

Etapa de executie nr.3 Experimentari pe modele experimentale de sisteme de izolatie

Introducere

Prezența umidității în transformator conduce la reducerea performanțelor electrice și mecanice ale izolației sale. În general durata de viață din punct de vedere mecanic a izolației se reduce la jumătate la fiecare dublare a conținutului de apă iar rata deteriorării termice a hârtiei este proporțională cu conținutul său de apă .

Pentru a putea controla conținutul de apă din izolația transformatorului au fost folosite mai multe metode și anume:

- estimarea umidității din izolația celulozică folosind diagramele de echilibru
- evaluarea răspunsului dielectricului pentru a obține informații referitoare la conținutul de apă.

Metoda clasică constă în prelevarea de mostre de ulei din transformatorul energizant, determinarea conținutului de apă folosind titrarea Karl-Fischer și determinarea umidității din izolația hârtie-ulei folosind diagramele de echilibru.

Deoarece acest procedeu conținea surse de erori cum sunt:

- infestarea mostrelor de ulei în timpul prelevării și transportului cu umiditatea mediului ambiant
- lipsa unui echilibru termic stabil în interiorul transformatorului, acesta depinzând de temperatura ambiantă și gradul de încărcare
- distribuția neuniformă a temperaturii de-a lungul bobinelor transformatorului
- capacitatea de a dizolva apa se modifică cu îmbătrânirea uleiului în sensul că solubilitatea apei crește

au fost căutate alte soluții.

O abordare nouă pentru îmbunătățirea metodei curbelor de echilibru în scopul evaluării umidității constă în utilizarea umidității în ulei în raport cu nivelul de saturație (în %) în loc de umiditate ca ponderea umidității împărțită la ponderea uleiului (în ppm).

Umiditatea relativă în ulei are avantajul de a conține influența îmbătrânirii și este ușor și mult mai precis măsurabilă în comparație cu umiditatea ca pondere în ppm.

Metoda poate fi aplicată pentru monitorizarea on-line a umidității din transformator prin implementarea unor senzori pentru măsurarea umidității relative și a temperaturii. Pentru că există pe piață aparate care măsoară umiditatea relativă și temperatura, sunt necesare cercetări pentru îmbunătățirea cunoștințelor despre echilibrul umidității în sistemul de izolație hârtie-ulei și de a extinde diagramele de echilibru și la condițiile de îmbătrânire a acestui sistem.

Luând în considerare că starea de echilibru termic a unui transformator în funcțiune este destul de rară cercetările întreprinse în cadrul proiectului au fost orientate către analiza răspunsului dielectric al izolației pentru estimarea conținutului de umiditate din izolația solidă a transformatorului.

Răspunsul dielectric al sistemului de izolație al transformatorului depinde de trei factori principali:

- calitatea trafoboardului și a hârtiei
- calitatea uleiului
- configurația geometrică a componentelor sistemului

Pentru evaluarea corectă a rezultatelor este nevoie de cunoașterea variației parametrilor menționați mai sus în funcție de temperatură și umiditate.

Prin urmare, pentru modelarea necesară evaluării corecte a umidității din sistemele izolante ale transformatoarelor reale este nevoie de date exacte de la mostrele trafoboard / hârtie impregnate în ulei.

Scopul acestei lucrări este de a prezenta date despre răspunsul dielectric într-un domeniu larg de frecvențe pentru mostre noi și îmbătrânite artificial.

Experimentări pe același sistem de izolație prin metoda coulometrică și prin metoda spectrometrică

A fost investigat răspunsul în frecvență al mostrelor de hârtie cu grosimea de 60μm și de trafoboard cu grosime de 1,5mm. Ambele izolații celulozice sunt fabricate de firma Weidmann AG din Elveția.

Uleiul folosit a fost tip NYNAS Nytro Taurus din Suedia.

Pentru obținerea unei umidități și număr de particule controlate ale uleiului a fost proiectată și realizată o instalație de regenerare a uleiului folosind filtre moleculare pentru absorbția umidității și filtre de hârtie pentru reținerea particulelor.

