



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران



استاندارد ملی ایران

۲۳۶۴۵

چاپ اول

۱۴۰۳

INSO

23645

1st Edition

2024

Iran National Standards Organization

سیالات برای کاربردهای الکتروتکنیکی -  
روغن عایق معدنی ترانسفورماتور تصفیه  
فیزیکی - شیمیایی شده در محل -  
ویژگی‌ها

**Fluids for electrotechnical applications-  
Insitu physico-chemical reclaimed  
mineral insulating transformer oil –  
Specifications**

ICS: 75.100, 29.040

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۶۴۵ ( چاپ اول ) : سال ۱۴۰۳

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@inso.gov.ir](mailto:standard@inso.gov.ir)

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

**Iran National Standards Organization (INSO)**

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran.P

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@inso.gov.ir](mailto:standard@inso.gov.ir)

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سیالات برای کاربردهای الکتروتکنیکی - روغن عایق معدنی ترانسفورماتور تصفیه فیزیکی -

شیمیایی شده در محل - ویژگی‌ها »

### رئیس:

امینیان، وحید  
(کارشناسی ارشد شیمی)

### سمت و/یا محل اشتغال:

پژوهشگاه استاندارد

### دبیر:

قلی‌پور زنجانی، نوشین  
(دکتری مهندسی شیمی)

پژوهشگاه استاندارد

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آستانه، سعید  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

شرکت نوین نت پارس

آقایی‌فر، آرش  
(کارشناسی مهندسی برق - کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی)

شرکت الوند توان انرژی

الهی‌فر، لیلا  
(دکتری شیمی)

نیروگاه برق شریعتی

امیری، حمید  
(دکتری مهندسی شیمی)

دانشگاه اصفهان

ایوبی، علی  
(دکتری نانو تکنولوژی)

نیروگاه برق دماوند  
شرکت کاوشگران صنعتی پارت کیهان

باباحسینی، رئوف  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

نیروگاه برق دماوند

براتی، صادق  
(کارشناسی مهندسی برق - کارشناسی ارشد مدیریت)

شرکت برق منطقه‌ای استان اصفهان

**سمت و/یا محل اشتغال:**

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت توزیع نیروی برق استان یزد	برزگری فیروزآبادی، علی (کارشناسی مهندسی برق)
پژوهشگاه استاندارد	بیگلری، حسن (کارشناسی ارشد شیمی)
شرکت نفت ایرانول	پورولی، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی راکتور)
نیروگاه سیکل ترکیبی سنندج	جعفری رمشتی، ناصر (کارشناسی مهندسی برق)
شرکت نفت سپاهان	حافظ فرقان، مجید (کارشناسی ارشد شیمی)
شرکت برق منطقه ای سیستان و بلوچستان	حیدری صادق، محمدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی برق)
پژوهشگاه استاندارد	ربعی، حسین (دکتری شیمی)
اداره کل استاندارد استان اصفهان	رجالی، فرحناز (دکتری شیمی)
شرکت نفت سپاهان	رحمانیان، احمد (دکتری شیمی)
نیروگاه برق حرارتی طوس	رضایی، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی برق)
شرکت ملی صنایع پتروشیمی	رمضانی، مصطفی (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)
شرکت توزیع نیروی برق یزد	زابلی، علی اکبر (کارشناسی مهندسی برق)

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سبزی، علی (کارشناسی ارشد شیمی)	پژوهشگاه نیرو- عضو کمیته فنی IEC/TC10
سلیمانی، داود (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت توان کاونت
شاهرضایی، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	شرکت توزیع برق منطقه‌ای البرز
شیرخانی، مژگان (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	پژوهشگاه صنعت نفت
طاهری، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت البرزتدبیرکاران
علی نظری، احمدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	سازمان ملی استاندارد
فروزنده شهری، مرتضی (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	نیروگاه سیکل ترکیبی گلستان ( علی آباد کتول)
فرمنش، محمدرضاستین (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت نفت بهران
قاضی میرسعید، سید مرتضی (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	نیروگاه برق رودشور (زیمنس انرژی)
کریمی منش، علی (کارشناسی مهندسی برق - کارشناسی ارشد مدیریت)	شرکت توزیع برق منطقه‌ای البرز
کمالی، مهدی (دکتری مهندسی محیط زیست)	دانشگاه اصفهان
مرادی، مونا (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت توان کاونت

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

شرکت کاوشگران صنعتی پارت کیهان

مشتاقی منعم، کمال الدین  
(دکتری مهندسی شیمی)

شرکت توزیع برق منطقه‌ای البرز

مقراضی، مسعود  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشگاه استاندارد

مقدم‌منش، محمدرضا  
(دکتری شیمی)

نیروگاه برق حرارتی طوس

میرمرتضوی، سیدناصر  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

شرکت البرز تدبیرکاران

ناصری، رضا  
(کارشناسی ارشد برق)

نیروگاه برق حرارتی طوس

نیازی، اسماعیل  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشگاه صنعت نفت

هاشمی، سیدمسعود  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

نیروگاه برق حرارتی طوس

یاسین‌زاده، محمدحسن  
(کارشناسی ارشد برق)

شرکت کاوشگران صنعتی پارت کیهان

یادگاری نیارکی، حمیدرضا  
(کارشناسی مهندسی شیمی)

**ویراستار:**

پژوهشگاه استاندارد

ابراهیم، الهام  
(کارشناسی شیمی کاربردی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۴	۳ اصطلاحات و تعاریف
۸	۴ نمونه‌برداری
۸	۵ ویژگی‌ها
۱۵	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) طبقه‌بندی تجهیزات الکتریکی و تعیین فعالیت‌های لازم براساس نوع تجهیز
۲۲	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد « سیالات برای کاربردهای الکتروتکنیکی - روغن‌عایق‌معدنی ترانسفورماتور تصفیه فیزیکی - شیمیایی شده در محل - ویژگی‌ها » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه تهیه و تدوین شده است، در سید و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد تجهیزات و فرآورده‌های نفتی مورخ ۱۴۰۳/۰۲/۱۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت؛ بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

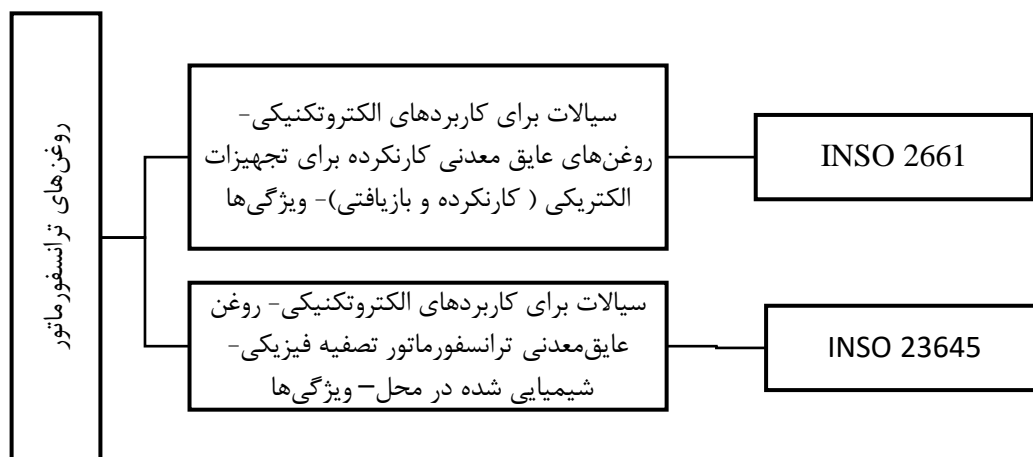
- 1- IEC 60422:2013+ Cor1:2013, Mineral insulating oils in electrical equipment- Supervision and maintenance guidance.
- 2- IEEE C57.637:2015, IEEE Guides for reclamation of mineral insulation oil and criteria for its use.
- 3- IEC 60296:1982, Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear.

