádobou,
- NN elektródou a VN elektródou spojenou s uzemnenou nádobou.

### Meranie kapacity C a stratového činiteľa izolácie tgδ

Na meranie kapacity a stratového činiteľa bol použitý plno automatický digitálny merací mostík od firmy Tettex typ 2818. Použilo sa zapojenie s vnútornou kapacitou mostíka  $C_N$  a vonkajším vysokonapäťovým zdrojom.

Vinutia jednotlivých fáz boli spojené ako v prípade merania izolačného odporu. Prepojením režimov merania na meracom prístroji boli odmerané kapacita a činiteľ dielektrických strát izolačného systému pri rôznych usporiadaní elektród:

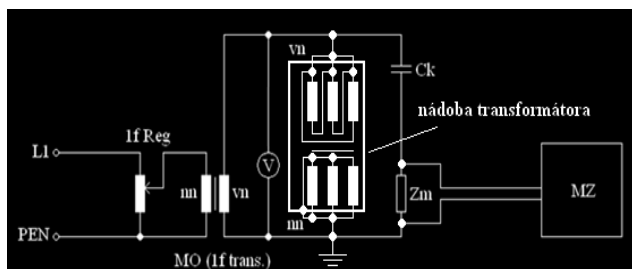
- VN elektróda voči zemi,
- VN elektróda voči NN elektróde,
- VN elektróda voči NN elektróde spojenej s uzemnenou nádobou.

Po automatickom vyladení mostíka a pripojení skúšobného transformátora na merané VN vinutie sa zvyšovalo napätie od 0 kV krokom 1 kV do hodnoty 13 kV a postupne sa zapisovali namerané hodnoty kapacity C a stratového činiteľa tgδ.

### Meranie čiastkových výbojov jednofázovým zdrojom

Cieľom tohto merania bolo zistiť či sa v transformátore nachádza výbojová činnosť, nakoľko neexistovali žiadne informácie o výbojovej činnosti meraného objektu. Pri meraní bol na napájanie použitý jednofázový skúšobný vysokonapäťový transformátor (1f trans.), ktorý sa plynule reguloval zo strany nízkeho napätia autotransformátorom (1f Reg.). Meranie sa uskutočnilo priamou off-line metódou merania čiastkových výbojov. Ako väzobný kondenzátor  $C_k$  sa použil kondenzátor firmy Tettex a meracia impedancia  $Z_m$ , ktoré sa dlhodobo používajú pri meraní čiastkových výbojov a neobsahujú vnútornú výbojovú činnosť. Napätie v obvode bolo kontrolované digitálnym kilovoltmetrom.

Pri meraní priamou off-line metódou pomocou jednofázového zdroja boli vodivo spojené vysokonapäťové vývody transformátora a uvedené na vysokonapäťový potenciál. Nízkonapäťové vývody sa vodivo spojili s uzemnenou nádobou transformátora. Schéma zapojenia tohto merania je na obrázku 1.

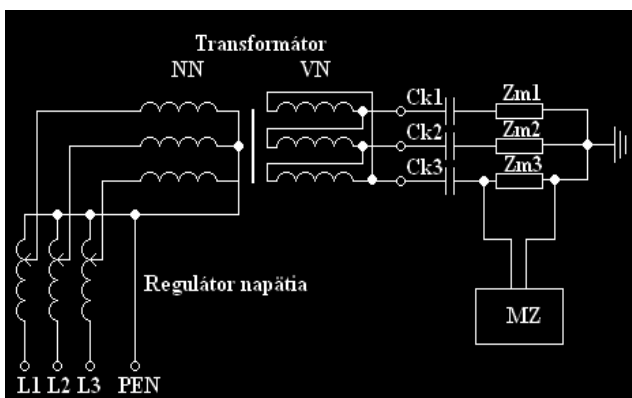


Obr. 1 Schéma zapojenia merania čiastkových výbojov jednofázovým zdrojom

Pred začatím merania bola vykonaná kalibráciu skúšaného objektu. Pri zvyšovaní napätia sa sledovala výbojová činnosť pomocou digitálneho osciloskopu. Keď sa objavili stabilné čiastkové výboje bolo spustené meracie zariadenie a vykonaný záznam výbojovej činnosti. V prípade distribučného transformátora sa vykonali dva záznamy výbojovej činnosti. Prvý hneď po nasadení stabilných čiastkových výbojov ( $t=0\text{min}$ ). Druhý po hodine pôsobenia výbojovej činnosti ( $t=60\text{min}$ ). Po ukončení merania na základe nameraných dát bola vykonaná štatistická analýza výbojovej činnosti.

