

sbargh.ir

**INSO**

**2661**

**1st.Revision**

**Apr.2013**



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

**Iranian National Standardization Organization**



استاندارد ملی ایران

۲۶۶۱

تجدید نظر اول

فروردین ۱۳۹۲

سیالات مورد استفاده در تجهیزات الکتریکی -  
روغن‌های عایق معدنی کارنکرده برای  
ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل -  
ویژگی‌ها

**Fluids for electrotechnical applications-Unused  
mineral insulating oils for transformers and  
switchgear- Specifications**

**ICS:29.040**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار 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 Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سیالات مورد استفاده در تجهیزات الکتریکی - روغن های عایق معدنی کارنکرده برای

ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل - ویژگی ها »

(تجدید نظر اول)

### رئیس:

شیرخانی، مژگان

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

### سمت و/یا نمایندگی

مسئول خدمات آزمایشگاهی روغن پژوهشگاه صنعت

نفت

### دبیر:

امینیان، وحید

(فوق لیسانس شیمی)

سرپرست گروه پژوهشی پتروشیمی پژوهشگاه استاندارد

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

بنازاده، علیرضا

(دکترای شیمی تجزیه)

عضو هیئت علمی گروه پژوهشی پتروشیمی پژوهشگاه

استاندارد

بیگلری، حسن

(کارشناس ارشد شیمی تجزیه)

کارشناس گروه پژوهشی پتروشیمی پژوهشگاه استاندارد

تدین، محمدصادق

(کارشناس ارشد شیمی)

رئیس تحقیق و توسعه شرکت نفت ایرانول

خراسانی، امین

(کارشناس مدیریت بازرگانی)

مدیر عامل شرکت تعاونی مروارید مشکین

خلیلی فر، نسرين

(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس پژوهش شرکت نفت بهران

زارع، مریم

(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس کنترل کیفیت شرکت نفت پارس

زمانی امیرزکریا، فرشته

(کارشناس ارشد مهندسی مکاترونیک)

کارشناس مسئول گروه پژوهشی برق و الکترونیک

پژوهشگاه استاندارد

مسئول آزمایشگاه سوخت و روغن پژوهشگاه نیرو

صالحی راد، مهدی  
(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس کنترل کیفیت شرکت نفت پارس

گودرزی، امیر  
(کارشناس مهندسی شیمی)

مدیرکارخانه پالایش روغن شرکت ایران ترانسفو

میرمصطفی، سیداکبر  
(کارشناس ارشد شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی استاندارد
ز	پیش گفتار
۱	۱ هدف ودامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ طبقه بندی
۴	۱-۴ روغن های ترانسفورماتور
۵	۲-۴ روغن های کلید مناسب برای دمای پایین
۵	۵ خصوصیات روغن
۵	۱-۵ خصوصیات اصلی
۵	۲-۵ تصفیه و پایداری
۵	۳-۵ کارآیی
۶	۴-۵ خصوصیات مربوط به سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE)
۶	۶ ویژگی ها
۶	۱-۶ گرانروی
۷	۲-۶ نقطه ریزش
۷	۳-۶ مقدار آب
۷	۴-۶ ولتاژ شکست
۷	۵-۶ فاکتور اتلاف دی الکتریک (DDF)
۸	۶-۶ ظاهر
۸	۷-۶ اسیدیته
۸	۸-۶ کشش بین سطحی (IFT)
۸	۹-۶ مقدار گوگرد
۸	۱۰-۶ گوگرد خورنده و گوگرد دارای پتانسیل خوردگی
۹	۱۱-۶ مواد افزودنی
۹	۱-۱۱-۶ کلیات
۹	۲-۱۱-۶ مواد افزودنی ضد اکسایش
۹	۳-۱۱-۶ غیرفعال کننده های فلزات
۱۰	۴-۱۱-۶ مواد کاهش دهنده نقطه ریزش

۱۰	پایداری اکسایشی	۱۲-۶
۱۰	تمایل به جذب گاز	۱۳-۶
۱۱	تمایل به شارژ الکتروستاتیکی (ECT)	۱۴-۶
۱۱	نقطه اشتعال	۱۵-۶
۱۱	چگالی	۱۶-۶
۱۱	مقدار آروماتیک های چند حلقه ای (PCA)	۱۷-۶
۱۱	مقدار بی فنیل های چند کلره (PCB)	۱۸-۶
۱۱	مقدار ۲- فورفورال و ترکیبات مربوطه	۱۹-۶
۱۲	مقدار ذرات	۲۰-۶
۱۲	مقدار DBDS	۲۱-۶
۱۲	گازهای موجود در روغن	۲۲-۶
۱۲	امتزاج پذیری	۲۳-۶
۱۵	الزامات ویژه برای کاربردهای خاص	۷
۱۵	پایداری اکسایشی بیشتر و مقدار گوگرد کمتر	۱-۷
۱۵	تمایل شارژ الکتروستاتیکی	۲-۷
۱۵	تمایل به ایجاد گاز	۳-۷
۱۵	نمونه برداری	۸
۱۵	بسته بندی	۹
۱۶	نشانه گذاری	۱۰
۱۷	پیوست الف (اطلاعاتی) گوگرد دارای پتانسیل خوردگی	

## پیش گفتار

استاندارد " سیالات مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - روغن های عایق معدنی کارنکرده برای ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل - ویژگی ها " نخستین بار در سال ۱۳۶۶ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد و تأیید کمیسیون های مربوطه برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در ششصدوسی و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۹۱/۸/۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد. این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱: سال ۱۳۶۶ است.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 60296:2012, Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear.

# سیالات مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - روغن های عایق معدنی کارنکرده برای ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل<sup>۱</sup> - ویژگی ها

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی ها و روش های آزمون روغن های عایق معدنی کارنکرده دارای مواد افزودنی و یا بدون مواد افزودنی مورد استفاده در ترانسفورماتورها، کلیدها و دیگر وسایل الکتریکی است، که در آنها روغن بعنوان عایق و انتقال دهنده حرارت بکار می رود. این استاندارد برای روغن های عایق مورد استفاده در پوشش کابل ها یا خازن ها کاربرد ندارد. این روغن ها از تصفیه، اصلاح و یا اختلاط فراورده های نفتی و سایر هیدروکربن ها تهیه می شوند. **یادآوری**- این استاندارد برای روغن های عایق معدنی کار نکرده کاربرد دارد و برای روغن های تصفیه مجدد غیرقابل استفاده می باشد. ویژگی ها و تعاریف روغن های عایق کارکرده در استاندارد IEC 62701 آمده است.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استانداردهای ملی ایران شماره ۱۵۴: سال ۱۳۷۵، روش اندازه گیری آب به روش کارفیشر.
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷: سال ۱۳۷۹، فراورده های نفتی - اندازه گیری چگالی، چگالی نسبی نفت خام و فراورده های نفتی به وسیله چگالی سنج- روش آزمون
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹: سال ۱۳۸۶، فراورده های نفتی - اندازه گیری عدد خنثی شدن به روش تیتراسیون با شناساگر رنگی- روش آزمون
- ۴-۲ استانداردهای ملی ایران شماره ۲۰۱: سال ۱۳۷۵، روش اندازه گیری نقطه ریزش فراورده های نفتی
- ۵-۲ استانداردهای ملی ایران شماره ۳۴۰: سال ۱۳۷۵، آزمون گرانیروی مایعات شفاف و تیره (محاسبه گرانیروی دینامیک)
- ۶-۲ استانداردهای ملی ایران شماره ۳۹۵۳: سال ۱۳۷۶، اندازه گیری کشش بین سطحی به روش بالاآوردن لایه مایع



