

Studiu privind influența rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și tangentei unghiului de pierderi dielectrice asupra transformatoarelor electrice din stațiile și posturile de transformare

Popescu Cristinel¹, Popescu Luminița-Georgeta¹, Bică Dorin²

¹Universitatea “Constantin Brâncuși” din Tg-jiu

²Universitatea Tg-Mureș
cristi67pop@yahoo.com
luminita@utgjiu.ro
dorin.bica@ing.upm.ro

REZUMAT: Lucrarea are ca obiectiv efectuarea unui studiu de caz, asupra modului de determinare a rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și tangentei unghiului de pierderi dielectrice, la transformatoarele electrice bloc și servicii proprii bloc ce intră în configurația grupurilor electroenergetice de 388 MVA. Având în vedere importanța majoră pe care o au aceste tipuri de transformatoare electrice în evacuarea energiei electrice în Sistemul Electroenergetic Național, se impune o monitorizare permanentă a parametrilor ce reflectă nivelul de izolație și pierderile în dielectricul acestora .

CUVINTE CHEIE: transformator electric, rezistență de izolație, rezistență ohmică, tangenta unghiului de pierderi dielectrice, stație electrică de transformare.

1.INTRODUCERE

Transformatorul electric bloc a cărui putere nominală aparentă este de 400 MVA, realizează conversia energiei electrice produsă de generatorul sincron de 388 MVA ,de la o treaptă de tensiune de

Study on the influence of insulation resistance, ohmic resistance and the tangent of the dielectric loss angle of the electric transformers and transformer stations

Popescu Cristinel¹, Popescu Luminița-Georgeta¹, Bică Dorin²

¹Universitatea “Constantin Brâncuși” din Tg-jiu

²Universitatea Tg-Mureș
cristi67pop@yahoo.com
luminita@utgjiu.ro
dorin.bica@ing.upm.ro

ABSTRACT: This paper aims at conducting a case study on how to determine insulation resistance, ohmic resistance and the tangent of dielectric loss angle in block electrical transformers and auxiliaries services entering in the configuration of groups to the power of 388 MVA. Knowing the importance they have, these types of transformers in electricity evacuation in the National Power System , it requires a continuous monitoring of parameters that reflect the level of insulation and the losses in their dielectric.

KEYWORDS: power transformer, insulation resistance, ohmic resistance, dielectric loss angle tangent, electrical transformer station.

1.INTRODUCTION

Electrical transformer block which rated apparent power is 400 MVA achieves the conversion of the electrical energy produced by the synchronous generator of 388 MVA at a voltage level of 24 kV to a 400 kV voltage level, which is suitable for voltage electricity transmission (with

24 kV, la o treaptă de tensiune de 400 kV, tensiune ce se pretează pentru transportul energiei electrice (cu pierderi minime datorate efectului Joule-Lentz) pe liniile electrice aeriene de 400 kV, ce intră în configurația Sistemului Electroenergetic Național.

Conversia energiei electrice de la treptele de tensiune menționate, impune pentru transformatorul electric caracteristici geometrice mari și necesitatea unui sistem de răcire complex, ce utilizează ca agent de răcire uleiul electroizolant într-o cantitate aproximativă de 60 tone.

Transformatorul electric bloc, mai are un rol determinant (prin includerea în izolatoarele de trecere, a transformatoarelor de măsură de curent), în realizarea protecției diferențiale bloc și a protecție maximale rapide. În acest sens lucrarea precizează modul de determinare al rezistenței de izolație prin trecerile izolante trifazate, aferente transformatorului.

Transformatorul de servicii proprii bloc a cărui putere aparentă nominală este de 40 MVA, realizează conversia energiei electrice produsă de generatorul sincron de 388 MVA, de la o treaptă de tensiune de 24 Kv, la o treaptă de tensiune de 6 kV, în vederea alimentării serviciilor proprii ce intră în configurația schemei de flux tehnologic a unui grup electroenergetic de 330 MW (388 MVA).

