

Abstract : Transformatoarele de putere sunt componente esențiale ale infrastructurii electrice. Sectorul energetic este într-o continuă transformare, cel puțin din perspectiva integrării rețelelor electrice existente în regiuni din ce în ce mai întinse (în anumite situații chiar la nivelul unui întreg continent). În acest caz, cunoașterea stărilor echipamentelor electrice și, în special, a transformatoarelor de putere, este esențială pentru operarea în condiții de siguranță.

Prezenta teză evidențiază vulnerabilitățile sistemelor de izolație hârtie - ulei mineral utilizate pe scară largă în transformatoarele de putere. Actualitatea tezei este argumentată tocmai de numărul foarte mare de transformatoare de putere dotate cu sistemul de izolație hârtie- ulei mineral. Astfel, în Sistemul Energetic National mai mult de 98 % dintre transformatoarele și autotransformatoarele de putere folosesc sistemul de izolație de tip hârtie-ulei mineral. Sub acțiunea factorilor de îmbătrânire (temperatura înaltă, câmpul electric intens, descărcările electrice parțiale, vibrații și eforturi mecanice etc.), componentele sistemului de izolație suferă o degradare continuă, ceea ce determină înrăutățirea proprietăților lor electrice, mecanice sau de altă natură.

Studiile efectuate în domeniu indică faptul că temperatura înaltă determină accelerarea reacțiilor chimice de degradare responsabile de modificarea în timp a proprietăților hârtiei și uleiului mineral. Mult mai puține studii sunt orientate către înțelegerea și estimarea efectelor acțiunii câmpului electric intens și a descărcărilor parțiale asupra uleiului de transformator și a hârtiei. În cadrul acestei teze de doctorat este realizat un studiu experimental referitor la îmbătrânirea uleiului mineral de transformator sub acțiunea câmpului electric intens și a descărcărilor electrice parțiale. În acest sens, este elaborată o metodă de îmbătrânire accelerată a uleiului, utilizând o celulă specială proiectată și realizată în cadrul tezei. Cu ajutorul metodei propuse au fost îmbătrânire eşantioane de ulei mineral Mol în scopul evaluării influenței câmpului electric și a descărcărilor parțiale asupra proprietăților electrice ale acestora.

Spectroscopia dielectrică a fost utilizată pentru a determina valorile componentelor reale și imaginare ale permitivității relative complexe și conductivității electrice complexe, precum și factorul de pierderi dielectrice ale probelor de ulei îmbătrânite. De asemenea, au fost măsurate curenții de absorbție și de resorbție pentru mai multe probe de ulei contaminate cu volume reduse de ulei îmbătrânit accelerat, în vederea analizei influenței procesului de îmbătrânire asupra rezistivității uleiului în curent continuu. Rezultatele obținute au arătat faptul că îmbătrânirea electrică accelerată determină modificarea sensibilă a tuturor proprietăților investigate. Pe baza valorilor experimentale au fost calculate energia de activare și mobilitatea medie a ionilor de conducție în scopul unei înțelegeri mai profunde a mecanismelor de îmbătrânire. O explicație credibilă a modificărilor sensibile ale proprietăților dielectrice ale uleiului provocată de îmbătrânirea electrică accelerată este generarea de purtători de sarcină cu mobilitate ridicată, împreună cu o creștere semnificativă a concentrației acestora.

În cele din urmă, rezultatele obținute indică limpede faptul că metoda experimentală propusă oferă informații interesante în ceea ce privește acțiunea câmpului electric intens și a descărcărilor parțiale asupra uleiului de transformator, cu posibilitatea utilizării acesteia și pentru încercările altor lichide electroizolante.

Abstract: Power transformers are essential components of the electrical power infrastructure. The energy industry is continuously changing, at least from the perspective of integration existing electrical networks in increasingly large regions (in certain situations even in an entire continent). In this case, safe operation requires knowledge of the conditions of electrical equipment, especially power transformers.

This thesis highlights the vulnerabilities of paper - mineral oil insulation systems widely used in power transformers. The thesis' validity is specifically addressed considering the enormous number of power transformers that have the mineral paper-oil insulation system installed. Thus, in the National Energy System more than 98% of the transformers and power autotransformers use the paper-mineral oil insulation system. When aging variables (high temperatures, strong electric fields, partial electrical discharges, vibration, and mechanical efforts, etc.) come into play, insulation system components suffer a continuous degradation, which causes the deterioration of their electrical, mechanical properties. Studies in the field indicate that high temperatures accelerate the chemical reactions that degrade paper and mineral oil over time.

There are far less studies focused on comprehending and quantifying the effects of partial discharges and strong electric fields on transformer oil and paper. As part of this doctoral thesis, an experimental study is carried out regarding aging of transformer mineral oil under the action of intense electric field and a partial electric discharge. In this approach, a unique cell developed and assembled for the thesis is used to serve as an accelerated aging mechanism for the oil. The suggested technique was used to age the mineral oil samples MOL to assess how partial discharges and electric fields affected their electrical characteristics.

Dielectric spectroscopy was used to determine the values of the real and imaginary components of the complex relative permittivity and complex electrical conductivity, as well as dielectric loss factor of aged oil samples. To examine how the aging process affects the oil's resistivity in direct current, measurements of the absorption and desorption currents for several contaminated oil samples with reduced volume by accelerated aging oil were also made. The acquired data demonstrated that all properties under investigation experience a discernible change because of accelerated electrical aging. To gain a better understanding of the mechanisms behind aging, the activation energy and mobility of average conductance ions were computed using the experimental values. A plausible explanation of the sensible changes in the dielectric properties of the oil caused by accelerated electrical aging is the generation of charge carriers with high mobility, together with a significant increase in their concentration.

Ultimately, the data obtained demonstrate clearly that the experimental method provided offers intriguing insights into the effects of partial discharges and high electric fields on transformer oil. It is also possible to apply this method to test other electro-insulating liquids.