

Záverečná správa o riešení projektu

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 ŽilineZačiatok riešenia projektu **05/11**Koniec riešenia projektu **10/14**

ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU (max. 10 strán)

Uved'te podľa nasledujúcej záväznej osnovy:

- 1. Postup prác pri riešení projektu za posledný rok/obdobie u príjemcu, ako aj spolupríjemcov podpory APVV vzhľadom na harmonogram riešenia projektu**
- 2. Rozbor výsledkov za celé obdobie riešenia vzhľadom na stanovené ciele**
- 3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok/obdobie – uved'te v prílohe – formulár Výstupy a prínosy projektu za rok/obdobie (priložte kópie deklarovaných výstupov)**

↓↓

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

V kalendárnom roku 2014 bolo v rámci riešenia Etapy č. 1 odmeraných a diagnostikovaných 22 výkonových transformátorov. Priebežne počas roku boli postupne simulované posledné mechanické poruchy na experimentálnom distribučnom transformátore umiestnenom v laboratóriu. Poruchy typu medzizávitový skrat axiálny a radiálny – vytvorené na deformovanej fáze primárneho vinutia A spolu so skratmi na fáze C primárneho vinutia. S tým, že dané skraty boli rovnakého typu, čiže ako prvé axiálne, po druhé radiálne a na koniec boli vzájomne skombinované. Taktiež bolo brané do úvahy, že vinutie primárnej cievky fázy A je deformované. Medzi ďalšie poruchy, ktoré boli vytvorené patrí medzizávitový skrat na sekundárnom vinutí fázy A. Posledný typ poruchy, ktorý už trvalo zničil funkčnosť

transformátora je deformácia primárneho vinutia fázy C, ktorá mechanicky prerušila závit cievky. Všetky kombinácie boli vyhodnotené a postupne aj po ukončení projektu budú publikované v odborných článkoch či už v časopisoch alebo na odborných konferenciách. Vyhodnotenie frekvenčných odoziev SFRA spracoval riešiteľ Ing. Martina Brandt, PhD. V rámci rozširovania týchto vedomostí riešiteľ Ing. Martin Brandt, PhD. začlenil meraciu techniku ako aj metodológiu SFRA do obsahovej náplne prednášok odborného predmetu Aplikovaná Elektrotechnika, ktorý je určený študentom 2. Ročníka BŠ odboru Elektrotechnika.

V rámci vyhodnotenia meraných transformátorov, ich diagnostiky a analýzou boli pre spoločnosť SSE-D a.s., ktorá je hlavným odberateľom výsledkov riešeného projektu vytypované transformátory (o počte 19) za účelom ich podrobného preskúmania. Je to z dôvodu, že dané transformátory boli počas celého obdobia riešenia odmerané metódou SFRA viac ako dvakrát. Na základe toho bolo možné tieto transformátory podrobiť komplexnejšej analýze, s ktorej vznikli závery opísané v bode 2 tejto správy. Od decembra 2013 boli robené prípravy na zorganizovanie konferencie DESAM 2014, ktorá sa uskutočnila v dňoch 19. – 20. júna 2014 v hoteli Podjavorník v Papradne. Súčasťou správy je aj príloha zo zápisnicou z konferencie ako aj kópia prezenčnej listiny. V období od 16. do 20. júna 2014 bola v priestoroch spoločnosti SSE-D a.s. v Sučanoch vykonaná demontáž nami identifikovanej poruchy transformátora T102 z rozvodne Žarnovica. Tomu však v mesiaci február predchádzali na danom transformátore revízne merania akreditovanou firmou z Českej republiky, ktorá však vzhľadom k bežne používaným diagnostickým metódam nedokázala odhaliť a identifikovať poruchu. Vzhľadom k tomu, že transformátor bol vyrobený v roku 1972 a podpore zo strany SSE-D a.s., ktorá dôverovala nami dosiahnutými výsledkami v diagnostike metódou SFRA sa rozhodlo vedenie spoločnosti, že transformátor rozoberú. Po kompletnom rozobratí transformátora sa vizuálne potvrdila nami zistená porucha, ktorá bola rozsiahleho charakteru. Transformátor bol následne zošrotovaný. Riešitelia sa v kalendárnom roku 2014 zúčastnili na 3 medzinárodných konferenciách, na ktorých prezentovali výsledky dosiahnuté riešením projektu.