روغن‌های عایق معدنی بر اثر شرایط کاری و آلودگی‌های مختلف دچار تخریب شیمیایی می‌شوند و ترکیبات اسیدی، آلدهید، کتون، الکل و لجن در آن‌ها تولید می‌شود. این آلودگی‌های شیمیایی که بخشی از آن‌ها ترکیبات قطبی هستند، به دلیل قطبیده شدن در میدان‌های الکتریکی سبب تغییر ویژگی‌های عایقی، فیزیکی و شیمیایی روغن می‌شوند، به نحوی که دیگر روغن نمی‌تواند وظایف خود را درون تجهیز الکتریکی به خوبی انجام دهد. در این شرایط فرایند تصفیه شیمیایی یا فیزیکی انجام می‌شود.

حدود عملکردی و ویژگی‌های روغن‌های عایق در تجهیزات الکتریکی مختلف با توجه به نوع و طراحی آن متفاوت است، به طوری که حدود قابل قبول برای روغن‌هایی که می‌توانند همچنان استفاده شوند به نیازهای دستگاه ترانسفورماتور خاص بستگی دارند.

روغن‌هایی که حدود پیشنهادی استاندارد را مطابق با کلاس ولتاژی تجهیز ندارند، می‌توانند برای تجهیزاتی با رده ولتاژی پایین‌تر (به شرط آنکه مطابق الزامات استاندارد در آن رده ولتاژی باشند) مورد استفاده مجدد قرار بگیرند یا می‌توانند تصفیه فیزیکی یا تصفیه شیمیایی شوند تا در همان رده کلاس ولتاژی مورد استفاده قرار گیرند. این استاندارد ویژگی‌های روغن ترانسفورماتور تصفیه شده در محل را مشخص می‌کند.

در ارتباط با روغن‌های ترانسفورماتور، مجموعه استانداردها مطابق شکل ۱ می‌باشند.



شکل ۱- مجموعه استانداردها و زیرساخت‌ها

## سیالات برای کاربردهای الکتروتکنیکی - روغن عایق معدنی ترانسفورماتور تصفیه

### فیزیکی - شیمیایی شده در محل - ویژگی‌ها

هشدار - در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی و حفاظت محیط زیست درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشتی و ایمنی مناسب و رعایت دستورالعمل‌های سازمان حفاظت محیط زیست اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین ویژگی‌های روغن‌های عایق معدنی ترانسفورماتور (از جمله روغن‌های نفتنیک، پارافینیک و همچنین هیدروکربن‌های با وزن مولکولی بالا) تصفیه فیزیکی - شیمیایی شده در محل<sup>۱</sup> است.

این استاندارد برای روغن‌های نو ترانسفورماتور و روغن‌هایی که در واحدهای تولید روغن یا خارج از محل<sup>۲</sup> مورد تصفیه قرار می‌گیرند، کاربرد ندارد. در این موارد به استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱ مراجعه شود.

این استاندارد برای روغن‌های «کلیدهای قطع و وصل»<sup>۳</sup>، «کلید تنظیم ولتاژ (تپ‌چنجر)»<sup>۴</sup>، «کلیدهای برگردان (دایورتر)»<sup>۵</sup>، «ترانسفورماتورهای CT و PT»<sup>۶</sup> و «روغن کابل»<sup>۷</sup> کاربرد ندارد.

این استاندارد برای روغن‌های آسکارل یا آلوده به بیش از ۵۰ ppm از PCB<sup>۸</sup> کاربرد ندارد.

یادآوری - منظور از «در محل»، محل استقرار مخزن روغن ترانسفورماتور است.

#### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

- 
- 1- onsite/ insitu
  - 2- offsite
  - 3- Switchgear
  - 4- Tap changer
  - 5- Diverter
  - 6- Current transformer and potential transformer
  - 7- Cable oil
  - 8- Polychlorinated biphenyls

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱، سیالات برای کاربردهای الکتروتکنیکی - روغن‌های عایق معدنی کارنکرده برای تجهیزات الکتریکی (کارنکرده و بازیافتی) - ویژگی‌ها؛

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۳۰، روش‌های نمونه‌گیری از دی‌الکتریک‌های مایع

**2-3 ASTM D93, Standard test methods for flash point by pensky-martens closed cup tester**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۹۵: سال ۱۴۰۰، اندازه‌گیری نقطه اشتعال با دستگاه سربسته پنسکی - مارتنز - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D93: 2020 تدوین شده است.

**2-4 ASTM D971, Standard test method for interfacial tension of oil against water by the ring method**

**2-5 ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color-indicator titration**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹: سال ۱۴۰۱، فراورده‌های نفتی - اندازه‌گیری عدد اسیدی و بازی به روش تیتراسیون با شناساگر رنگی - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D974: 2021 تدوین شده است.

**2-6 ASTM D1275, Standard test method for corrosive sulfur in electrical insulating oils**

**2-7 ASTM D4243, Standard test method for measurement of average viscometric degree of polymerization of new and aged electrical papers and boards**

**2-8 ASTM D6304, Standard test method for determination of water in petroleum products, lubricating oils, and additives by coulometric Karl Fischer titration**

**2-9 ASTM D7042, Standard test method for dynamic viscosity and density of liquids by stabinger viscometer (and the calculation of kinematic viscosity)**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۷۵: سال ۱۳۹۵، اندازه‌گیری گرانیوی دینامیک و چگالی مایعات به وسیله گرانیوی سنج استابینگر (و محاسبه گرانیوی کینماتیک) - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D7042: 2004 تدوین شده است.

**2-10 DIN 51353, Testing of insulating oils; Detection of corrosive sulphur; Silver strip test**

**2-11 IEC 60156, Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۸۵۹: سال ۱۳۹۷، مایعات عایقی - تعیین ولتاژ شکست در فرکانس قدرت - روش آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 60156: 2018 تدوین شده است.

**2-11 IEC 60247, Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan  $\delta$ ) and d.c. resistivity**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۳۷: سال ۱۳۸۶، مایعات عایق - اندازه‌گیری گذردهی الکتریکی نسبی - ضریب افت دی‌الکتریک ( $\tan\Delta$ ) و مقاومت مخصوص D.C.، با استفاده از استاندارد IEC 60247: 2004 تدوین شده است.

**2-12 IEC 60666: 2010, Detection and determination of specified additives in mineral insulating oils**

**2-13 IEC 60814, Insulating liquids – Oil-impregnated paper and pressboard– Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۸۱۴: سال ۱۳۹۲، مایعات عایقی - کاغذ و تخته فشرده اشباع شده با روغن - تعیین مقدار آب با تیتراسیون کارل فیشر با روش کولن سنجی خودکار، با استفاده از استاندارد IEC 60814: 1997 تدوین شده است.

**2-14 IEC 60970, Insulating liquids– Methods for counting and sizing particles**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۳۵: سال ۱۳۹۵، مایعات عایقی - روش‌های شمارش و تعیین اندازه ذرات، با استفاده از استاندارد IEC 60970: 2007 تدوین شده است.

**2-15 IEC 61125, Unused hydrocarbon based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹۷۸: سال ۱۳۹۸، مایعات عایقی - پایداری اکسیداسیون - ارزیابی پایداری اکسیداسیون مایعات عایقی حین تحویل - روش‌های آزمون، با استفاده از IEC 61125: 2018 تدوین شده است.

**2-16 IEC 61198, Mineral insulating oils– Methods for the determination of 2-furfural and related compounds**

**2-17 IEC 61619, Insulating liquids– Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) – Method of determination by capillary column gas chromatography**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۹: سال ۱۳۹۲، مایعات عایقی - آلودگی با بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه (PCBها) - کروماتوگرافی گازی با ستون موبینگ، با استفاده از استاندارد IEC 61619: 1997 تدوین شده است.

**2-18 IEC 62021-1, Insulating liquids– Determination of acidity– Part 1: Automatic potentiometric titration**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۴۴-۱: سال ۱۳۸۶، مایعات عایق‌کننده - تعیین میزان اسیدیته - قسمت ۱: عیارسنجی پتانسیومتری خودکار، با استفاده از استاندارد IEC 62021-1: 2003 تدوین شده است.

