

INFLUENȚA DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE PARȚIALE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR DIELECTRICE ALE ULEIURILOR DE TRANSFORMATOR

Laurențiu Marius DUMITRAN, Maria Mirela PREDA și Florina GORUN
Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Inginerie Electrică,
Laboratorul de Materiale Electrotehnice
dumitran@elmat.pub.ro

Rezumat. Degradarea sistemelor de izolație este una dintre cauzele principale ale defecțiunilor transformatoarelor electrice de putere (TP). Solicitățile electrice și termice la care sunt supuse uleiul și hârtia celulozică din care sunt alcătuite sistemele de izolație ale transformatoarelor de putere (SITP) conduc la degradarea în timp a acestora și, în cazuri extreme, la străpungerea izolației. Un factor deosebit de nociv care contribuie, de asemenea, la degradarea SITP sunt descărcările electrice parțiale (DP). De aceea, monitorizarea nivelului DP în transformatoarele de putere prezintă o importanță deosebită, întrucât aceasta poate preveni apariția unor defecțiuni foarte grave la nivelul izolației. Lucrarea de față prezintă un studiu experimental referitor la modificarea principalelor proprietăți dielectrice ale uleiurilor utilizate în SITP ca urmare a descărcărilor electrice parțiale. Experimentările au fost realizate în laborator pe eșantioane de ulei mineral și ulei vegetal de transformator, iar rezultatele obținute indică faptul că, sub acțiunea descărcărilor electrice, principalele proprietăți dielectrice ale uleiurilor investigate se înrăutățesc.

1. INTRODUCERE

Majoritatea transformatoarelor și autotransformatoarelor de putere din Sistemul Energetic National au sistemul de izolație de tipul hârtie celulozică – ulei mineral [1]. Unele transformatoare au o durată de funcționare de peste 30 - 35 de ani și, de aceea, pentru evitarea avariilor importante, care pot genera întreruperi în alimentarea cu energie electrică, este necesară o atență monitorizare a parametrilor de funcționare și a stărilor sistemelor de izolație. Într-o serie de lucrări anterioare [2-4] s-au prezentat anumite studii referitoare la degradarea sistemelor de izolație hârtie-ulei ale TP și au fost propuse anumite metode de diagnosticare a stărilor SITP și de estimare a duratei de viață a acestora.

În prezent, pe plan mondial, o modalitate de creștere a gradului de siguranță în funcționare și de extindere a duratei de viață a TP aflate în funcțiune constă în înlocuirea totală sau parțială a uleiului mineral cu lichide dielectrice noi, mai slab inflamabile și capabile să îmbunătățească starea întregului sistem de izolație [5]. Astfel, în anumite cazuri sunt folosite lichide dielectrice sintetice, slab inflamabile, precum uleiurile siliconice, polialfaolefinele și poliesterii sintetici [6]. Cu toate că acestea au proprietăți dielectrice și termice foarte bune și prezintă o stabilitate chimică foarte mare, au un dezavantaj major și anume faptul că sunt foarte puțin biodegradabile. Studiile efectuate în ultimele două decenii indică faptul că uleiurile vegetale (esterii naturali) reprezintă, de asemenea, o alternativă foarte bună la uleiurile minerale și sintetice folosite în TP. Utilizate pe scară largă în echipamentele electrice începând din anul 1998, aceste substanțe prezintă avantajul că sunt biodegradabile, ceea ce înseamnă că nu afectează mediul înconjurător. În plus, la baza obținerii uleiurilor vegetale se găsesc produse naturale regenerabile [7] și, în comparație cu uleiul mineral, punctul de inflamabilitate și cel de ardere sunt sensibil mai mari [11,12]. Principalele aspecte urmărite de producătorii de uleiuri vegetale pentru izolațiile TP se referă la gradul de biodegradabilitate, care trebuie să fie cât mai ridicat (la uleiurile utilizate în prezent acesta depășește 95 %), toxicitate, compatibilitatea cu materialele utilizate în TP, proprietăți dielectrice corespunzătoare, stabilitate termică bună și rezistență la oxidare, miscibilitate cu uleiurile minerale și sintetice de transformator [7-9] etc.

Proprietățile fizice ale componentelor SITP se înrăutățesc în timp ca urmare a solicitărilor termice, electrice etc. și a prezenței apei, a oxigenului și a altor substanțe chimice. Cu alte cuvinte, materialele care intră în componența SIPT suferă un proces continuu de degradare, ceea ce, în timp, conduce la scoaterea din exploatare a TP. De asemenea, descărcările electrice parțiale (DP) contribuie sensibil la procesul de degradare a uleiului și hârtiei celulozice [10-12]. În lucrarea de față se analizează variația principalelor proprietăți dielectrice (componentele permitivității complexe ε_r' și ε_r'' , respectiv factorul de pierderi dielectrice $\tan\delta$) a unor eșantioane de ulei mineral (UM) Mol® și ulei vegetal (UV) Biotemp® supuse acțiunii descărcărilor electrice parțiale. Studiul experimental a fost efectuat pe eșantioane de UM și UV în care au fost produse descărcări electrice la vârful unui electrod de tip ac aflat la un potențial electric de 16 kV (50 Hz). Eșantioanele au fost extrase pe rând, după diferite durate de îmbătrânire iar proprietățile lor au fost determinate cu ajutorul unui spectrometru dielectric Novocontrol.