V rámci riešenia Etapy č. 2: Vytvorenie databázy nameraných údajov transformátorov boli dokončené všetky plánované úlohy. Dokončila sa webová aplikácia pre nahrávanie, spravovanie dát, ich úpravu, vyhodnotenie meraní a ich analýzu. V závere umožňuje aplikácia po analýze meraných frekvenčných odoziev identifikovať stav transformátora. To spočíva vo výpočte Cross korelačných koeficientov z hodnôt toho istého transformátora pre tú istú fázu a metodiku merania (naprázdno resp. nakrátko). Po analýze softvér dokáže upozorniť na identifikovanú možnú mechanickú poruchu v transformátore. Aplikácia obsahuje veľké množstvo dát zo 120 meraní výkonových transformátorov. Daná databáza je umiestnená na serveri Elektrotechnickej fakulty ŽU. Prístup do nej je umožnený po zadaní mena užívateľa + hesla, ktoré vytvorí administrátor po zadaní požiadavky. Prístup nezíska odborne neznalá osoba.

2. Rozbor výsledkov za celé obdobie riešenia vzhľadom na stanovené ciele

Od mája 2011 boli začaté výskumné práce v rámci riešenia Etapy č. 1. V roku 2011 bolo uskutočnených 32 meraní výkonových transformátorov spoločnosti SSE-D a.s. (tab. 1):

30.05.11	Mokrad'	T-102
14.06.11	Tepláreň Žilina	T-101
15.06.11	Lučenec	T-102
20.06.11	Vrútky	T-101
21.06.11	Hnúšťa	T-102
27.06.11	Teplička nad Váhom	T-103
28.06.11	Veľký krtíš	T-102
19.07.11	Banská Bystrica (Bánoš)	T-103
21.07.11	Rimavská Sobota	T-102
02.08.11	Rajec	T-101
04.08.11	Tepláreň Žilina	T-103
08.08.11	Tepláreň Martin	T-102
11.08.11	Slovenská Lupča	T-101
15.08.11	Závažná Poruba	T-102
17.08.11	Vavrečka	T-101
22.08.11	Dubnica nad Váhom	T-103
23.08.11	Detva	T-102
24.08.11	Handlová	T-101
19.09.11	Banská Bystrica (Bánoš)	T-101
04.10.11	Hričov	T-101
05.10.11	Liptovský Mikuláš	T-101
17.10.11	Mokrad'	T-101
19.10.11	Bytča	T-101
07.11.11	Žiar nad Hronom	T-102
10.11.11	Kráľová Lehota	T-101
14.11.11	Žarnovica	T-101
16.11.11	Kysucké Nové Mesto	INA
21.11.11	Tepláreň Žilina	T-102
23.11.11	Považská Bystrica	T-101
28.11.11	Martin Košúty	T-101
30.11.11	Bytča	T-102
13.12.11	Vavrečka	T-102