۷-۲ استانداردهای ملی ایران شماره ۸۴۰۲: سال ۱۳۸۴، فرآورده های نفتی، تعیین مقدار گوگرد - روش طیف سنجی فلئورسانس اشعه ایکس با پاشندگی انرژی- روش آزمون

- 2-8 IEC 60076-2, Power transformers- Part 2: Temperature rise for liquid – immersed transformers.
- 2-9 IEC 60156 , Insulating liquids – Determination of the breakdown voltage at power frequency – test method.
- 2-10 IEC 60247, Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) and d.c. resistivity.
- 2-11 IEC 60422, Mineral insulating oils in electrical equipment- supervision and maintenance guidance.
- 2-12 IEC 60475, Method of sampling liquid dielectrics.
- 2-13 IEC 60628: 1985, Gassing of insulating liquids under electrical stress and ionization.
- 2-14 IEC 60666, Detection and determination of specified additives in mineral insulating oils.
- 2-15 IEC 60970, Insulating liquids – methods for counting and sizing particles.
- 2-16 IEC 61125: 1992, Unused hydrocarbon – based insulating liquids – test methods for evaluating the oxidation stability. Amendment 1 (2004)
- 2-17 IEC 61198, Mineral insulating oils – methods for the determination of 2-furfural and related compounds.
- 2-18 IEC 61619, Insulating liquids – contamination by polychlorinated biphenyls (PCDs) – method of determination by capillary column gas chromatography.
- 2-19 IEC 61620, Insulating liquids – determination of the dielectric dissipation factor by measurement of the conductance and capacitance – test method.
- 2-20 IEC 61868, Mineral insulating oils- determination of kinematic viscosity at very low temperatures.
- 2-21 IEC 62535:2008, Insulating liquids – test method for detection of potentially corrosive sulfur in used and unused insulating oils.
- 2-22 ISO 12185, Crude petroleum and petroleum products – determination of density- Oscillating U-tube method.
- 2-23 ASTM D7150, Standard test method for the determination of gassing characteristics of insulating liquids under thermal stress at low temperature.
- 2-24 DIN 51353, Testing of insulating oils, detection of corrosive sulfur, silver strip test.
- 2-25 EN 14210, Surface active agents – determination of interfacial tension of solutions of surface active agents by the stirrup or ring method.
- 2-26 IP 30146, Determination of polycyclic aromatics in lubricant base oils and asphaltene free petroleum fractions- Dimethylsulfoxide refractive method.
- 2-27 IP 373, Determination of the sulfur content of light and middle distillates- oxidative microcoulometry.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

اصطلاحات و تعاریفی که در این استاندارد بکار می رود، به شرح زیر است:

### ۱-۳ روغن ترانسفورماتور

روغن عایق معدنی است که در ترانسفورماتورها و وسایل الکتریکی مشابه از آن استفاده می شود.

### ۲-۳ روغن کلید مناسب برای دمای پایین

روغن عایق معدنی است که از آن در کلیدهای پر شده از روغن در شرایط آب و هوایی بسیار سرد استفاده می‌شود.

### ۳-۳ روغن عایق معدنی

روغنی که از پالایش، اصلاح و یا اختلاط فراورده های نفتی با سایر هیدروکربن ها حاصل می شود. **یادآوری** - مواد افزودنی این روغن ها شامل استرها، سیالات سیلیکونی و آروماتیک سنتزی نمی شود.

### ۴-۳ مواد افزودنی

مواد شیمیایی که به منظور بهبود مشخصات به روغن های عایق معدنی اضافه می شود، از جمله مواد ضد اکسایش، غیر فعال کننده فلزات، کاهش دهنده های تمایل شارژ الکتروستاتیکی، جاذب های گاز، کاهش دهنده های نقطه ریزش، ترکیبات ضد کف و بهبود دهنده های فرایند تصفیه.

### ۵-۳ افزودنی های ضد اکسایش

ترکیباتی که به روغن عایق معدنی بمنظور بهبود پایداری اکسایشی اضافه می شوند، از جمله بازدارنده ها، تجزیه کننده های پراکسیدها، غیرفعال کننده های فلزات.

### ۱-۵-۳ بازدارنده ها

نوعی افزودنی ضد اکسایش شامل انواع ترکیبات فنلی یا آمین از جمله DBPC<sup>۱</sup> و DBP<sup>۲</sup> که در IEC 60666 توضیح داده شده اند.

### ۲-۵-۳ افزودنی های ضد اکسایش دیگر

دیگر افزودنی های ضد اکسایش شامل ترکیبات گوگردی یا فسفری می باشند.

### ۳-۵-۳ غیرفعال کننده های فلزات

مواد افزودنی غیر فعال کنند های فلزات اصولاً بعنوان کاهش دهنده شارژ الکتروستاتیک اضافه می شوند ولی ممکن است پایداری اکسایشی را نیز بهبود دهند.

### ۶-۳ روغن بدون مواد بازدارنده

روغن عایق معدنی که بدون مواد بازدارنده است.

---

1 - 2, 6- d-tert-butyl-para-cresol

2 - 2, 6- d-tert-butyl-phenol

یادآوری- روغن بدون مواد بازدارنده به معنی روغنی است که کل مواد بازدارنده در آن طبق استاندارد IEC 60666 کمتر از ۰/۰۱ درصد باشد.

### ۳-۷ روغن با مقادیر بسیار کم از مواد بازدارنده

روغن عایق معدنی که کل مواد بازدارنده در آن طبق استاندارد IEC 60666 کمتر از ۰/۰۸ درصد است.

### ۳-۸ روغن دارای مواد بازدارنده

روغن عایق معدنی که دارای حداقل ۰/۰۸ درصد و حداکثر ۰/۴۰ درصد مواد بازدارنده طبق استاندارد IEC 60666 است.

### ۳-۹ روغن عایق معدنی کارنکرده

روغن عایق معدنی که بازیافت نشده باشد.

یادآوری ۱- چنین روغنی کارکرده نبوده و هنگام ساخت، نگهداری و انتقال در تماس با هیچگونه دستگاه الکتریکی و دیگر دستگاههای غیر ضرور قرار نگرفته است. سازنده و تأمین کننده چنین روغن هایی باید اطمینان داشته باشد که هیچگونه آلودگی با ترکیبات بی فنیل یا تری فنیل پلی کلره (PCB, PCT) ، روغن کارکرده، روغن های کلرزدایی شده یا آلودگی های دیگر حاصل نشده باشد.

یادآوری ۲- تعریف روغن های بازیافتی در استاندارد IEC 62701 آمده است.

یادآوری ۳- مخلوط روغن کارکرده با روغن کار نکرده با هر نسبتی، روغن کارکرده محسوب می شود.