2. DESCĂRCĂRI PARȚIALE ÎN SITP

Descărcările parțiale sunt descărcări electrice locale care se produc, de regulă, în cavitățile cu gaz din izolații. În situația în care DP au loc în cavitățile gazoase aflate la suprafața conductoarelor electrice, acestea se mai numesc și descărcări corona. În cazul SITP, descărcările parțiale apar, în general, în bulele de gaz din ulei, în cavitățile rămase între straturile de hârtie impregnată și/sau între suprafața conductorului și hârtia impregnată și, uneori, în jurul unor impurități sau defecte ale izolației solide. DP se manifestă sub forma unor impulsuri de tensiune a căror durată este mai mică de 1 μ s.

Detectarea și măsurarea nivelului DP reprezintă o metodă de diagnosticare nedistructivă a stării izolației și constituie un test de rutină care se face pentru fiecare transformator nou, în fabrica constructoare, înainte de livrarea către beneficiar. Experiența acumulată în domeniul fabricanților și utilizatorilor de TP, precum și numeroase studii efectuate pe plan mondial indică faptul că între nivelul DP și durata de viață a TP există o corelație strânsă dar, pentru moment nu există un model viabil care permite calculul duratei de viață sau a rezervei de durată de viață a SITP în funcție de caracteristicile DP.

Informația esențială pe care sistemele de monitorizare și diagnosticare a stării izolațiilor trebuie să o furnizeze este în ce măsură un defect de izolație este iminent. Acest lucru este valabil și în cazul degradării SITP sub acțiunea DP deoarece este evident că, atât timp cât DP se produc, procesul de îmbătrânire a izolației continuă. Totuși, trebuie avut în vedere faptul că viteza de degradare a izolației depinde de locul de producere și de intensitatea DP, iar pentru caracterizarea procesului de îmbătrânire trebuie accesate și prelucrate acele informații care corelează îmbătrânirea cu parametri DP. Așadar, presupunând că este cunoscută corelația între îmbătrânire și durata de viață (sau rezerva de durată de viață a izolației), se poate stabili o legătură între durata de viață și nivelul DP.

Detectarea DP în transformatoare se poate face prin măsurarea unor mărimi electrice cum ar fi amplitudinea și numărul impulsurilor electrice corespunzătoare, semnale electromagnetice în spectrul de ultraînaltă frecvență (UIF), pierderilor dielectrice etc. și/sau prin metode neelectrice bazate pe detectarea radiațiilor luminoase, a zgomotelor, analiza gazelor dizolvate în ulei etc. Un lucru deosebit de important este localizarea DP în transformatoarele de putere deoarece unele DP sunt deosebit de periculoase, conducând la degradarea rapidă a SITP, iar altele se pot produce timp îndelungat fără a avea vreun efect semnificativ asupra stării izolației. Localizarea și identificarea tipului descărcării se face în funcție de caracteristicile semnalului măsurat și anume în funcție faza de apariție, forma impulsurilor, rata de repetare, amplitudine, etc. [13-15].

În general, se constată că viteza de degradare a izolațiilor crește odată cu creșterea numărului de descărcări și, prin urmare, este proporțională cu frecvența tensiunii aplicate [16]. Așadar, durata de viață a izolațiilor este invers proporțională cu frecvența tensiunii aplicate (cel puțin până la anumite valori ale frecvenței). Această dependență dintre frecvența tensiunii aplicate și viteza de degradare a izolației supuse acțiunii DP este argumentată și de faptul că, în cazul polimerilor supuși tensiunii continue, numărul de descărcări este mult mai mic în comparație cu acela înregistrat la aplicarea unei tensiuni alternative. De aceea, durata de viață a izolațiilor polimerice supuse tensiunii continue este sensibil mai mare în comparație cu aceea înregistrată în cazul tensiunilor alternative, chiar dacă amplitudinea tensiunii continue este mai mare [16]. Procesul de degradare a izolațiilor este afectat și de intensitatea descărcărilor, ceea ce înseamnă că în cazul câmpurilor electrice mai intense durata de viață a izolației este mai scurtă. Câmpul electric intens afectează durata de viață atât prin creșterea numărului de descărcări, cât și prin influențarea mecanismelor de îmbătrânire (în cazul dielectricilor solizi există o lege empirică care stabilește relația dintre durata de viață și câmpul electric aplicat) [16].

