

Revitalizarea izolației transformatoarelor de mare putere

În timpul exploatării transformatoarelor de putere au loc reacții fizice și electro-chimice complexe, care duc la degradarea proprietăților dielectrice ale sistemului de izolație și a caracteristicilor mecanice ale izolației solide, ceea ce se descrie prin termenul de îmbătrânire.

În funcție de gradul de degradare al parametrilor izolației în practică se aplică progresiv următoarele procedee:

Recondiționarea este procedeul care elimină apa și particulele solide prin mijloace chimice și reduce cantitatea acestora la un nivel acceptabil.

Regenerarea este, conform standardului internațional CEI 60422, procedeul care elimină acceleratorii și produsele de îmbătrânire prin agenți chimici sau absorbantți.

Revitalizarea sistemului de izolație al unui transformator este procedeul tehnologic care elimină acceleratorii de îmbătrânire: apa, oxigenul și produsele de îmbătrânire, cum sunt: acizii, gazele, sedimentele, particulele coloidale etc. și care îmbunătățește starea generală a izolației aducând-o la o stare anterioară, în timp ce caracteristicile obținute permit funcționarea sigură a transformatorului și cresc durata de funcționare, ceea ce este echivalent cu încetinirea îmbătrânirii.

Revitalizarea include regenerarea uleiului și curățarea și uscarea izolației solide.

Prin eliminarea moleculelor polare, a sedimentelor acide (șlamul) de la suprafața izolației solide, de pe pereții vasului transformatorului și ai sistemului de răcire, și prin îndepărtarea macro-particulelor aglomerate, efectele răcirii cresc, reducând semnificativ temperatura de funcționare, iar îmbătrânirea încetinește. Prin eliminarea din ulei a compușilor de peroxid și a radicalilor liberi necesari pentru formarea alcoolilor, aldehydelor, acizilor din ulei, formarea progresivă a lanțului de noi radicali liberi este obstrucționată, ceea ce duce la o mai mare stabilitate la oxidare. Prin eliminarea acizilor și a apei din izolație, formarea produșilor de hidroliză scade, iar dezintegrarea izolației solide este frânată.

O simplă schimbare a întregii cantități de ulei izolant, ca o măsură de revitalizare într-o singură

etapă, nu reprezintă un câștig prea mare, deoarece izolația solidă nu a fost spălată. Ceea ce rămâne din sedimente se dizolvă în uleiul nou, ducând la deteriorarea rapidă a proprietăților inițiale ale acestuia. O metodă ceva mai bună necesită golirea transformatorului și spălarea cu ulei fierbinte (pulverizare cu ulei) pentru a îndepărta sedimentele și a usca izolația. Această metodă nu asigură uscarea în profunzime și purificarea hârtiei. Efectul este superficial. Este de asemenea foarte costisitor, deoarece spălarea necesită o cantitate mare de ulei nou.

Experiențele la nivel mondial au evidențiat faptul că succesul revitalizării depinde în mare parte de măsurile suplimentare care ar trebui luate în cadrul metodei propuse. Alegerea metodei trebuie făcută numai după ce experții cu diferite specializări au terminat cercetarea asupra sistemelor izolante și a avariilor din timpul exploatării. Metoda de revitalizare aleasă va fi mai eficace în cazul unui transformator bine întreținut, care a fost protejat împotriva umidității, prafului și a altor contaminanți, ceea ce este mult mai ieftin decât dacă s-ar face o uscare profundă ulterioară. În timpul procesului de revitalizare, transformatorul trebuie protejat împotriva contaminanților menționați anterior, mai ales a celor care provin din pătrunderea aerului în bobine. Revitalizarea trebuie să includă întregul sistem de izolație, ceea ce include eliminarea sedimentelor acide de la partea activă, și acestui lucru trebuie să i se acorde o atenție specială. Cu aceste măsuri de revitalizare, caracteristicile de funcționare se mențin stabile o perioadă îndelungată de timp.

Pentru revitalizarea izolației complexe hârtie-ulei, pe plan mondial s-au impus mai multe metode atât off-line cât și on-line.

Metodele off-line impun scoaterea transformatorului din funcțiune și aplicarea procedurilor de revitalizare atât on-site cât în anumite condiții off-site, respectiv într-un atelier specializat. Aceste procedee sunt nu numai costisitoare dar solicită uneori o logistică extrem de complicată pe de o parte și scoaterea din funcțiune a transformatorului pe perioade destul de lungi, uneori de circa 60 până la 90 de zile, pe de altă parte.

Pe plan mondial a început să capete o utilizare din ce în ce mai largă revitalizarea izolației complexe hârtie-ulei prin metode de tratare on-line, metode care pe lângă faptul că sunt mult mai puțin costisitoare nu



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - ICNET CRAIOVA**

Calea București 144, 200515 CRAIOVA
Tel: +40 351 404 888; +40 351 404 889; Fax: +40 351 404 890; +40 251 415 482; E-mail: market@icmet.ro; testing_services@icmet.ro
www.icmet.ro

impun scoaterea transformatorului din funcțiune nici atunci când se face racordarea instalației la transformator. În plus instalația nu trebuie supravegheată de personalul stației sau centralei electrice, ea asigurând înregistrarea permanentă a parametrilor urmăriți, datele putând fi transmise on-line la un centru de comandă sau descărcate periodic pe un lap-top.

ICMET Craiova a utilizat cu succes instalația de revitalizare a sistemului de izolație hârtie-ulei din transformatoarele de putere – VIMAP R2000.

Instalație de revitalizare a sistemului de izolație hârtie-ulei din transformatoarele de putere - VIMAP R2000

Durata de viață a transformatorului este, de fapt, durata de viață a sistemului de izolație hârtie-ulei.

Cel mai adesea, sistemul de izolație al transformatorului constă din izolație lichidă (ulei de transformator) și izolație solidă (celuloză/ hârtie).

Uleiul de izolație asigură aproximativ 80% din izolația transformatorului.

Majoritatea străpungerilor (aproximativ 85%) se produc din cauza deficiențelor din sistemul de izolație.

Degradarea sistemului de izolație depinde de câțiva factori, cei mai importanți fiind:

- *Degradarea termică* (degradarea termică a hârtiei și uleiului);
- *Degradarea prin oxidare* (oxigenul cauzează degradarea hârtiei și a uleiului - fără oxigen nu există îmbătrânire);
- *Degradarea hidrolitică* (influența acizilor și a apei, produsele de oxidare ale uleiului și hârtiei dezintegrează hârtia)

Eliminarea apei, a oxigenului și a acizilor, precum și a tuturor celorlalte produse de îmbătrânire prelungeste considerabil durata de viață a transformatorului și crește fiabilitatea rețelei.

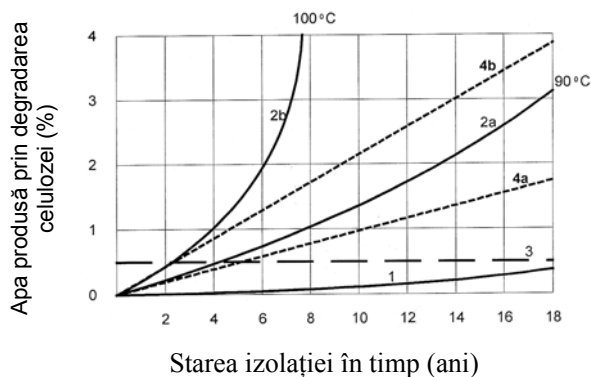
Utilizarea procedurii tehnologice VIMAP R2000 elimină, prin metoda absorbției, toate moleculele polare - produse ale îmbătrânirii din hârtia de izolație. Dispersia moleculelor polare între ulei și hârtie este constantă.

Eliminarea produselor de îmbătrânire din ulei inițiază procesul de tranziție al acestor molecule polare de la hârtie la ulei (astfel că raportul lor rămâne constant, conform legii lui Henry).

Fiecare sistem de izolație hârtie-ulei din transformatoarele de putere poate fi purificat prin eliminarea produselor de îmbătrânire - poate fi revitalizat într-o perioadă de 15-45 zile prin metoda VIMAP R2000.

Descrierea procedurii

Produsele de îmbătrânire a hârtiei și uleiului sunt molecule polare care acționează agresiv și accelerează degradarea sistemului de izolație hârtie-ulei. Conform experienței noastre, se poate spune că la transformatoarele care au mai mult de 10 ani de funcționare în rețeaua electrică, starea hârtiei față de ulei și a hârtiei față de conductor este mult mai proastă. Am ajuns la concluzia că atâta timp cât produșii de degradare nu se îndepărtează, ei devin un factor de continuă degradare a izolației. Pe de altă parte, ca molecule polare, măresc semnificativ riscul unor defecte definitive în izolația transformatorului.



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - ICMET CRAIOVA**

Calea București 144, 200515 CRAIOVA

Tel: +40 351 404 888; +40 351 404 889; Fax: +40 351 404 890; +40 251 415 482; E-mail: market@icmet.ro; testing_services@icmet.ro

www.icmet.ro

Pentru a prelungi durata de viață și siguranța transformatorului în rețea prin procedeul VIMAP R2000 și instalația VIMAP 2000 se elimină producții de îmbătrânire din ulei cât și din izolația de hârtie și de asemenea se deshidratează uleiul și celuloza aducând cantitatea de apă din hârtie spre valorile prezentate în graficul de mai sus (curba 3).

Procesul de regenerare se realizează prin recircularea uleiului electroizolant din cuva transformatorului prin rezervoare cu absorbant. Acest proces durează între 10 și 30 de zile, suficient de mult ca în conformitate cu legea lui Henry, uleiul curătat să poată extrage moleculele polare din izolația solidă. În timpul întregului proces transformatorul poate fi cuplat la rețea sau poate fi încălzit prin procedeul alimentării cu tensiune redusă pe IT având JT în scurt până când temperatura uleiului ajunge la maxim 40°C.

Absorbantul care este utilizat pentru deshidratarea și îndepărtarea moleculelor polarizate este complet neutru față de uleiul electroizolant și are o capacitate extrem de mare de absorbție, astfel încât cu instalația VIMAP 2000, care are cinci rezervoare cu absorber, poate fi tratată o cantitate de ulei de transformator de 20-60 tone. Înlocuirea absorbantului din rezervoare se face extrem de repede și simplu de circa 2 sau 3 ori, în funcție de cantitatea de ulei tratat.

Instalația se cuplează la transformator conform fig.1.

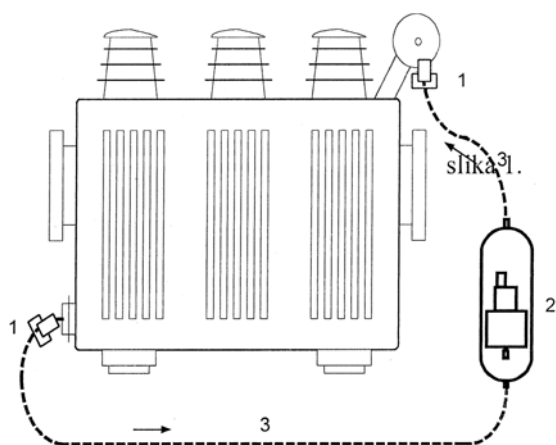


Fig.1. - 1. Elemente de cuplare la robinetul de golire al transformatorului și la robinetul de umplere al conservatorului

2. Instalația cu absorbant
3. Furtune elastice blindate

Schema de principiu a instalației este prezentată în fig.2.

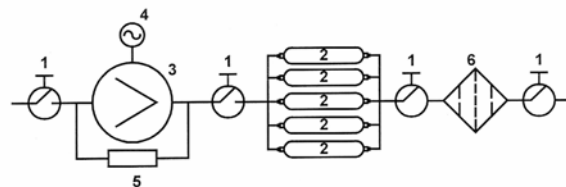


Fig. 2

În figura 2 avem:

1. Ventil;
2. Rezervoare cu absorbant (5 x 230 kg) și elemente de cuplare-decuplare rapidă;
3. Pompă de capacitate 20 l/min sau 40l/min;
4. Motor (3 x 380 V sau 1 x 220 V, 2 kW);
5. Ventil de siguranță;
6. Filtru selectiv.

Instalația este sigură și este prevăzută cu următoarele protecții:

1. Limitarea presiunii
 - ventil de siguranță care leagă intrarea și ieșirea pompei
 - contactor care decuplează motorul la depășirea tensiunii reglate
 2. Protecția împotriva scurgerilor de ulei
 - ventile de presiune diferențială
 3. Protecția împotriva focului:
 - toată instalația este construită în protecție antiexplozivă
 4. Protecția ecologică:
 - absorbantul și uleiul sunt complet izolați de mediul înconjurător. Cuplare instalației la transformator, înlocuirea absorbantului în instalație se realizează fără contact cu exteriorul.
 5. Protecția împotriva pătrunderii aerului în transformator
 - uleiul din transformator se extrage prin robinetul de golire și se introduce în conservatorul de ulei deci aerul nu poate ajunge în interiorul transformatorului nici chiar la începutul recirculării.
- Toată tehnologia de regenerare profundă a izolației transformatoarelor de putere este brevetată și are în România numărul de brevet: 97-00252.



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - ICMET CRAIOVA**

Calea București 144, 200515 CRAIOVA

Tel: +40 351 404 888; +40 351 404 889; Fax: +40 351 404 890; +40 251 415 482; E-mail: market@icmet.ro; testing_services@icmet.ro

www.icmet.ro

Rezultate garantate

Dacă nu există depuneri și apă liberă, prin procedeul VIMAP R2000 sunt garantate următoarele rezultate (CEI 60296):

Caracteristicile uleiului	Unitatea de măsură	Tratament obișnuit	Tratament special
Factorul de pierderi dielectrice, $\tan \delta$ (90°C)		< 0,010	< 0,005
Indice de neutralizare	mg KOH/g de ulei	< 0.03	< 0.01
Tensiune interfacială (20°C)	mN/mm	> 35	> 40
Rigiditate dielectrică	kV/cm	> 300	> 300
Conținut de apă (20°C)	ppm	< 10	< 5
Macroparticule*	Nr.	< 10 000	< 5 000
Stabilitate la oxidare**	h	> 120	> 160

* > 5 microni în 100 ml ulei

** Pentru uleiurile care conțin inhibitori, proba este luată la orificiul de ieșire al mașinii

Conținutul de apă din hârtia de izolație:

- de la 1,0 % scade la < 0,5 %
- de la 2,5 % scade la < 1,5 %
- de la 3,5 % scade la < 2,0 %

Avantaje

a) Cel mai important este faptul că nu trebuie înlocuit uleiul, conducând la un cost redus al revitalizării. Prin înlocuirea uleiului nu se câștigă nimic, deoarece hârtia rămâne „poluată” prin produsele de îmbătrânire. Conform legii lui Henry, moleculele polare din hârtie vor pătrunde iar în uleiul nou. Spălând interiorul transformatorului se obține un efect foarte superficial, deoarece pelicula de ulei de spălare poate pătrunde numai până la maximum 60% din suprafața interioară a transformatorului (în funcție de construcția transformatorului). De asemenea, aproximativ 10% din volumul de ulei rămâne „prizonier” în hârtia de izolație. Acest ulei care rămâne conține molecule polare care pot afecta considerabil calitatea uleiului nou. Prin înlocuirea uleiului, sedimentul din elementele de răcire și dintre înfășurări nu este eliminat. Depunerea care rămâne se va dizolva în uleiul nou și va activa din nou procesul de oxidare.

b) Se elimină procedura complicată de înlocuire a uleiului(golirea, transportul, angajarea mijloacelor de transport - vehicule, personal)

c) Nu este necesar ulei pentru spălarea părții active

d) Nu este necesar să se vizioneze transformatorul.

e) Nu există riscuri de poluare accidentală cu transportul și vehicularea uleiului.

După revitalizarea transformatorului prin metoda VIMAP R2000, uleiul purificat are calitatea unui ulei nou, neuzat, iar hârtia rămâne complet curată și uscată

Date tehnice

- Debitul volumic 2400l/oră
- Consumul de energie electrică (în funcție de temperatura ambiantă)

3-4 kW

Referințe

Transformatorul de 400 MVA, aflat în funcțiune de 37 de ani la CET Ișalnița, Craiova. Conținutul de ulei de transformator este de 57 tone.

Prima dată s-a utilizat metoda oil-spray pentru uscare înainte de înlocuirea uleiului. După repunerea transformatorului în funcțiune, produsele de îmbătrânire care au rămas în izolația solidă ajung la ulei, afectând $\tan \delta$ și făcând-o să ajungă la valoarea de $89,0 \times 10^{-3}$.

Metodele convenționale aplicate nu au reușit să ducă la rezultate satisfăcătoare.

La cererea proprietarului, s-a aplicat noua metodă, iar valoarea $\tan \delta$ pentru ulei a scăzut la $6,7 \times 10^{-3}$. Durata de tratare a uleiului a fost de 25 zile.

Uleiul nu a fost cu inhibitori și, după tratare, la cererea clientului, nu s-a adăugat nici un agent inhibitor, astfel încât s-a tras concluzia că o astfel de măsură nu este necesară.

Rezultatele după tratare:

- $\tan \delta$ $6,7 \times 10^{-3}$
- indicele de neutralizare 0,017 mgKOH/g de ulei
- rigiditatea dielectrică 260 kV/cm

Rezultatele după 12 luni:

- $\tan \delta$ $16,3 \times 10^{-3}$
- indicele de neutralizare 0,019 mgKOH/g de ulei
- rigiditatea dielectrică 260 kV/cm



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - IC MET CRAIOVA**

Calea București 144, 200515 CRAIOVA

Tel: +40 351 404 888; +40 351 404 889; Fax: +40 351 404 890; +40 251 415 482; E-mail: market@icmet.ro; testing_services@icmet.ro

www.icmet.ro

Opțiuni:

- VIMAP R2000 poate fi amplasat în container
- fără trailer sau pe trailer
- Reactivarea absorbantului poate fi automată sau semiautomată
- În caz de reactivare semiautomată a absorbantului, o unitate pentru reactivare poate să însoțească câteva unități pentru revitalizare
- Cameră pentru degazeificarea uleiului



Figura 3. Instalația VIMAP R2000 în funcțiune

Aplicarea acestui procedeu pentru revitalizarea izolației, în România

Caracteristici	Unitate de măsură	CET ISALNIȚA 400 MVA		S.T. 400/220/110kV Arad, 200 MVA		CET PAROȘENI 180 MVA		CET PAROȘENI 25 MVA	
		Înainte	După	Înainte	După	Înainte	După	Înainte	După
Ulei									
Conținut apă	ppm	/	/	24	3	2.9	2.0	9.78	2.7
Rigiditate dielectrică	kV/cm	230	>260	220	320	240	260	240	280
IFT	mN/m	/	/	/	44	30.83	40	32.5	40
Indice neutralizare	mgKOH/g	/	0.017	/	0.02	0.015	0.012	0.01	0.009
Tg δ pentru ulei (90°C)		0.089	0,0067	0,055	0,007	0,006	0,003	0,032	0,00495
Particule	NAS 1638	/	/	33931	6838	13329	4420	26630	7380
Izolație solidă									
Conținut de apă (Wh ₂₀)	%	/	/	/	/	2.22	0.65	4.3	1.38
Sistem de izolație									
R ₆₀ (IT-JT) 20°C	MΩ	/	/	1163	4028	3840	13000	2300	12000
R ₆₀ (IT-m) 20°C	MΩ	/	/	928	3111	2940	9600	60	4000
R ₆₀ (JT-m) 20°C	MΩ	/	/	716	3375	2240	6850	2200	12000
tgδ (IT) 20°C	%	/	/	/	0.522	0.50	0.26	0.76	0.35
tgδ (JT) 20°C	%	/	/	/	0.799	0.55	0.28	1.1	0.50



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - IC MET CRAIOVA**

Vom prezenta mai jos rezultatele obținute prin aplicarea acestei proceduri la **OLTCHIM Râmnicu Vâlcea** la transformatorul trifazat T02 – 25 MVA, 35/6.3 kV, seria 55592/1967 care este de fapt **primul transformator tratat on-line**, și rezultatele măsurărilor înainte și după revitalizare. Deci: în Tabelul 1 – rezistența de izolație și coeficientul de absorbție; în Tabelul 2 – capacitățile înfășurărilor și tan δ; în Tabelul 3 – rezultatele obținute după măsurarea descărcărilor parțiale; în Tabelul 4 – determinarea umidității și a gradului de îmbătrânire pentru izolația hârtie-ulei, și în Tabelul 5 – analiza uleiului.

Tabel 1: Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor R_{15} , R_{60} și a coeficientului de absorbție K_{abs}

Borne de măsurare	R_T [GΩ]	Înainte de revitalizare				După revitalizare			
		$U_{inc} = 2500$ V		$U_{inc} = 5000$ V		$U_{inc} = 2500$ V		$U_{inc} = 5000$ V	
		Valori măsurate la: $t=30^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=30^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=10^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=10^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$
IT - (JT + masă)	R_{15}	0.0733	0.110	0.0754	0.113	10.77	7.18	12.86	8.57
	R_{60}	0.1773	0.116	0.0791	0.119	19.94	13.29	21.21	16.14
	K_{abs}	1.05	1.05	1.05	1.05	1.85	1.85	1.88	1.88
JT - (IT + masă)	R_{15}	0.0458	0.069	0.0493	0.074	6.48	4.32	7.58	5.05
	R_{60}	0.1498	0.075	0.0531	0.080	12.35	8.23	14.29	9.53
	K_{abs}	1.09	1.09	1.08	1.08	1.90	1.90	1.88	1.88
(IT + JT) - masă	R_{15}	0.0818	0.123	0.0821	0.123	9.35	6.23	11.37	7.58
	R_{60}	0.0855	0.128	0.0864	0.130	19.24	12.83	22.01	14.67
	K_{abs}	1.04	1.04	1.05	1.05	2.05	2.05	1.94	1.94

Tabel 2: Măsurarea capacității înfășurărilor și a coeficientului de pierderi dielectrice al izolației înfășurărilor

Borne de măsurare	C [pF]		Tan δ [%]			
	Înainte de revitalizare	După revitalizare	Înainte de revitalizare		După revitalizare	
	Valori măsurate la: $t=26^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=11^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=26^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$	Valori măsurate la: $t=11^{\circ}C$	Valori calculate la: $t=20^{\circ}C$
IT - (JT + C)m	12031	11402	1.55	1.35	0.38	0.44
JT - (IT+C)m	21002	20023	1.574	1.37	0.4	0.465
(IT+JT) - Cm	15715	14939	1.424	1.24	0.37	0.43
IT - JT; Cm	8633	8245.9	1.635	1.42	0.42	0.49

Tabel 3: Rezultatele obținute după măsurarea descărcărilor parțiale

Faze	Nivel DP [pC]	
	Înainte de revitalizare	După revitalizare
A	500 ÷ 667	50 ÷ 60
B	667 ÷ 833	55 ÷ 66
C	500 ÷ 667	55 ÷ 61

Tabel 4: Determinarea umidității și a gradului de îmbătrânire pentru izolația hârtie-ulei

Nr. crt.	Parametrii măsurați	Înainte de revitalizare	După revitalizare
1	Determinarea gradului de contaminare cu umiditate a izolației solide, la o temperatură de referință de $20^{\circ}C$ [Wh] (%)	3,6	0,16
2	Determinarea umidității uleiului la o temperatură de referință $20^{\circ}C$ [Wu] (ppm)	23,36	5,43
3	Coeficientul de absorbție C_{abs}	1,03	1,92
4	Indicele de polarizare I_p (%)	1,03	2,32
5	Gradul de îmbătrânire a sistemului de izolație (%)	230,9	6,8



INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI PENTRU ELECTROTEHNICĂ - ICMET CRAIOVA

Calea București 144, 200515 CRAIOVA

Tel: +40 351 404 888; +40 351 404 889; Fax: +40 351 404 890; +40 251 415 482; E-mail: market@icmet.ro; testing_services@icmet.ro

www.icmet.ro

Tabel 5: Analize și încercări ale uleiului

Nr. crt.	Parametrii măsurați	Înainte de revitalizare	După revitalizare
1	Tensiunea de străpungere [kV]	46	>60
2	Rigiditatea dielectrică [kV/cm]	184	>240
3	Coeficientul de pierderi dielectrice ($\tan \delta$ la 90°C)	9.8×10^{-3}	5×10^{-3}
4	Tensiunea interfacială apă-ulei la 20°C [dyne/cm]	16.52	47
5	Indicele de neutralizare a acidității apă-ulei [mgKOH/g]	0.081	0.010
6	Conținutul de apă din ulei, la temperatura de 20°C [ppm]	36.3	2.7
7	Conținutul de particule cu $\Phi > 5\mu\text{m}/100\text{ ml}$	17920	14020
8	Analiza cromatografică a gazului dizolvat în ulei		
	H ₂	14	3
	CH ₄	40	2
	C ₂ H ₆	27	4
	C ₂ H ₄	306	6
	C ₂ H ₂	42	3
	CO	167	7
	CO ₂	1522	153
	Conținutul de gaze combustibile [ppm]	596	25
	Conținutul de gaze combustibile [%]	0.2	0.01
9	Conținutul de compuși furanici [ppm] 2FAL	0.39	0.0045



**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE, DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI
PENTRU ELECTROTEHNICĂ - IC MET CRAIOVA**