**2-19 IEC 62021-2, Insulating liquids– Determination of acidity – Part 2: Colourimetric titration**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۶۲۰۲۱-۲: سال ۱۳۹۲، مایعات عایقی - تعیین میزان اسیدیته - قسمت ۲: تیتراسیون رنگ - سنجی، با استفاده از استاندارد IEC 62021-2: 2007 تدوین شده است.

**2-20 IEC 62535: 2008, Insulating liquids– Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oils**

**2-21** IEC 62961, Insulating liquids – Test methods for the determination of interfacial tension of insulating liquids – Determination with the ring method

**2-22** ISO 2049, Petroleum products, Determination of colour (ASTM scale)

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۳: سال ۱۳۹۳، فرآورده های نفتی – تعیین رنگ براساس ASTM (مقیاس رنگ ASTM)، با استفاده از استاندارد ASTM D1500: 2012 تدوین شده است.

**2-23** ISO 2719, Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method

**2-24** ISO 3016, Petroleum and related products from natural or synthetic sources – Determination of pour point

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱: سال ۱۳۹۷، فرآورده های نفتی – اندازه گیری نقطه ریزش – روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D97: 2017 تدوین شده است.

**2-25** ISO 3675, Crude petroleum and liquid petroleum products – Laboratory determination of density – Hydrometer method

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۰: سال ۱۳۹۷، فرآورده های نفتی – اندازه گیری گرانیروی کینماتیک مایعات شفاف و تیره (و محاسبه گرانیروی دینامیک) – روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D445: 2012 تدوین شده است.

**2-26** ISO 4406:1999, Hydraulic fluid power- Fluids-Method for coding the level of contamination by solid particles

**2-27** ISO 12185, Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱، اصطلاحات و تعاریف زیر کاربرد دارند<sup>۱</sup>:

۱-۳

#### روغن های عایق معدنی

##### mineral insulating oils

سیالات عایق الکتریکی مورد استفاده در ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات الکتریکی که از تصفیه و پالایش ترکیبات نفتی یا سایر هیدروکربن ها حاصل شده اند.

---

۱ - اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC، در وبگاه های <https://www.iso.org/obp> و <http://www.electropedia.org> در دسترس است.

۲-۳

### افزودنی

#### additive

ترکیب یا ترکیبات شیمیایی که به سیال عایق اضافه می‌شوند تا ویژگی جدیدی به آن بدهند یا ویژگی قبلی آن را بهبود دهند. از جمله افزودنی‌ها آنتی‌اکسیدان‌ها، غیرفعال‌کننده فلزات<sup>۱</sup>، مواد از بین‌برنده بارالکترواستاتیک، بهبوددهنده‌های جلوگیری‌کننده از تولید گاز، بهبوددهنده‌های نقطه‌ریزش و ضدکف هستند.

۳-۳

### آسکارل

#### Askarel

#### PCBs

#### Polychlorinated biphenyls (PCBs)

اصطلاحی عمومی برای گروهی از هیدروکربن‌های آروماتیکی کلردار سنتزی دارای دو حلقه فنیل (کربن ۶ تایی) با دو اتم کلر یا بیشتر متصل به حلقه است که در برابر آتش مقاوم بوده و قبلاً به‌عنوان سیالات عایق الکتریکی استفاده می‌شده‌اند. در شرایط جرقه الکتریکی گازهای تولیدشده از آن عمدتاً هیدروژن کلرید غیرقابل اشتعال با مقادیر ناچیزی از گازهای قابل اشتعال هستند. تولیدکنندگان آسکارل آن‌ها را با نام‌های مختلف تجاری PCB تولید و عرضه کرده‌اند.

**یادآوری-** به دلیل خطرات زیست محیطی و سلامتی ناشی از این مواد، بسیاری از کشورها از جمله ایران، از ابتدای دهه ۱۹۷۰ تولید آن‌ها را ممنوع و استفاده از آن‌ها را محدود کرده‌اند. به ردیف ۱ کتابنامه مراجعه شود.

۴-۳

### هیدروکربن‌های با وزن مولکولی بالا

#### High molecular weight hydrocarbons

#### HMWH

سیال عایق و خنک‌کننده با قابلیت اشتعال پایین بر پایه هیدروکربن‌های پارافینیک تصفیه‌شده برای استفاده در ترانسفورماتورهای مقاوم در برابر آتش در مکان‌های سرپوشیده و فضای باز، که ویژگی‌های سیال نو مطابق با

---

1 - Metal passivator

استاندارد ASTM D5222 است. به دلیل شباهت آن‌ها به روغن‌های عایق معدنی رایج، موارد درج‌شده در این استاندارد برای تصفیه شیمیایی روغن‌های HMWH نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. **یادآوری** - در این‌گونه موارد به دستورات سازنده روغن‌های HMWH برای شرایط خاص و توصیه‌های ویژه مراجعه شود.

### ۵-۳

#### روغن تصفیه فیزیکی - شیمیایی شده

##### **Physico-chemical reclaimed /regenerated oil**

روغن‌های خارج از رده‌ای که از تجهیز الکتریکی خارج نشده‌اند و با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای روغن‌های عایق کارکرده بازپالایش می‌شوند، به نحوی که قابلیت کاربرد مجدد در تجهیزات الکتریکی را داشته باشند.

### ۶-۳

#### روغن بازیافت

##### **recycled oil**

روغن‌های خارج از رده‌ای که از تجهیز الکتریکی خارج شده‌اند و در کارخانجات به روش‌های مختلف مورد بازیابی قرار گرفته‌اند.

**یادآوری** - روغن‌های بازیافت‌شده، خارج از محدوده کاربرد این استاندارد هستند.

### ۷-۳

#### روغن بازپالایش

##### **re-refined oil**

روغن‌های خارج از رده‌ای که از تجهیز الکتریکی خارج شده‌اند و با استفاده از روش‌های پالایشگاهی برای روغن‌های عایق کارکرده بازپالایش شده‌اند، به نحوی که قابلیت کاربرد مجدد در تجهیزات الکتریکی را داشته باشند.

**یادآوری** - روغن بازپالایش، خارج از محدوده کاربرد این استاندارد است.

۸-۳

### تصفیه فیزیکی

#### reconditioning

حذف آلودگی‌های فیزیکی مانند ذرات، رطوبت و گازهای محلول از روغن به روش‌های فیزیکی است. **یادآوری** - روش‌های مبتنی بر فیلتراسیون، استفاده از سانتریفوژ، ته‌نشینی، خشک‌سازی<sup>۱</sup> روغن تحت خلا و سیرکولاسیون روغن در دسته تصفیه فیزیکی قرار می‌گیرند.

۹-۳

### تصفیه شیمیایی

#### reclamation/regeneration

بازگرداندن روغن به حالت قابل استفاده به وسیله حذف آلودگی‌ها و محصولات ناشی از تخریب روغن مانند ترکیبات قطبی، اسیدی، آلدئیدها، کتون‌ها و سایر آلودگی‌های شیمیایی در سایت بدون نقل و انتقال روغن به کارخانه است. این روش همواره با تصفیه فیزیکی روغن در ابتدای فرایند تصفیه همراه است و به صورت کلی تصفیه فیزیکی و شیمیایی نامیده می‌شود.

۱۰-۳

### تصفیه شیمیایی آنلاین

#### online-oil reclamation/regeneration

انجام عملیات تصفیه فیزیکی شیمیایی روغن ترانسفورماتور در حالت برق‌دار بودن ترانسفورماتور و بدون تخلیه روغن ترانسفورماتور و بدون نقل و انتقال آن است. این روش به دلیل وجود لرزش‌های هسته و گرم‌بودن آن و چرخش روغن درون ترانسفورماتور، بسیار موثر هستند.

انجام عملیات تصفیه فیزیکی-شیمیایی روغن باید با رعایت اصول بهره‌برداری و حفاظت از ترانسفورماتور انجام پذیرد، به نحوی که سرعت گردش روغن با توجه به حجم روغن ترانسفورماتور متناسب و باعث تحریک کاذب رله بوخهولتز<sup>۲</sup> نشود. همچنین سطح روغن درون کنسرواتور ترانسفورماتور باید پایش شده تا سطح در بازه ایمن

---

1 - Drying

2-Buchhoz relay

باشد. برای جلوگیری از ورود حباب هوا به ترانسفورماتور باید از سیستم‌های هواگیر در ورودی روغن به ترانسفورماتور استفاده شود.