Principalele mecanisme prin care DP produc degradarea izolațiilor se referă, în principal, la bombardarea pereților cavităților de către electronii și ionii accelerați de câmpul electric, creșterea temperaturii locale și favorizarea reacțiilor chimice de degradare, difuzia în izolație a purtătorilor de sarcină și a altor produși de reacție care modifică proprietățile dielectrice ale acestora etc. În general, procesul de îmbătrânire a unui material polimeric ca urmare a inițierii și producerii DP cuprinde câteva etape importante [16]:

- creșterea semnificativă (cu câteva ordine de mărime) a conductivității electrice a suprafeței pereților cavității datorită produșilor rezultați din reacțiilor de degradare;
- erodarea (creșterea rugozității) pereților cavității ca urmare a bombardamentului electronic și ionic și a reacțiilor chimice de degradare;
- intensificare a câmpului electric în anumite puncte situate pe suprafața cavității (cel mai adesea în regiunile ascuțite ale cristalitelor) și inițierea primelor fracturi și canale în izolație, care constituie primele ramuri ale arborescenței electrice;
- creșterea nestăvilă a arborescenței electrice până la producerea străpungerii totale a izolației.

Erodarea pereților cavității este cauzată și de radiațiile X și ultraviolete produse de descărcările electrice, dar și de străpungerile locale datorate câmpului electric intens produs la nivel microscopic de electronii liberi difuzați în izolație și fixați pe defectele acestora, în imediata apropiere a suprafeței cavității și ionii pozitivi rezultați prin ionizarea gazului din cavitate [17]. Creșterea rugozității suprafeței cavității influențează fenomenele de injecție de sarcină în izolație și de relaxare a sarcinii electrice, ceea ce conduce la modificarea DP. De asemenea, produșii de reacție modifică caracteristicile gazului din cavitate și, în consecință, caracteristicile descărcărilor electrice [17,18].

Numeroase studii [10-12,16] indică faptul că DP au drept consecință apariția unor modificări ale structurii fizico-chimice a uleiurilor și hârtiei celulozice urmate de înrăutățirea proprietăților dielectrice ale acestora. În ceea ce privește hârtia celulozică, se constată că sub acțiunea DP, regiunile cristaline ale hârtiei de transformator suferă modificări mai importante față de cele amorfe. Au fost observate modificări ale dimensiunilor și orientării cristalitelor, fracturarea macromoleculor și creșterea concentrației de ioni și radicali liberi polari [12,17,18]. Pe suprafața hârtiei apar urme vizibile ale descărcărilor electrice care constau în fisuri, crateri și arborescențe electrice care, în timp, pot conduce la străpungeri locale ale izolației.

De asemenea, proprietățile uleiului de transformator se modifică în timp sub acțiunea DP ca urmare a creșterii concentrației purtătorilor de sarcină liberi și a particulelor de negru de fum rezultate în urma reacțiilor chimice de ardere produse de DP. O consecință imediată a acestora este scăderea rezistivității electrice și a rigidității uleiului mineral de transformator [11].

3. EȘANTIOANE ȘI INSTALAȚII EXPERIMENTALE

3.1 Eșantioane

Studiul experimental prezentat în lucrarea de față a fost efectuat pe eșantioane de ulei mineral Mol[®] (UM) și eșantioane de ulei vegetal Biotemp[®] (UV). Uleiurile au fost condiționate (uscate) la $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ timp de 72 de ore într-o etuvă cu circulație forțată și apoi au fost introduse în 24 de celule de îmbătrânire din polietilenă, fiecare având volumul de 3 ml (fig. 1). În fiecare celulă de îmbătrânire a fost introdus un ac medical din oțel inoxidabil, cu diametrul exterior de 0,63 mm și vârful ascuțit. Așa cum se poate observa în figura 1, pe exteriorul celulelor a fost aplicată o bandă de cupru adezivă peste care a fost strâns înfășurată o altă bandă din tablă de cupru cu grosimea de 0,12 mm. Conținutul celulelor a fost izolat față de mediul exterior pentru a evita contactul uleiului cu aerul atmosferic. Acestea au fost fixate pe un suport mecanic astfel încât între acele metalice aflate în uleiul din celule și electrozii cilindrici exteriori realizați din banda de cupru a fost aplicată o tensiune alternativă ($f = 50\text{ Hz}$) cu valoarea de 16 kV (fig. 2 a).

