

**Ročná správa o riešení projektu
za rok 2013**

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV –0703–10**Analýza a diagnostické merania výkonových transformátorov metódou SFRA (Sweep Frequency Response Analysis)**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Ján Michalík, PhD.**Príjemca **KMAE Elektrotechnická fakulta ŽU v Žiline**Začiatok riešenia projektu **05/11**Koniec riešenia projektu **10/14****ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU (max. 10 strán)**

Uvedte podľa nasledujúcej záväznej osnovy:

- 1. Postup prác pri riešení projektu u príjemcu, ako aj spolupríjemcu podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu**
- 2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele**
- 3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok** – uvedte v prílohe – formulár Výstupy a prínosy projektu za rok/obdobie (priložte kópie deklarovaných výstupov)
- 4. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok**

↓↓

1. Harmonogram riešenia projektu – etapa č. 1: Praktické merania a analýza transformátorov.

V kalendárnom roku 2013 bola uskutočnená jedna administratívna zmena v riešiteľskom kolektíve, ktorá nemala žiadny vplyv na zníženie kvality výskumných výstupov a zámerov predkladaných v žiadosti o pridelenie grantu.

V roku 2013 bolo odmeraných 24 výkonových transformátorov 110/23 kV prevádzkovaných spoločnosťou SSE-D a.s., z toho jeden T102 umiestnený v rozvodni Žarnovica, na ktorom počas prevádzky vznikla vnútorná porucha bol podrobený viacerým opakovaným meraniam SFRA a celkovej diagnostike. Počas kalendárneho roku boli priebežne vykonávané diagnostické merania na experimentálnom distribučnom transformátore (26x), ktorý nám darovala spoločnosť SSE a.s. Mechanicky boli simulované jednotlivé typy porúch a následne boli robené merania SFRA, ako aj meranie činných odporov a kapacity. Odmerané výsledky sme následne spracovali

aj v simulácii pre výpočet parametrického modelu transformátora vytvoreného riešiteľom Ing. Peniakom. V januári sme boli oslovení spoločnosťou BEZ a.s. Bratislava (ktorá sa v spolupráci so Slovenským ústavom technickej normalizácie rozhodla prijať normu IEC 60076-18 Power transformers – Part 18: Measurement of frequency response) za účelom vypracovania oponentského posudku prevzatej normy STN EN 60076-18 – Meranie frekvenčnej charakteristiky. Keďže v rámci riešenia projektu je na rok 2014 plánovaný výstup – premietnutie výsledkov riešenia projektu do normatívneho textu (Návrh normy, ktorá by v rámci SR zahŕňala meranie frekvenčných charakteristík výkonových transformátorov), tak sme danú ponuku vypracovať posudok akceptovali. Oponentský posudok vypracoval po podrobnom preštudovaní pôvodnej normy riešiteľ Ing. Brandt. V rámci posudku boli akceptované a zapracované pripomienky od riešiteľského kolektívu. Oponentský posudok normy je súčasťou príloh k Ročnej správe za rok 2013. Týmto sme naplnili aj jeden z hlavných cieľov riešenia projektu. V rámci nadviazanej spolupráce so spoločnosťou BEZ a.s. sme mohli odmerať a vytvoriť referenčné merania pre tri nové výkonové transformátory. Tie sú taktiež súčasťou nami vytvorenej veľkej databázy odmeraných transformátorov metódou SFRA.

Opakované meranie a následnú výskumnú činnosť zameranú na prototyp trakčného vozidlového transformátora TVT R361, ktorú sme plánovali na rok 2013 sa znovu nepodarilo naplniť. Na rokovaní zo dňa 28.6. so zástupcami spoločnosti EVPÚ a.s. a ZSSK a.s. došlo k dohode, že nám dané meranie bude umožnené až v apríli 2014. Odôvodnili to tým, že z časového hľadiska prípravy a demontáže pre prístup k transformátoru je potrebná dlhšia odstávka rušňa, ktorú nebolo možné v roku 2013 zabezpečiť. Napriek týmto skutočnostiam veríme, že sa nám do ukončenia projektu podarí úspešne odmerať daný transformátor a diagnostikovať jeho stav.