۱۱-۳

### تصفیه شیمیایی آفلاین

#### offline- oil reclamation/regeneration

انجام عملیات تصفیه فیزیکی شیمیایی روغن ترانسفورماتور در حالت خاموش بودن ترانسفورماتور و بدون تخلیه کامل روغن ترانسفورماتور و نقل و انتقال آن است.

گاهی ممکن است به دلیل خارج از مدار بودن ترانسفورماتور برای بازدید یا انجام تعمیرات، روغن آن به صورت موقت به مخزنی در کنار ترانسفورماتور برای زمانی محدود انتقال یابد، در این حالت پس از تصفیه شیمیایی روغن درون مخزن موقت، حتماً باید پس از تزریق روغن به درون ترانسفورماتور عملیات تصفیه شیمیایی روغن درون ترانسفورماتور حداقل یک بار صورت پذیرد.

#### ۴ نمونه برداری

نمونه برداری باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۳۰ انجام شود. ضمناً نمونه برداری روغن باید از شیر نمونه برداری پایین ترانسفورماتور انجام شود.

**یادآوری** - توصیه می‌شود نمونه برداری با توجه به نیاز به همگن شدن فرآورده و افزودنی، یک روز بعد از پایان تصفیه شیمیایی انجام شود، زیرا ممکن است رطوبت کاغذ عایقی هسته و لجن و رسوب‌های جزئی محبوس در لایه‌های داخلی کاغذ به مرور زمان در روغن دوباره حل شوند و سبب تغییر برخی از ویژگی‌های روغن شوند.

#### ۵ ویژگی‌ها

##### ۵-۱ ویژگی‌های روغن برای انجام تصفیه فیزیکی

در صورتی که روغن آلوده به رطوبت یا ذرات باشد، باید تصفیه فیزیکی شود. ویژگی‌های روغنی که باید تصفیه فیزیکی شود (و نیاز به تصفیه شیمیایی ندارد)، باید حداقل مطابق شرایط ذکر شده در جدول ۱ باشد. در صورتی که عدد اسیدی بیشتر یا کشش سطحی کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول ۱ باشند، صرفه اقتصادی عملیات تصفیه فیزیکی باید مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۱- ویژگی‌های روغن برای انجام تصفیه فیزیکی با توجه به رده ولتاژی ترانسفورماتور

مقدار <sup>a</sup>			واحد	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	روش آزمون	ویژگی	ردیف
بیشتر از ۱۷۰kV	۷۲,۵kV - ۱۷۰kV	کمتر از ۷۲,۵ kV					
مشخصات فیزیکی روغن							
۲۴			mN/m	IEC62961	ASTMD971 IEC62961	کشش بین- سطحی (IFT) <sup>۱</sup> ، بیشتر از	۱
مشخصات الکتریکی روغن							
۵۰	۴۰	۳۰	kV	--	IEC60156	ولتاژ شکست ۵۰-Hz (BV) <sup>۲</sup> ، کمتر از	۲
مشخصات شیمیایی روغن							
۰,۲			mg KOH/g Oil	IEC62021- 2	IEC62021-1 IEC62021-2 ASTMD974 ASTMD664	عدد اسیدی کل (TAN) <sup>۳</sup> ، کمتر از	۳
۲۰	۳۰	۴۰	ppm	IEC60814	IEC60814 ASTMD6304	میزان آب در دمای عملیاتی ترانسفورماتور، بیشتر از	۴
<sup>a</sup> مقادیر تعیین شده در این جدول برای روغن‌های مورد استفاده برای ولتاژ ۲۰kV طبق توافق با کارفرما قابل تغییر است.							
1-Inter Facial Tension 2-Breakdown Voltage 3-Total Acid Number							

۵-۲ ویژگی‌های روغن خارج از رده

در صورتی که میزان عدد اسیدی روغن بیشتر از ۰,۵ mg KOH/g Oil یا کشش بین سطحی کمتر از ۱۶ mN/m باشد (ویژگی‌های قیدشده در جدول ۲)، روغن باید از رده خارج شود، مگر اینکه با تصفیه شیمیایی به ویژگی‌های روغن ذکرشده در جدول ۴ یا جدول ۵ برسند. توصیه می‌شود برای تصمیم‌گیری به جداول پیوست الف مراجعه شود.

جدول ۲- ویژگی‌های روغن‌هایی که باید از رده خارج شوند یا با تصفیه شیمیایی، شرایط قابل استفاده یابند

ردیف	ویژگی	روش آزمون	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	واحد	مقدار <sup>a</sup>
۱	عدد اسیدی کل (TAN)، بیشتر از	IEC62021-1 IEC62021-2 ASTM D974 ASTM D664	IEC62021-2	mg KOH/g Oil	۰٫۵
۲	کشش بین‌سطحی (IFT)، کمتر از	ASTM D971 IEC62961	IEC62961	mN/m	۱۶

<sup>a</sup> مقادیر تعیین شده در این جدول برای روغن‌های مورد استفاده برای ولتاژ ۲۰kV طبق توافق با کارفرما قابل تغییر است.

### ۳-۵ ویژگی‌های روغن ترانسفورماتور در حال بهره‌برداری نیازمند انجام تصفیه شیمیایی آنلاین و آفلاین

از آنجا که در ترانسفورماتورها، عمر باقیمانده ترانسفورماتور با عمر کاغذ عایقی مرتبط است کلیه اقداماتی که باعث شوند روند تخریب کاغذ عایقی کندتر شود، از درجه اهمیت بالایی برخوردار هستند. با توجه به تماس مستقیم بین روغن و کاغذ عایقی، آلودگی‌های شیمیایی که در روغن ایجاد می‌شوند، سبب تخریب کاغذ عایقی می‌شوند. با حذف این آلودگی‌های شیمیایی روند تخریب کاغذ نیز کندتر می‌شود. هنگامی که یکی از ویژگی‌های روغن عایق درون تجهیز الکتریکی در حال بهره‌برداری مطابق با ویژگی‌های مندرج در جدول ۳ باشد، روغن باید تصفیه شیمیایی شود تا با حذف این آلودگی‌های شیمیایی، ویژگی‌های روغن مطابق استاندارد مورد نیاز تجهیز بهبود یابد و روند پیری کاغذ عایقی نیز کندتر شود.

جدول ۳- ویژگی‌های روغن ترانسفورماتور در حال بهره برداری نیازمند تصفیه شیمیایی

ردیف	ویژگی	روش آزمون	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	واحد	مقدار
مشخصات فیزیکی روغن					
۱	کشش بین سطحی (IFT)، کمتر از	ASTM D971 IEC62961	IEC62961	mN/m	۲۰
مشخصات الکتریکی روغن					
۲	ضریب تلفات عایقی روغن (DDF) <sup>۱</sup> در بازه ۴۰-۶۰ Hz و دمای ۹۰°C، بیشتر از	IEC 60247	--	--	۰/۲
۳	مقاومت ویژه <sup>۲</sup> روغن در دمای ۹۰°C، کمتر از	IEC 60247	--	GΩ.m	۳
مشخصات شیمیایی روغن					
۴	عدد اسیدی کل (TAN)، بیشتر از	IEC62021-1 IEC62021-2 ASTM D974 ASTM D664	IEC62021-2	mg KOH/g Oil	۰/۱۵
۵	گوگرد خورنده <sup>a</sup>	IEC 62535 ASTM D1275- method B DIN51353	IEC 62535	--	خورنده
۶	رسوب و لجن، بیشتر از	IEC 60422- annex C IEC 61125	IEC 60422- annex B	W %	۰/۰۲
۷	درجه پلیمریزاسیون کاغذ ترانسفورماتور <sup>b</sup> ، بیشتر از	ASTM D4243 IEC61198 <sup>c</sup>	IEC61198 <sup>c</sup>	DP	۳۰۰
<p><sup>a</sup> در صورت وجود DBDS روش‌های گوگردزایی مناسب استفاده شود.</p> <p><sup>b</sup> از آنجا که در ترانسفورماتورهای با کاغذ عایقی پیر، استحکام لازم در برابر تنش‌های ناشی از عملیات تصفیه شیمیایی وجود ندارد، برای درجه پلیمریزاسیون کمتر از ۳۰۰ انجام تصفیه شیمیایی روغن درون تانک ترانسفورماتور توصیه نمی‌شود.</p> <p><sup>c</sup> در صورتی که امکان نمونه‌برداری مستقیم از کاغذ ترانسفورماتور و اندازه‌گیری مستقیم درجه پلیمریزاسیون<sup>۳</sup> DP به روش ASTM D4243 وجود نداشته باشد با اندازه‌گیری ترکیبات فورانیک با استاندارد IEC61198 می‌توان میزان DP کاغذ را تخمین زد.</p>					
<p>1-Dielectric dissipation factor 2- Resistivity 3- Degree of polymerization</p>					