Postupne sa vykonávali analýzy meraní, spracovávali sa protokoly a základné porovnávanie frekvenčných odoziev SFRA pre rovnaké typy transformátorov. Postupne sa zavádzala a spracovávala základná metodika meraní, tak aby bolo možné dané referenčné merania porovnávať po určitom čase (opravách, poruchách). Boli uskutočnené základné merania aj v laboratórnych podmienkach. Tie boli zamerané predovšetkým na zisťovanie zostatkového (remanentného) magnetizmu v jadre transformátorov, ktorý vo výraznej miere vplýva na tvar a hodnoty meraných frekvenčných odoziev SFRA. Boli používané nové dostupné meracie zariadenia a technológie (Gaussmeter, sondy, ohmmeter MultiAmp, laboratórne transformátory ako aj funkčný distribučný transformátor 22/0,4 kV v laboratóriu NJ514 EF ŽU v Žiline). Metodológia všetkých meraní vychádzala z praktických poznatkov, ktoré môžu nastať v praxi počas merania transformátorov 110/23 kV. Do úvahy sme museli brať faktory ovplyvňujúce remanentný magnetizmus – všetky jednosmerné diagnostické metódy, skraty na transformátore ako aj dlhodobú odstávku transformátora, pričom medzi vstupnými faktormi sme uvažovali aj vplyv teploty (ktorý sa prejavil až pri rozdieloch 40 °C a viac – aj to však má zanedbateľný vplyv na tvar meraných SFRA). Na základe týchto overení sme mohli počas vyhodnotenia meraných SFRA odoziev identifikovať pri zaznamenaní zmeny vo frekvenčnom pásme od 20 Hz do cca 2 kHz či sa jedná o možnú poruchu alebo len o zmenu spôsobenú remanentným magnetizmom. S danými výsledkami sme pracovali počas celej doby riešenia projektu (získané výsledky boli publikované v roku 2012). Taktiež po prvýkrát na Slovensku boli uskutočnené merania frekvenčných odoziev SFRA na trakčnom vozidlovom transformátore TVT (prototyp). Daný transformátor bol navrhnutý a vyrobený na Slovensku v kooperácii spoločností EVPÚ a.s. a ŽOS Vrútky a.s. V rámci výskumu bola pre prototyp transformátora navrhnutá metodológia meraní SFRA. Uskutočnili sa merania odoziev SFRA pred prototypovými skúškami ako aj po nich. Po prototypových skúškach bola urobená oprava a výmena priechodky primárneho vinutia. Na základe získaných výsledkov a analýz pomocou Cross korelačných koeficientov SFRA sme dokázali identifikovať výmenu a mechanický zásah do konštrukcie transformátora. Existujúce výsledky z druhého merania TVT po prototypových skúškach slúžia ako referenčné (dané výsledky boli publikované v roku 2011). 25.11. 2011 sa uskutočnila koordinačná porada projektu, na ktorej boli dohodnuté ďalšie postupy prác v kalendárnom roku 2012. Spoločnosť SSE-D a.s. sa rozhodla v rámci napredovania vo výskume darovať nám zrepasovaný distribučný olejový transformátor. Daný transformátor má slúžiť k mechanickému vytváraniu (simulovaniu) všetkých typov porúch, ktoré vznikajú počas prevádzky výkonových transformátorov. V roku 2012 bolo uskutočnených spolu 37 meraní na nasledovných 34 výkonových transformátoroch (tab. 2):

13.03.12	Detva	T-102
19.03.12	Teplička nad Váhom	T-103
29.03.12	Tepláreň Žilina	T-103
03.04.12	Tepláreň Žilina	T-101

04.04.12	Hričov	T-101
11.04.12	Tepláreň Martin	T-102
12.04.12	Tepláreň Martin	T-101
16.04.12	Lieskovec	T-101
18.04.12	Slovenská Lupča	T-102
23.04.12	Banská Bystrica (Bánoš)	T-101
24.04.12	Vlkanová	T-102
09.05.12	Brezno	T-102
15.05.12	Detva	T-102
16.05.12	Martin Košúty	T-102
23.05.12	Kremnica	T-101
04.06.12	Handlová	T-101
18.06.12	Prievidza	T-102
20.06.12	Ružomberok (Mondi SCP)	T-7
25.06.12	Žarnovica	T-102
26.06.12	Čadca	T-101
27.06.12	Dolné Vestenice	T-102
07.08.12	Lučenec	T-102
10.08.12	Banská Bystrica (Fončorda)	T-23
23.08.12	Ružomberok (Mondi SCP)	T-4
04.09.12	Ružomberok (Mondi SCP)	T-1
05.09.12	Teplička nad Váhom	T-22
10.09.12	Kysucké Nové Mesto	INA
11.09.12	Čadca	T-102
12.09.12	Mokrad'	T-102
25.09.12	Žilina (Rajčanka)	T-101
26.09.12	Žilina (Rajčanka)	T-102
31.10.12	Závadka nad Hronom	T-102
07.11.12	Nižná	T-102
08.11.12	Banská Bystrica (Fončorda)	T-101
13.11.12	Hričov	T-102
14.11.12	Kysucké Nové Mesto	T-101
26.11.12	Pravenec	T-101

Transformátor T102 Detva bol celkovo meraný 3x. Všetky výsledky z meraní frekvenčných odoziev SFRA boli riadne vyhodnotené a zanalyzované. V prípade, že niektoré transformátory boli odmerané už druhý krát, boli urobené aj analýzy pomocou CCF koeficientov. V súvislosti analýz odmeraných transformátorov boli vždy vyhodnotené aj výsledky ostatných diagnostických metód, ktoré merali zamestnanci odboru Diagnostika spoločnosti SSE-D a.s.