Uleiul folosit pentru realizarea mostrelor pentru experimentări a fost adus la umiditatea de 3ppm.

Răspunsul dielectric în domeniu frecvență a fost executat cu echipamentul IDA 200 Insulation Diagnostics System produs de firma Programma Electric Inc. din SUA.

Tehnica titrării coulombometrice Karl Fischer a fost folosită pentru determinarea conținutului de apă din ulei, hârtie impregnată cu ulei și trafoboard impregnat cu ulei. Echipamentul folosit a fost Titrator Karl Fischer CA 21 al firmei Mitsubishi – Japonia.

Influența umidității

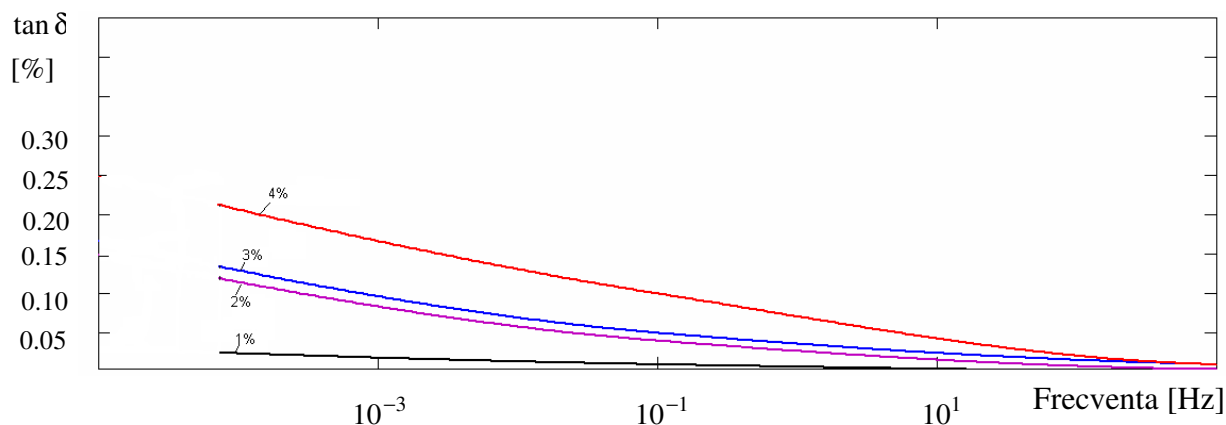


Fig.1. Răspunsul dielectric mediu al sistemului de izolație trafoboard – ulei cu diferite umidități
Temperatura de măsurare 50°C