۴-۵ ویژگی‌های روغن ترانسفورماتور تصفیه شیمیایی شده در محل به صورت آنلاین یا آفلاین

از آنجا که روغن‌های عایق درون تجهیزات الکتریکی باید با توجه به رده ولتاژی تجهیز، استفاده شوند، ویژگی‌های روغن عایق معدنی که به صورت آنلاین یا آفلاین درون ترانسفورماتور تصفیه شیمیایی شده است ( به جز روغن‌های مربوط به ترانسفورماتورهای با سطح ولتاژ کمتر از ۲۰ kV که از روغن‌های پارافینیک کلاس I هستند)، باید براساس کلاس ولتاژی تجهیز مطابق با شرایط ذکر شده در جدول ۴ باشد.

**یادآوری** - انجام آزمون‌های اولیه برای تعیین پایه روغن، مشخصات فیزیکی و میزان PCB ( طبق استاندارد IEC61619) قبل از فرایند تصفیه الزامی می‌باشد.

برای ترانسفورماتورهای با سطح ولتاژ کمتر از ۲۰kV که از روغن‌های پارافینیک کلاس I در آن‌ها استفاده می‌شود، پس از تصفیه شیمیایی درون ترانسفورماتور به صورت آنلاین یا آفلاین ویژگی‌های روغن باید مطابق با شرایط ذکر شده در جدول ۵ باشد.

جدول ۴- ویژگی‌های روغن تصفیه شیمیایی شده در محل به صورت آنلاین یا آفلاین

مقدار			واحد	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	روش آزمون	ویژگی	ردیف
بیشتر از	۱۷۰kV - ۷۲,۵kV	کمتر از ۷۲,۵ kV					
<b>مشخصات فیزیکی روغن</b>							
۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	°C	ISO 2719	ISO 2719 ASTM D93	نقطه اشتعال، حداقل	۱
-۴۰	-۴۰	-۴۰	°C	--	ISO 3016	نقطه ریزش <sup>a</sup> ، حداکثر	۲
شفاف و عاری از ذرات معلق و رسوبات			--	--	ارزیابی چشمی	وضعیت ظاهری	۳
۳۵	۳۵	۳۵	mN/m	IEC62961	ASTM D971 IEC62961	کشش بین سطحی (IFT)، حداقل	۴
<b>مشخصات الکتریکی روغن</b>							
>۶۰	>۶۰	>۵۵	kV	--	IEC60156	ولتاژ شکست ۵۰ Hz (BV) <sup>b</sup>	۵
۰,۰۱۰	۰,۰۱۵	۰,۰۱۵	--	--	IEC 60247	ضریب تلفات عایقی روغن (DDF) در بازه ۴۰-۶۰ Hz و دمای ۹۰°C، حداکثر	۶
>۱۰	>۱۰	>۱۰	GΩ.m	--	IEC 60247	مقاومت ویژه در دمای ۹۰°C	۷
<b>مشخصات شیمیایی روغن</b>							
۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	mg KOH/g Oil	IEC62021- 2	IEC62021-1 IEC62021-2 ASTMD974	عدد اسیدی کل (TAN)، حداکثر	۸

جدول ۴- ویژگی‌های روغن تصفیه شیمیایی شده در محل به صورت آنلاین یا آفلاین

ردیف	ویژگی	روش آزمون	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	واحد	مقدار		
					کمتر از ۷۲٫۵ kV	۱۷۰kV -	بیشتر از ۱۷۰kV
		ASTMD664					
۹	گوگرد خورنده <sup>c</sup>	IEC 62535 ASTM D1257- method B DIN51353	IEC 62535	--	غیرخورنده	غیرخورنده	غیرخورنده
۱۰	میزان آنتی اکسیدان <sup>d</sup>	IEC60666	--	W%	۰٫۳ - ۰٫۴	۰٫۳ - ۰٫۴	۰٫۳ - ۰٫۴
۱۱	پایداری اکسیداسیون ۱۶۴ ساعت در دمای ۱۲۰°C	IEC61125	--	عدد اسیدی کل، حداکثر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
				لجن، حداکثر	۰٫۶۷	۰٫۶۷	۰٫۶۷
				ضریب تلفات عایقی در دمای ۹۰°C، حداکثر	۰٫۵۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۵۰۰
۱۲	میزان آب، کمتر از	IEC60814 ASTM6304	IEC60814	ppm	۱۰	۱۰	۲۰

<sup>a</sup> از آنجا که میزان عددی نقطه ریزش به پایه روغن (میزان ترکیبات نفتنیک و پارافینیک) بستگی دارد و تصفیه شیمیایی تغییری در آن ایجاد نمی کند اگر بر اثر تصفیه شیمیایی میزان عددی نقطه ریزش افزایش پیدا کرد، باید پایه اولیه روغن مورد بررسی قرار گیرد؛

<sup>b</sup> برای روغن ترانسفورماتورهای توزیع با سطح ولتاژ زیر ۲۰ KV مقدار ولتاژ شکست باید حداقل ۴۰ KV باشد؛

<sup>c</sup> در صورتی که روغن دارای DBDS باشد، از آنجا که حذف DBDS نیازمند انجام فرآیندهای تصفیه شیمیایی پیشرفته است، انجام آن به صورت اختیاری است. با توجه به اینکه میزان DBDS پیشنهادی برای استفاده روغن در ترانسفورماتور کمتر از ۵mg/kg است، بهره بردار ترانسفورماتور ملزم است براساس میزان DBDS قبل از فرایند تصفیه، در ارتباط با حذف آن با شرکت تصفیه کننده توافق نماید یا در صورت نیاز از غیرفعال کننده فلزات استفاده نماید؛

<sup>d</sup> توصیه می شود افزودن آنتی اکسیدان به روغن ترانسفورماتور بعد از فرایند تصفیه شیمیایی انجام گیرد، در صورت عدم افزودن آنتی اکسیدان، میزان آنتی اکسیدان باید کمتر از ۰/۰۱ درصد وزنی باشد. ضمناً میزان پایداری اکسایشی می تواند طبق توافق با ذینفع معین شود.

**یادآوری** - انجام آزمون های اولیه برای تعیین پایه روغن، مشخصات فیزیکی و میزان PCB ( طبق استاندارد IEC61619 ) قبل از فرایند تصفیه الزامی می باشد.