Pretože pri hodnotení stavu transformátorov je nutné brať ako vstup do analýzy aj výsledky ostatných meraní – najmä výsledky meraní kapacít a stratového činiteľa a výsledky z rozborov vzoriek transformátorového oleja. Začiatkom februára 2012 (8. - 9.) sa uskutočnila odborná konferencia DESAM 2012, na ktorej boli prezentované dosiahnuté výsledky projektu ako aj riešenie jeho problematiky. Odborná verejnosť, ktorá sa konferencie zúčastnila pozitívne zhodnotila naše zámery a z odborného a praktického hľadiska nasmerovala aj v ďalších oblastiach riešenia projektu. Počas kalendárneho roku 2012 bol do riešiteľského tímu zaradený aj študent a v súčasnosti interný doktorand Ing. Peniak, ktorý vytvoril 3D model výkonového transformátora T101 Handlová pod odborným vedením riešiteľa doc. Ing. Rafajdusa za účelom presnej identifikácie poruchy. Všetky podklady pre jeho návrh a výpočty boli dodané v spolupráci z výrobcom - spoločnosťou ETD a.s. Plzeň. Na základe našich meraní a analýz SFRA odoziev boli porovnané výsledky zo simulácií 3D modelu a nasledovne bol stanovený typ poruchy. Z daných výsledkov vznikla odborná správa ako aj odborné publikácie prezentované na zahraničných konferenciách. 27. apríla nám bol do laboratória dovezený distribučný olejový transformátor aTO 294/22, výkon 100 kVA, menovitý prevod 22/0,4 kV za účelom experimentálneho vytvárania rôznych typov mechanických porúch vznikajúcich počas prevádzky transformátorov. V kalendárnom roku 2012 sme na experimentálnom transformátore odmerali referenčné odozvy po dovezení, po odčerpaní oleja ako aj po vybratí transformátora z nádoby. Následne bol mechanicky nasimulovaný prvý typ poruchy – medzizávitový skrat (fáza A, B primárneho vinutia). Ďalšie merania a vytváranie rôznych typov porúch na experimentálnom transformátore boli realizované počas rokov 2013 – 2014 (o počte 26). Typy porúch, ktoré boli vytvorené a odmerané:

- Medzizávitové skraty (axiálne, radiálne + kombinácia) na primárnom resp. sekundárnom vinutí pre jednotlivé fázy.
- Uvoľnenie – stiahnutie jadra (po tejto poruche boli opätovne vytvorené nové referenčné odozvy SFRA).
- Axiálny posuv vinutia (po sekciách odbočkového primárneho vinutia).
- Radiálny posuv vinutia.
- Úplná deformácia vinutia.

Všetky merania boli podrobne spracované a zanalyzované. Pre správne vyhodnotenie boli pre jednotlivé typy porúch odmerané kapacity (kombinácie pre distribučný transformátor) a odpory vinutí. Následne bol riešiteľom Ing. Peniakom pod vedením riešiteľa doc. Ing. Rafajdusa zdokonalený 3D FEM model transformátora – navrhnutý pre experimentálny transformátor (s kompletnými technickými dátami, rozmermi a parametrami). Na danom 3D modeli bola nasimulovaná a porovnaná porucha typu axiálny medzizávitový skrat pre fázu A primárneho vinutia. Výsledky boli publikované a odbornou verejnosťou uznané na medzinárodných fórach a konferenciách v rokoch 2013 a 2014. Pomocou 3D modelu je možné presne identifikovať typ poruchy ako aj jej umiestnenie. Celkový popis modelu je v prílohe č. 1 záverečnej správy.

Paralelne s prebiehajúcim riešením etapy č. 1 začalo riešenie etapy č. 2 – boli začaté práce na vytvorení databázy meraných transformátorov. Prvotná aplikácia mala názov APVV Trafo View – umožňovala spravovať umiestnenie transformátorov, zoznam transformátorov podľa štítkových údajov, meraní SFRA s ich importom a zobrazením priebehov. Samotná architektúra vychádzala z usporiadania klient-server implementovaná v prostredí JAVA.

