

RECOVERY VOLTAGE TEST FOR OIL-PAPER INSULATION INVESTIGATION

Prof. Dr. Ing. Sorin Dan Grigorescu*, ing. Vasile Anghelescu**

*Universitatea Politehnica București, ** ICEMENERG – CTDEE

Abstract:

Diagnosis methods for quality assessment of large power transformers rise in importance, as deregulation of the energy market demands an improved life time management for expensive equipment. The state of insulation is one of the primary parameters for the wear out of this kind of equipment. This paper proposes a measurement method for water concentration in transformers' insulation using a computer added test system. The method consists in time measurements of the depolarisation process of water molecules, which were first oriented in a strong electric field applied between the windings and the case of the transformer. The magnitude and time response of this reorientation process depends on the water's level present in the insulation and it is a good merit figure for its quality.

I. INTRODUCERE

Transformatoarele de putere reprezintă un element esențial al sistemelor de producere, transport și distribuție a energiei electrice. Fiabilitatea acestora afectând toate facilitățile publice ce sunt conectate la rețeaua electrică respectivă.

Politica generală de reducere a costurilor face necesară o atentă evaluare a stării echipamentelor din sistem pentru a preveni pierderile accidentale. Distrugerea unui transformator, datorată scăderii calității izolației, poate produce pagube de milioane de dolari. Numărul mare al transformatoarelor "bătrâne" din sistemul energetic pune problema unor testări complete și sistematice a performanțelor acestora [1], [2], [3].

Prin implementarea metodologiei defectoscopice bazate pe determinarea factorului de polarizare, se previne deprecierea caracteristicilor de stare a izolației unităților de transformare din exploatare (220-750 kV), cunoscându-se că în prezent funcționează în sistemul energetic, un procent ridicat (cca.70%) de transformatoare și autotransformatoare care au o durată mare de funcționare sau la care durată normală de funcționare este deja depășită. Lucrarea de față încearcă să răspundă la problemele legate de realizarea unui sistem de testarea stării izolației ulei-hârtie a transformatoarelor de mare putere.

II. PRINCIPII TEORETICE SI CONDIȚII PRIVIND MĂSURAREA FACTORULUI DE POLARIZARE.

La transformatoarele de putere din exploatare, care au o durată considerabilă de funcționare, acumularea apei în izolația solidă, realizată pe bază de celuloză, reprezintă o problemă importantă în asigurarea siguranței în funcționare.

Schemele de izolație folosite în construcția transformatoarelor, constau în bariere de izolație solidă, străbătute de canale de ulei, care determină caracteristici dielectrice mai bune.

Pentru evaluarea conținutului de umiditate din izolația solidă aflată în unitățile de transformare din exploatare, pe plan mondial se practică metode de investigare nedistructive, care prin diferite

proceduri de diagnoza, pot obține informații asupra proprietăților care caracterizează influența umidității.

Procedurile cele mai utilizate, pentru evaluarea cantitativă a conținutului de umiditate din izolația complexă, se bazează pe metodele tehnicii de polarizare, prin care se determina pentru diferite constante de timp ale polarizării, tensiunile de revenire din izolațiile testate. Determinarea valorică a conținutului procentual de apă, se bazează pe utilizarea unor diagrame standard, în funcție de temperatura izolației la care se face determinarea și care au fost obținute pe baza de experimentări pe modele de scheme de izolații, folosite în construcția transformatoarelor de putere.

inându-se seama de aceste aspecte, precum și de faptul că la determinările reale pe transformatoare, pot interveni și fenomenele de polarizare adiționale, determinate de influențele îmbătrânirii materialelor electroizolante solide, se folosește noțiunea de „echivalentul conținutului relativ de umiditate” a unei scheme de izolație.

Conținutul echivalent de umiditate este dat în procente. Masa relativă a apei este raportată la masa totală a materialelor electroizolante solide, realizate pe baza de celuloză din componenta constructivă a transformatoarelor.

Așa cum s-a menționat, dacă se considera o izolație complexă realizată pe bază de celuloză impregnată cu ulei, omogena din punctul de vedere al conținutului de umiditate și care să fie uniform distribuită în izolația solidă rezultă, într-un circuit echivalent, c_f factorul de polarizare - constanta de timp a polarizării izolației – are relația:

$$\tau_p = R_p * C_p \quad (1)$$

unde: R_p și C_p sunt rezistența și capacitatea de polarizare a izolației considerate și care sunt mărimi dependente de conținutul de umiditate.