## ۴ طبقه بندی

در این استاندارد، روغن های عایق معدنی بر اساس کاربرد به دو طبقه تقسیم می شوند:

### ۴-۱ روغن های ترانسفورماتور

این دسته روغن ها بر اساس مواد افزودنی ضد اکسایش به سه گروه تقسیم می شوند.

۴-۱-۱ روغن های ترانسفورماتور بدون مواد افزودنی ضد اکسایش که با حرف U<sup>۳</sup> نشان داده می شوند.

۴-۱-۲ روغن های ترانسفورماتور با مقدار بسیار کم مواد افزودنی ضد اکسایش که با حرف T<sup>۴</sup> نشان داده می شوند.

۴-۱-۳ روغن های ترانسفورماتور دارای مواد افزودنی که با حرف I<sup>۵</sup> نشان داده می شوند.

- 
- 1- Polychlorinated terphenyl
  - 2 - Polychlorinated biphenyl
  - 3 - Unhibited transformer oil
  - 4 - Trace inhibited transformer oil
  - 5 - Inhibited transformer oil

پس از مشخص شدن گروه روغن ترانسفورماتور، پایین ترین دمای شروع به کار ترانسفورماتور (LCSET)<sup>۱</sup> نیز باید نشان داده شود. مقدار LCSET در این استاندارد ۳۰- درجه سلسیوس است. دیگر مقادیر LCSET که می تواند انتخاب شود بر حسب جدول یک می باشد.

#### ۴-۲ روغن کلیدهای قطع و وصل مناسب برای دمای پایین

#### ۵ خصوصیات روغن

این خصوصیات روغن ها در جدول یک و دو و در بند ۶ فهرست شده است.

#### ۵-۱ خصوصیات اصلی

عایق بودن و خنک کنندگی دو خصوصیت اصلی این روغن ها می باشد، که ویژگی های گرانبوی، چگالی، نقطه ریزش، مقدار آب، ولتاژ شکست و فاکتور اتلاف دی الکتریک را در بر می گیرد.

#### ۵-۲ تصفیه و پایداری

خصوصیاتی از روغن که متأثر از کیفیت، نوع تصفیه و مواد افزودنی است. این خصوصیات عبارتند از: ظاهر، کشش بین سطحی، مقدار گوگرد، اسیدیته، مقدار گوگرد خورنده، مقدار ۲- فورفورال و دیگر ترکیبات مشابه موجود و گازهای محبوس در روغن<sup>۲</sup>.

#### ۵-۳ کارایی

کارایی به خصوصیات رفتار طولانی مدت روغن در هنگام کار و یا واکنش آن به شوک های الکتریکی زیاد و دمای بالا مربوط می شود. از این خصوصیات می توان به پایداری اکسایشی، تمایل به ایجاد گاز و تمایل به شارژ الکتروستاتیکی (ECT)<sup>۳</sup> اشاره کرد.

#### ۵-۴ خصوصیات مربوط به سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

خصوصیاتی از روغن که به مسائل ایمنی هنگام نگهداری، جابجایی و حفاظت از محیط زیست مربوط می شود. از جمله این خصوصیات می توان به نقطه اشتعال، چگالی، آروماتیک های چند حلقه ای (PCA) و بی فنیل ها و تری فنیل های پلی کلره (PCT, PCB) اشاره کرد.

---

1 - Lowest Cold Start Energizing Temperature

2 - Stray gassing

3 - Electrostatic Charging Tendency (ECT)

## ۶ ویژگی ها

ویژگی های روغن های ترانسفورماتور و کلیدهای قطع و وصل باید مطابق با مشخصات مندرج در جدول های ۱ و ۲ باشد.

### ۱-۶ گرانروی

گرانروی روغن بر روی انتقال حرارت و از اینرو افزایش دما در دستگاه تأثیرگذار است. گرانروی کمتر باعث تسهیل گردش روغن شده و انتقال حرارت را بهبود می بخشد. دمای پایین منجر به افزایش گرانروی روغن می شود که این شرایط عامل بحران در هنگام آغاز به کار ترانسفورماتورهایی است که روغن در آنها دارای گردش کم یا بدون گردش است. و این شرایط می تواند منجر به افزایش دما در نقاط داغ شده و تأثیر منفی بر روی سرعت حرکت بعضی قسمتها نظیر کلید، پمپ، تنظیم کننده، قطع کننده مدار قدرت<sup>۱</sup> و مکانیزم تعویض کننده انشعاب<sup>۲</sup> زیربار<sup>۳</sup> شود. گرانروی در دمای LCSET نباید از ۱۸۰۰ میلی متر مربع بر ثانیه (۲۵۰۰ میلی متر مربع بر ثانیه در دمای ۴۰- درجه سلسیوس، طبق جدول یک) بیشتر شود. دمای LCSET برای روغن های ترانسفورماتور در این استاندارد ۳۰- درجه سلسیوس ( این دما ۵ کلوین پایین تر از آنچه در IEC60076-2 آمده است، می باشد) تعریف شده است. دماهای LCSET دیگر (طبق جدول ۱) می تواند بر اساس توافق تأمین کننده و خریدار تعیین شود.

روغن های کلید مناسب برای دمای پایین باید دارای گرانروی کمتر در دمای LCSET باشد و مقدار آن از ۴۰۰ میلی متر مربع بر ثانیه بیشتر نباشد. استاندارد LCSET برای روغن های کلید مناسب در دمای پایین در ۴۰- درجه سلسیوس تعریف شده است. لیکن در دماهای دیگر LCSET می تواند بر اساس توافق بین تأمین کننده و خریدار باشد.

جدول ۱- حداکثر گرانروی و نقطه ریزش روغن های ترانسفورماتور در LCSET

حداکثر نقطه ریزش (درجه سلسیوس)	حداکثر گرانروی (میلی مترمربع بر ثانیه)	LCSET (درجه سلسیوس)
-۱۰	۱۸۰۰	۰
-۳۰	۱۸۰۰	-۲۰
-۴۰	۱۸۰۰	-۳۰
-۵۰	۲۵۰۰	-۴۰

گرانروی می بایست طبق استاندارد ملی ۳۴۰ و گرانروی در دمای پایین باید طبق IEC61868 اندازه گیری شود.

1- Power circuit breaker

2 - On-load tap changer mechanism

## ۶-۲ نقطه ریزش

نقطه ریزش در روغن های عایق معدنی پایین ترین دمایی است که روغن هنوز در آن نقطه دارای حرکت است. توصیه می شود نقطه ریزش حداقل ۱۰ کلوین پایین تر از LCSET باشد. در صورت استفاده از مواد پایین آورنده نقطه ریزش تأمین کننده باید آن را به اطلاع مصرف کننده برساند. نقطه ریزش باید طبق استاندارد ملی ۲۰۱ اندازه گیری شود.

## ۶-۳ مقدار آب

مقدار کمی از آب در روغن های عایق معدنی بمنظور رسیدن به ولتاژ شکست و اتلاف الکتریکی مناسب کم لازم است. برای جلوگیری از جدایش آب آزاد از روغن عایق کار نکرده، مقدار آب موجود باید محدود باشد. قبل از پر کردن دستگاه الکتریکی، روغن باید با توجه به استاندارد IEC60422 بررسی گردد. مقدار آب باید طبق استاندارد ملی ۱۹۷ اندازه گیری شود.