V roku 2013 bolo odmeraných metódou SFRA 24 ks výkonových transformátorov (110/23/6,3 kV) tab. 3:

26.03.13	Banská Štiavnica	T-102
11.04.13	Fíľakovo	T-102
18.04.13	Hnúšťa	T-102
22.04.13	Liptovský Mikuláš	T-101
25.04.13	Handlová	T-102
03.06.13	Žiar nad Hronom	T-101
05.06.13	Fíľakovo	T-102
12.06.13	Čadca	T-101
13.06.13	Brezno	T-101
10.06.13	Tornaľa	T-101
18.06.13	Detva	T-101
02.07.13	Vrútky	T-102
12.08.13	Tepláreň Martin	T101
15.08.13	Tepláreň Martin	T102
10.09.13	Žarnovica	T-102
16.09.13	Žiar nad Hronom	T-101
30.09.13	Rimavská Sobota	T-101
07.10.13	Banská Bystrica (Fončorda)	T-102
14.10.13	Kráľova Lehota	T-102
22.10.13	Žarnovica po výmene	T-102
28.10.13	Lietavská Lúčka	T-101
12.11.13	Mokrad'	T-101
18.11.13	Žarnovica	T-101
19.11.13	Tepláreň Žilina	T-102

V januári 2013 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 bol 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, pričom daná norma je v platnosti od 1.6. 2013.

V rámci riešenia etapy č. 2 bola databáza meraných transformátorov prepracovaná a samotná aplikácia bola vytvorená tak, aby umožnila prístup do nej cez webové prehliadače. Programovali sa jednotlivé operácie pre import meraných dát, ich správu a úpravu. Ďalej boli stanovené podmienky pre analýzu nameraných frekvenčných odoziev, pričom sa vychádzalo z praktických poznatkov simulovaných porúch na experimentálnom distribučnom transformátore. Riešiteľ Ing. Brandt stanovil jednotlivé frekvenčné pásma pre identifikáciu typov porúch pre metodiku naprázdno vychádzajúc z platnosti normy STN EN 60076-18 a pre metodiku nakrátko podľa zistených skutočností z experimentálnych meraní. Uvedené poznatky boli aplikované najmä pri analýze transformátora T102 (110/23/6,3 kV) z rozvodne Žarnovica. Kde po opakovaných meraniach a podrobnej analýze bola identifikovaná závažná mechanická porucha. Po prevezení transformátora bol tento podrobený diagnostickým meraniam odbornými pracovníkmi z akreditovanej diagnostickej spoločnosti z Českej republiky, ktorí však nedokázali danú poruchu odhaliť a odmerať. Ich merania mohol ovplyvniť fakt, že transformátor mal vypustený olej. Po odmeraní sa však vyjadrili, že transformátor je dobrý a po vysušení môže byť naďalej prevádzkovaný. Následne (s odstupom času 3 mesiacov) ich technická správa už obsahovala údaje o rozbere vzoriek oleja odobratých pri nahlásení poruchy (spoločnosťou SSE-D a.s.), kde už bol zmenený záver, že transformátor navrhujú rozobrať a opraviť, lebo má vnútornú poruchu. V júni roku 2014 bol daný transformátor kompletne rozobratý a presne sa potvrdila nami identifikovaná porucha zistená metódou SFRA. Išlo o axiálny posuv sekundárneho vinutia z medzizávitovým skratom na prostrednej fáze, pričom daný medzizávitový skrat sa počas transportu transformátora „stratil“. Preto ho možno dané základné diagnostické metódy akreditovanej spoločnosti nedokázali potvrdiť. Keďže je daný transformátor predmetom súdneho sporu nemôžeme technickú správu zverejniť. Nasledujúci obrázok však potvrdzuje naše skúsenosti s identifikáciou porúch vo vnútri transformátorov:



Počas kalendárneho roku 2014 bolo v rámci projektu uskutočnených 22 meraní výkonových transformátorov, ktoré sú v nasledujúcej tabuľke (tab. 4):