În aceste condiții factorul de polarizare τ_p este într-o relație directă cu conținutul de umiditate. În realitate, valoarea factorului de polarizare (a constantei de timp) nu este o mărime direct măsurabilă, dar s-a demonstrat că valoarea $t_{c\ dom}$, corespunzătoare timpului de încărcare dominant, indicat de maximul global al curbei U_r a tensiunii de revenire din figura 1, este direct proporțional cu constanta de timp a polarizării și independent de mărimile geometrice ale izolației investigate R_g și C_g .

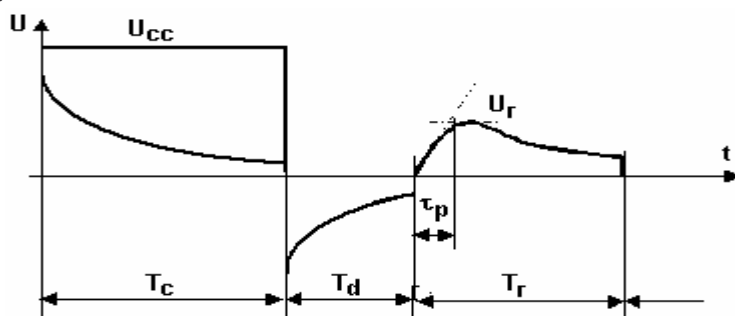


Fig.1. Diagrama de timp a procesului de încărcare (T_c), de descărcare (T_d) și de revenire (T_r).

Se demonstrează că pentru timpul de descărcare egal cu jumătate din timpul de încărcare, avem aproximativ o relație de egalitate:

$$t_{c\ dom} \approx \tau_p \quad (2)$$

Pentru stabilirea corelării dintre valoarea conținutului de umiditate (H) și $t_{c\ dom}$, firme recunoscute pe plan mondial, au efectuat o multitudine de experimentări cu mijloace sofisticate pe modele de

izolații ale transformatoarelor, la care valorile conținutului de umiditate ale izolației testate erau cunoscute cu exactitate.

În practică interpretării înregistrărilor, dependența de influența umidității și a temperaturii din izolațiile testate după aspectul spectrului de polarizare, se poate face după influența umidității sau a temperaturii, așa cum se poate vedea în tabelul 1.

Tabelul 1.

Transformator umed (3%)		Transformator uscat(1%)
conținut de apă ridicat		conținut de apă scăzut
conductivitate ridicată		conductivitate scăzută
rezistența de izolație scăzută		rezistența de izolație ridicată
R1	<	R2
	$\tau = RC$	
τ_1	<	τ_2
Transformator cu temperatura de 30 °C		Transformator cu temperatura de 10 °C
temperatura ridicată		temperatura joasă
mai mulți electroni liberi în izolație		mai puțini electroni liberi în izolație

Comparația de mai sus indică faptul că, pe o diagramă de înregistrare a caracteristicii tensiunii de revenire (spectrului de polarizare), cu cât conținutul de umiditate este mai mare, cu atât factorul de polarizare, respectiv maximul absolut al tensiunii de revenire, este mai la stânga diagramei curbei de polarizare înregistrate. În același mod, cu cât temperatura izolației este mai mare, cu atât factorul de polarizare, respectiv maximul tensiunii de revenire este mai la stânga diagramei curbei de polarizare înregistrate.

Dacă acești doi factori, respectiv umiditatea și temperatura, determină deplasarea maximului tensiunii de revenire înspre stânga spectrului de polarizare determinat pentru o anumită schema a unei izolații, rezultă că izolația respectivă prezintă un conținut echivalent de umiditate ridicat [4].

III. TESTAREA STĂRII IZOLAȚIEI PRIN METODA POLARIZĂRII-REVENIRII

La transformatoarele de mare putere aflate în exploatare, se poate face diagnosticarea stării izolației utilizând polarizarea de curent continuu a ansamblului dielectric hârtie-ulei, astfel încât să se poată pune în evidență prezența moleculelor de apă și să se facă o estimare a cantității acestora. Acest proces de măsurare presupune aplicarea, pe o durată cunoscută de timp, a unei tensiuni continue în plaja 200-2000V urmată de scurtcircuitarea sistemului pentru descărcarea sarcinilor electrice de conducție, ceea ce va duce la punerea în evidență a sarcinilor polare datorate prezenței moleculelor de apă în ansamblul dielectric. Schema de principiu a instalației care realizează acest proces este ilustrată în figura 2.

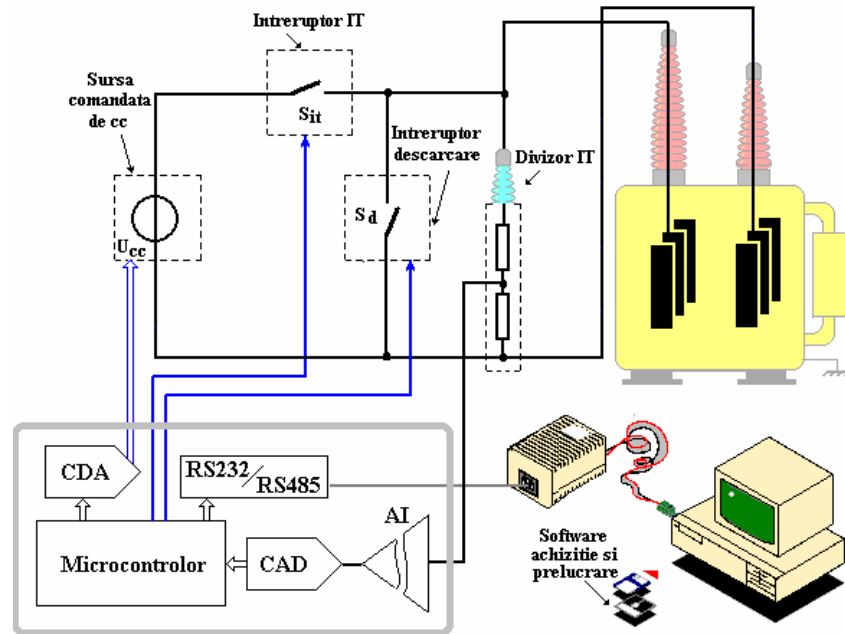


Fig. 2. Modul de utilizare al sistemului de măsurare pentru diagnoza stării izolației prin metoda polarizării.

IV. ARHITECTURA SISTEMULUI DE TESTARE

Metoda defectoscopică propusă se execută în cicluri, iar fiecare ciclu cuprinde patru etape, conform figurii 1, astfel:

- procesul de *încărcare* al schemei de izolație pe care dorim să o testăm, prin aplicarea unei tensiunii continue, la o valoare aleasă. Tensiunea de încărcare poate fi reglată între 0 și 2500 V, în 4 trepte, iar fiecare treaptă de domeniu poate fi reglată fin. Timpul de încărcare t_c , poate să fie reglat între 0,1s și 10000 s (cu posibilitatea extinderii nelimitate);
- *descărcarea* circuitului, respectiv scurtcircuitării schemei izolației testate, iar timpul de descărcare t_d , poate fi reglat la dorința operatorului, sau fixat la jumătatea timpului de încărcare;
- măsurarea *tensiunii de revenire*, produsă de fenomenele de polarizare ale unor componente ale materialului izolant al schemei de izolație, care au rămas încărcate cu o anumită energie, care determină creșterea rapidă a unei tensiuni reziduale. În această etapă se determină maximul tensiunii de revenire, care apoi scade încet spre zero;
- destinată perioadei de relaxare, în care se scurtcircuitază schema de izolație pentru descărcarea completă.

Prin această metodă se ridică spectrul de polarizare al unei izolații, din care se determină valoarea constantei de timp dominante a fenomenelor de polarizare, care reprezintă *factorul de polarizare*. Pe baza acestuia se poate face o apreciere cantitativă, a conținutului de umiditate din izolația solidă, realizată pe bază de celuloză, a schemelor de izolație ale transformatoarelor de putere.

Se recomandă ca determinările să se facă în condiții de echilibru a temperaturii izolației și nu când sunt variații rapide de temperatura, deoarece în acel moment apa migrează între izolația solidă și cea lichidă, în funcție de sensul gradientului de temperatura, respectiv cu creșterea sau cu scăderea temperaturii izolației.

V. DETERMINARI EXPERIMENTALE

Printre unitățile de transformare din exploatare la care s-a determinat conținutul echivalent de umiditate, după recalculare la temperatura de 20 °C, factorii de polarizare determinați au indicat izolații umezite. Se pot menționa echipamentele din tabelul 2.

Tabelul 2.

Unitatea testată – an de fabricație	Schema de măsurare IT-(JT+m)		Schema de măsurare JT-(IT+m)		Temperatura izolației
	Factor de polarizare (s)	Conținut umiditate (%)	Factor de polarizare (s)	Conținut umiditate (%)	
AT 200 MVA reparați la SC RETRASIB-2003	700	1.4	400	1.6	15
AT 200 MVA Gheorghieni-1973	65	2.65	100	2.35	16
AT 200 MVA Alba Iulia-1982	80	2.3	80	2.3	19
AT 1 200 MVA FAI Iași-1973	60	2.4	30	2.75	20
AT 200MVA Munteni-2001	750	1.1	700	1.15	22
T 250 MVA Medgidia-1981	27	2.65	30	2.6	23
AT 200 MVA Bacău-S-2002	35	2.5	800	0.9	23
AT 400 MVA UR București –S-1982	20	2.55	20	2.55	26
AT 200 MVA Mostiștea-R-1991	45	2.1	12	2.7	28
AT 2 200 MVA FAI Iași-1975	100	1.7	85	1.8	28
AT 200 MVA Fundeni 1983	8	2.2	8	2.2	45

O caracteristică a factorului de polarizare (tensiune de revenire funcție de timp) la un autotransformator de 200MVA, situat la Fântânele și având reparația capitală făcută la Retrasib în 2003, este prezentată grafic în figura 3.

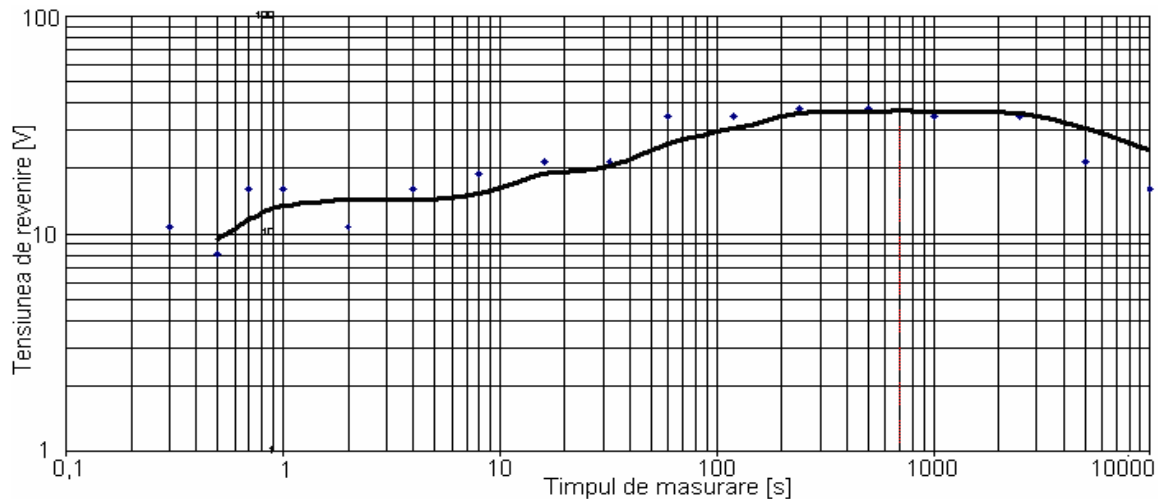


Fig. 3. Caracteristica tensiunii de revenire funcție de timp. Conexiune (IT+MT)-(JT+m).

VI. CONCLUZII

Implementarea sistemului de diagnoza bazat pe tehnica polarizării asigură evaluarea reală a conținutului de umiditate și respectiv determinarea cantitativă a conținutului de apă din izolația complexă hârtie-ulei a transformatoarelor de putere din exploatare.

Determinarea factorului de polarizare (similar RVM), completează verificările și măsurătorile tradiționale, specificate în normativul de exploatare PE 116/1995 referitoare la starea de izolație și reprezintă noutate ca proba specială în cadrul lucrărilor de evaluare a stării tehnice a unităților de transformare din exploatare.

Sistemul de diagnoza, permite aprecierea eficienței mentenanței aplicate în exploatare, la lucrările de tratare și uscare a izolației unităților de transformare.

Determinările efectuate pe unitățile de transformare din SEN, indică viabilitatea metodei de diagnoza a stării izolației prin tehnica polarizării și reprezintă o confirmare practică a metodei.

BIBLIOGRAFIE

- [1] O.Cohard, P.Guunic, C.Legrand, P.Lucciooni, G. Sanchis: "Power transforme diagnostic. A on-site evaluation programme, using four methods for a new inspection policy", CIEGRE, 1993, 110-118.
- [2] A.Bognar, L.Kalocsai, G.Csepes, E.Nemeth, J.Schmidt: "Diagnostic tests of high voltage oil-paper insulating system using DC dielectrometrics". CIEGRE, 1990, 15/33-08.
- [3] C.Boisdon, M.Carballeiera, P. Guunic, L. latil, J. Poittevin: "Le conditionnement sur site des transformateurs, son controle et son impact sur la tenue dielectrique" CIEGRE, 1994, 12-10.
- [4] E. Ildstadt, U.Gafvert, P.Tharning: " Relation Between Return Voltage and Other Methods for Measurements of Dielectric Response" , IEEE Int'l Symposium on Electrical Insulation, Pietsburgh, PA USA, June 5-8, 1994, 12-206.