## ۶-۴ ولتاژ شکست

ولتاژ شکست روغن های عایق نشان دهنده مقاومت آنها نسبت به شوک الکتریکی در دستگاههای الکتریکی است. ولتاژ شکست باید طبق استاندارد IEC60156 اندازه گیری شود. تأمین کننده باید اثبات کند که بعد از تصفیه بمنظور کاهش ذرات، آب و هوای محلول بوسیله روش های خلاء، روغن دارای استقامت دی الکتریکی بالایی می باشد. (ولتاژ شکست بیشتر از ۷۰ کیلوولت)

**یادآوری-** این تصفیه شامل صاف کردن روغن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس، در خلاء کمتر از ۲/۵ کیلوپاسکال از میان صافی های شیشه ای مشبک<sup>۱</sup> با منافذ حداکثر ۲/۵ میکرومتری است.

## ۶-۵ فاکتور اتلاف دی الکتریک (DDF)<sup>۲</sup>

DDF مقیاسی برای افت دی الکتریک در روغن است. مقادیر DDF بالاتر از آنچه که در الزامات جدول ۲ آمده، می تواند نشان دهنده آلودگی روغن با آلاینده های قطبی یا کیفیت نامناسب فرایند تصفیه باشد. DDF باید طبق استاندارد IEC60247 یا IEC 61620 در ۹۰ درجه سلسیوس اندازه گیری شود. در موارد عدم توافق IEC60247 در ۹۰ درجه سلسیوس باید مورد استفاده قرار گیرد.

**یادآوری-** در صورت توافق بین ذی نفعان، DDF می تواند در دماهای دیگر نیز اندازه گیری شود. در چنین مواردی دمای اندازه گیری باید در گزارش ذکر شود.

---

1- Sintered glass filter

2 - Dielectric Dissipation Factor (DDF)

## ۶-۶ ظاهر

با بررسی چشمی نمونه ای از روغن که درون ظرفی با ضخامت داخلی ۱۰ سانتی متر قرار دارد، در دمای محیط وجود آلاینده های مرئی، آب آزاد و معلق آشکار خواهد شد.

## ۶-۷ اسیدیتته

روغن های عایق معدنی کار نکرده باید فاقد هر گونه ترکیب اسیدی باشند. اسیدیتته باید طبق استاندارد IEC ۶۲۰۲۱-۱ یا IEC ۶۲۰۲۱-۲ اندازه گیری شود.

## ۶-۸ کشش بین سطحی<sup>۱</sup> (IFT)

کشش بین سطحی گاهی اوقات نشان دهنده وجود ترکیبات قطبی است. IFT باید طبق استاندارد EN ۱۴۲۱۰ یا استاندارد ملی ۳۹۵۳ اندازه گیری شود.

## ۶-۹ مقدار گوگرد

ترکیبات گوگردی گوناگون با توجه به نوع نفت خام منشأ و درجه و نوع فرایند پالایش در روغن های معدنی وجود دارند. فرایند پالایش مقدار گوگرد و هیدرو کربن های آروماتیک را کاهش می دهد. برخی ترکیبات گوگردی که بصورت طبیعی در روغن موجودند دارای تمایل به فلزات هستند. این ترکیبات می توانند بعنوان بازدارنده های اکسایشی یا تسریع کننده های خوردگی عمل کنند. مقدار گوگرد در بند ۷-۱ بصورت ویژه توضیح داده شده است. مقدار گوگرد باید طبق استاندارد IP373 یا ISO14596 اندازه گیری شود.

## ۶-۱۰ گوگرد خورنده و گوگرد دارای پتانسیل خوردنگی

برخی از ترکیبات گوگردی مانند مرکاپتان ها بر روی سطوح فلزات فولاد، مس و نقره اثر بسیار خورنده ای دارند و نباید در روغن نو (کارنکرده) وجود داشته باشند. این نوع گوگرد باید با استاندارد DIN51353 تعیین شود. گونه های دیگر از ترکیبات گوگردی مانند دی بنزیل دی سولفید (DBDS) ممکن است سبب ایجاد رسوب سولفید مس ( $Cu_2S$ ) در کاغذهای عایق و کاهش خواص عایق الکتریکی شوند (به پیوست الف رجوع شود). این پدیده دستگاه های مختلف را در هنگام استفاده دچار مشکل کرده است. استاندارد IEC ۶۲۵۳۵ بهترین روش موجود برای تعیین ترکیبات گوگردی دارای پتانسیل خوردنگی در روغن را ارائه کرده است. این روش فقط برای روغن های فاقد مواد افزودنی غیر فعال کننده فلزات، کاربرد دارد. برای روغن های دارای غیرفعال کننده های فلزات به بند الف-۳ مراجعه شود.

---

1 - Interfacial tension

## ۶-۱۱ مواد افزودنی (به بند ۳-۴ مراجعه شود)

### ۶-۱۱-۱ کلیات

نوع کلی مواد افزودنی باید در مشخصات فنی به همراه گواهینامه‌های تأیید شده ارائه شود. برای مواد افزودنی ضد اکسایش و غیر فعال کننده‌ها، غلظت نیز باید ارائه شود.

### ۶-۱۱-۲ مواد افزودنی ضد اکسایش (به بند ۳-۵ رجوع شود)

ترکیبات ضد اکسایش، اکسایش روغن را کند کرده و از اینرو تشکیل فرآورده‌های حاصل از تخریب، مانند لجن و ترکیبات اسیدی را کاهش می‌دهد. آگاهی از نوع و مقدار ترکیبات ضد اکسایش اضافه شده بمنظور پایش میزان کاهش این ترکیبات در هنگام استفاده در دستگاه مفید خواهد بود.

مواد افزودنی که اکسایش روغن‌های عایق معدنی را کند می‌کند، عبارتند از:

- ترکیبات بازدارنده مانند فنل‌ها و آمین‌ها که در این میان DBPC و DBP بیشترین مصرف را دارند. (به بند ۳-۵-۱ مراجعه شود).

تعیین و اندازه‌گیری DBPC و DBP باید طبق استاندارد IEC60666 انجام شود. برای دیگر مواد بازدارنده IEC استاندارد بدین منظور ارائه نکرده است.

- دیگر مواد افزودنی ضد اکسایش شامل ترکیبات گوگرددار و فسفردار مانند پلی‌سولفیدها و دی‌تیو فسفات‌های آلی می‌باشند (به بند ۳-۵-۲ مراجعه شود) نوعی از این دسته مواد ضد اکسایش DBDS (به بند ۶-۱۰ مراجعه شود) است. لیکن چون DBDS بر روی مس اثر خوردگی دارد و نتیجه آزمون گوگرد دارای پتانسیل خوردگی طبق استاندارد IEC62535 مردود می‌شود، قابل قبول نیست. روش‌های آزمون طبق استانداردهای IEC برای DBDS (به بند ۶-۲۱) می‌باشند و برای ضد اکسایش‌های دیگر کاربرد ندارند.