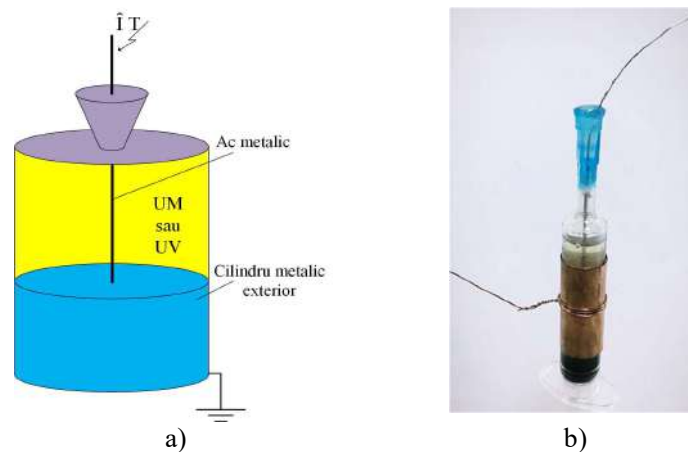


Fig. 1. a) Reprezentare schematică a unei celule de îmbătrânire a uleiului sub acțiunea DP la frecvență industrială; b) Fotografie reprezentând o celulă de îmbătrânire.

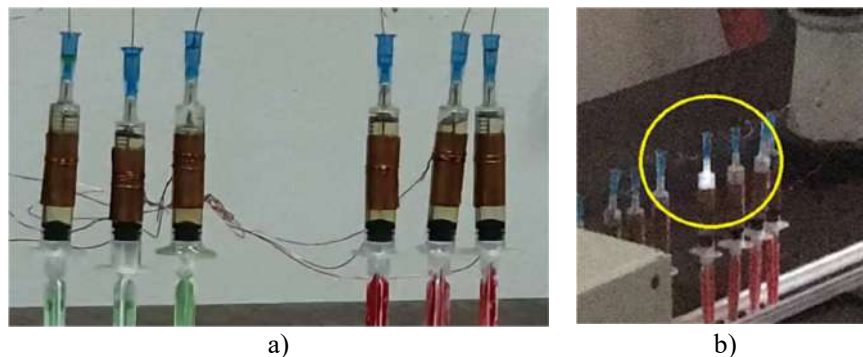


Fig. 2. a) Celule de îmbătrânire în timpul procesului de îmbătrânire accelerată; b) Descărcare electrică într-o celulă de îmbătrânire.

3.2 Instalații experimentale

Instalația utilizată pentru studiul degradării uleiurilor de transformator sub acțiunea DP este compusă din două sisteme de fixare a câte douăsprezece celule și un transformator electric a cărei tensiune de ieșire poate fi reglată în gama $0 \div 30\text{ kV}$. La aplicarea tensiunii de 16 kV între electrozii celulelor, la vârful acului se produc descărcări electrice intense însoțite de radiații

luminoase și emisie de gaze în urma căreia se formează bule de gaz care urcă la suprafața liberă a uleiului (fig. 2 b). Eșantioanele de ulei din celule au fost supuse descărcărilor electrice diverse intervale de timp (durate de îmbătrânire). Astfel, pentru UM îmbătrânirea accelerată sub acțiunea DP a fost realizată pentru următoarele durate: $\tau_1 = 6,3$ h, $\tau_2 = 17,3$ h, $\tau_3 = 24,4$ h și, respectiv, $\tau_4 = 41$ h. În cazul UV, duratele de îmbătrânire au fost $\tau_1 = 7$ h, $\tau_2 = 20,8$ h, $\tau_3 = 26$ h și, respectiv, $\tau_4 = 43,8$ h.

După fiecare durată de îmbătrânire au fost scoase de sub tensiune câte trei celule, iar pentru fiecare eșantion de ulei (UM și UV) au fost determinate componenta reală și cea imaginară a permitivității relative complexe (ϵ_r' și ϵ_r'') și factorul de pierderi dielectrice tg δ cu ajutorul unui spectrometru dielectric Novocontrol și a unei celule speciale de măsură realizată din oțel inoxidabil, având volumul de aproximativ 1,8 ml.

4. REZULTATE EXPERIMENTALE. DISCUȚII

În figura 3 sunt prezentate curbele de variație cu frecvența ale componentei reale ϵ_r' și a celei imaginare ϵ_r'' a permitivității relative complexe pentru UM și UV neîmbătrânite, cât și pentru cele supuse acțiunii DP diverse intervale de timp. Măsurătorile au fost efectuate pentru valori ale frecvenței câmpului electric f cuprinse în intervalul $5 \cdot 10^{-3} \div 10^5$ Hz și pentru valoarea tensiunii aplicată electrozilor celulei de măsură de 1 V. Punctele experimentale reprezintă media aritmetică a valorilor măsurate pe trei probe de ulei diferite (celule diferite).