جدول ۵- ویژگی‌های روغن پارافینیک کلاس I تصفیه شیمیایی شده به صورت آنلاین یا آفلاین

ردیف	ویژگی	روش آزمون	روش داوری در زمان اختلاف نتایج	واحد	مقدار
<b>مشخصات فیزیکی روغن</b>					
۱	نقطه اشتعال، حداقل	ISO 2719 ASTM D93	ISO 2719	°C	۱۳۵
۲	نقطه ریزش، حداکثر	ISO 3016	--	°C	-۳۰
۳	چگالی، حداکثر	ASTM D7042 ISO3675 ISO12185	ISO12185	Kg/m <sup>3</sup>	۰٫۸۹۵
۴	ویسکوزیته در دمای °C ۴۰، حداکثر	ASTM D7042	--	mm <sup>2</sup> /s	۱۶٫۵
۵	رنگ ASTM	ISO2049	--	--	گزارش شود
۶	وضعیت ظاهری	ارزیابی چشمی	--	شفاف و عاری از ذرات معلق و رسوبات	
۷	کشش بین سطحی (IFT)، حداقل	ASTM D971 IEC62961	IEC62961	mN/m	۳۵
<b>مشخصات الکتریکی روغن</b>					
۸	ولتاژ شکست ۵۰Hz (BV)، حداقل	IEC60156	--	kV	۵۰
۹	ضریب تلفات عایقی، حداکثر	IEC 60247	--	--	۰٫۰۱۵
<b>مشخصات شیمیایی روغن</b>					
۱۰	عدد اسیدی کل (TAN)، حداکثر	IEC62021-1 IEC62021-2 ASTM D974 ASTM D664	IEC62021-2	mg KOH/g Oil	۰٫۰۳
۱۱	میزان آنتی‌اکسیدان <sup>a</sup>	IEC 60666	--	% W	۰٫۳ - ۰٫۴
۱۲	پایداری اکسیداسیون ۱۶۴ ساعت ۱۲۰	IEC61125	--	عدد اسیدی، حداکثر	۱٫۰
				لجن، حداکثر	۰٫۶۷
				ضریب تلفات عایقی در دمای °C ۹۰، حداکثر	۰٫۵۰۰
۱۳	میزان آب، کمتر از	IEC60814 ASTM6304	IEC60814	ppm	۲۰
<p><sup>a</sup> توصیه می‌شود افزودن آنتی‌اکسیدان به روغن ترانسفورماتور بعد از فرایند تصفیه شیمیایی انجام گیرد، در صورت عدم افزودن آنتی‌اکسیدان، میزان آنتی‌اکسیدان باید کمتر از ۰٫۱ درصد وزنی باشد. ضمناً میزان پایداری اکسایشی می‌تواند طبق توافق با ذینفع معین شود.</p> <p>یادآوری-انجام آزمون‌های اولیه برای تعیین پایه روغن، مشخصات فیزیکی و میزان PCB (طبق استاندارد IEC61619) قبل از فرایند تصفیه الزامی می‌باشد.</p>					

## پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

### طبقه‌بندی تجهیزات الکتریکی و تعیین فعالیت‌های لازم براساس نوع تجهیز

در این پیوست اطلاعات تکمیلی برای طبقه‌بندی تجهیزات طبق جدول الف-۱، موارد کاربری و تفسیر آزمون‌ها طبق جدول الف-۲ و حدود ذرات اندازه‌گیری‌شده در روغن ترانسفورماتور قدرت مطابق IEC 60970 در جدول الف-۳ ارائه شده است.

جدول الف-۱- طبقه‌بندی تجهیزات

طبقه‌بندی	نوع تجهیز
طبقه O	- ترانسفورماتورهای قدرت با سیستم ولتاژ اسمی ۴۰۰kV و بیشتر.
طبقه A	- ترانسفورماتورهای قدرت با سیستم ولتاژ اسمی بیشتر از ۱۷۰kV و کمتر از ۴۰۰ kV؛ - ترانسفورماتورهای قدرت با هر ولتاژ نسبی در شرایطی که تداوم در عرضه ضروری است و تجهیزات مشابه برای کاربردهای عملیاتی خاص در شرایط سخت.
طبقه B	- ترانسفورماتورهای قدرت/ راکتورها با سیستم ولتاژ اسمی بیش از ۷۲/۵ kV و مساوی یا کمتر از ۱۷۰ kV ( بجز موارد مربوط به طبقه A)
طبقه C	- ترانسفورماتورهای قدرت/ راکتورها برای کاربرد MV/LV <sup>a</sup> به‌عنوان مثال سیستم‌های ولتاژ اسمی مساوی یا کمتر از ۷۲/۵kV و ترانسفورماتورهای کششی <sup>۱</sup> (بجز موارد مربوط به طبقه A)؛ - کلیدهای برق (مدار شکن‌های) پر شده با روغن با سیستم‌های ولتاژ اسمی بیش از ۷۲/۵kV؛ - سوئیچ‌های پر شده با روغن، کلیدهای قطع و وصل محصور شده فلزی و دنده‌های کنترلی با سیستم‌های ولتاژ اسمی بیشتر یا مساوی با ۱۶kV.
طبقه D	تجهیزات/ ترانسفورماتورهای حفاظتی با سیستم ولتاژ اسمی بیش از ۱۷۰kV.
طبقه E	تجهیزات/ ترانسفورماتورهای حفاظتی با سیستم ولتاژ اسمی کمتر یا مساوی با ۱۷۰kV.
طبقه F	مخازن منحرف‌کننده (دایورتر) مربوط به کلیدهای تنظیم ولتاژ تحت بار، شامل مخازن ترکیبی انتخابگر/دایورتر.
طبقه G	کلیدهای برق (مدار شکن‌های) پر شده با روغن با سیستم‌های ولتاژ اسمی مساوی یا کمتر از ۷۲/۵kV؛ - سوئیچ‌های پر شده با روغن، کلیدهای قطع و وصل محصور شده فلزی و دنده‌های کنترلی با سیستم‌های ولتاژ اسمی کمتر از ۱۶kV.
<p><sup>a</sup> ترانسفورماتورهای MV/LV<sup>۲</sup> در سیستم‌های توزیع قدرت در مرحله انتقال ولتاژ نهایی، عمل می‌کنند.</p> <p><b>یادآوری ۱-</b> مخازن انتخابگر مجزا مربوط به کلیدهای تنظیم ولتاژ تحت بار متعلق به طبقه‌های یکسان به‌عنوان ترانسفورماتور مرتبط هستند؛</p> <p><b>یادآوری ۲-</b> اگر برنامه نظارت معمولی مورد نظر باشد، بوش‌های کاغذی آغشته به روغن و سایر تجهیزات مهر و موم شده هرمتیک<sup>۳</sup> ممکن است در طبقه D یا E قرار گیرند. توصیه می‌شود به دستورالعمل سازنده رجوع شود؛</p> <p><b>یادآوری ۳-</b> بدون در نظر گرفتن اندازه یا ولتاژ، ارزیابی ریسک ممکن است روش‌های پایش وضعیت<sup>۴</sup> را که معمولاً مناسب طبقه‌بندی بالاتر است، تصدیق کند؛</p> <p><b>یادآوری ۴-</b> به دلایل عملی و اقتصادی، در برخی تاسیسات برقی ممکن است تصمیم گرفته شود که ترانسفورماتورهای کوچک آن‌ها با کمتر از ۱MVA و ۳۶kV، شامل این طبقه‌بندی نشوند. برنامه‌های نظارتی معمول ممکن است برای این نوع تجهیزات اقتصادی تلقی نشوند. جایی که یک برنامه پایش برای این ترانسفورماتورها نیاز است، راهنما برای طبقه C می‌تواند مناسب باشد.</p>	
<p>1- Traction transformers 2- Medium voltage/ low voltage 3-Hermetic 4- Condition monitoring</p>	