### ۶-۱۱-۳ غیرفعال کننده‌های فلزات

برخی از این دسته مواد افزودنی لایه‌ای بر روی مس تشکیل داده و مانع از اثر کاتالیزوری مس در روغن و تشکیل رسوبات سولفید مس مضر در لایه‌های کاغذ می‌شوند که در اثر واکنش ترکیبات گوگردی خورنده موجود در روغن حاصل می‌شوند.

برخی دیگر از این دسته مواد، محافظ روغن در برابر واکنش‌های کاتالیزوری فلزات شده و سرعت اکسایش روغن را کاهش می‌دهد. از اینرو غیرفعال کننده‌ها فرایند اکسایش را کند کرده و سطوح فعال سیم‌های مسی را در برابر واکنش‌های کاتالیزوری غیرفعال می‌کنند و از اینرو منجر به حصول نتایج مطلوبی در آزمون پایداری اکسایشی (IEC61125) می‌شوند. برخی دیگر از این دسته مواد بمنظور کاهش تمایل ایجاد بار الکتروستاتیکی روغن‌ها استفاده می‌شوند. (به بند ۶-۱۴ مراجعه شود)

سه دسته عمده از مشتقات بنزوتریازول‌ها بعنوان ماده افزودنی غیر فعال کننده فلزات بکار می‌روند:



N-بیس (۲- اتیل هگزیل) - آمینومتیل - تولوتریازول (TTAA)، بنزو تریازول (BTA) و ۵-متیل-1H-بنزو تریازول (TTA). تعیین و اندازه گیری این مواد افزودنی طبق استاندارد IEC60666 صورت می گیرد. دیگر ترکیباتی که از آنها بعنوان غیر فعال کننده فلزات استفاده می شود، عبارتند از: N و N-بیس (۲- اتیل هگزین) -1H- و 2 و 4- تریازول -1 متانامین (TAA). دی آمینو-دی فنیل دی سولفید، نیکوتینیک اسید، هیدروکینون و دیگر ترکیبات بر پایه گوگرد. برای این ترکیبات روش های آزمون IEC وجود ندارد.

#### ۶-۱۱-۴ مواد کاهش دهنده نقطه ریزش

از این مواد افزودنی بمنظور بهبود گرانروی در سرما و نقطه ریزش روغن ها استفاده می شود. دو دسته مهم از این مواد افزودنی پلی نفتالن ها و پلی متاکریلات ها هستند. تعیین و اندازه گیری نقطه ریزش باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱ انجام شود.

#### ۶-۱۲ پایداری اکسایشی

اکسایش روغن باعث افزایش اسیدیته و تشکیل لجن می شود. در روغن های با پایداری اکسایشی بالا، لجن کمتر تشکیل شده و دارای طول عمر بالاتری هستند و از اینرو از آنها بعنوان روغن های عایق در مدت بیشتری می توان استفاده نمود. پایداری اکسایشی طبق استاندارد IEC61125 روش C اندازه گیری می شود.

مدت زمان آزمون برای روغن های حاوی مواد افزودنی بازدارنده در جدول ۲ آمده است. زمان آزمون برای روغن های حاوی مواد افزودنی دیگر و مواد غیر فعال کننده فلزات باید ۵۰۰ ساعت باشد. در مورد روغن هایی که دارای مواد غیر فعال کننده فلزات هستند، آزمون پایداری اکسایشی باید در صورت امکان قبل از افزایش مواد غیرفعال کننده فلزات و طبق زمانهای قید شده در جدول ۲ انجام شود.

#### ۶-۱۳ تمایل به جذب گاز

تمایل به جذب گاز در روغن های عایق معدنی عبارت است از خصوصیت جذب گاز روغن هنگامی که روغن در معرض تخلیه الکتریکی جزئی<sup>۱</sup> قرار می گیرد. این خصوصیت فقط برای دستگاههای خاصی نظیر ترانسفورماتورهای با ولتاژ زیاد و بوشینگ ها<sup>۲</sup> مهم و لازم است. این ویژگی میزانی از سرعت جذب یا آزادسازی گاز درون روغن، در شرایط تعریف شده آزمایشگاهی است. تمایل به جذب گاز به مقدار ترکیبات آروماتیک در روغن بستگی دارد و طبق استاندارد IEC60628 روش A اندازه گیری می شود.

1 - Corona Partial Discharge

2 - Bushings

**یادآوری** - فرض بر این است که به مواد افزودنی مانند ۱، ۲، ۳، ۴ - تتراهیدرونیفتالن (تترالین). مونو یا دی بنزیل تولوئن، تمایل به جذب گاز را در برخی روغن ها کاهش می دهند. لیکن در این خصوص در استاندارد IEC60666 توضیحی داده نشده و فقط مونوو دی بنزیل تولوئن در IEC60867 آمده است.

#### **۶-۱۴ تمایل به شارژ الکتروستاتیکی (ECT)**

تمایل به شارژ الکتروستاتیکی روغن خصوصیتی مهم در طراحی برخی ترانسفورماتورهای HV و EHV است که در آنها سرعت پمپ روغن به حدی است که می تواند باعث افزایش شارژ الکتروستاتیکی شود. این شارژ می تواند در تخلیه الکتریکی موجب آسیب ترانسفورماتور شود. یادآوری - ECT می تواند با استفاده از مواد افزودنی غیرفعال کننده فلزات مانند BTA و TTA کاهش یابد.

#### **۶-۱۵ نقطه اشتعال**

لازمه عملکرد مطمئن یک دستگاه الکتریکی استفاده از روغنی است که نقطه اشتعال آن به اندازه کافی بالا باشد. نقطه اشتعال به روش بسته پنسکی - مارتنز اندازه گیری می شود.

#### **۶-۱۶ چگالی**

در شرایط آب و هوای سرد، چگالی روغن باید به اندازه کافی پایین باشد. تا از شناور شدن یخهایی که از انجماد آب های آزاد شکل می گیرند جلوگیری کند. شکل گرفتن چنین پدیده ای می تواند موجب اشکالاتی مانند تخلیه سطحی<sup>۱</sup> در هادی ها شود. چگالی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷ اندازه گیری می شود.

#### **۶-۱۷ مقدار آروماتیک های چند حلقه ای (PCA)<sup>۲</sup>**

برخی از ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای در طبقه ترکیبات سرطان زا قرار دارند و از اینرو کنترل میزان آنها در روغن های عایق معدنی ضروری است مقدار کل ترکیبات PCA را می توان از طریق استخراج با دی متیل سولفوکسید (DMSO) طبق استاندارد IP346 اندازه گیری کرد. یادآوری - حدود قابل قبول ترکیبات PCA باید طبق قوانین ملی یا منطقه ای باشد.

#### **۶-۱۸ مقدار بی فیل های چند کلره (PCB)**

روغن های عایق معدنی کارنکرده باید فاقد ترکیبات PCB باشد. روش استاندارد در این مورد IEC61619 است.

یادآوری - حدود قابل قبول ترکیبات PCB باید طبق قوانین ملی یا منطقه ای باشد.