16.04.14	Fiľakovo	T-101
24.04.14	Union Zvolen	T-102
28.04.14	Podbrezová	T-101
09.06.14	Handlová	T-101
12.06.14	Krupina	T-102
23.06.14	Žilinská teplárenská	T-3
07.07.14	Zvolenská teplárenská	T-5
08.07.14	Zvolenská teplárenská	T-4
08.07.14	Zvolenská teplárenská	VD Slatinka
09.07.14	Zvolenská teplárenská	T-3
14.07.14	Martinská teplárenská	T-127
15.07.14	Martinská teplárenská	T-125
20.07.14	Continental Púchov	T-101
20.07.14	Continental Púchov	T-102
28.07.14	Teplička nad Váhom	T-102
06.08.14	Závadka nad Hronom	T-102
07.08.14	Závažná Poruba	T-101
11.08.14	Vlkanová	T-101
12.08.14	Krupina	T-101
18.08.14	SCP Ružomberok	T-3.1
20.08.14	SCP Ružomberok	T-10
21.08.14	Čadca	T-101

V rámci riešenia projektu Etapy č. 1 bolo za celé obdobie odmeraných 72 výkonových olejových transformátorov pre napäťovú hladinu 110/23 kV distribučnej spoločnosti SSE-D a.s., 7 distribučných olejových transformátorov s prevodom 23/0,4 kV taktiež prevádzkovanými spoločnosťou SSE-D a.s. Okrem toho bolo odmeraných 16 výkonových transformátorov iných prevádzkovateľov, ktorý nám v rámci výskumu bezodplatne umožnili prístup odmerať referenčné priebehy SFRA odoziev na daných transformátoroch. Odmerané transformátory sú súčasťou celej databázy meraní, ktorá bola rozšírená o iné typy ako sú prevádzkované spoločnosťou SSE-D a.s. Spoločnosť BEZ Bratislava a.s. nám taktiež umožnila odmerať referenčné priebehy pre 5 nových výkonových transformátorov, pričom jeden z nich bol meraný viackrát za účelom zistenia a odhalenia zmien v epoxidovej izolácii po skúškach repetičným generátorom. Výsledky, ku ktorým sme dospeli budú predmetom odbornej publikácie buď v časopise alebo budú zverejnené na medzinárodnej konferencii

v zahraničí po dohode z výrobcom transformátora v priebehu roka 2015. Tesne pred ukončením projektu v októbri 2014 bola uzavretá dohoda medzi EF ŽU v Žiline a spoločnosťou ŽOS Vrútky a.s. o meraní na ďalšom novom trakčnom vozidlom transformátore. Bola aplikovaná metodika merania stanovená v roku 2011 a výsledky budú analyzované síce po ukončení riešenia projektu, ale po dohode z výrobcom TVT budú môcť byť tak isto zverejnené na odborných fórach konferencií ako aj v článkoch odborných časopisov. V prípade, že daná metodika a merania SFRA odoziev na takomto type transformátorov bude mať praktický význam pri odhaľovaní mechanických porúch, bude úvaha o spísanie a návrh novej normy platnej v podmienkach Železníc slovenskej republiky (ŽSR). Je to však záležitosťou budúcnosti a ochoty prevádzkovateľov TVT, lebo ako sme sa presvedčili počas celého obdobia riešenia projektu (až do súčasnosti) nebolo možné opätovne odmerať prvý kus TVT, pre ktorý sme odmerali referenčné SFRA odozvy. Je to z dôvodu, že legislatíva v podmienkach ŽSR a ZSSK (Železničná spoločnosť Slovenska) nepozná danú metodiku a nie je zahrnutá v skúškach TVT po ich revíziách. Preto je ťažké a nemožné daný transformátor odmerať ak je nasadený v prevádzke. V prípade, že sa transformátor nachádza v opravovni a zmluvne nemá jeho prevádzkovateľ dohodnutý typ skúšky, nie je možné ho odmerať.