Influența temperaturii

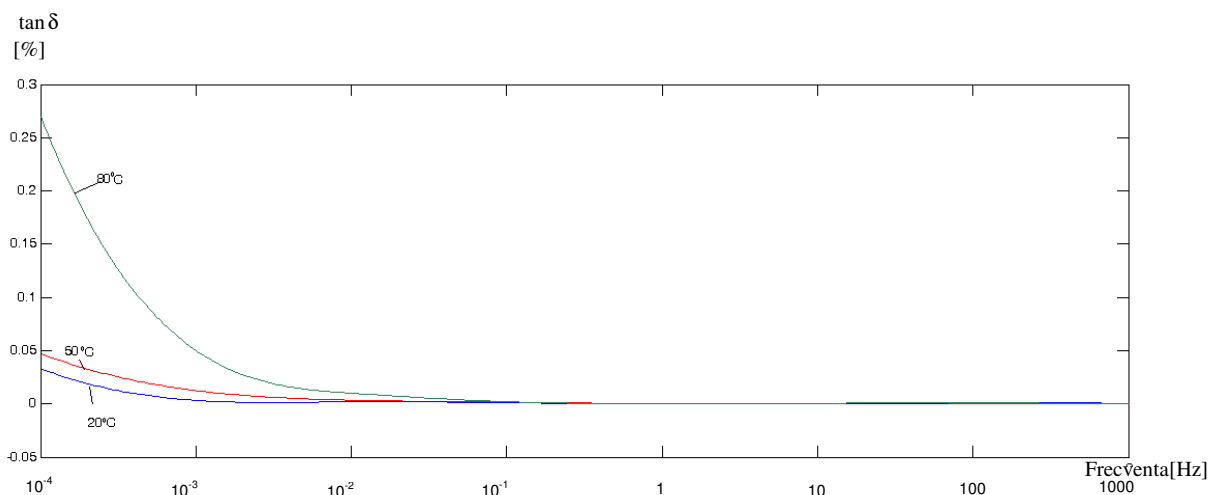


Fig.2. Răspunsul dielectricului în funcție de temperatură pentru o mostră de izolație trafoboard impregnat cu ulei cu umiditate de 1%
Măsurarea s-a executat la temperatura de 50°

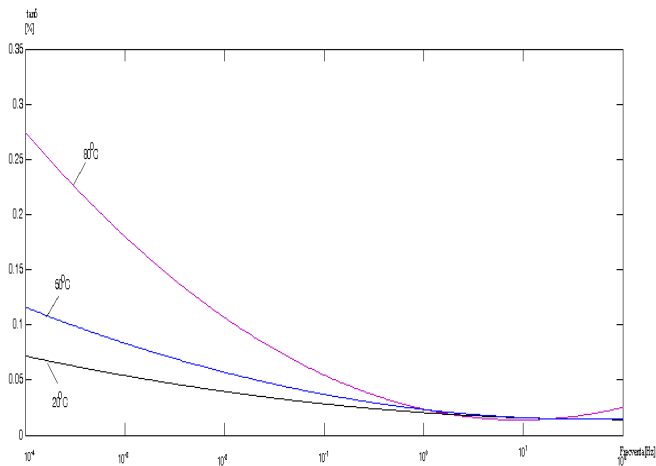


Fig.3 Răspunsul dielectricului în funcție de temperatură pentru o mostră cu umiditatea de 2%

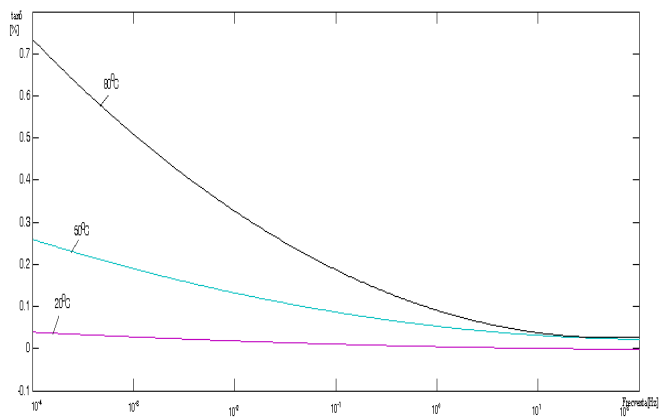


Fig.4 Răspunsul dielectricului în funcție de temperatură pentru o mostră cu umiditatea de 1%

Măsurarea s-a executat la temperatura de 50°C

Realizare îmbătrânire termică pentru modelele de izolație cu răspuns liniar

În urma concluziei stabilite că răspunsul în funcție de frecvență a sistemului de izolație hârtie-ulei este aproximat de răspunsul sistemului de izolație trafoboard-ului măsurările au fost direcționate către mostrele transformerboard îmbătrânite artificial.

Au fost pregătite un număr de 14 mostre de trafoboard impregnate cu ulei având umiditatea de 0,5% verificată pe una din mostre prin metoda de titrare Karl Fischer.

Aceste mostre au fost repartizate în 3 grupe și anume: 6 mostre la temperatura de 135°C, 4 mostre la temperatura de 110°C și 4 mostre la temperatura de 90°C.