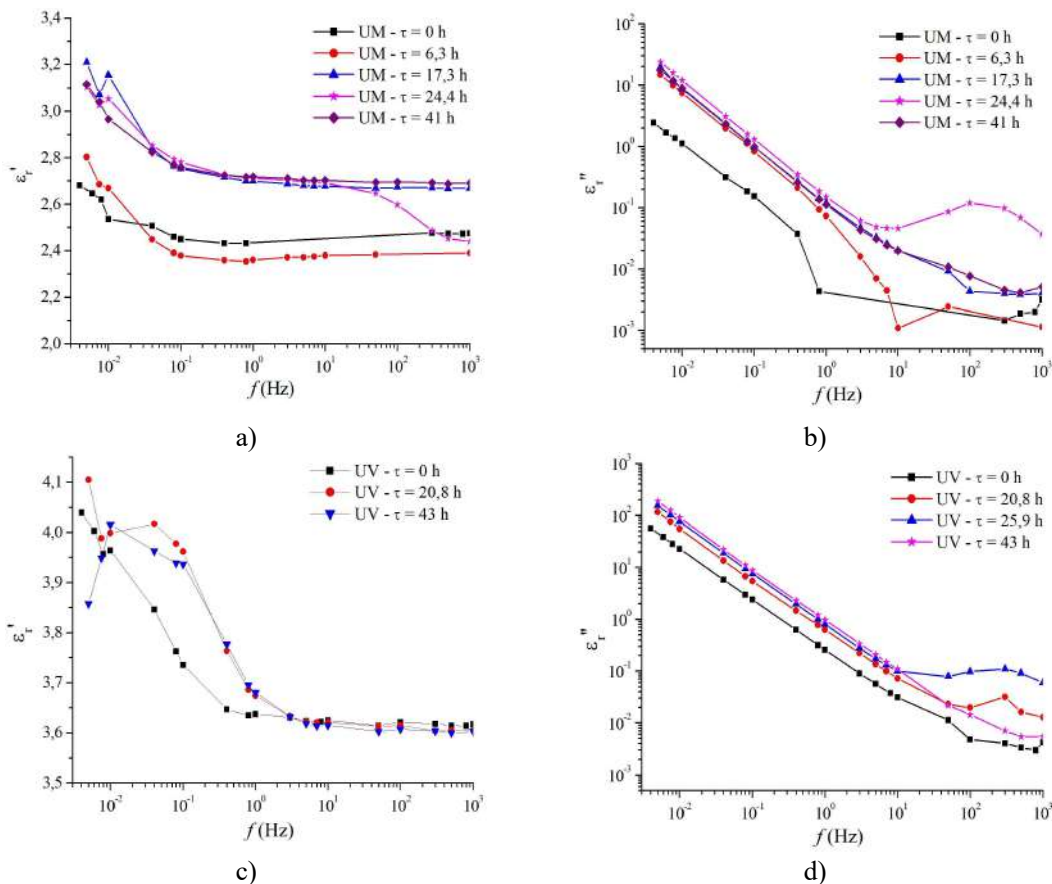


Fig. 3. Variațiile cu frecvența ale componentelor permitivității relative complexe ϵ_r' și ϵ_r'' pentru UM (a și b) și UV (c și d) la $T = 25$ °C.

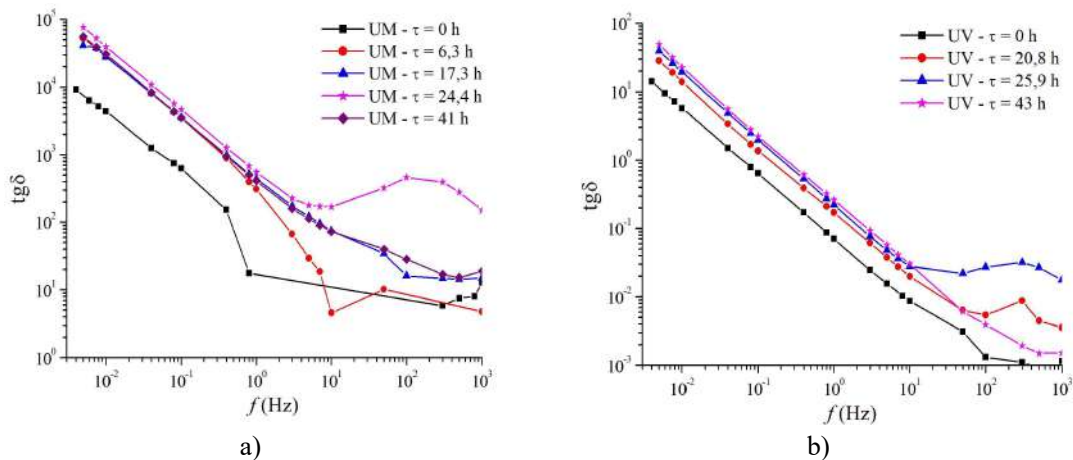


Fig. 4. Variația cu frecvența a factorului de pierderi dielectrice $tg\delta$ pentru UM (a) și UV (b) la $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Examinând curbele din figura 3 se constată că atât în cazul UM cât și în cazul UV ϵ_r' și ϵ_r'' cresc odată cu scăderea frecvenței câmpului electric pentru toate duratele de îmbătrânire. De asemenea, se constată că factorul de pierderi dielectrice $tg\delta$ crește odată cu scăderea frecvenței câmpului electric (Fig. 4). Este cunoscut faptul că valorile mărimilor ϵ_r' , ϵ_r'' și $tg\delta$ corespundătoare frecvențelor scăzute (inferioare valorii de 10^{-1} Hz) caracterizează cel mai bine starea de degradare a uleiurilor de transformator. Așadar, din curbele de variație prezentate în figurile de mai sus trebuie reținute mai ales valorile parametrilor ϵ_r' , ϵ_r'' și $tg\delta$ corespundătoare valorilor frecvenței de sub 0,1 Hz. În figurile 5 - 7 sunt prezentate variațiile mărimilor ϵ_r' , ϵ_r'' și $tg\delta$ în funcție de durata de îmbătrânire τ pentru valori ale frecvenței cuprinse între $8 \cdot 10^{-1}$ Hz și $5 \cdot 10^{-3}$ Hz. Se constată că, în cazul uleiului mineral, partea reală a permitivității relative complexe ϵ_r' (Fig. 5a), înregistrează, în raport cu valorile inițiale, o tendință de creștere odată cu creșterea duratei de îmbătrânire τ . Acest lucru indică faptul că descărcările electrice produse la vârful acului determină, datorită fenomenelor descrise anterior, apariția unor radicali liberi polari care intensifică fenomenul de polarizare. Pe de altă parte, în cazul uleiului vegetal (Fig. 5b), se observă că ϵ_r' variază mai puțin cu durata de aplicare a tensiunii, ceea ce indică faptul că procesele de degradare sunt mai lente.

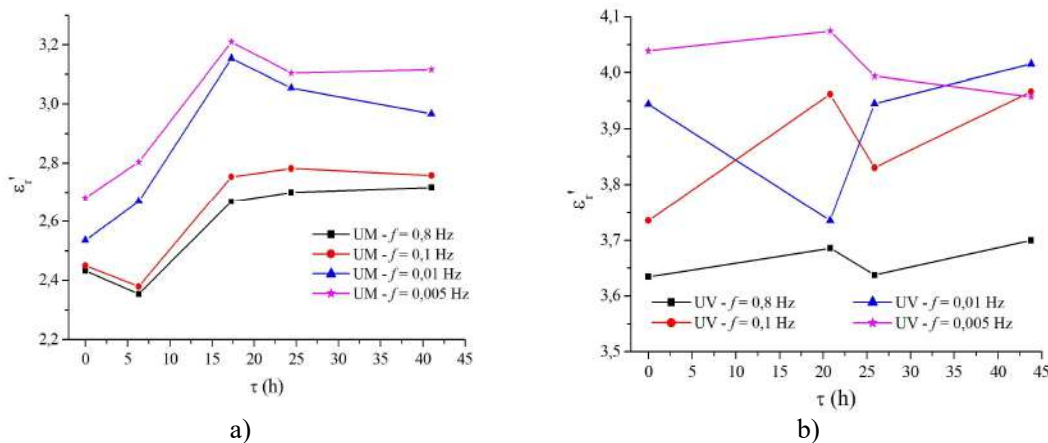


Fig. 5. Variația părții reale ϵ_r' a permitivității relative complexe în funcție de durata de îmbătrânire τ pentru UM (a) și UV (b).

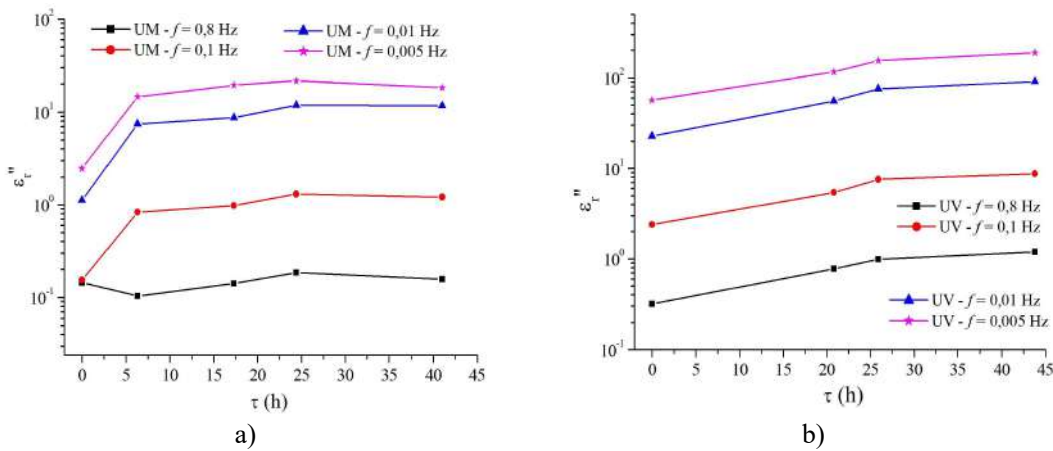


Fig. 6. Variația părții imaginare ϵ_r'' a permitivității relative complexe în funcție de durata de îmbătrânire τ pentru UM (a) și UV (b).