V rámci realizácie projektu zameranej na skúmanie a sledovanie starnutia izolačnej sústavy, vývoja plynov v transformátorovom oleji pomocou sondy HYDRAN M2, ktorú máme v prevádzke na experimentálnom distribučnom transformátore v laboratóriu Diagnostiky, sú výsledky postupne spracovávané do databázy. Z nich je možné usúdiť, že dochádza k postupnému starnutiu izolačnej sústavy v závislosti od času a výkonu – zaznamenaný zostupný trend životnosti transformátora vplyvom vývoja sledovaných plynov a teploty. V novembri 2013 nás navštívili zástupcovia zo Západočeskej univerzity v Plzni prof. Ing. Václav Mentlík, CSc. a doc. Ing. Pavel Trnka, PhD. za účelom využitia nášho monitorovacieho systému na tomto experimentálnom transformátore pre pripravovaný projekt vývoja nového typu transformátorového oleja, ktorým by bol transformátor naplnený a prevádzkovaný v rôznych režimoch záťaže. V prípade schválenia projektu podávaného prof. Mentlíkom a na základe doterajších skúseností a dosiahnutých výsledkov v oblasti monitorovania a diagnostiky olejových transformátorov riešiteľov projektu a členov Katedry merania a aplikovanej elektrotechniky EF bola dohodnutá spolupráca pri riešení navrhovaného projektu.

Dňa 13.12. 2013 sa uskutočnila koordinačná porada k riešeniu projektu. Zúčastnili sa jej členovia riešiteľského kolektívu ako aj zástupcovia zo spoločnosti SSE-D a.s. Prezenčná listina ako aj zápis z porady sú súčasťou príloh Ročnej správy.

Paralelne z realizáciou etapy č. 1 bola počas roka 2013 realizovaná aj **etapa č. 2 – vytvorenie databáz nameraných údajov transformátorov.**

Doc. Karol Grondžák, PhD. ako riešiteľ zodpovedný za programovanie a dopĺňanie databázy meraných transformátorov pomocou metódy SFRA priebežne databázu inovoval a s pomocou interných výskumných úloh, na ktorých riešení sa podieľali aj štyria jeho študenti postupne databázu prepracovali tak, aby spĺňala bezpečnostné štandardy, jednoduchosť ovládania a prístup cez webové rozhranie. Dosiahnuté výsledky riešenia Etapy č. 2 sú popísané v bode č. 2 tejto správy.

Keďže riešiteľský kolektív je zložený z malého počtu riešiteľov, ktorý sa denne stretávajú a riešia danú problematiku, bola v roku 2013 uskutočnená len jedna koordinačná porada a to dňa 13.12. Pracovné porady pod vedením prof. Ing. Jána Michalíka, PhD. však boli pravidelné počas celého roka. To malo vplyv aj na dosiahnutie výsledkov, ktoré boli kvalitne prezentované na medzinárodných zahraničných konferenciách v Európe a článkoch publikovaných v odborných časopisoch ako aj nadviazaním spolupráce zo spoločnosťou BEZ a.s.

2. Rozbor výsledkov riešenia vzhľadom na stanovené ciele

Pre podrobnejší rozbor riešenia prvej etapy projektu je v nasledujúcej tabuľke uvedený zoznam transformátorov podrobených meraniam a analýze metódou SFRA za rok 2013.

Tab. 1: Tabuľka meraní transformátorov za rok 2013.

Dátum merania	Miesto rozvodne	Označenie a typ transformátora	Menovité napätia [kV]	Menovitý výkon [MVA]	Rok výroby
7.1. - 27.12., 26x	Laboratórium NJ 514	aTO 294/22	22/0,4	0,1	1983
9.1.	BEZ Bratislava	aTO 463/22	20/6,3	6/6	2012
9.1.	BEZ Bratislava	aTO 473/22	31/3,15	7/6	2012
26.3.	B. Štiavnica	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1978
11.4.	Fiľakovo	T 102, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1989
18.4.	Hnúšťa	T102, TNARD 25000/110 PNT	110/23/6,3	25/25/8,3	1997
22.4.	Liptovský Mikuláš	T101, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1971
25.4.	Handlová	T102, 5ER29M	110/23/6,3	16/16/5	1974
3.6.	Žiar nad Hronom	T101, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1986
4.6.	Fiľakovo	T 102, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1989
10.6.	Tornaľa	T101, TNARD 25000/110 PNT	110/23/6,3	25/25/8,3	1998
12.6.	Čadca	T101, ER34M	110/23/6,3	50/50/15,6	1981