#### Meranie čiastkových výbojov na jednotlivých fázach transformátora

Na meranie výbojovej činnosti jednotlivých fáz transformátora sa použila schéma zapojenia na Obr.2. Transformátor bol napájaný zo siete z nízkonapäťovej strany pomocou trojfázového regulátora napätia pozostávajúceho z troch autotransfóratorov s mechanicky spriahnutými bežcami. Na vysokonapäťovej strane, kvôli symetrickému rozloženiu napätia v jednotlivých fázach, do každej fázy bol zapojený väzobný kondenzátor a meracia impedancia.



Obr. 2 Meranie čiastkových výbojov priamou off-line metódou trojfázovým zdrojom pre fázu L3

Pred začatím merania bola vykonaná kalibráciu meracieho obvodu. Meracie zariadenie bolo pripojené cez meraciu impedanciu len na jednu z fáz. Regulátorom napätia sa plynule zvyšovalo napätie v obvode pokiaľ na osciloskope nebola spozorovaná stabilná výbojová činnosť. Po dosiahnutí nominálneho fázového napätia na distribučnom transformátore bolo meracie zariadenie pripojené na meraciu impedanciu ďalšej fázy a znovu vykonaný záznam výbojovej činnosti. Takto postupne sa odmerala výbojová činnosť vo všetkých troch fázach.

#### Vyhodnotenie nameraných výsledkov

Výsledky merania jednotlivých diagnostických veličín sú uvedené v tabuľkách a spracované do grafov.

#### Vyhodnotenie merania izolačného odporu

Hodnoty izolačného odporu v 15 a 60 sekunde od pripojenia napätia a prepočítané hodnoty jednonínútového polarizačného indexu pre rôzne zapojenia vinutí sú uvedené v tabuľke č.1.

Odpor izolácie medzi jednotlivými časťami transformátora má dostatočné hodnoty vzhľadom na vek a opotrebovanie izolácie transformátora. Priemerná hodnota polarizačného indexu je 1,08 čo poukazuje na to, že ustálená zložka zvodového prúdu pretekajúceho izoláciou je prevládajúca. Z toho vyplýva, že izolácia je navlhnutá.

#### Vyhodnotenie merania činiteľa dielektrických strát

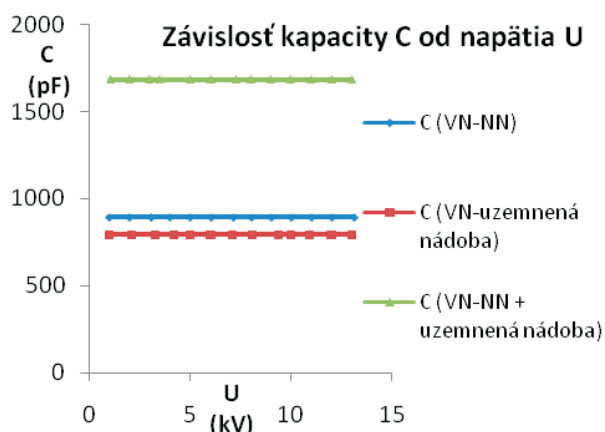
Namerané hodnoty kapacity a činiteľa dielektrických strát pri zvyšovaní aplikovaného napätia pre rôzne kombinácie zapojenia vinutí sú uvedené v tabuľke č.2 a ich grafická závislosť je na obr.3 a 4.

Tabuľka 1. Meranie izolačného odporu.

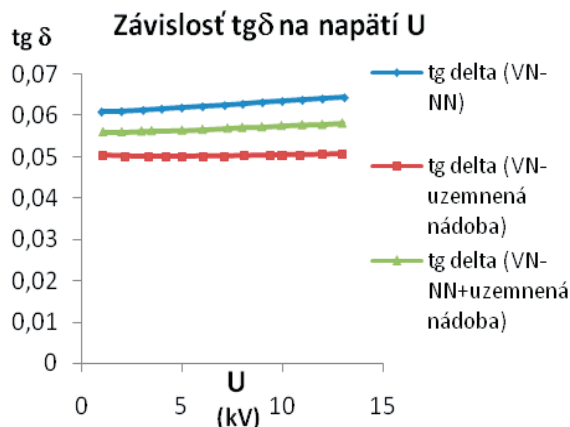
<b>VN – uzemnená nádoba</b>	$R_{15}=200,5\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,091$
<b>Meracie napätie - 5kV</b>	$R_{60}=218,8\text{M}\Omega$	
<b>VN – NN</b>	$R_{15}=275,9\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,098$
<b>Meracie napätie - 5kV</b>	$R_{60}=303,0\text{M}\Omega$	
<b>VN –NN+ uzemnená nádoba</b>	$R_{15}=204,3\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,097$
<b>Meracie napätie- 5kV</b>	$R_{60}=224,1\text{M}\Omega$	
<b>NN – uzemnená nádoba</b>	$R_{15}=86,20\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,069$
<b>Meracie napätie - 1kV</b>	$R_{60}=92,10\text{M}\Omega$	
<b>NN –VN</b>	$R_{15}=229,3\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,087$
<b>Meracie napätie - 1kV</b>	$R_{60}=249,2\text{M}\Omega$	
<b>NN –VN+ uzemnená nádoba</b>	$R_{15}=88,20\text{M}\Omega$	$\rho_{i60}=1,057$
<b>Meracie napätie - 5kV</b>	$R_{60}=93,20\text{M}\Omega$	