Mostrele au fost introduse în vase etanșe din oțel umplute cu ulei cu un conținut al umidității de 3ppm. Aceste vase au fost introduse fiecare într-o etuvă programată să mențină temperaturile nominalizate mai sus.

Au fost efectuate măsurări ale factorului de pierderi cu puntea Megger Delta 2000 la frecvența de 50Hz după următorul program:

Mostrele îmbătrânite la temperatura de 135°C: 25, 50, 100, 150, 200 și 250 zile.

Mostrele îmbătrânite la temperatura de 110°C: 100, 150, 200 și 250 zile.

Mostrele îmbătrânite la temperatura de 90°C: 100, 150, 200 și 250 zile.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în Fig.6.

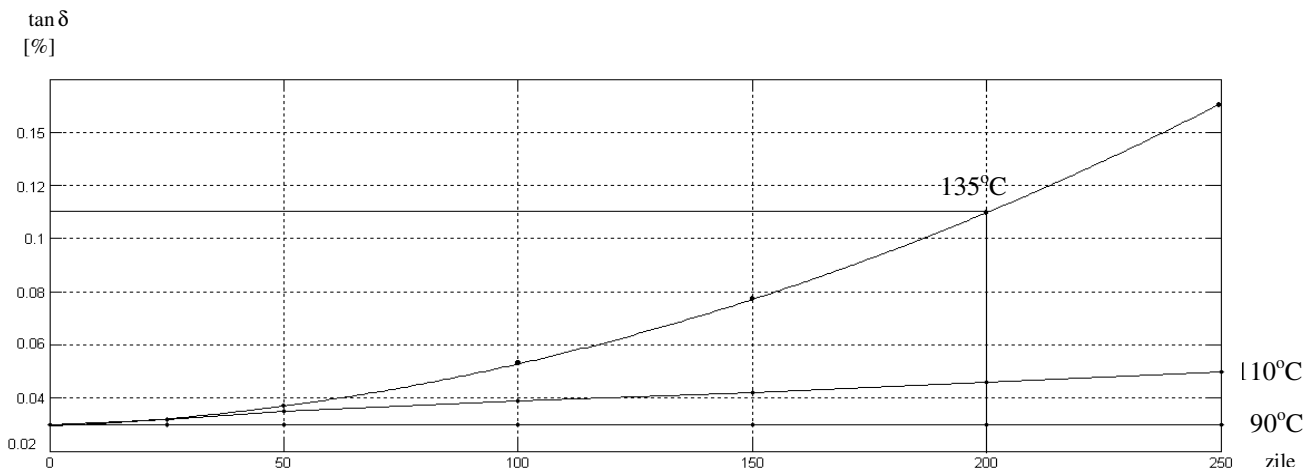


Fig.6. Dependența factorului de pierderi de timpul de îmbătrânire. Măsurarea s-a executat la temperatura de 50°C

O mostră identică cu cele 14 descrise anterior, îmbătrânită la temperatura de 90°C a fost supusă măsurării răspunsului dielectricului în funcție de frecvență și a fost comparat răspunsul ei cu răspunsul mostrei neîmbătrânite termic.