13.6.	Brezno	T101, TNARD 25000/110 PNT	110/23/6,3	25/25/8,3	1997
19.6.	Detva	T101, 8ERH31M-0	110/23/6,3	25/25/8	1987
2.7.	Vrútky	T102, 8ERH31M-0	110/23/6,3	25/25/8	1984
5.8.	Tepláreň Zvolen	T1, aTO492/35	22/6,3	10	1969
5.8.	Tepláreň Zvolen	T2, aTO492/35	22/6,3	10	1969
12.8.	Tepláreň Martin	T101, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1971
15.8.	Tepláreň Martin	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1971
10.9.	Žarnovica (porucha)	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1972
12.9.	BEZ Bratislava	aTUSE 795/22.1	22 / 2 x 0,328	1	2013
16.9.	Žiar nad Hronom	T101, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1986
30.9.	Rimavská Sobota	T101, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1977
7.10.	Banská Bystrica	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1977
14.10.	Kráľova Lehota	T102, Pauwels trafo	110/23/6,3	25/25	1994
22.10.	Žarnovica (výmena TR)	T102, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1991
28.10.	Lietavská Lúčka	T101, ER31M-2	110/23/6,3	25/25/0,8	2001
12.11.	Mokrad'	T101, 5ER31M	110/23/6,3	25/25/8	1971
18.11.	Žarnovica	T101, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1985
19.11.	Tepláreň Žilina	T102, 8ERH33M-0	110/23/6,3	40/40/12,5	1982
10.12.	Sučany - otvorené T102 Žarnovica	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1972
19.12.	Sučany - zavreté bez oleja T102 Žarnovica	T102, 5ER33M	110/23/6,3	40/40/12,5	1972

Všetky transformátory odmerané v roku 2013 boli podrobené meraniam frekvenčných odoziev ako aj profylaktickým skúškam, ako je meranie izolačného odporu, činných odporov vinutí, kapacity a stratového činiteľa, prevodu, chromatografickému rozboru oleja odobratých vzoriek. Merania, okrem SFRA boli vykonané zamestnancami odboru Diagnostiky SSE-D a.s. V rámci všetkých meraní boli prítomní aj riešitelia Ing. Brandt, Ing. Seewald a Ing. Peniak za účelom získania praktických zručností pri diagnostike výkonových transformátoroch. Tieto poznatky sú následne uplatňované pri vyhodnocovaní jednotlivých meraní frekvenčných charakteristík.

Merania uskutočnené na experimentálnom transformátore, ktorý je určený pre vytváranie reálnych porúch vznikajúcich počas prevádzky transformátorov boli robené postupne.

V rámci prvého typu poruchy, ktorý často vzniká prevádzkou transformátora je uvoľnenie jadra a prepájacej štruktúry. Táto porucha bola nasimulovaná pred začatím vytvárania

medzizávitových skratov ešte v decembri 2012. Jadro transformátora bolo najprv uvoľnené a odmerali sa frekvenčné odozvy. Daná porucha ovplyvnila všetky odozvy pre metodiku naprázdno primárneho aj sekundárneho vinutia. Metodika nakrátko neodhalila tento typ poruchy. Následne bolo jadro transformátora stiahnuté a boli vytvorené nové referenčné frekvenčné odozvy.

Ďalej boli vytvorené poruchy typu medzizávitový skrat na prístupnom primárnom vinutí, ktoré sme začali robiť koncom roku 2012 ako to bolo spomenuté v ročnej správe za daný rok. Postupne sa vytvárali najprv skraty axiálne na jednotlivých fázach a to blízky skrat medzi tromi závitmi a potom blízky skrat medzi ôsmimi závitmi. Po každej vytvorenej poruche sa odmerali frekvenčné odozvy, kapacity a činný odpor vinutí. Následne pre každé meranie frekvenčných odoziev sa robili porovnávania z referenčnými priebehmi, analýza pomocou výpočtu Cross korelačných koeficientov (CCFs) ako aj porovnávania odmeraných hodnôt kapacít (pri zníženom skúšobnom napätí 5 kV a 4 kV – z dôvodu, že transformátor bol vybratý z nádoby a jeho elektrická pevnosť izolácie tým bola znížená, teplota v laboratóriu bola stále 22°C a vlhkosť 32%) a odporov z počiatočnými hodnotami. Z výsledkov je možné v krátkosti usúdiť, že poruchy sa prejavili na priebehoch frekvenčných odoziev, ale pri porovnaní hodnôt kapacít a odporov nebolo možné identifikovať danú poruchu. Bolo to z dôvodu malých zmien odmeraných hodnôt. Príklad odmeraných hodnôt kapacít je v nasledovnej tabuľke (tab. 2):

5kV	Zapojenie	C [pF] referenčné	C [pF] medzizávit axial fáza A 3 závit
	(vn-nn) 22 – 0,4	9,55	9,55
	(vn-nn+k) 22 – 0,4+k	12,74	12,77
	(vn-k) 22 – k	13,42	14,00
4 kV	(nn-vn) 0,4 – 22	9,56	10,00
	(nn-vn+k) 0,4 – 22+k	24,58	24,58
	(nn-k) 0,4 – k	19,41	20,8
	(nn+vn-k) 0,4+22 – k	18,21	18,22

Na obr. 1 je možné vidieť vytvorené axiálne medzizávitové skraty na fáze A a B primárneho vinutia.