جدول الف-۲- موارد کاربری و تفسیر آزمون‌ها

ویژگی	طبقه‌بندی <sup>a</sup>	حدود کاربری پیشنهادی			توضیحات
		ضعیف	متوسط	خوب	
رنگ و وضعیت ظاهری	تمام طبقه‌ها	تیره و/یا مه‌آلود		شفاف و عاری از آلاینده‌های قابل ملاحظه با چشم	رنگ تیره، آلودگی شیمیایی یا پیری را نشان می‌دهد. مه آلود شدن نشانه وجود میزان زیاد آب است.
ولتاژ شکست (kV)	D.A.O	<۵۰	۵۰ تا ۶۰	>۶۰	<p><b>خوب:</b> به نمونه‌برداری معمول ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری با فواصل زمانی کمتری انجام گیرد. سایر پارامترها از قبیل میزان آب، میزان ذرات و احتمالاً DDF/ مقاومت ویژه و اسیدیته را نیز کنترل کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> روغن را تصفیه فیزیکی کنید یا اگر اقتصادی‌تر است به دلیل اینکه سایر آزمون‌ها شدت بالای پیری را نشان می‌دهند، روغن را تعویض کنید یا تصفیه شیمیایی انجام دهید و متعاقباً روغن را خشک کنید.</p>
	E.B	<۴۰	۴۰ تا ۵۰	>۵۰	
	C	<۳۰	۳۰ تا ۴۰	>۴۰	
	F	<۳۰ kV برای OLTC در کاربری star-point است. <۴۰ kV برای OLTC در کاربری دلتا یا انتهای خط است.			
	G	<۳۰	--	--	
میزان آب در دمای عملیاتی ترانسفورماتور (mg/kg)	A.O	>۲۰	۱۵ تا ۲۰	<۱۵	<p><b>خوب:</b> به نمونه‌برداری معمول ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری با فواصل زمانی کمتری انجام گیرد. سایر پارامترها از قبیل ولتاژ شکست، میزان ذرات و احتمالاً DDF/ مقاومت ویژه و اسیدیته را نیز کنترل کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> منبع آب را کنترل کنید. روغن را تصفیه فیزیکی کنید یا اگر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و سایر آزمون‌ها شدت بالای پیری را نشان می‌دهند، روغن را تعویض کنید یا تصفیه شیمیایی انجام دهید و متعاقباً فرایند خشک کردن روغن را انجام دهید. اگر چه هنوز باید به میزان آبی که در عایق جامد خواهد ماند، توجه شود.</p>
	D.B	<۲۰	۲۰ تا ۳۰	<۲۰	
	E.C	<۴۰	۳۰ تا ۴۰	<۳۰	
	F	برای >۴۰ عمل ضروری است.	--	--	
	G	آزمون معمول نیست.			
میزان آب باید همیشه در کنار ولتاژ شکست در نظر گرفته شود. در شرایط شک داشتن در مورد منشاء آب، پیشنهاد می‌شود نمونه‌برداری در دماهای مختلف تجهیز انجام شود. در شرایط تعویض تجهیز بدون کاغذ عایق (گروه F) مقادیر ولتاژ شکست اهمیت بسیار زیادی دارند. مقادیر حدود ارائه شده، ۹۰ درصد موارد را از نظر آماری نشان می‌دهند. تعادل بین عایق مایع و جامد در دمای C ° ۴۰ قابل اعتماد نیست و برای ترانسفورماتور دارای بار سنگین با دمای روغن					

جدول الف-۲- موارد کاربری و تفسیر آزمون‌ها

ویژگی	طبقه‌بندی <sup>a</sup>	حدود کاربری پیشنهادی			فعالیت پیشنهادی <sup>b,c</sup>	توضیحات
		<۰٫۱۰	۰٫۱۰ تا ۰٫۱۵	>۰٫۱۵		
عدد اسیدی (mgKOH/goil)	D,A.O	<۰٫۱۰	۰٫۱۰ تا ۰٫۱۵	>۰٫۱۵	<p><b>خوب:</b> به نمونه‌برداری معمول ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری با فواصل زمانی کمتری انجام گیرد. وجود رسوب و لجن را کنترل کنید. روغن حاوی بازدارنده که به وضعیت متوسط رسیده باشد ممکن است خاصیت ضداکسایشی خود را از دست داده باشد.</p> <p><b>ضعیف:</b> زمانی که میزان عدد اسیدی به ۰٫۱۵ رسید، پیشنهاد می‌شود در مورد این که عدد اسیدی به چه مقداری برسد تا تصفیه شیمیایی انجام گیرد، تصمیم‌گیری کنید یا در صورتی که از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه بود و میزان سایر پارامترها شدت بالای پیری را نشان می‌دهند، روغن را تعویض کنید.</p>	بیش از ۷۰ °C، میزان آب باید طبق پیوست Annex A از IEC60422 اصلاح شود.
	E,B	<۰٫۱۰	۰٫۲۰ تا ۰٫۱۰	>۰٫۲۰		
	C	<۰٫۱۵	۰٫۳۰ تا ۰٫۱۵	>۰٫۱۵		
	G,F	آزمون معمول نیست.				
ضریب تلفات عایقی در ۴۰ HZ تا ۶۰ HZ در ۴۰ °C	A.O	<۰٫۱۰	۰٫۲۰ تا ۰٫۱۰	>۰٫۲۰	<p><b>خوب:</b> به نمونه‌برداری معمول ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری با فواصل زمانی کمتری انجام گیرد. سایر پارامترها را کنترل کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> روغن را تصفیه شیمیایی کنید. یا اگر از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است و سایر آزمون‌ها شدت بالای پیری را نشان می‌دهند، روغن را تعویض کنید.</p>	بیش از ۷۰ °C، میزان آب باید طبق پیوست Annex A از IEC60422 اصلاح شود.
	C,B	<۰٫۱۰	۰٫۵۰ تا ۰٫۱۰	>۰٫۵۰		
	D	<۰٫۰۱	۰٫۰۳ تا ۰٫۰۱	>۰٫۰۳		
	E	<۰٫۱۰	۰٫۳۰ تا ۰٫۱۰	>۰٫۳۰		
	G,F	آزمون معمول نیست.				
مقاومت ویژه (GΩm)	در دمای ۲۰ °C				<p><b>خوب:</b> به نمونه‌برداری معمول ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری با فواصل زمانی کمتری انجام گیرد. سایر پارامترها را کنترل کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> روغن را تصفیه شیمیایی کنید. یا اگر از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است و سایر آزمون‌ها شدت بالای پیری را نشان می‌دهند، روغن را تعویض کنید.</p>	آزمون معمول نیست.
	A.O	>۲۰۰	۲۰۰ تا ۲۰	<۲۰		
	C,B	>۶۰	۶۰ تا ۴	<۴		
	D	>۸۰۰	۸۰۰ تا ۲۵۰	<۲۵۰		
	E	>۶۰	۶۰ تا ۷	<۷		
	در دمای ۹۰ °C					
	A.O	>۱۰	۱۰ تا ۳	<۳		
C,B	>۳	۳ تا ۰٫۲	<۰٫۲			