---

1 - Flashover  
2 - Polycyclic aromatic

#### ۶-۱۹ مقدار ۲-فورفورال (2-FAL) و ترکیبات مربوطه

۲-فورفورال و ترکیبات مربوطه در روغن های عایق معدنی کارنکرده می تواند ناشی از تقطیر مجدد نامناسب پس از عملیات استخراج با حلال در طی فرایند تصفیه یا آلودگی با روغن کارکرده باشد. روغن عایق معدنی کارنکرده باید دارای مقدار کمی ۲-فورفورال و ترکیبات مربوطه باشد. این ترکیبات طبق استاندارد IEC61198 اندازه گیری می شود. یادآوری- ترکیبات مربوطه عبارتند از : ۵-هیدروکسی متیل ۲-فورفورال (5HMP) ، ۲-فورفوریل الکل (2FOL) ، ۲-استیل فوران (2ACF) و ۵-متیل ۲-فورفورال (5MEF)

#### ۶-۲۰ مقدار ذرات

ذرات موجود در روغن عایق معدنی ممکن است هنگام تهیه ، نگهداری یا جابجایی روغن در آن وارد شده باشد. این ذرات می تواند بر ولتاژ شکست تأثیر بگذارد. اندازه گیری ذرات طبق استاندارد IEC60970 صورت می گیرد.

#### ۶-۲۱ مقدار DBDS

این ترکیب در دمای کارکرد معمولی ترانسفورماتورها ایجاد خوردگی کرده و می تواند تولید سولفید مس کند. از این رو این ترکیب نباید در روغن های کارنکرده وجود داشته باشد. DBDS طبق استاندارد 1-IEC62697 اندازه گیری می شود.

#### ۶-۲۲ گازهای موجود در روغن

بعضی روغنها می توانند بدون این که مشکل گرمایی یا الکتریکی در ترانسفورماتور پیش آمده باشد یا حتی بدون اینکه هیچگونه شوکی در عملکرد دستگاه رخ داده باشد در دمای کمتر از ۱۲۰ درجه سلسیوس، گازهایی مانند هیدروژن، هیدروکربن ها و اکسیدهای کربن تولید کنند. این پدیده می تواند منجر به تولید زیاد گاز شده و در تفسیر نتایج DGA ایجاد اشکال نماید. یادآوری- روش اندازه گیری میزان گاز موجود در روغن در ASTM D7150 آمده است. روغن های دارای مواد بازدارنده، معمولاً کمتر از روغن های بدون مواد بازدارنده تولید گاز می کنند.

#### ۶-۲۳ امتزاج پذیری

روغن های عایق معدنی کارنکرده که در یک طبقه و یک گروه (طبق بند ۴) قرار گرفته و دارای LCSET و مواد افزودنی یکسان می باشند (طبق بند ۴) با یکدیگر سازگار بوده و امتزاج پذیر هستند. (به استاندارد IEC60422 مراجعه شود).

## جدول ۲ - ویژگی های روغن های عایق معدنی

روش آزمون	حدود قابل قبول		واحد	ویژگی	ردیف
	روغن کلید	روغن ترانسفورماتور			
-	شفاف و عاری از مواد معلق و ته نشست		-	ظاهر	۱
استاندارد ملی شماره ۱۹۷	حداکثر ۰/۸۹۵		گرم بر میلی لیتر	چگالی در ۲۰ درجه سلسیوس	۲
استاندارد ملی شماره ۳۴۰	حداکثر ۳/۵	حداکثر ۱۲	میلی متر مربع بر ثانیه	گرانروی در ۴۰ درجه سلسیوس	۳
استاندارد ملی شماره ۳۴۰	-	حداکثر ۱۸۰۰	میلی مترمربع بر ثانیه	گرانروی در ۳۰- درجه سلسیوس <sup>۱</sup>	۴
IEC 61868	حداکثر ۴۰۰	-	میلی مترمربع بر ثانیه	گرانروی در ۴۰- درجه سلسیوس <sup>۲</sup>	۵
ISO 2719	حداقل ۱۰۰	حداقل ۱۳۵	درجه سلسیوس	نقطه اشتعال	۶
استاندارد ملی شماره ۲۰۱	حداکثر ۶۰-	حداکثر ۴۰-	درجه سلسیوس	نقطه ریزش	۷
IEC 60970	گزارش شود		-	مقدار ذرات <sup>۳</sup>	۸
استاندارد ملی شماره ۱۵۴	حداکثر ۳۰ / <sup>۴</sup> حداکثر ۵۴۰		میلی گرم بر کیلوگرم	مقدار آب	۹
استاندارد ملی شماره ۳۹۵۳	گزارش شود		-	کشش بین سطحی <sup>۶</sup>	۱۰
IEC 60156	حداقل ۳۰ / <sup>۷</sup> حداقل ۷۰		کیلوولت	ولتاژ شکست	۱۱
IEC 60247 IEC 61620	حداکثر ۰/۰۰۵		-	فاکتور اتلاف دی الکتریک (DDF) در ۹۰ درجه سلسیوس	۱۲
بند ۶-۱۴	گزارش شود		-	تمایل به شارژ الکتریکی (ECT) <sup>۸</sup>	۱۳
بند ۶-۲۲	گزارش شود		-	گازهای موجود در روغن <sup>۸</sup>	۱۴
IEC 60628:1985 Method A	گزارش شود		-	تمایل به جذب گاز <sup>۸</sup>	۱۵
استاندارد ملی شماره ۱۹۹	حداکثر ۰/۰۱		میلی گرم پتاس بر گرم	اسیدیته	۱۶
ISO 14596 یا IP373	گزارش شود		-	مقدار گوگرد کل	۱۷
DIN 51353	خورندگی ایجاد نشود		-	گوگرد خورنده	۱۸
IEC 62535	خورندگی ایجاد نشود		-	گوگرد دارای پتانسیل خورندگی	۱۹
IEC 62697-1	غیر قابل آشکار سازی (کوچکتر از ۵)		میلی گرم بر کیلوگرم	دی بنزیل دی سولفید (DBDS)	۲۰
IEC 60666	کمتر از ۰/۰۱ : بدون ماده بازدارنده (U) کمتر از ۰/۰۸ : دارای ماده بازدارنده به مقدار بسیار کم (T) ۰/۰۸ تا ۰/۴۰ : دارای ماده بازدارنده (I) (به بند ۳-۶ تا ۳-۸ مراجعه شود)		درصد وزنی	افزودنی های بازدارنده <sup>۹</sup>	۲۱
IEC 60666	غیر قابل آشکار سازی (کوچکتر از ۵) یا با توافق خریدار		میلی گرم بر کیلوگرم	مواد غیر فعال کننده فلزات <sup>۹</sup>	۲۲
	طبق مشخصات مواد افزودنی استفاده شده		درصدوزنی	سایر مواد افزودنی <sup>۹</sup>	۲۳