Pornind de la aceste considerente, se poate concluziona faptul că, se impune o monitorizare permanentă a rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și tangentei unghiului de pierderi dielectrice, concretizată prin consemnarea rezultatelor măsurătorilor în registre și buletine de verificare cu scadență, concomitent cu ridicarea caracteristicilor de variație a acestor parametrii în timp pentru a preîntâmpina apariția defectelor și implicit

minimal losses due to the Joule-Lenz effect) on the 400 kV overhead lines coming into the configuration of the National Power System.

Energy conversion from the mentioned voltage steps requires for the electric transformer, high geometric characteristics and the need for a complex cooling system using insulating oil as a coolant in an amount of approximately 60 tons.

Electrical block transformer has a key role by including in cable penetrations, current and measure transformers, in the achievement of the differential block protection and of the fast maximal protection. In this case, the paper specifies how to determine the insulation resistance by shifting insulating phase, for transformer.

Own service transformer block whose nominal apparent power of 40 MVA converts electrical energy produced by the synchronous generator of 388 MVA at a voltage level of 24 kV, to a step voltage of 6 kV for supply their own services, entering in the configuration of technological flow scheme of a group of 330 MW electric power (388 MVA).

Based on these considerations, it can be concluded that a continuous monitoring of insulation resistance, ohmic resistance and dielectric loss tangent angle is required, reflected in the recording of measurement results in record books and newsletters in checking with maturity, while lifting characteristics variation of these parameters over time to prevent defects and thus increase the life of the transformer.

The results of of insulation resistance, ohmic resistance and dielectric loss angle tangent measurements can be recorded annual, in a variation graphic as coordinate points and by the union of the coordinated points it is obtained the time variation

a creșterii duratei de viață a transformatorului.

Rezultatele măsurătorilor rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și tangentei unghiului de pierderi dielectrice, se pot consemna anual într-un grafic de variație sub formă de puncte de coordonate, iar prin unirea punctelor de coordonate se obține caracteristica de variație în timp a celor doi parametri. De precizat faptul că, determinarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice este o probă ce impune aplicarea unei tensiuni de medie, înainte și după această probă se impune determinarea rezistenței de izolație și a coeficientului de absorbție

2. Determinarea rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și a tangentei unghiului de pierderi dielectrice în transformatoarele de 400 MVA și 40 MVA

Prin măsurători directe cu ajutorul unui megohmetru de 5000 Vcc, pentru transformatorul electric de putere de 400 MVA s-a măsurat rezistența de izolație pentru o temperatură a mediului ambiant de 25 grade C, la intervale de timp de 15 s și 60 s și în funcție de aceste valori s-a determinat coeficientul de absorbție ($k_{ab}=R_{60}/R_{15}$) ale cărui valori sunt prezentate în tabelul nr.2.1.

characteristic of the two parameters. To specify that the determination of dielectric loss angle tangent is a sample that requires the implementation of a medium voltage, and before and after the sample is required the determination of the insulation resistance and the absorption coefficient.

2. The determination of the insulation resistance, ohmic resistance and dielectric loss tangent of the angle of the transformers of 400 MVA and 40 MVA

By direct measurement using a 5000 VDC megger for the electric power transformer of 400 MVA it was measured the insulation resistance for ambient temperature of 25 degrees C, at intervals of 15 s and 60 s, and depending on the values it was determined the absorption coefficient ($k_{ab} = R_{60}/R_{15}$) whose values are shown in Table nr.2.1.

Tabelul 2.1

Denumirea probei	IT-(JT+m) [MΩ]	JT-(IT+m) [MΩ]	Trecere Izolantă Faza R [MΩ]	Trecere Izolantă Faza S [MΩ]	Trecere Izolantă Faza T [MΩ]
Rezistență izolație [15s]	1050	425	10000	10000	10000
Rezistență izolație [60s]	1700	900	50000	50000	50000
Coeficient absorbție	1,66	2,1	5	5	5

Table 2.1

Sample name	IT-(JT+m) [MΩ]	JT-(IT+m) [MΩ]	Isolate Crossing Phase R [MΩ]	Isolate Crossing Phase S[MΩ]	Isolate Crossing Phase T [MΩ]
Insulation resistance [15s]	1050	425	10000	10000	10000
Insulation resistance [60s]	1700	900	50000	50000	50000
Absorption coefficient	1,66	2,1	5	5	5

Valorile tangentei unghiului de pierderi dielectrice sunt prezentate în tabelul 2.2

Dielectric loss angle tangent values are presented in Table 2.2

Tabelul 2.2

Denumirea probei	IT-(JT+m)	JT-(IT+m)
Tangenta delta [%]	0,19	0,44

Table 2.2

Sample name	IT-(JT+m)	JT-(IT+m)
Tangent delta[%]	0,19	0,44

Rezistența ohmică aferentă transformatorului de 400 MVA s-a determinat aplicând legea lui Ohm ($R = U / I$) utilizând un montaj V-A pentru o temperatură exterioară de 25 grade Celsius, iar valorile obținute pentru înfășurarea de înaltă respectiv de joasă au fost consemnate în tabelul 2.3. Pentru determinarea rezistenței ohmice s-a aplicat un curent pe fiecare înfășurare în parte și s-a citit căderea de tensiune.

The corresponding ohmic resistance of 400 MVA transformer was determined by applying Ohm's law ($R = U / I$) using a montage V-A for an outside temperature of 25 degrees Celsius, and the values obtained for high or low winding were recorded in Table 2.3. Pentru ohmic resistance it was applied a current to each winding and it was read the voltage.

Tabelul 2.3

Denumirea probei	A-N	B-N	C-N
Rezistența ohmică pentru înfășurarea superioară	0,366	0,366	0,366
Rezistența ohmică pentru înfășurarea inferioară	0,00191	0,00191	0,00191

Table 2.3

Sample name	A-N	B-N	C-N
High ohmic winding	0,366	0,366	0,366
Low ohmic winding	0,00191	0,00191	0,00191

Prin măsurători directe pentru transformatorul electric cu puterea aparentă nominală de putere de 40MVA, la o temperatură de 25 grade C, s-au determinat rezistența de izolație și tangenta unghiului de pierderi dielectrice ale căror valori au fost consemnate în tabelele 2.4, și 2.5

By direct measurements for electrical transformer with rated apparent power of 40MVA at a temperature of 25 degrees C, were determined insulation resistance and dielectric loss tangent of the angle whose values were recorded in Tables 2.4, and 2.5.

. Table 2.4

Tabelul 2.4

Denumirea probei	IT-(JT+m) [MΩ]	JT-(IT+m) [MΩ]	(IT+JT)-m [MΩ]
Rezistență izolație [15s]	650	600	700
Rezistență izolație [60s]	1150	1000	1300
Coeficient absorbtie	1,769	1,66	1,857

Table 2.4

Sample name	IT-(JT+m) [MΩ]	JT-(IT+m) [MΩ]	(IT+JT)-m [MΩ]
Insulation resistance [15s]	650	600	700
Insulation resistance [60s]	1150	1000	1300
Absorption coefficient	1,769	1,66	1,857

Tableul 2.5

Denumirea probei	IT-(JT+m)	JT-(IT+m)
Tangenta delta	0,28 %	0,78%

Table 2.5

Sample name	IT-(JT+m)	JT-(IT+m)
Tangent delta	0,28 %	0,78%

Rezistenta ohmica aferentă transformatorului de 40 MVA s-a determinat cu ajutorul unui montaj V-A pentru o temperatură exterioară de 25 gradeC, iar valorile obținute pentru înfășurarea de înaltă respectiv de joasă au fost consemnate în tabelele 2.6 și 2.7. Pentru înfașurarea de înaltă tensiune valorile rezistenței ohmice sunt prezentate în tabelul 2.6.

The corresponding ohmic resistance of 40 MVA transformer was determined using a V-A for mounting an outdoor temperature of 25 degrees Celsius, and the values obtained for high or low winding were recorded in Tables 2.6 and 2.7. High voltage winding ohmic resistance values are shown in Table 2.6.

Tabelul 2.6

Numar plot.	A-B	B-C	C-A	Numar plot.	A-B	B-C	C-A
1.	0.584	0.583	0.584	11.	0.567	0.566	0.566
2.	0.583	0.582	0.583	12.	0.565	0.565	0.564
3.	0.582	0.581	0.581	13.	0.564	0.563	0.563
4.	0.580	0.580	0.579	14.	0.562	0.562	0.561
5.	0.579	0.578	0.577	15.	0.560	0.561	0.560
6.	0.577	0.576	0.575	16.	0.559	0.56	0.559
7.	0.575	0.574	0.573	17.	0.557	0.558	0.557
8.	0.573	0.572	0.571	18.	0.556	0.556	0.555
9.	0.571	0.570	0.569	19.	0.554	0.555	0.553
10.	0.569	0.568	0.568				

Table 2.6

Plot. number	A-B	B-C	C-A	Plot. number	A-B	B-C	C-A
1.	0.584	0.583	0.584	11.	0.567	0.566	0.566
2.	0.583	0.582	0.583	12.	0.565	0.565	0.564
3.	0.582	0.581	0.581	13.	0.564	0.563	0.563
4.	0.580	0.580	0.579	14.	0.562	0.562	0.561
5.	0.579	0.578	0.577	15.	0.560	0.561	0.560
6.	0.577	0.576	0.575	16.	0.559	0.56	0.559
7.	0.575	0.574	0.573	17.	0.557	0.558	0.557
8.	0.573	0.572	0.571	18.	0.556	0.556	0.555
9.	0.571	0.570	0.569	19.	0.554	0.555	0.553
10.	0.569	0.568	0.568				

Pentru înfașurarea de înaltă tensiune valorile rezistenței ohmice sunt prezentate în tabelul 2.7

High voltage winding ohmic resistance values are shown in Table 2.7

Tabelul 2.7

plot.	a-b	b-c	c-a
1.	0.0023	0.0023	0.0023

Table 2.7

plot.	a-b	b-c	c-a
1.	0.0023	0.0023	0.0023

3. CONCLUZII

Monitorizarea rezistenței de izolație, rezistenței ohmice și tangentei unghiului de pierderi dielectrice, reprezintă o măsură profilactică de importanță majoră în prevenirea regimurilor de defect la transformatoarele electrice din stațiile electrice de transformare de înaltă și foarte înaltă tensiune și implicit durata de viață a acestora crește.

Conform normativelor în vigoare există anumite limite maxim admisibile ce se impun a fi respectate în exploatarea transformatoarelor din stațiile electrice de transformare, pentru a preveni apariția regimurilor de avarie, ce au ca efect atât pendulări în Sistemul Electroenergetic Național cât și pierderi materiale prin avarierea transformatoarelor electrice de putere.

În cazul centralelor electrice producătoare de energie electrică aceste pierderi sunt dublate și de deconectarea grupurilor electroenergetice de la Sistemul Electroenergetic Național pe perioade de timp mari necesare reparării sau înlocuirii transformatorului defect.

Din datele prezentate în tabelele 2.1-2.6 se observă că toate determinările s-au realizat la o temperatură a mediului exterior de 25 grade, temperatură ce coincide cu temperatura de fabrică a transformatoarelor electrice, motiv pentru care nu s-a mai realizat o corecție de calcul între temperatura de fabrică și temperatura mediului ambiant.

Valorile coeficientului de absorbție determinat prin măsurarea rezistenței de izolație la intervale de timp de 15 secunde și 60 de secunde are o valoare mai mare de 1,3, valoare ce reprezintă limita maxim admisibilă stabilită și în normativul de verificări PE 116/2000, pentru transformatoarele și autotransformatoarele

3. CONCLUSIONS

Monitoring of insulation resistance, ohmic resistance and dielectric loss angle tangent is a prophylactic measure in preventing major defect regimes at electrical transformers from electrical transformer substations high and very high voltage and thus increase their lifetime.

Under current regulations are maximum allowable limits that are to be followed in operating transformers in electric transformer stations, to prevent damage regimes, which have the effect of pendulum swings in the National Power System and material loss by damaging transformers power.

In power plants producing electricity case, these losses are doubled and groups disconnect power from the National Power System for long periods necessary for the repair or replacement of defective transformer.

From the data presented in Tables 2.1-2.6 is noted that all measurements were made at an ambient temperature of 25 degrees outside, temperature which coincides with the temperature of electrical transformers factory, which is why it was never made a correction calculation between factory temperature and ambient temperature.

Absorption coefficient values determined by measuring insulation resistance every 15 seconds and 60 seconds has a value greater than 1.3, which is the maximum allowable value determined in the normative checking PE 116/2000, for transformers and heavy-duty electric autotransformers. Given that by calculating the correction between the two temperature values (factory and the environment) are generated errors affecting the obtaining of the real values of dielectric transformer windings and it is

electrice de mare putere. Având în vedere faptul că printr-un calcul de corecție între cele două valori de temperatură (de fabrică și a mediului ambiant) se generează erori care influențează obținerea valorilor reale ale înfășurătorilor și a dielectricului transformatoarelor este recomandabil ca verificările să se efectueze la temperatura de fabricație prescrisă în cartea tehnică a fabricii constructoare.

4. BIBLIOGRAFIE

1. C.Popescu, ș.a - Materiale electrotehnice utilizate în construcția mașinilor, aparatelor și rețelelor electrice, Editura Sitech, Craiova, 2012.
2. V.Cozman, C.Popescu, ș.a - Mașini electrice. vol I, II, Editura Sitech, Craiova, 2012.
3. V.Cozman, C.Popescu, ș.a - Transformatorul electric. Teorie și aplicații. Editura Sitech, Craiova, 2005
4. V. Cozman, C. Popescu, ș.a - Aparate și mașini electrice. Editura Sitech, Craiova, 2007
5. Popescu M.C, Popescu C. - „Functional parameters modelling of transformer”, Journal of Mechanical Engineering Research, pp 001-037, November 2009.
6. Popescu C, Cristinel Racoceanu, „Aspect of the Heating Medium Voltage Bus Bars, from Power Plants and Power Station”, Recent Researches in Environment, Energy Planing and Polution, WSEAS International Conference on Energy & Environment, University of Iasi, Juli 1-3, 2011
7. Buletinul documentelor normative energetice – vol. Noiembrie 2001, Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Energie ICEMENERG București.
8. Regulament de exploatare tehnică a

recommended that the checks must be carried out at a temperature manufacturing prescribed in the technical construction of the plant.

4. REFERENCES

1. C.Popescu, ș.a - Materiale electrotehnice utilizate în construcția mașinilor, aparatelor și rețelelor electrice, Editura Sitech, Craiova, 2012.
2. V.Cozman, C.Popescu, ș.a - Mașini electrice. vol I, II, Editura Sitech, Craiova, 2012.
3. V.Cozman, C.Popescu, ș.a - Transformatorul electric. Teorie și aplicații. Editura Sitech, Craiova, 2005
4. V. Cozman, C. Popescu, ș.a - Aparate și mașini electrice. Editura Sitech, Craiova, 2007
5. Popescu M.C, Popescu C. - „Functional parameters modelling of transformer”, Journal of Mechanical Engineering Research, pp 001-037, November 2009.
6. Popescu C, Cristinel Racoceanu, „Aspect of the Heating Medium Voltage Bus Bars, from Power Plants and Power Station”, Recent Researches in Environment, Energy Planing and Polution, WSEAS International Conference on Energy & Environment, University of Iasi, Juli 1-3, 2011
7. Buletinul documentelor normative energetice – vol. Noiembrie 2001, Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Energie ICEMENERG București.
8. Regulament de exploatare tehnică a uleiurilor electroizolante, Compania Națională de Electricitate - S.A.
9. Instrucțiuni tehnologice de verificare profilactică a transformatoarelor de putere 3.1. RE - I53 - 91 Regia Autonomă de Electricitate RENEL.

uleiurilor electroizolante, Compania Națională de Electricitate - S.A.

9. Instrucțiuni tehnologice de verificare profilactică a transformatoarelor de putere 3.1. RE - I53 - 91 Regia Autonomă de Electricitate RENEL.

10. Normativ tehnic de verificări profilactice PE 116/2000.

11. Cartea tehnică a transformatoarelor electrice de 400 MVA și 40 MVA.

10. Normativ tehnic de verificări profilactice PE 116/2000.

11. Cartea tehnică a transformatoarelor electrice de 400 MVA și 40 MVA.