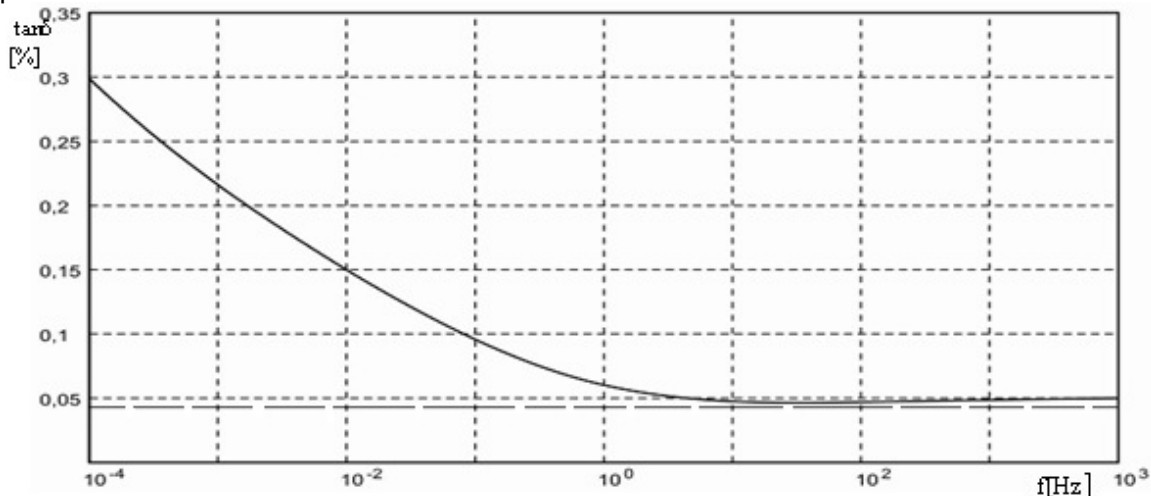


Fig. 7. Compararea răspunsului în frecvență al sistemului trafoboard-ulei pentru situațiile în care acesta a fost îmbătrânit artificial și neîmbătrânit; — sistemul izolant îmbătrânit timp de 250 zile la temperatura de 90°C
--- sistemul izolant neîmbătrânit; Umiditatea sistemelor: 0,5%; Temperatura de măsurare: 50°C

Procesul de îmbătrânire produce o creștere a factorului de pierderi în domeniul de frecvență 0,1mHz – 100Hz. Valoarea pierderilor dielectrice exprimată în procente la frecvența de 50Hz este comparabilă cu cea măsurată cu puntea Megger care duce la concluzia că aprecierea stării izolației după mărimea tangentei delta măsurată la frecvența de 50Hz nu ia în considerare procesul de îmbătrânire termică.

Concluzii

Măsurările efectuate în acest studiu au permis obținerea unor curbe ale răspunsurilor dielectrice pentru transformatorboard și hârtie impregnată cu ulei pentru diferite grade de umiditate în domeniul de frecvență $10^{-4} \dots 10^3$ Hz.

Prezența umidității este pusă în evidență de curbele răspunsului dielectricului în frecvență în zona frecvențelor joase.

Răspunsul în frecvență a izolației tip transformatorboard este similar celui al hârtiei.

Temperatura și îmbătrânirea pot fi identificați ca factori depreciatori ai izolației transformatorului din răspunsul în frecvență prin modificarea acestuia în zona frecvențelor joase în comparație cu răspunsul unei izolații noi la temperatura de 20°C.

Pentru obținerea curbelor etalon rezultate din măsurările efectuate se vor elabora relațiile analitice pentru partea reală și imaginară a permitivității sistemului de izolație trafoboard-ulei.

Pentru obținerea modelului virtual al izolației unui transformator este necesar să se măsoare curenții de polarizare-depolarizare și pe baza relației analitice care îi descriu să se determine parametrii concentrați ai rețelei electrice echivalente (rezistența ohmică datorată conductivității sistemului izolator, capacitatea sistemului izolator și ramurile $R_i C_i$ care reprezintă polarizarea dielectricului în funcție de timp a sistemului de izolație al transformatorului).

Din expresia analitică a curenților se va face conversia curenților de polarizare în factor de pierderi $\tan \delta$.

Modelul virtual al izolației transformatorului este necesar pentru a corecta curbele etalon cu contribuția geometriei fiecărui transformator. Acesta din urmă va fi evaluată din curba măsurată a curenților de polarizare.

Această abordare reprezintă partea inovativă a proiectului în scopul aplicării spectroscopiei dielectrice pentru aprecierea umidității din transformatoarele de putere.

Evaluarea umidității din izolația transformatoarelor are aplicabilitate în procesul de mentenanță a transformatoarelor aflate în exploatare și poate să reprezinte o soluție nouă aplicată în procesul de uscare în fabrica constructoare de transformatoare.