## جدول ۲- ادامه

روش آزمون	حدود قابل قبول		واحد	ویژگی	ردیف
	روغن کلید	روغن ترانسفورماتور			
IEC 61198	غیر قابل آشکار سازی (کمتر از ۰/۰۵ : برای هر یک از این ترکیبات)		mg/kg	مقدار ۲- فورفورال و ترکیبات مربوطه	۲۴
IP 346	حداکثر ۳		درصد	ترکیبات PCA	۲۵
IEC 61619	غیر قابل آشکار سازی (کمتر از ۲)		میلی گرم بر کیلوگرم	ترکیبات PCB	۲۶
IEC 61125/Method C	حداکثر ۱/۲		میلی گرم پتاس بر گرم	پایداری اکسایشی <sup>۱۰</sup> - اسیدی کل <sup>۱۱</sup>	۲۷
	حداکثر ۰/۸		درصد	- لجن <sup>۱۱</sup>	
	حداکثر ۱۲۰/۵۰۰		درصد	- DDF در ۹۰درجه سلسیوس	

- ۱- این مقدار، استاندارد LCSET برای روغن های ترانسفورماتور است. (بند ۶-۱) و می تواند با توجه به شرایط آب و هوایی هر کشور اصلاح شود. نقطه ریزش باید حداقل ۱۰ کلوین پایین تر از LCSET باشد.
- ۲- این مقدار، استاندارد LCSET برای روغن های کلید مناسب در دمای پایین است.
- ۳- مقدار ذرات در روغن هایی که به صورت بشکه تحویل داده می شود می تواند بر اساس توافق تأمین کننده و مشتری با توجه به اصول آماری در هنگام تحویل باشد.
- ۴- برای روغن های فله ای
- ۵- برای روغن های بشکه ای و درون IBC
- ۶- جایی که این ویژگی بعنوان الزام است، مقدار حداقل ۴۰ میلی نیوتن بر متر توصیه می شود.
- ۷- پس از تصفیه آزمایشگاهی طبق بند ۶-۴
- ۸- طبق توافق بین تأمین کننده و خریدار
- ۹- تولید کننده باید اطلاعات لازم در مورد نوع و مقدار مواد افزودنی را در اختیار سازمان ملی استاندارد قرار دهد.
- ۱۰- زمان آزمون برای روغن های بدون ماده بازدارنده ۱۶۴ ساعت، برای روغن های با مقادیر کم ماده بازدارنده ۳۳۲ ساعت، و برای روغن های با ماده بازدارنده ۵۰۰ ساعت می باشد. در مورد روغن های دارای مواد ضد اکسایش و غیرفعال کننده فلزات برای تعیین مقادیر اسیدی کل، لجن و DDF به بند ۶-۱۲ مراجعه شود.
- ۱۱- در پایان آزمون های پایداری اکسایشی.
- ۱۲- DDF با مقدار حداکثر ۰/۰۲۰ پس از ۲ ساعت اکسایش (به روش C استاندارد IEC 61125:1992 مراجعه شود) در مورد ترانسفورماتورهای EHV و پوشینگها قابل استفاده است.

## ۷ الزامات ویژه برای کاربردهای خاص

### ۷-۱ پایداری اکسایشی بیشتر و مقدار گوگرد کمتر

برای ترانسفورماتورهایی که در دمای زیاد کار می کنند، ترانسفورماتورهایی که بمنظور طول عمر بالا طراحی شده اند، ممکن است حدود قابل قبول ویژگی پایداری اکسایشی بصورت زیر محدودتر باشد. در چنین شرایطی اغلب از روغن دارای مواد بازدارنده استفاده می شود:

- اسیدی کل : حداکثر ۰/۳ میلی گرم پتاس بر گرم

- لجن : حداکثر ۰/۰۵ درصد

- DDF در ۹۰ درجه سلسیوس : حداکثر ۰/۰۵۰

- مقدار گوگرد کل : حداکثر ۰/۰۵ درصد (قبل از پایداری اکسایشی)

### ۷-۲ تمایل شارژ الکتروستاتیکی (ECT)

در دستگاههایی که در آنها روغن با سرعت بالا گردش می کند (بعنوان مثال ترانسفورماتورهای HV/DC) محدوده مورد توافق سازنده و خریدار می تواند تعیین شود.

### ۷-۳ تمایل به ایجاد گاز

در دستگاههایی که در معرض تنش میدان الکتریکی هستند یا دارای طراحی خاصی هستند، گاز حاصل از تخلیه الکتریکی باید توسط روغن جذب شود از اینرو محدوده تمایل به ایجاد گاز نیز طبق استاندارد IEC 60628 می بایست مورد توافق تأمین کننده و خریدار قرار گیرد. بعنوان مثال تمایل به ایجاد گاز کوچکتر یا مساوی ۵ میلی متر مکعب بر دقیقه در دستگاهی با ولتاژ بزرگتر و مساوی ۴۰۰ کیلو ولت تعیین نشده است.

## ۸ نمونه برداری

نمونه برداری باید طبق استاندارد IEC ۶۰۴۷۵ انجام شود.

## ۹ بسته بندی

۱-۹ ظروفی که روغن در آن بسته بندی می شود باید تمیز و عاری از هرگونه آلودگی باشد.

۲-۹ روغن باید در حجم های مشخص (بشکه، IBC<sup>۱</sup> و فلکسی تانک<sup>۲</sup>) بسته بندی شود.

۳-۹ ظروف حاوی روغن، باید نشسته و یا ریزش نداشته باشد.

۴-۹ پس از بسته بندی، ظروف باید با درپوش مطمئن عرضه شود.

---

1- Intermediate Bulk Container

2 - Flexi tank

## ۱۰ نشانه گذاری

اطلاعات زیر باید به طور خوانا بر روی ظروف محتوی روغن درج شود:

۱-۱۰ طبقه و کاربرد روغن طبق بند ۴

۲-۱۰ حجم روغن بر حسب لیتر در ۱۵ درجه سلسیوس

۳-۱۰ نام تجاری

۴-۱۰ شماره و تاریخ ساخت

۵-۱۰ نام و نشانی تولید کننده

۶-۱۰ عبارت "ساخت ایران" به زبان فارسی

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

## گوگرد دارای پتانسیل خوردنگی

### الف - ۱ مکانیزم ایجاد رسوب سولفید مس

مکانیزم ایجاد رسوب سولفید مس ( $Cu_2S$ ) هنوز کاملاً روشن نشده است. ولی امکان دارد ترکیبات گوگردی با مس تشکیل کمپلکس داده و پس از جذب آنها در لایه های سلولزی عایق، به سولفید مس تبدیل شوند. افزایش دما و وجود اکسیژن تأثیر زیادی بر این مکانیزم دارد، چنانکه ترکیبات گوگردی اکسید شده بسیار فعال تر از ترکیبات گوگردی اولیه بوده و فراورده های دیگر حاصل از اکسیداسیون می تواند به فرایند کمپلکس شدن کمک کند. رسوب سولفید مس بویژه در دستگانهایی مشاهده می شود که ترکیبات گوگردی خورنده در روغن موجود بوده، فلز مس در آنها پوشش داده نشده و محافظت نشده است. دمای کاری بالاست و مقدار اکسیژن محدود است.

به نظر می رسد اگر مقدار اکسیژن نسبتاً کم (در محدوده هزار میکرولیتر بر لیتر) باشد. فرایند تشکیل و انتقال کمپلکس ها بهتر است در حالیکه اگر مقدار آن بیشتر باشد فرایند تجزیه و تبدیل به سولفید مس مطلوب است.