جدول الف-۲- موارد کاربری و تفسیر آزمون‌ها

ویژگی	طبقه‌بندی <sup>a</sup>	حدود کاربری پیشنهادی			فعالیت پیشنهادی <sup>b,c</sup>	توضیحات
		>۵۰	۱۰ تا ۵۰	<۱۰		
	D	>۰,۴	۰,۴ تا ۳	<۳		آزمون معمول نیست.
میزان بازدارنده	تمام طبقه‌ها	>۶۰٪ مقدار اولیه	۴۰٪ تا ۶۰٪ مقدار اولیه	<۴۰٪ مقدار اولیه	<p><b>خوب:</b> اگر سایر ویژگی‌ها مشکلی را نشان نمی‌دهد نیاز به عملی نیست.</p> <p><b>متوسط:</b> زمانی که میزان <math>0/0.8 \text{ mgKOH/g}</math> &lt; عدد اسیدی و <math>IFT &gt; 28 \text{ mN/m}</math> می‌باشند، براساس تجربه دوباره به آن بازدارنده اضافه کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> استفاده و پایش روغن را به عنوان روغن بدون بازدارنده ادامه دهید. آن را تصفیه شیمیایی کنید یا روغن را تعویض کنید.</p>	محدود به روغن‌ها حاوی بازدارنده است. با تامین‌کننده روغن مشورت کنید.
میزان غیرفعال کننده فلزات (mg/kg)	C, B, A, O F, E, D	>۷۰ و پایدار (نرخ کاهش $< 10 \text{ mg/kg/year}$ )	۷۰-۵۰ Mg/kg یا $< 70 \text{ mg/kg}$ با نرخ کاهش موثر $> 10 \text{ mg/kg/year}$	<۵۰ و کاهش با نرخ $> 10 \text{ mg/kg/year}$	<p><b>خوب:</b> پایش با فواصل زمانی بیشتر مورد قبول است.</p> <p><b>متوسط:</b> روال پایش معمول را حفظ کنید.</p> <p><b>ضعیف:</b> با تعویض روغن، یا با حذف ترکیبات خورنده از طریق تیمار روغن به روش مناسب منبع خوردگی را حذف کنید یا به‌عنوان یک راه حل کوتاه مدت حداقل <math>100 \text{ mg/kg}</math> غیر فعال کننده فلزات اضافه کنید.</p>	روغن کهنه به‌ویژه روغن بدون بازدارنده، در معرض خطر بزرگ‌تری از نظر کاهش میزان غیرفعال کننده فلزات است.
رسوب و لجن (%)	تمام طبقه‌ها	بدون رسوب یا لجن رسوب‌پذیر. مقادیر کمتر از ۰,۰۲ درصد جرمی ممکن است نادیده گرفته شود.			در جایی که رسوب شناسایی می‌شود، روغن را تصفیه فیزیکی کنید. در جایی که لجن رسوب‌پذیر شناسایی می‌شود، روغن را تصفیه شیمیایی کنید. یا اگر مقرون به‌صرفه‌تر باشد، یا براساس ضرورت ناشی از آزمون‌های دیگر، روغن را تعویض کنید.	آزمون معمول نیست. فقط زمانی که عدد اسیدی و ضریب تلفات عایقی نزدیک به حد غیرقابل قبول هستند، آزمون را انجام دهید.
کشش بین سطحی (mN/m)	C, B, A, O D	>۲۸	۲۲ تا ۲۸	<۲۲	<p><b>خوب:</b> به روند معمول نمونه‌برداری ادامه دهید.</p> <p><b>متوسط:</b> نمونه‌برداری را با فواصل زمانی کمتر انجام دهید.</p> <p><b>ضعیف:</b> وجود رسوب و لجن را کنترل کنید.</p>	آزمون معمول نیست و ممکن است براساس نیاز انجام شود.
		>۲۵	۲۰ تا ۲۵	<۲۰		
	E	آزمون معمول نیست.			--	--
	G, F	آزمون معمول نیست.			به توصیه‌های تولیدکننده مراجعه شود.	--
گوگرد خورنده	C, B, A, O	غیر خورنده	--	خورنده	برای روغن خورنده:	براساس نتیجه ارزیابی ریسک

جدول الف-۲- موارد کاربری و تفسیر آزمون‌ها

ویژگی	طبقه‌بندی <sup>a</sup>	حدود کاربری پیشنهادی	فعالیت پیشنهادی <sup>b,c</sup>	توضیحات
	F.E.D		- ارزیابی ریسک انجام دهید؛ - برای کاهش خوردگی روغن با افزودن غیرفعال‌کننده مس (از قبیل مشتقات تری‌آزول) یا حذف منابع را با تعویض روغن یا حذف مواد خورنده با روش‌های مناسب اصلاح روغن، انجام دهید. اگر آزمون روغن برای خوردگی مثبت است و DBDS وجود دارد، به توصیه‌های بروشور [3] CIGRÉ 378:2009 مراجعه کنید.	اقدام اصلاحی انجام شود. بعد از غیرفعال کردن روغن در مقابل فلزات، به‌طور منظم نظارت بر غلظت غیرفعال‌کننده لازم است. در صورت کاهش مداوم غلظت ترکیبات غیرفعال‌کننده فلزات، علت خوردگی را براساس اقدامات توصیه‌شده انجام دهید.
ذرات (تعداد و اندازه)	.C.B.A.O F.E.D	به جدول الف-۳ مراجعه شود.	اگر ولتاژ شکست و میزان آب نزدیک یا خارج از حد مناسب برای آن دسته تجهیزات باشد و تعداد ذرات بیش از حد مجاز برای هر یک از محدوده اندازه‌ها باشد، روغن را فیلتر کنید. به جدول الف-۳ مراجعه شود.	مقادیر برای ذرات براساس ارزیابی آماری تعیین می‌شود.
	G	آزمون معمول نیست.	--	--
نقطه اشتعال (°C)	AII	حداکثر کاهش ۱۰ درصد	ممکن است نیاز به بازرسی تجهیز باشد، لذا بررسی نمایید.	آزمون معمول نیست و ممکن است زمانی مورد نیاز باشد که بوی غیرعادی احساس می‌شود، زمانی که یک خطای داخلی رخ داده است یا زمانی که یک ترانسفورماتور دوباره پر می‌شود. در برخی کشورها ممکن است سازمان‌های بهداشت و ایمنی حد بالاتری برای آن در نظر بگیرند.
PCB	AII	به بند تعریف PCB مراجعه شود.	به بند ۱۱،۴ و ۱۲،۳ مدرک IEC60422 مراجعه شود.	به بند تعریف PCB مراجعه شود.
<p><sup>a</sup> به فهرست دسته‌بندی‌ها (جدول الف-۱) مراجعه شود؛  <sup>b</sup> از صحت نمونه‌برداری اطمینان حاصل کنید. شیر نمونه‌برداری، قبل از نمونه‌برداری باید تمیز شود. نمونه‌برداری، جابجایی و انبارش باید در آزمایشگاه کوتاه باشد؛  <sup>c</sup> براساس یک نتیجه و یک ویژگی نباید اقدام کرد. تمام نتایج باید با تکرار آزمون برای یک نمونه تایید شود، به‌ویژه اگر نتیجه در مقایسه با نتایج قبلی غیرعادی به‌نظر برسد.</p>				

جدول الف-۳- حدود ذرات اندازه‌گیری شده در روغن ترانسفورماتور قدرت مطابق IEC 60970

نکات	تعیین آلودگی <sup>b</sup>	حداکثر تعداد در هر ۱۰۰ ml		مطابق با کلاس‌های ISO 4406 سال ۱۹۸۷ <sup>a</sup>	مطابق با کلاس‌های ISO 4406 سال ۱۹۹۹ <sup>a</sup>
		۱۵ μm (برابر با ۱۴ μm(c))	۵ μm (برابر با ۶ μm(c))		
تمیزی مورد نیاز ظروف نمونه‌برداری که با حلال تمیز پر شده باشند.	آلودگی زمینه	۳۲	۲۵۹	تا ۸/۵	تا ۱۰/۸/۵
تمیزی روغن در هنگام آزمون‌های کارخانه‌ای و راه‌اندازی ترانسفورماتور	پایین	۱۳۰	۱۰۰۰	۹/۶ تا ۱۰/۷	۱۷/۱۵/۱۲ تا ۱۱/۹/۶
سطح آلودگی معمول برای ترانسفورماتورهای در حال کار	خوب	۴,۰۰۰	۳۲,۰۰۰	۱۵/۱۲ تا ۱۱/۸	۱۷/۱۵/۱۲ تا ۱۴/۱۱/۸
سطح آلودگی که در تعداد قابل ملاحظه‌ای از ترانسفورماتورهای در حال بهره‌برداری دیده می‌شود.	متوسط	۱۶,۰۰۰	۱۳۰,۰۰۰	۱۶/۱۳ تا ۱۷/۱۴	۱۸/۱۶/۱۳ تا ۱۹/۱۷/۱۴
سطح آلودگی نادر که به‌طور معمول نشان‌گر وضعیت غیرعادی در تجهیز است.	ضعیف	---	---	۱۸/۱۵ و بالاتر	۲۰/۱۸/۱۵ و بالاتر

<sup>a</sup> اعداد ستون اول و دوم، کلاس‌های تعریف شده در ISO هستند.

<sup>b</sup> در عمل، مقادیر مربوط به حالت خوب و متوسط، مربوط به ترانسفورماتور در حال کار است و دو سطر اول در یک ترانسفورماتور در حال کار وجود ندارد.

## کتابنامه

- [۱] ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی زیست محیطی پیش از امحای پسماندهای حاوی یا آلوده به بی‌فنیل‌های پلی‌کلره، شورای عالی محیط زیست، ۱۳۸۹