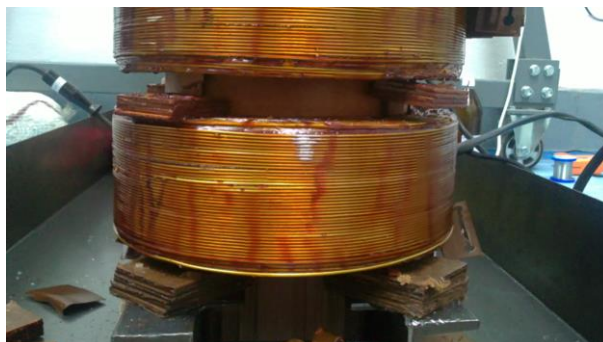
Obr. 1 Vytvorené axiálne medzizávitové skraty.

Daná problematika je podrobnejšie uvedená v publikácii zverejnenej na konferencii DIAGNOSTIKA 2013 pod názvom **Application of SFRA method to the transformer with Yz winding connection without a neutral terminal**.

Na základe dosiahnutých výsledkov je možné zhodnotiť, že pokiaľ vznikne porucha typu axiálneho medzizávitového skratu nemusí byť ihneď identifikovaná pomocou bežných diagnostických meraní, avšak pokiaľ je k dispozícii referenčný priebeh SFRA je možné vnútornú poruchu odhaliť a po podrobnej analýze aj identifikovať.

Následne boli vytvorené radiálne medzizávitové skraty na primárnom vinutí pre každú fázu. Odmerané frekvenčné charakteristiky odoziev, kapacity a odpory vinutí. Pri tomto type poruchy už boli zaznamenané zmeny v hodnotách kapacít a odporov vinutí ako aj veľká zmena v tvare priebehov frekvenčných odoziev. V porovnaní z hodnotami merania odporu vinutí pre transformátor 22/0,4 kV je možné identifikovať medzizávitový radiálny skrat na primárnom vinutí pokiaľ je zmena hodnoty odporu na danej fáze. V praxi sa však môže vyskytnúť porucha ako v prípade uvedenom v ročnej správe za rok 2012 kedy došlo k zhoreniu vinutia tak, že hodnota činných odporov bola nezmenená. Keď sa však porovnajú hodnoty činných odporov odmeraných na primárnom vinutí transformátorov 110/23 kV so zapojeným prepínačom odbočiek, ktorý má 17 polôh bude veľmi zložitá odhaliť takýmto meraním vnútornú poruchu, keďže do úvahy je nutné prihliadať fakt, že zmena hodnoty odporu vinutia môže byť ovplyvnená samotným prepínačom odbočiek. Samozrejme pokiaľ dôjde k poruche radiálneho medzizávitového skratu na transformátore 110/23 kV bude zmenená hodnota kapacity porušeného vinutia voči iným ako aj všetkých voči kostre transformátora. Tu je však ťažké určiť poruchu, na ktorej fáze akého vinutia nastala. Pri odmeraní frekvenčnej charakteristiky odozvy vinutí je však možné potvrdiť typ poruchy, poškodenú fázu aj vinutie. Z praktických simulácií vytvárania porúch na experimentálnom transformátore nám toto bolo potvrdené. Transformátory 110/23 kV majú svoje ochrany, ktoré v prípade prechodného javu zo siete transformátor okamžite odpoja z prevádzky. Taktiež, ak vznikne medzizávitový skrat vo vnútri olejového transformátora ten je okamžite odpojený Buchholzovým relé. Lebo tento typ poruchy je tepelnou poruchou, ktorá spôsobí horenie v mieste vzniku čoho výsledkom sú rôzne typy plynov, na ktoré Buchholz reaguje. Až z Chromatografického rozboru vzorky oleja je potom možné potvrdiť typ poruchy. V porovnaní z metódou SFRA je rozbor oleja a určenie typu poruchy presné, ale z časového hľadiska ak nie je k dispozícii prenosný chromatograf je to zdĺhavé.

Medzi ďalšie najbežnejšie vyskytujúce sa poruchy v prevádzkovaní výkonových transformátorov sú axiálne alebo radiálne posuvy vinutí. Tie sme začali vytvárať na fáze A primárneho vinutia experimentálneho transformátora. Primárne vinutie transformátora je zložené zo 4 častí hlavného vinutia a dvoch častí odbočkového vinutia. Na Obr. 2 je vidieť axiálny posuv vinutia prvej časti fázy A primárneho vinutia.