Pri vytváraní celkovej databázy meraných transformátorov v rámci riešenia Etapy č.2 boli do jej výstupu zohľadnené všetky naše zistenia: pri analýze pomocou výpočtu Cross korelačných koeficientov je možné vyhodnotiť meranie najprv pre metodiku merania naprázdno a v prípade, že bude identifikovaný rozdiel medzi odmeranými SFRA odozvami, aplikácia určí podľa normy STN EN 60076-18 typ možnej poruchy a bude pokračovať v konkrétnej analýze pre metodiku merania nakrátko. V prípade, že identifikuje rozdiely v jednotlivých frekvenčných pásmach odoziev pre metodiku nakrátko, ktoré sme výskumom a meraniami na experimentálnom transformátore identifikovali a implementovali do aplikácie, presnejšie potvrdí typ poruchy. Všetky merania a analýzy je možné exportovať priamo do protokolu o meraní spolu s vyhodnotením, ak je daný transformátor meraný aspoň 2x. Transformátor tak pre analýzu musí mať referenčné meranie a ďalšie po určitom čase. Aplikácia umožňuje robiť analýzu aj medzi „sesterskými“ transformátormi, neodporúčame však zahŕňať jej výsledky do záverečných protokolov v prípade, že táto bude vyhodnotená ako: „v transformátore je možná porucha“. Na databázovej aplikácii pracoval tím zložený z 3 študentov (v súčasnosti študenti 1. a 2 ročníka Inžinierskeho štúdia) – Bc. Rudolf Grigel', Bc. Marek Polakovič a Bc. Jakub Remenec pod vedením riešiteľa doc. Ing. Karola Grondžáka, PhD. Databáza je prístupná pre riešiteľov za EF ŽU a určených pracovníkov zo spoločnosti SSE-D a.s. na serveri Elektrotechnickej fakulty ŽU v Žiline s prístupovými menami a heslami. K danej databázovej aplikácii je vypracovaná odborná správa, ktorá je súčasťou prílohy č. 2 k Záverečnej správe projektu, vzhľadom na jej rozsiahly obsah. K danej aplikácii je vypracovaný aj manuál na jej ovládanie.

V rámci popularizácie a prezentovania výsledkov riešenia projektu bol zorganizovaný ďalší ročník medzinárodnej konferencie DESAM 2014, ktorá sa uskutočnila 19. – 20. júna 2014.

Zápisnica z konferencie ako aj kópia prezenčnej listiny sú súčasťou príloh k Záverečnej správe.

Dňa 8.10. 2014 sa v priestoroch spoločnosti SSE-D a.s. uskutočnila záverečná porada k riešeniu projektu, na ktorej boli prezentované všetky dosiahnuté výsledky. Vedenie spoločnosti bolo informované o aktuálnom stave prevádzkovaných transformátorov 110/23 kV. Bola im predložená súhrnná technická správa o stave transformátorov, ktoré boli počas celého obdobia odmerané min. 2-krát a bola možná ich komplexná analýza. Celkovo bolo takto vyhodnotených 19 transformátorov. Technická správa je súčasťou príloh k Záverečnej správe. Na porade bola podľa Zmluvy odovzdaná vedeniu SSE-D a.s. kompletná databáza odmeraných transformátorov spolu s protokolmi o meraniach za celú dobu riešenia projektu. Taktiež boli vygenerované a odovzdané prístupové mená do databázy aplikácie MeTra. Súčasťou príloh Záverečnej správy je kópia prezenčnej listiny zo záverečnej porady projektu ako aj potvrdenie o prebratí výsledkov riešenia projektu.

3. Zoznam výstupov a prínosov projektu za posledný rok/obdobie

V rámci riešenia projektu boli počas roku 2014 publikované nasledujúce príspevky týkajúce sa diagnostických meraní výkonových transformátorov metódou SFRA:

Publikácie z medzinárodných konferencií:

[1] ELEKTRO 2014: Brandt, M., Peniak A.: Identification of the power transformer 110/23 kV failure, ISBN 978-1-4799-3720-2

[2] DESAM 2014: Brandt, M., Faktorová, D., Michalík, J.: Influence of transformer oil regeneration on frequency responses of transformer, ISBN 978-80-554-0888-0

[3] DESAM 2014: Grondžák, K., Grigel', R., Polakovič, M., Remenec, J.: The architecture of an information system for storing the transformer measurement data, ISBN 978-80-554-0888-0

[4] DESAM 2014: Peniak, A., Makarovič, J., Rafajdus, P.: Investigation of power transformer full equivalent circuit using 3D FEM parametrical model, ISBN 978-80-554-0888-0

[5] ICPE 2014: Brandt, M., Peniak, A., Makarovič, J., Rafajdus, P.: A novel approach of power transformer diagnostic using 3D FEM parametrical model, eISSN: 1307-6892

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

Zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Ján Michalík, PhD.

V Žiline 19.11.2014

Štatutárny zástupca príjemcu

Dr.h.c. prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.

V Žiline 19.11.2014

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu