



TRANSFORMATORU EĻĻU PĀRBAUDES NORMAS

© AS „Latvenergo”, teksts, 2017

© LEEA Standartizācijas centrs „Latvijas Elektrotehnikas komiteja”, noformējums, makets, 2017

Šī energostandarta un tā daļu pavairošana un izplatīšana jebkurā formā vai jebkādiem līdzekļiem bez Standartizācijas centra „Latvijas Elektrotehnikas komiteja” un AS „Latvenergo” rakstiskas atļaujas ir aizliegta.

Latvijas energostandartā **LEK 118** „Transformatoru eļļu pārbaudes normas” veikt sekojošus labojumus:

5.4.2. punktu izteikt sekojošā redakcijā:

Lēmumu par dažādu ražotāju eļļu vai viena ražotāja eļļu ar atšķirīgām piedevām sajaukšanu pieņem tehniskais vadītājs. Pirms eļļu sajaukšanas, iepildīšanas un papildināšanas iekārtā jāveic to saderības pārbaudes:

- 1) stabilitāte pret oksidēšanos saskaņā ar metodi LVS EN 61125;
- 2) savstarpējās reakcijas produktu veidošanās saskaņā ar VGB-S-169-11-2015-11-EN.

Šaubu gadījumos par eļļu atbilstību sajaukšanai, jāgriežas pie eļļas piegādātāja. Eļļas saderības pārbaudē eļļas jāsalej tādā proporcijā, kādā tās tiks izmantotas ekspluatācijā, bet, ja tas nav zināms, tad - 50%/50%.

Pēc eļļu sajaukšanas ieteicams noteikt parametrus, kas aprakstīti 8.1. tabulas p. 4, 5, 6, 8, 9, 10, 17. pārbaudi. Eļļas maisījuma kvalitāte nedrīkst būt sliktāka par papildināmās eļļas kvalitāti. Sajaukšana notiek ar eļļu, kuras kvalitātes rādītāji ir labāki. Atsevišķos gadījumos bez saderības pārbaudes vienu reizi līdz 5 % atļauts sajaukt ar lietotu eļļu, kas pēc LVS EN 60422 atbilst novērtējumam „labi”.

5.1. tabulā iekārtu grupai B1 dzēst norādi par TEC bloka transformatoriem, aili izteikt sekojošā redakcijā:

B1	Spēka transformatori	110kV	jauda > 63 MVA
----	----------------------	-------	----------------

5.3. tabulas ailē ”Stabilitātes pret oksidēšanos” dzēst atsauci uz GOST 981 un aili izteikt sekojošā redakcijā:

Stabilitāte pret oksidēšanos	3-6	LVS EN 61125
------------------------------	-----	--------------

5.9.2.3. punktu papildināt un izteikt sekojošā redakcijā:

5.9.2.3. Ūdens saturs eļļā

Jaunam transformatoram mitruma saturs celulozes izolācijā nepārsniedz 0,5–1,0 %. Ūdens transformatora eļļā ir atkarīgs no iekārtas temperatūras režīma, jo tas atrodas gan eļļā, gan tinuma cietajā izolācijā. Lielākais ūdens daudzums atrodas papīrā. Palielinoties tinuma temperatūrai, ūdens migrē no izolācijas eļļā un temperatūrai pazeminoties – no eļļas tinumā. Lielākais daudzums ūdens atrodas papīrā, tādejādi nelielas temperatūras izmaiņas ievērojami maina eļļā izšķīdušā ūdens apjomu, ūdens saturs papīrā mainās tikai nedaudz.

Ūdens iekļūst iekārtā gan no atmosfēras, gan celulozes un eļļas novecošanās rezultātā. Atkarībā no mitruma daudzuma gaisā, no izolējošās sistēmas temperatūras un no eļļas stāvokļa, mitruma saturs eļļā iespaido:

- 1) eļļas caursišanas spriegumu;
- 2) cieto izolāciju;
- 3) šķidrās un cietās izolācijas novecošanās tendences.

Ūdens saturs eļļās 8.1., 8.2., 8.3. un 8.4. tabulās noteikts pie temperatūras 20 °C.

Nosakot ūdens saturu strādājošā iekārtā nepieciešams veikt eļļā noteiktā ūdens satura korekciju, izmantojot 5.4. tabulā vai 5.1. attēlā dotos korekcijas koeficientus.

Korekcijas koeficientu temperatūrām atšķirīgām no 5.4. tabulā vai 5.1. attēlā dotajiem var aprēķināt pēc formulas:

$$K_{kor} = 2.24e^{-0.04 \cdot t_{eļļa}},$$

kur:

K_{kor} – korekcijas koeficients;

$t_{eļļa}$ – eļļas temperatūra °C

Piezīme 1: Koriģētās vērtības ir derīgas tikai atšķirīgās temperatūrās iegūtu eļļas paraugu rezultātu salīdzināšanai. Ūdens saturs eļļā ir faktiskās izmērītās vērtības, nevis koriģētās.

Piezīme 2: Šī formula nav izmantojama, ja eļļas temperatūra ir zemāka par 20 °C.

Transformatoru izvadu eļļas temperatūru °C var aprēķināt pēc formulas:

$$t_{izvadu} = 0.66t_{eļļa} + 0.34t_{gaisa},$$

kur:

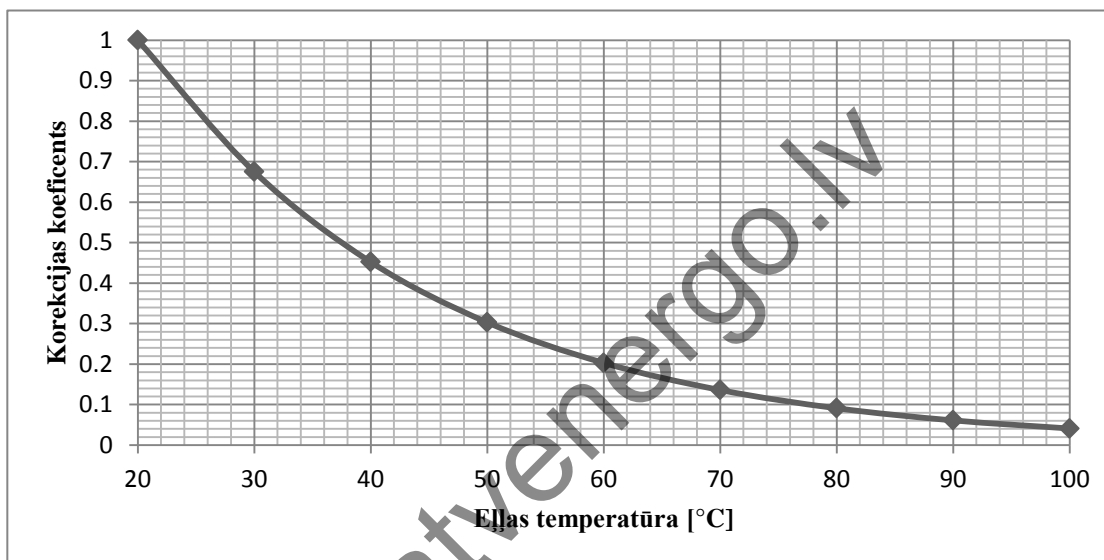
$t_{eļļa}$ – transformatora augšējo slāņu eļļas temperatūra °C;

t_{gaisa} – apkārtējās vides gaisa temperatūra °C.

5.4. tabula

Transformatora eļļā izšķīdušā ūdens saturs korekcijas koeficienti atkarībā no eļļas temperatūras

Eļļas temperatūra, °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Korekcijas koeficients	1,00	0,675	0,452	0,303	0,203	0,136	0,091	0,061	0,041



5.1. attēls - Transformatora eļļā izšķīdušā ūdens saturs korekcijas koeficienti atkarībā no eļļas temperatūras

Piemērs:

- 1) Eļļas temperatūra ir 40 °C.
- 2) Noteiktais ūdens saturs pie 40 °C ir 10 ppm.
- 3) Korekcijas faktors no tabulas ir 0,452.
- 4) Ūdens saturs eļļā pie 20 °C ir $10 \times 0,452 = 4,52$ ppm.

Pēc ūdens saturs noteikšanas eļļā, stabilā darba režīmā esošam transformatoram, pielietojot Myera koeficientu iespējams izvērtēt mitruma saturu transformatora cietajā izolācijā (skatīt 3. pielikumu).

Mitruma saturs transformatora cietajā izolācijā robežvērtības:

- 1) 0-2% - sausa izolācija;
- 2) 2-4% - mitra izolācija;

3) >4% - ļoti mitra izolācija.

Ja eļļas temperatūra ir zemāka par 20 °C ir jāpielieto atšķirīga pieeja analīžu rezultātu interpretēšanai.

Ūdens šķīdība tipiskai, izolācijas minerāleļļai ir nosakāma pēc formulas:

$$\text{Log}W_s = 7.0895 - \left(\frac{1567}{T}\right),$$

kur

W_s – ir šķīdība ūdenī neizmantotā transformatoru eļļā [ppm];

T – absolūtā eļļas temperatūra [K]

$$\text{Piesātinājums [\%]} = \left(\frac{\text{Ūdens saturs [ppm]}}{W_s}\right) \cdot 100,$$

Piemērs:

- 1) Ūdens saturs = 10[ppm].
- 2) Eļļas temperatūra = 19°C.
- 3) $\text{Log}W_s = 7.0895 - \left(\frac{1567}{292.15}\right) = 1.7258$.
- 4) $W_s = 53.186$.
- 5) Piesātinājums [%] = $\left(\frac{10}{53.186}\right) \cdot 100 = 18.8\%$.

5.5. tabula

Vadlīnijas iegūtā ūdens piesātinājuma [%] rezultātu interpretācijai

Ūdens piesātinājums [%] eļļā	Celulozes izolācijas stāvoklis
≤5	Sausa izolācija
>5, ≤20	Mēreni mitra izolācija, mazāki skaitļi līdz vidus līmenim norāda, ka izolācija ir diezgan sausa. Vērtības tuvāk augšējam līmeni norāda ka izolācija ir mēreni mitra.
>20, ≤30	Mitra izolācija
>30	Ļoti slapja izolācija

7.4. punktā dzēst vārdus “ar gāzu” un punktu izteikt sekojošā redakcijā:

7.4. Transformatora eļļas gāzu hromatogrāfiskās analīzes kontroli A, B un C1 grupas transformatoriem jāveic sekojošā periodiskumā:

7.1. tabulas rindā 10 piezīmi antioksidantu piedevai mainīt no a) uz d), izteikt sekojošā redakcijā:

10	Antioksidantu piedeva ^d	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
----	------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

7.1. tabulas rindā 11 Virsmas spraugums mainīt Kontaktora pārbaudi no “+” uz “-“, izteikt sekojošā redakcijā:

11	Virsmas spraugums ^e	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
----	--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

8.4. ailē tabulas “3. Ūdens saturs, ppm” precizēt aili Piezīmes, rekomendācijas, izteikt sekojošā redakcijā:

Daļēji apmierinošs- skatīt šīs tabulas pp. 2., 4., 5., 7. analīžu rezultātus. Neapmierinošs – nomainīt, vai reģenerēt eļļu. Noteiktajam mitruma daudzumam nepieciešama korekcija uz 20 °C atbilstoši punktam 5.9.2.3.

8.6. tabulu izteikt šādā redakcijā:

8.6. tabula

Robežu koncentrācijas 110-330 kV transformatoriem

Iekārta	Gāzu koncentrācijas līmenis ⁴⁾	Gāzu koncentrācija, ppm									Degošo gāzu summa
		H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	CO	CO ₂	
Bijušajā PSRS ražotajiem tīklu transformatoriem	1	<60	<45	<1	<15	<30			$< \frac{350^{1)}}{400}$	<1500	<100
	2	60-100	45-100	1-10	15-100	30-50			$\frac{350 - 500^{1)}}{400 - 600}$	$1500 - \frac{6000(2000)^{2)}}{8000(4000)}$	100-315
	3	>100	>100	>10	>100	>50	>40	>40	$> \frac{500^{1)}}{600}$	$> \frac{6000(2000)^{2)}}{8000(4000)}$	>315
Transformatoriem bez RZS ³⁾ , kas ražoti saskaņā ar IEC standartu prasībām	1	<60	<45	<1	<15	<20			<250	<1500	<100
	2	60-90	45-100	1-5	15-60	20-40			250-400	1500-3800	100-315
	3	>90	>100	>5	>60	>40	>40	>40	>400	>3800	>315
Transformatoriem ar RZS ³⁾ , kas ražoti saskaņā ar IEC standartu prasībām	1	<60	<45	<1	<15	<30			<250	<1500	<100
	2	60-100	45-100	1-10	15-70	30-50			250-400	1500-3800	100-315
	3	>100	>100	>10	>70	>50	>40	>40	>400	>3800	>315

Piezīme 1: CO skaitītājā vērtības uzrādītas transformatoriem ar slāpekļa vai plēves aizsardzību, bet saucējā – transformatoriem ar “brīvo elpošanu”.

Piezīme 2: CO₂ skaitītājā vērtības uzrādītas transformatoriem ar ekspluatācijas ilgumu līdz 10 gadiem; saucējā – vairāk par 10 gadiem; iekavās norādīti dati transformatoriem ar slāpekļa vai plēves aizsardzību.

Piezīme 3: ar RZS transformatora sprieguma regulēšana slodzes režīmā, kur transformatora sprieguma slogregulatora nodalījums nav pilnīgi izolēts no galvenās bākas vai attiecīgiem (atbilstošiem) konservatoriem un ir iespējama eļļas un/vai gāzes sadalījuma pārvietošanās. Šīs gāzes var piesārņot eļļu galvenajā bākā un ietekmēt šo tipu aparātu normālo gāzu koncentrāciju vērtību. Bez RZS – transformatori, kam nav sprieguma regulēšanas slodzes režīmā vai, ja tāda sistēma ir, tad tā ir atdalīta no galvenās tvertnes.

Piezīme 4: 1. līmenis – defektu neesamība; 2. līmenis – nepieciešama papildus kontrole, par turpmāko lietošanu lēmumu pieņem atbildīgais par transformatora ekspluatāciju. 3. līmenis – ar paaugstinātu bīstamību, lēmumu par turpmāko lietošanu pieņem tehniskais vadītājs. C₃H₆ un C₃H₈ 40 ppm un lielāka koncentrācija liecina par pārkāršanas procesiem transformatora tvertnē.

8.7. tabulu precizēt un izteikt sekojošā redakcijā:

8.7. tabula

Spēka transformatoru ražotu atbilstoši GOST prasībām defekta raksturs atkarībā no transformatora eļļā izšķīdušo gāzu koncentrācijas attiecībām

Bojājuma raksturs	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆
Dabīgais novecojums	< 0,1	0,1-1	≤ 1
Zemas enerģijas daļējas izlādes	< 0,1	< 0,1	≤ 1
Augstas enerģijas daļējas izlādes	0,1-3	< 0,1	≤ 1
Izlādes ar zemu enerģiju	> 0,1	0,1-1	1-3
Izlādes ar augstu enerģiju	0,1-3	0,1-1	≥ 3
Termiskais defekts ar temperatūru <150 °C	< 0,1	0,1-1	1-3
Termiskais defekts ar temperatūru 150-300 °C	< 0,1	≥ 1	≤ 1
Termiskais defekts ar temperatūru 300-700 °C	< 0,1	≥ 1	1-3
Termiskais defekts ar temperatūru >700 °C	< 0,1	≥ 1	≥ 3

8.8. tabulu precizēt un izteikt sekojošā redakcijā:

8.8. tabula

Spēka transformatoru ražotu atbilstoši IEC standartu prasībām defekta raksturs atkarībā no transformatora eļļā izšķīdušo gāzu koncentrāciju attiecībām

Bojājuma raksturs	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆
Daļējas izlādes	NS	< 0,1	< 0,2
Izlādes ar zemu enerģiju	> 1	0,1-0,5	> 1
Izlādes ar augstu enerģiju	0,6-2,5	0,1-1	> 2
Termiskais defekts ar temperatūru <300 °C	NS	> 1, bet NS	< 1
Termiskais defekts ar temperatūru 300-700 °C	< 0,1	> 1	1-4
Termiskais defekts ar temperatūru >700 °C	< 0,2 ³⁾	> 1	> 4

Piezīme 1: Šīs attiecības ir nozīmīgas un tiek rēķinātas tikai tad, ja vismaz viena gāze sasniedz 90% no robežkoncentrācijas, kas norādītas 8.6. tabulā.

Piezīme 2: Pazīmes, ka sākas cietās izolācijas destrukcija transformatoros izgatavotos saskaņā ar IEC standartu prasībām CO₂/CO < 3, transformatoros izgatavotos saskaņā ar GOST standartu prasībām 13<CO₂/CO < 5.

Piezīme 3: Temperatūra bojājuma vietā var pārsniegt 1000°C.

Piezīme 4: Jaunā iekārtā attiecība O₂/ N₂ tuvojas 0,5, ekspluatācijā eļļas un/vai papīra izolācijas novecojuma rezultātā tā samazinās. Gadījumā, ja O₂/ N₂ tuvojas 0,3, nepieciešams meklēt cēloņus.

NS – nav svarīgi, lai kāda būtu vērtība.