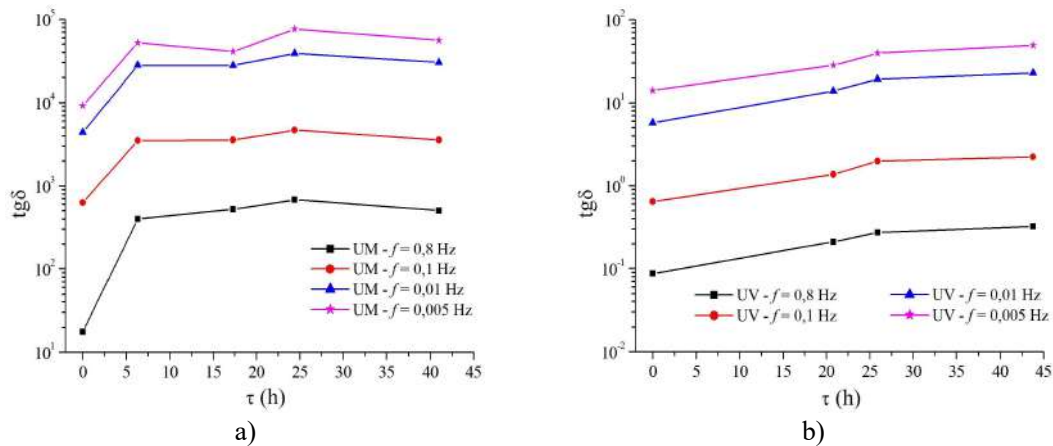


Fig. 7. Variația factorului de pierderi dielectrice $\text{tg}\delta$ cu durata de îmbătrânire τ pentru UM (a) și UV (b).

Figurile 6 și 7 prezintă variațiile părții imaginare a permitivității relative complexe ϵ_r'' și a factorului de pierderi dielectrice $\text{tg}\delta$ cu durata de îmbătrânire. Se observă că atât pentru UM cât și pentru UV, ϵ_r'' și $\text{tg}\delta$ cresc odată cu τ , ceea ce indică faptul că fenomenele de polarizare și conducție electrică se intensifică ca urmare a creșterii concentrației de produși polari și purtători de sarcină liberi.

6. CONCLUZII

Lucrarea de față prezintă un studiu experimental referitor la modificarea proprietăților dielectrice ale uleiului mineral și uleiului vegetal de transformator sub acțiunea descărcărilor electrice parțiale produse în celule prevăzute cu un sistem de electrozi de tip ac – cilindru. Rezultatele experimentale indică faptul că descărcările electrice produse prin alimentarea electrozilor cu tensiune de frecvență industrială au drept consecință creșterea valorilor părții reale și a celei imaginare a permitivității relative complexe și a factorului de pierderi dielectrice. Se observă că mărimile determinate cu ajutorul spectroscopiei dielectrice (ϵ_r' , ϵ_r'' și $\text{tg}\delta$) prezintă o tendință de creștere odată cu creșterea duratei de aplicare a tensiunii. Acest lucru se explică prin faptul că, sub acțiunea DP, concentrația de produși polari și de purtători de sarcină liberi crește. În concluzie, pe baza rezultatelor obținute, descărcările parțiale au drept consecință