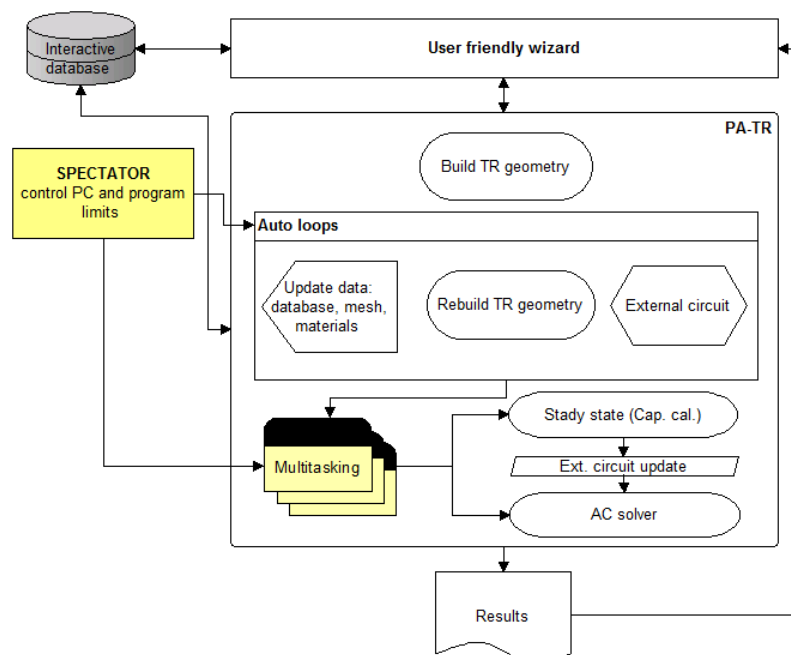
Obr. 2. Axiálny posuv vinutia prvej časti primárnej fázy A.

Podobne ako je to na obr. 2 zobrazené sme urobili posuv vinutia aj druhej časti až po kompletne spadnutie celého vinutia. Všetky zmeny boli odmerané a vyhodnotené. Radiálny posuv vinutia spolu s medzizávitovým skratom bol urobený na prvej časti primárneho vinutia fázy A. Táto porucha však už mala trvalú a nenávratnú deformáciu, pri ktorej došlo k poškodeniu vinutia. To zapríčinilo, že sme už nemohli merať kapacitu vinutia. Už pri napätí 1,5 kV dochádzalo k preskokom na kostru a tak nebolo možné vyhodnotiť meranie kapacity. Preto sme od tohto momentu merali len frekvenčné odozvy SFRA. Z odmeraných priebehov boli analýzou odoziev amplitúd, fáz a výpočtom CCFs zisťované zmeny, ktoré sa prejavovali na konkrétnych priebehoch. Ďalšie posuvy vinutí budú realizované počas prvého pol roka 2014.

Zo získaných poznatkov, výsledkov meraní a preskúmania vypočítaných korelačných koeficientov boli z exportovaných údajov frekvenčných charakteristík pre typ poruchy axiálny a radiálny medzizávitový skrat určené štyri frekvencie 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz a 100 kHz, pri ktorých sme z frekvenčných odoziev odčítali hodnoty impedancie pre metodiku naprázdno a nakrátko. Tieto sa následne použili pre porovnávanie výsledkov simulácie 3D Parametrického modelu transformátora v programe OPERA.