### الف - ۲ ترکیبات گوگردی خورنده در روغن

هرچند تعداد زیادی از ترکیبات گوگردی بر روی مس اثر خوردگی دارد، لیکن تنها تعداد کمی از آنها در روغن های عایق معدنی وجود دارند. تنها ترکیبی که تا کنون بعنوان عاملی که دارای پتانسیل تشکیل سولفید مس داشته و بصورت قابل ملاحظه ای در روغن های ترانسفورماتور یافت می شود، دی بنزیدیل سولفید (DBDS) است. در بیشتر روغن های که سولفید مس تشکیل شده. این ترکیب ملاحظه شده است. هرچند در صورتیکه فرایند تصفیه کامل صورت گیرد، این ترکیب واکنش پذیر به آسانی از روغن حذف می شود. ترکیبات دیگری شامل دی سولفیدها، تیواترها، ترکیبات اکسیژن شده گوگردی و گوگرد عنصری می توانند باعث تشکیل  $Cu_2S$  شوند. این پدیده در آزمون IEC 62535 هنگامی که روغن قبل از و بعد از افزودن این ترکیبات مورد آزمون قرار می گیرد. نشان داده شده است.

### الف - ۳ تعیین ترکیبات گوگردی خورنده در روغن های حاوی ترکیبات غیرفعال کننده فلزات

در صورتیکه روغن ترانسفورماتور حاوی مواد افزودنی غیر فعال کننده فلزات باشد، لایه ای محافظ از ماده غیرفعال کننده بر روی سطح مس تشکیل می شود. این لایه از واکنش فلز با ترکیبات گوگردی موجود در روغن جلوگیری کرده و مانع تشکیل رسوب مضر سولفید مس در کاغذهای عایق دستگاه می شود.



چنین پدیده ای در آزمون IEC 62535 در مورد روغن های حاوی مواد غیرفعال کننده فلزات نیز رخ می- دهد. از اینرو این روش آزمون نمی تواند تعیین کننده ترکیبات گوگردی در روغن های حاوی غیرفعال کننده فلزات باشد و ممکن است به اشتباه نتیجه آزمون منفی شود. نتیجه آزمون روغن های نو دارای مواد غیرفعال کننده فلز هر چند در این آزمون می تواند منفی باشد، پس از گذشت زمان و مصرف شدن مواد افزودنی هنگام کار ترانسفورماتور، پدیده تشکیل رسوب سولفید مس ممکن است شروع شود. بمنظور تعیین ترکیبات گوگردی خورنده در روغن های دارای مواد افزودنی غیرفعال کننده فلزات (چه آنهایی که ادعا شده و چه آنهایی که احتمال داده می شود)، ابتدا این مواد افزودنی باید از روغن حذف شوند. دو روش زیر برای این منظور بکار می رود. هر دو روش برای روغن های نو کاربرد داشته و از آن برای روغن ها موقع تحویل استفاده نمی شود.

## روش ۱

در این روش، مواد افزودنی غیرفعال کننده فلزات با استفاده از جاذب های خاص از روغن به شرح زیر حذف می شوند:

الف) ۱۰۰ میلی لیتر از روغن حاوی غیرفعال کننده فلز با ۵۰۰ میلی گرم جاذب کروماباند<sup>۱</sup> HR-XC (یک پلیمر مبادله کننده کاتیونی قوی برای آنالیت های قلیایی) به مدت یک ساعت هم زده شده و پس از آن ماده جاذب صاف می شود؛ یا

ب) در صورتیکه غلظت ماده غیرفعال کننده کمتر از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، ۶۰ میلی لیتر از روغن تحت خلاء جزئی از ستونی به حجم ۳ میلی لیتر حاوی ۲۰۰ میلی گرم جاذب استخراج شود.

## روش ۲

در این روش با استفاده از فرایند اکسایش مواد افزودنی غیرفعال کننده فلزات در روغن به شرح زیر مصرف می شوند:

الف) روغن حاوی غیرفعال کننده فلز طبق روش C استاندارد ۱۹۹۲: IEC ۶۱۱۲۵ در ظرف آزمون ریخته شده و به مدت ۱۶۴ ساعت، در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، هوا با جریان ۰/۱۵ لیتر بر ساعت از آن عبور داده می شود تا اطمینان حاصل شود مواد افزودنی غیرفعال کننده فلزات در اثر اکسایش مصرف شده اند. ب) روغن حاصل از بند الف طبق استاندارد IEC 62535 به منظور تعیین گوگرد خورنده با هادی که با کاغذ نو پیچیده شده، مورد آزمون قرار می گیرد.

ج) برای جلوگیری از نتایجی که به اشتباه با روغن حاصل از بند الف مثبت حاصل می شود (هنگامی که ترکیبات حاصل از اکسایش روغن به اشتباه به عنوان  $Cu_2S$  تعبیر می شوند) رسوب  $Cu_2S$  با استفاده از روش های SEM/EDX یا روش های دیگر (مطابق پیوست B استاندارد IEC 62535:2005) مورد تأیید قرار می گیرد.

---

1 - Chromabond HR-XC

همچنین به منظور جلوگیری از اشتباه در مواقعی که نتیجه آزمون مثبت می شود، می توان آزمون IEC62535 را مجدداً بدون استفاده از نوار مسی و فقط بوسیله کاغذ انجام داده و ظاهر کاغذها را بعد از انجام هر دو آزمون با استفاده و بدون استفاده از مس، با یکدیگر مقایسه نمود.

**یادآوری ۱** - لایه محافظی که غیر فعال کننده های فلزات بر روی مس ایجاد می کنند پس از آزمون های پیری<sup>۱</sup> در آزمایشگاه، نیز کماکان بر روی مس مشاهده می شود، لیکن، اطلاعات کمی در این مورد وجود دارد که این لایه چه مدت در ترانسفورماتورهای در حال کار باقی می ماند.

**یادآوری ۲** - به منظور تکمیل آزمون IEC ۶۲۵۳۵ و روشهای ۱ و ۲ برای روغن های حاوی غیرفعال کننده های فلزات، اندازه گیری کمی ترکیبات گوگردی خورنده در روغن (به عنوان مثال DBDS و کل ترکیبات دی سولفیدی) می تواند برای اطمینان از این که هیچگونه ای از این ترکیبات مضر دارای پتانسیل خوردگی در روغن موجود نیست، می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

#### الف ۴ آلودگی روغن

روغن های عایق معدنی که احتمال دارد با روغن های سیلیکونی، فتالات ها یا دیگر ترکیبات شیمیایی یا روغن های فعال سطحی آلوده شده باشند، نباید در ترانسفورماتورها استفاده شوند؛ زیرا این ترکیبات هنگام تخلیه گاز در ترانسفورماتور در روغن ایجاد کف کرده و باعث می شود که فرایند تخلیه کامل گاز از روغن به سختی انجام شده یا غیرممکن گردد. آزمون تمایل به ایجاد کف به منظور تعیین چنین آلودگی هایی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶ قابل استفاده می باشد.

sbargh.ir

sbargh.ir@yahoo.com

@sbargh