înăutățirea proprietăților dielectrice ale uleiurilor ca urmare a inițierii și producerii unor mecanisme de degradare specifice.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. H.P. Moser, V. Dahinden, H. Wiedmann “*Transformerboard IP*”, Printing Styrian, Graz, 1979.
- [2]. Dumitran, L. M.; Setnescu, R.; Notingher P.V., Badicu, L. V.; Setnescu T., “Method for lifetime estimation of power transformer mineral oil”, *FUEL* (2014), Vol. 117, Part: A, pag. 756-762.
- [3]. Badicu, L. V.; Gorgan B., Dumitran, L. M., Notingher, P. V.; “Assessment of Transformer Mineral Oil Condition Based on DC and AC Conductivity”, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 19, No. 5, 2012, p. 1544-1551.
- [4]. A. Ciuriuc, L. M. Dumitran, P.V. Noțingher, L.V. Bădicu, “Îmbătrânirea hârtiei în uleiurile vegetale și minerale pentru transformatoare”, *Lucrarile Simpozionului ACTUALITĂȚI ȘI PERSPECTIVE ÎN DOMENIUL MAȘINILOR ELECTRICE (SME'14)*, Bucuresti, 3 Octombrie, *Lucrarea L 16*, 2014.
- [5]. C.P. McShane, J.L. Corkran, K.J. Rapp, J. Luksich, “Ageing of Paper Insulation Retrofilled with Natural Ester Dielectric Fluid”, *IEEE Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, Albuquerque, October 19-22, 2003, p. 124-127.
- [6]. I. Fofana, A. Bouaicha, M. Farzaneh, and J. Sabau, „Ageing Behavior of Mineral and Ester Liquids: A Comparative Study”, *2008 Annual Report Conference on Electrical Insulation Dielectric Phenomena (CEIDP)*, Quebec, 26-29 October 2008, p. 87-90.
- [7]. M.A.G. Martins, “Vegetable Oils, an Alternative to Mineral Oil for Power Transformers – Experimental Study of Paper Aging in Vegetable Oil Versus Mineral Oil”, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol. 26, No. 6, 2010, p. 7-13.
- [8]. A. C. M. Wilson, “*Insulating Liquids: Their Uses, Manufacture and Properties*”, Stevenage, U.K., Peregrinus, 1980.
- [9]. D. A. Hallerberg, “Less-flammable Liquids Used in Transformers”, *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 5, no. 1, pp. 50–55, 1999.
- [10]. Gunnar Berg, Lars E. Lundgaard, “Discharges in combined transformer oil/paper insulation”, *Proceedings of 13th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL '99)*, Nara, Japan, July 20-25, 1999.
- [11]. M. Ghaffarian Niasar, H. Edin, R. Clemence Kizza, “Oil ageing due to partial discharge activity”, *Nordic Insulation Symposium - Nord-IS 13 - Trondheim, Norway*, June 9 - 12, 2013.
- [12]. M.H. Ahmad, N. Bashir, H. Ahmad, A.A. Abd Jamil, A.A. Suleiman, “An Overview of Electrical Tree Growth in Solid Insulating Material with Emphasis of Influencing Factors, Mathematical Models and Tree Suppression”, *Indonesian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 12, No. 8, pp. 5827 – 5846, August 2014.
- [13]. H. Wang and C. Li, “Influence of Temperature to Developing Processes of Surface Discharges in Oil-Paper Insulation”, *IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI)*, 6-9 June 2010.
- [14]. A. Contin, A. Cavallini, G. C. Montanari, G. Pasini, “Digital Detection and Fuzzy Classification of Partial Discharge Signals”, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 9, No. 3, June 2002.
- [15]. E. M. Lalitha and L. Satish, “Wavelet Analysis for Classification of Multisource PD Patterns”, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 7, No. 1, February 2000.
- [16]. Mohamad Ghaffarian Niasar, “Mechanisms of Electrical Ageing of Oil impregnated Paper due to Partial Discharges”, PhD thesis, *Kungl Tekniska Högskolan (KTH)*, Stockholm, Sweden, 2015.
- [17]. Wang Li, *Physical Model of PD Behavior and Relevant Damage Growth From Micro-Cavities in Polyethylene-based Material Under AC Voltage*, PhD Thesis submitted to *Universita di Bologna*, 2011.
- [18]. Ruijin Liao, Jiaming Yan, Lijun Yang, Mengzhao Zhu and Bin Liu, “Study on the relationship between damage of oil-impregnated insulation paper and evolution of phase-resolved partial discharge patterns”, *European Transactions on Electrical*, Vol. 21, pp. 2112–2124, 2011.

THE INFLUENCE OF PARTIAL DISCHARGES ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF OILS USED IN POWER TRANSFORMER

Laurențiu Marius DUMITRAN, Maria Mirela PREDA and Florina GORUN
University POLITEHNICA of Bucharest, Electrical Engineering Faculty,
Laboratory of Electrical Materials
dumitran@elmat.pub.ro

Abstract. Degradation of the insulation systems is the main cause of failure of electrical power transformers (PT). A very harmful factor that contributes to the degradation of the power transformer insulation systems (PTIS) are the partial electrical discharges (PD). Therefore, the monitoring of the PD level in the power transformers is very important, as this can prevent very serious faults of the PTIS. The paper presents an experimental study regarding the variation of the main dielectric properties of the oils used in PTIS as a result of partial electric discharges. Experimental results obtained on samples of mineral oil and transformer vegetable oil are presented. These indicate that, under the action of the electric discharges, the main dielectric properties of the investigated oils are getting worse. These results well agree with those presented in previous paper. However, compared to other published studies, the presents results are obtained on aging cells equipped with a point-cylinder electrode system in such a way the electric discharges occur inside the oil samples.