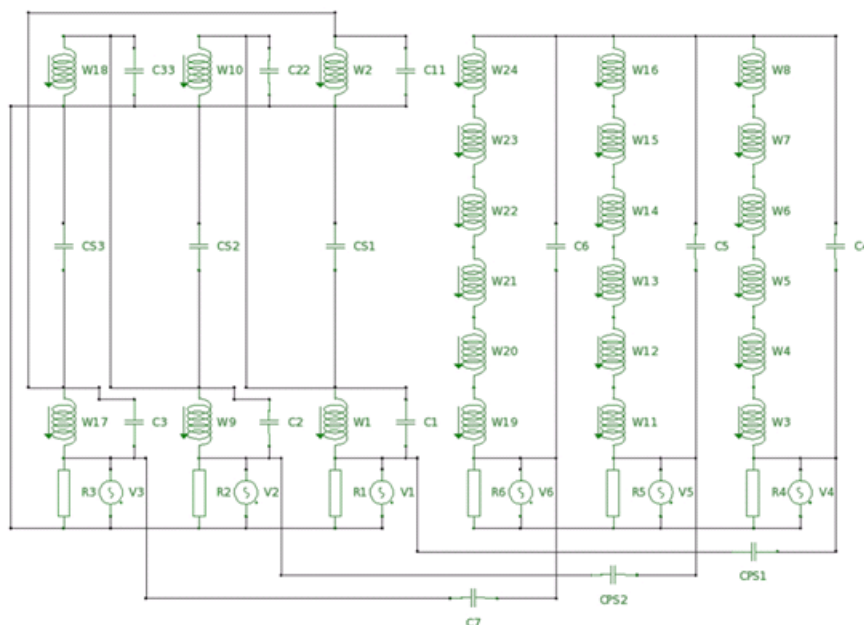
V tomto roku sme vylepšili parametrický model transformátora, ktorého autorom je študent 1. Ročníka doktorandského štúdia – Adrián Peniak (člen riešiteľského kolektívu – ostatní), a to vytvorením plne automatického a univerzálneho programu PA_TR, ktorý nám má vo všeobecnosti uľahčiť hľadanie poruchy na transformátore a to do takej miery ako je možné. Z toho vyplýva, že je plne univerzálny (vie pracovať s ľubovoľnou geometriou transformátora) a automatizovaný, aby čo najmenej zaťažoval používateľa. Navyše parametrický model eliminuje chyby, ktorých sa užívateľ môže dopustiť z nepozornosti alebo nevedomosti, pri „ručnom“ zostavovaní modelov porúch na transformátore.

Program PA-TR je zostavený zo zásuvných modulov pre jeho prehľadnosť a univerzálnosť. Program pracuje v dvoch virtuálnych úrovniach: jedna úroveň ju užívateľská a druhá je výpočtová. Na obrázku 3 je znázornený vývojový diagram programu PA_TR.



Obr. 3. Vývojový diagram programu PA-TR.

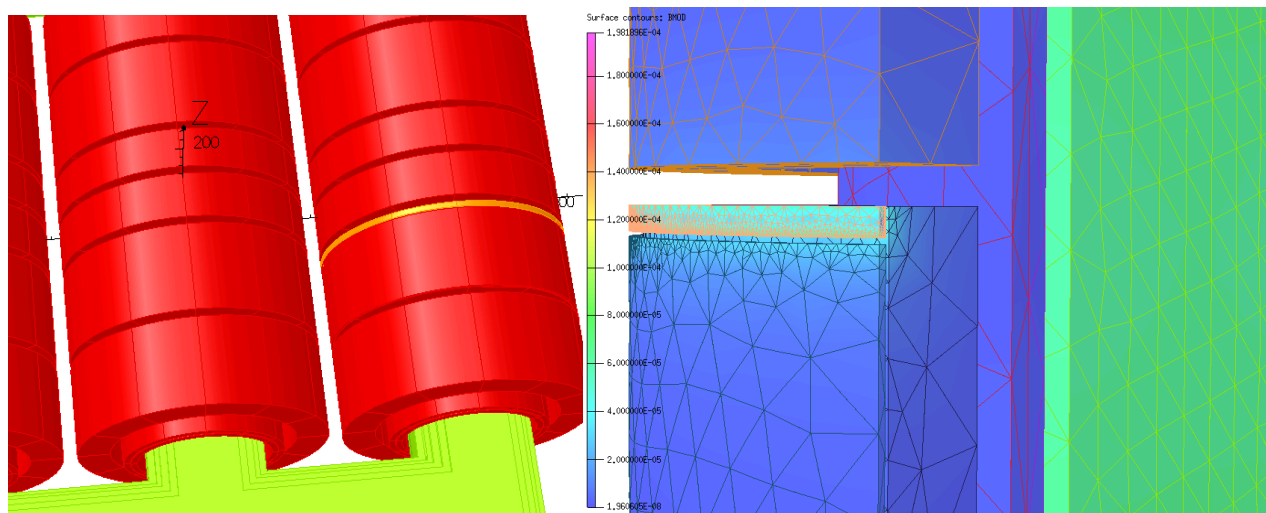
Jeho dominantnú časť tvorí hybridná programová štruktúra SPECTATOR, ktorá ovláda výpočtovú úroveň a to otváraním multitaskingových vetiev za pomoci linuxových skriptov. Na začiatku program PA_TR vytvorí pomocou SPECTATOR-a viacstupňovú analýzu, kde identifikuje parametre náhradnej schémy transformátora a jednotlivé prvky externého obvodu obrázok 4, ktorý umožňuje simulovať reálne meranie SFRA priamo v MKP, prostredníctvom analyzačného programu ELEKTRA ST alebo TR.



Obr. 4. Ilustračný obrázok externého obvodu, s rešpektovaním parazitných kapacít transformátora.