Tabuľka. 2 Meranie kapacity C a stratového činiteľa tg δ

VN elektróda voči NN			VN elektróda voči NN + uzemnená nádoba			VN elektróda voči uzemnenej nádobe		
Režim: UST A			Režim: GST A+B			Režim: GSTg A		
U (kV)	C (pF)	tgδ	U (kV)	C (nF)	tg δ	U (kV)	C (pF)	tg δ
0,997	892,3	0,0609	1,07	1,684	0,056	1,03	792,8	0,0504
1,99	892,5	0,061	2	1,685	0,056	2,15	792,5	0,0502
3,07	892,6	0,0613	2,99	1,685	0,0562	3,3	792,4	0,0501
3,99	892,5	0,0616	3,49	1,684	0,0563	4,2	792,3	0,0501
4,99	892,5	0,0619	5,01	1,684	0,0564	5,01	792,2	0,0501
6,03	892,4	0,0622	6,03	1,684	0,0566	6,03	792,2	0,0502
7,13	892,4	0,0625	7,28	1,684	0,0569	7,11	792,2	0,0502
8,03	892,4	0,0628	8,01	1,684	0,0571	8,09	792,2	0,0503
9,01	892,4	0,0632	8,99	1,684	0,0572	9,4	792,1	0,0504
10	892,4	0,0635	9,97	1,684	0,0575	9,99	792,1	0,0505
11	892,4	0,0638	11	1,684	0,0577	10,9	792,1	0,0505
12	892,4	0,0641	12	1,684	0,0578	12	792,1	0,0506
13,1	892,3	0,0644	13	1,684	0,0581	13	792,1	0,0507



Obr. 3 Závislosť kapacity C na napätí U



Obr. 4 Závislosť tgδ od napätia U

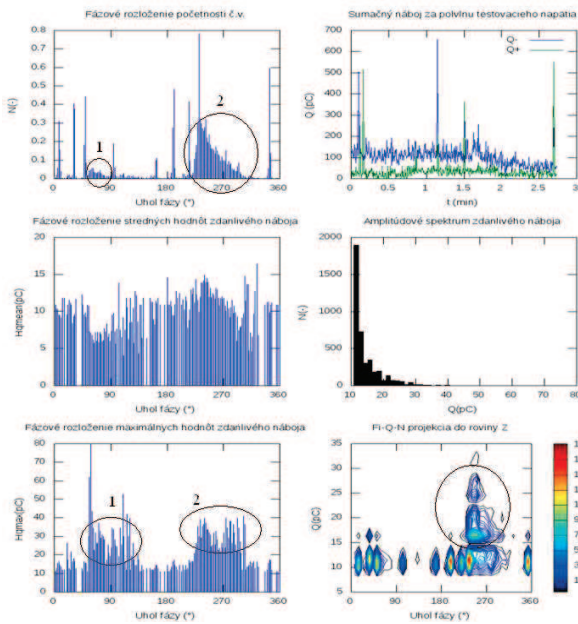
Kapacita sa počas merania nemenila z čoho vyplýva že počas merania nedošlo k priestorovým zmenám vo vnútri transformátora.

Ako vidno z priebehu závislosti stratového činiteľa tgδ na napätí na Obr.9 tgδ sa so zvyšujúcim napätím mení len minimálne. Najmenšia hodnota činiteľa dielektrických strát tgδ bola zaznamenaná v prípade merania VN elektródy voči uzemnenej nádobe a to 0,05. Hodnota tgδ sa u nových transformátoroch pohybuje okolo 0,003. V našom prípade hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 0,05 až 0,07. Toto poukazuje na to že izolačný systém transformátora je starý a navlhnutý.

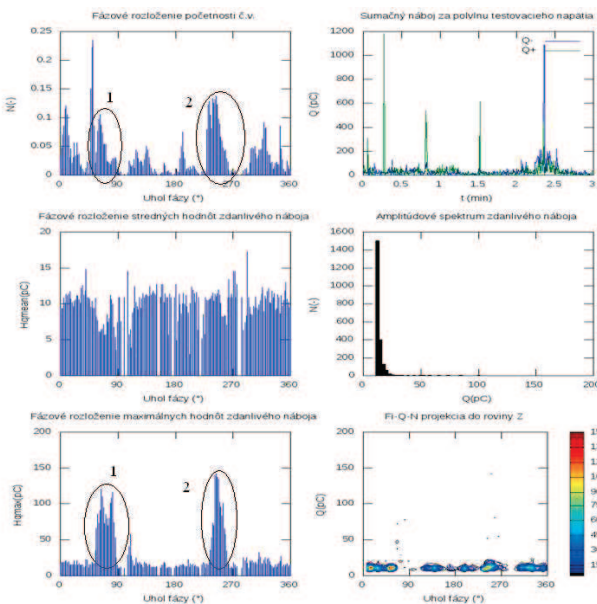
Na správne diagnostikovanie porúch izolačného systému je potrebné robiť tieto merania pravidelne v časových intervaloch počas celej prevádzky transformátora. Na základe takýchto pravidelných výsledkov je možné pozorovať zmeny izolačného systému a včas diagnostikovať rozvíjajúce sa poruchy.

#### Vyhodnotenie merania čiastkových výbojov na troch fázach transformátora spolu

Pri postupnom zvyšovaní napätia sa prvé nestabilné čiastkové výboje objavili pri hodnote napätia 20kV. Stabilná výbojová činnosť sa objavila pri hodnote napätia 22kV (zdužené napätie distribučného transformátora), kedy sa vykonal prvý záznam výbojovej činnosti uvedený na Obr.5. V oblasti 1 vyznačenej na obrázku sa jedná o menej početné výboje s maximálnou hodnotou zdanlivého náboja  $Q_{max} \approx 20 \div 35pC$  vyskytujúce sa pri fázovom uhle od  $\varphi \approx 60^\circ$  po  $\varphi \approx 90^\circ$ . Výraznejšia výbojová činnosť sa vyskytovala v oblasti 2. Jedná sa o početnejšie výboje s maximálnou hodnotou zdanlivého náboja  $Q_{max} \approx 30pC \div 40pC$  vyskytujúce sa pri fázovom uhle od  $\varphi \approx 225^\circ$  po  $\varphi \approx 290^\circ$ . Z  $\varphi$ -Q-N projekcie do roviny vyplýva, že v zápornej polvine vznikalo viac výbojov ako v kladnej, pričom sa jednalo o väčšie výboje.



Obr. 5 Meranie v čase t = 0 min



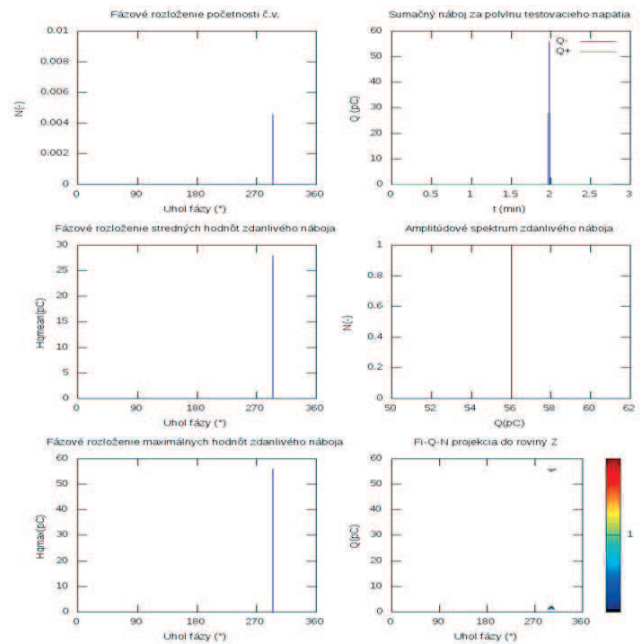
Obr. 6 Meranie v čase t = 60min

Po zaznamenaní merania transformátor ostal pod napätím jednu hodinu a znovu sa uskutočnil záznam výbojovej činnosti (t=60min) Obr.6. Z obrázku je vidieť, že výbojová činnosť sa vyskytuje pri rovnakom fázovom a čo do veľkosti výbojov došlo k 3,5 násobnému nárastu zdanlivého náboja častkových výbojov. To znamená, že vplyvom pôsobenia napätia na izolačný systém došlo k rozvinutiu vnútornej výbojovej činnosti a maximálna hodnota zdanlivého náboja narástla z hodnoty  $Q_{max} \approx 40 \text{ pC}$  na hodnotu  $Q_{max} \approx 145 \text{ pC}$ .

Toto meranie preukázalo, že v izolačnom systéme transformátora sa pri daných podmienkach vyskytuje výbojová činnosť. Na základe toho je nutné pre lepšiu diagnostiku príčiny spôsobujúcej výbojovú činnosť vykonať meranie pre každú fázu zvlášť za účelom bližšieho určenia miesta vzniku častkových výbojov.

### Vyhodnotenie merania častkových výbojov na jednotlivých fázach transformátora

Pri meraní výbojovej činnosti na jednotlivých fázach transformátora nebola zaznamenaná žiadna výbojová činnosť, len vo fáze L3 sa zaznamenal jeden náhodný výboj alebo impulz rušenia Obr.7.



Obr. 7 Výsledky merania fáza L3

Rozdielnosť vo výskyte výbojovej činnosti pri meraní častkových výbojov jednofázovým zdrojom a pri meraní výbojovej činnosti po jednotlivých fázach bol spôsobený s najväčšou pravdepodobnosťou rozdielnou veľkosťou napájacieho napätia pri jednotlivých meraniach.

Pri meraní s jednofázovým napájacím zdrojom izolácia, ktorá je v bežnej prevádzke pripojená na fázové napätie 13kV bola vystavená združenému napätiu 22kV. Tým sa izolácia preťažila, čo viedlo k rozvinutiu výbojovej činnosti.

Pri meraní výbojovej činnosti v jednotlivých fázach bolo na túto časť izolácie privedených 13kV. Pri tomto napätí sa výbojová činnosť nerozvinula. Skutočnosť, že pri prevádzkovom napätí nedochádzalo k výbojovej činnosti bola zrejme zapríčinená tým, že transformátor bol pred meraním dlhú dobu odstavený a mohlo tak dôjsť k regenerácii defektov v izolácii (napríklad k uniknutiu plynných bubliniek z vrstvenej papierovej izolácie a znovu naimpregnovaniu oleja do izolácie).

Pri dlhodobom pripojení transformátora na napätie by sa s najväčšou pravdepodobnosťou výbojová činnosť rozvinula aj pri bežnom prevádzkovom napätí. Dlhodobé pripojenie transformátora pod napätie bez dozoru však v laboratórnych podmienkach nebolo možné.

### Záver

Na základne vykonaných diagnostických meraní je možné konštatovať, že izolačný systém transformátora je navlhnutý a zostarnutý. Pri ďalšej prevádzke by v blízkej dobe pravdepodobne došlo aj k rozvinutiu výbojovej činnosti a tak ešte väčšiemu zhoršeniu vlastností izolačného systému transformátora. Na základe týchto skutočností nie je ďalšia prevádzka transformátora vhodná.

Podakovanie:



*Podporujeme výskumné  
aktivity na Slovensku/  
Projekt je  
spolufinancovaný zo  
zdrojov EÚ. Tento článok*

*bol vypracovaný v rámci projektu "Centrum  
excelentnosti integrovaného výskumu a využitia  
progresívnych materiálov a technológií v oblasti  
automobilovej elektroniky", ITMS 26220120055.*

#### Literatúra

- [1] Směrnice pro diagnostiku izolačních systémů:  
Diagnostika izolačních systémů elektrických strojů  
netočivých, ORGREZ, a.s., Praha, 1996.
- [2] KOLCUNOVÁ, Iraida.: Diagnostika elektrických strojov.  
Technická univerzita Košice, 2006, 106s. ISBN 80-8073-  
550-6
- [3] MARTON, Karol – KURIMSKÝ, Juraj: Starnutie  
elektroizolačných systémov: Diagnostika  
transformátorov: Publikácia Technickej Univerzity  
v Košiciach: Jún 2007, Číslo 2/2007 ISSN 1337-0103
- [4] KOLCUNOVÁ, Iraida.: Diagnostika elektroenergetických  
zariadení metódou čiastkových výbojov. Technická  
univerzita Košice, 2008, s. 119. ISBN 978-80-553-0031-
- [5] MATVIJA, Marek: Meranie čiastkových výbojov  
v izolačnom systéme distribučného transformátora,  
diplomová práca, Košice, 2012.