Ako bolo vyššie uvedené program PA_TR po zadaní vstupných dát, z merania SFRA, automaticky hľadá poruchu na transformátore postupným prehľadávaním porúch zatiaľ však len

typu: medzizávitový skrat (obrázok 5) a posun vinutia, čo sú však najčastejšie poruchy na transformátoroch.



Obr. 5. Detail axiálneho skratu troch závitov cievky fázy C, rozloženie magnetickej indukcie pre túto poruchu.

Identifikovanie poruchy bolo overené na experimentálnom transformátore TO294-22kV, Yzn1 a výsledky získané z programu PA_TR a merania SFRA boli publikované na konferencii SSM 2013 - **A Novel Approach of Power Transformer Diagnostic using 3D FEM Parametrical Model**.

V mesiacoch september až december boli výskumné práce zamerané aj na diagnostiku poruchového transformátora T102 z rozvodne Žarnovica. Na začiatku septembra došlo k blízkemu skratu na sekundárnej strane transformátora, ktorý spôsobil vnútornú poruchu. Tá sa prejavila po opätovnom pripojení transformátora do siete, tak že ho odpojilo od prevádzky Buchholzovo relé. Po vizuálnej kontrole relé – otvorenie bezpečnostného ventilu a zapálenie plameňa došlo k horeniu unikajúceho plynu vzniknutého vo vnútri transformátora. To je prvá indikácia o vnútornom poškodení transformátora. Po všetkých diagnostických meraniach, chromatografickom rozbere oleja a analýze SFRA bola identifikovaná trvalá porucha na terciálnom vinutí – medzizávitový skrat. Následne bol transformátor demontovaný zo stanovišťa a prevezený do opravovne SSE v Sučanoch. Tu bol transformátor otvorený a podrobený vizuálnej prehliadke, ďalším meraniam a analýze SFRA. Vzhľadom k tomu, že sa jedná o škodovú udalosť, ktorú zapríčinila iná spoločnosť a nebolo doteraz uzavreté vyšetrowanie nemôžeme zverejniť celú výskumnú správu. Pri vyhodnotení a analýze SFRA frekvenčných odoziev sme identifikovali poruchu aj podľa výsledkov dosiahnutých v analýze porúch simulovaných na experimentálnom transformátore. Základné meranie a výsledky z prvého merania a identifikácie poruchy boli prezentované na konferencii TRANSCOMP 2013 príspevkom s názvom **Identification of Failure Transformers 22/0,4 kV and 110/23 kV using SFRA Method**. Po ukončení vyšetrowania a dohode so zástupcami SSE-D a.s. budú v roku 2014 publikované výsledky výskumnej správy.

Realizácia etapy č. 2 – vytvorenie databáz nameraných údajov transformátorov pokračovali podľa stanoveného plánu. Pravidelnými stretnutiami z riešiteľom doc. Ing. Karolom Grondžákom sme presne zadefinovali všetky požiadavky, ktoré má spĺňať vytváraná databáza meraní SFRA. Postupne mu boli posielané namerané dáta ako aj priebežné závery z meraní na experimentálnom transformátore s popisom prejavov jednotlivých typov porúch. Riešiteľ doc. Grondžák zadal trom denným študentom jednotlivé zadania semestrálnych prác, ktorých úlohou bolo vyriešiť novú architektúru databázy pre prístup užívateľa cez webové rozhranie.

Súhrnná správa realizácie etapy č. 2 vyhotovená riešiteľom doc. Ing. Grondžákom je súčasťou príloh napálených na priloženom CD nosiči ako aj v tlačenej forme, keďže je veľmi rozsiahla.

3. Zoznam výstupov a prínosov za posledný rok

V rámci riešenia projektu boli počas roku 2013 publikované nasledujúce príspevky týkajúce sa diagnostických meraní výkonových transformátorov metódou SFRA:

Publikácie z medzinárodných konferencií:

- [1] DIAGNOSTIKA 2013: Brandt, M., Seewald, R., Michalík, J.: Application of SFRA method to the transformer with Yz winding connection without a neutral terminal, ISBN 978-80-261-0210-6
- [2] Magnetic Materials 21: Rafajdus, P., Peniak, A., Brandt, M., Janoušek, L.: A novel approach of power transformer diagnostic using 3D FEM parametrical model, Book of Abstracts
- [3] ELEKTROENERGETIKA 2013: Brandt, M., Seewald, R., Michalík, J.: Diagnostics of radial interturn short circuit on the 3-phase distribution transformer 100 kVA, ISBN 978-80-553-1441-9
- [4] TransComp 2013: Brandt, M., Michalík, J.: Identification of failure transformers 22/0,4 kV and 110/23 kV using SFRA method, časopis TTS 10/2013, ISSN 1232-3829

Publikácie v časopisoch:

- [5] Sedlák, J., Brandt, M., Seewald, R.: Impact of remanent magnetization in the area of distribution transformers diagnostic by SFRA method, Acta Technica Corviniensis, ISSN 2067-3809
- [6] Brandt, M., Seewald, R.: Identifikácia poruchy a analýza transformátora 22/0,4 kV metódou SFRA, ELEKTRO 7/2013, ISSN 1210-0889
- [7] Brandt, M., Faktorová, D., Seewald, R.: Identification of the breakdown and analysis of transformer 22/0,4 kV, Materials Engineering – Materiálové inžinierstvo, 20/2013, ISSN 1338-6174

[8] Brandt, M.: Oponentský posudok normy STN EN 60078-18 Meranie frekvenčnej charakteristiky

Počet priebežných protokolov z meraní transformátorov metódou SFRA odovzdaných spoločnosti SSE-D a.s. za účelom internej archivácie: 29

4. Upresnenie harmonogramu prác a cieľov na nasledujúci rok

V nasledujúcom kalendárnom roku 2014 budeme pokračovať v riešení projektu v nasledovných krokoch:

- merať transformátory metódou SFRA podľa vypínacieho plánu transformátorov stanoveného spoločnosťou SSE a.s., namerané výsledky budeme analyzovať a vzájomne porovnávať z výsledkami nameranými profylaktickými metódami.
- Transformátor (aTO 294/22, výkon 100 kVA, menovitý prevod 22/0,4 kV), ktorý nám spoločnosť SSE a.s. darovala v roku 2012 na výskumné účely podrobíme ďalším diagnostickým meraniam – dokončíme merania na vytvorených axiálnych a radiálnych posuvoch vinutí aj spolu v kombinácii z vytvorením medzizávitových skratov v rôznych častiach transformátora. Vyhodnotíme všetky namerané údaje v závislosti od zmien SFRA charakteristík v porovnaní z referenčnými priebehmi.
- Bude zabezpečené a uskutočnené kontrolné meranie prototypu trakčného vozidlového transformátora TVT R361, ktorý je prevádzkovaný v rýchlikovom rušni v kooperácii medzi EF ŽU, EVPÚ a.s. a ZSSK a.s.
- Databáza meraných transformátorov bude postupne a priebežne dopĺňaná dátami SFRA charakteristík, ktoré budú ukladané do databázy APVV Trafo View. Databáza bude v rámci ukončenia projektu v tomto roku umiestnená na serveri Elektrotechnickej fakulty ŽU v Žiline. Pre prístup k nej zo vzdialeného pracoviska mimo ŽU bude naprogramované a dokončené webové rozhranie. Prístup získajú riešitelia projektu ako aj poverený odborný zamestnanci spoločnosti SSE-D a.s.
- Práce budú zamerané aj na prípravu a organizáciu konferencie DESAM 2014, ktorá sa uskutoční 19. – 20. júna 2014, tak ako to bolo dohodnuté na koordinačnej porade uskutočnenej dňa 13.12. 2013.
- Všetky naplánované ciele chceme splniť do dátumu ukončenia riešenia projektu, tak aby bolo možné v budúcnosti nadviazať na riešenie a výskum v oblasti diagnostiky výkonových transformátorov pri návrhoch nových projektov a spolupráce z priemyselným odvetvím.
- V rámci výstupu projektu zameraného na vytvorenie normatívneho textu, bude počas roka spracovaný návrh na doplnenie prílohy v súčasnosti už platnej normy STN EN 60076-18, ktorú sme v rámci riešenia projektu oponovali. Príloha bude zameraná na možnosti merania frekvenčných odoziev výkonových distribučných transformátorov pre napäťové hladiny 22 kV a nižšie. Príloha bude obsahovať metodiku merania bežne konštruovaných typov transformátorov,

vzory odmeraných frekvenčných odoziev ako aj ukážky vyhodnotenia možných typov porúch, ktoré sme získali mechanickými simuláciami a ich odmeraním na experimentálnom transformátore v laboratóriu.

- Počas celého kalendárneho roku budú členovia riešiteľského kolektívu pracovať na publicite projektu a jeho výsledky riešenia zverejnia na vedeckých konferenciách a v odborných časopisoch podľa naplánovaných výstupov.

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v správe a jej prílohách sú pravdivé a úplné.

Zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Ján Michalík, PhD.

V Žiline 28.01.2014

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.

V Žiline 28.01.2014

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu