INSO
22866
1st Edition
2021

Identical with
IEC 60137:2017
+ COR 1:2018

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۲۸۶۶
چاپ اول
۱۳۹۹

بوشینگ‌های عایقی برای ولتاژهای متناوب بالای ۱۰۰۰ V

Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V

ICS: 29.080.20

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲۲۸۶۶ (چاپ اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

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

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

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@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی‌ماه ۱۳۹۶ وظیفهٔ تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر 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 منصفانهٔ 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 پیشنهادها در کمیتهٔ 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 درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ 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)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] 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 زمینهٔ 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 براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ 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

«بوشینگ‌های عایقی برای ولتاژهای متناوب بالای V ۱۰۰۰»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
موسوی، سید محمدامیر (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	ناظر طرح- شرکت توزیع برق شیراز
دبیر:	
شفیعی، زهرا (کارشناسی‌ارشد مهندسی مواد)	کارشناس- شرکت فنی مهندسی نگار آزمون دانش
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اباطی‌زاده، امین (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	رئیس بازرسی ورود کالا- شرکت ایران ترانسفو
ابدالی، علی (کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت)	رئیس تحقیق و توسعه- شرکت ترانسفورماتورسازی کوشکن
ابیضی، سیامک (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	مدیر آزمایشگاه فشار قوی- پژوهشگاه نیرو
امیدی، محسن (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مدیر فنی- شرکت سامانه‌های نوین افرا
رضایی، حمید (کارشناسی‌ارشد صنایع- مدیریت سیستم بهره‌وری)	مدیر دفتر فنی- شرکت پارس سوئیچ
صمیمی، محمدحامد (دکتری مهندسی برق- قدرت)	عضو هیئت علمی- دانشگاه تهران
ظل‌انوار، محمدعلی (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	کارشناس- اداره کل استاندارد استان فارس
علم‌دوست، بهنام (کارشناسی مهندسی مواد)	مدیر آزمایشگاه سرامیک و پلیمر- پژوهشگاه نیرو
فلاح‌آرانی، حسام (دکتری مهندسی مواد)	کارشناس گروه غیرفلزی- پژوهشگاه نیرو

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فیروزثانی، محمد (کارشناسی‌ارشد مدیریت صنایع)	رئیس هیئت مدیره- شرکت سامانه‌های نوین افرا
قربانی، مهدی (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	مدیر تولید- شرکت ترانسفورماتورسازی کوشکن
لهسایی، نورالدین (کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت)	عضو مستقل
محمدی، داوود (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مدیر آزمایشگاه مه‌نمکی- پژوهشگاه نیرو
میرزاخانی، ایرج (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	مسئول آزمایشگاه الکتروموتور- پژوهشگاه استاندارد
نمکی، راضیه (کارشناسی‌ارشد مهندسی شیمی)	مدیر آزمایشگاه- شرکت سامانه‌های نوین افرا
نورمحمدی، سعید (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	کارشناس بازرسی ورود کالا- شرکت ایران ترانسفو
هادیان‌فرد، فرهاد (کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک)	عضو هیئت مدیره- شرکت فنی مهندسی نگار آزمون دانش
هادیان‌فرد، محمدجعفر (دکتری مهندسی مواد)	عضو هیئت علمی- دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز

ویراستار:

رثائی، حامد (کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت)	کارشناس- سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار م
مقدمه ن
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۵
۴ مقادیر اسمی ۱۴
۱-۴ بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) ۱۴
۲-۴ جریان اسمی (I_r) ۱۴
۳-۴ جریان اسمی حرارتی کوتاه‌مدت (I_{th}) ۱۴
۴-۴ جریان اسمی دینامیکی (I_d) ۱۵
۵-۴ کمینه مقادیر پایداری در برابر بار اهرمی ۱۵
۶-۴ زاویه نصب ۱۷
۷-۴ کمینه فاصله خزشی نامی ۱۷
۸-۴ محدودیت‌های دمایی و افزایش دما ۱۷
۹-۴ سطوح عایقی ۱۸
۱۰-۴ تپ آزمون بر روی بوشینگ‌های ترانسفورماتور ۲۲
۵ شرایط بهره‌برداری ۲۲
۱-۵ اضافه ولتاژهای موقتی ۲۲
۲-۵ ارتفاع ۲۲
۳-۵ دمای هوای محیط و ماده غوطه‌وری ۲۳
۴-۵ شرایط لرزه‌ای ۲۴
۵-۵ گذارهای بسیار سریع (VFT) ۲۵
۶-۵ مایع عایقی ترانسفورماتور ۲۵
۶ اطلاعات سفارش و نشانه‌گذاری‌ها ۲۵
۱-۶ فهرست جزئیات ویژگی‌ها ۲۵
۱-۱-۶ کلیات ۲۵
۲-۱-۶ کاربرد ۲۵
۳-۱-۶ طبقه‌بندی بوشینگ‌ها ۲۶
۴-۱-۶ مقادیر اسمی ۲۶
۵-۱-۶ شرایط بهره‌برداری ۲۶

عنوان **صفحه**

۶-۱-۶ طراحی ۲۷
۶-۲ نشانه‌گذاری‌ها ۲۸
۷ الزامات آزمون ۳۰
۷-۱ الزامات کلی ۳۰
۷-۲ طبقه‌بندی آزمون ۳۰
۷-۲-۱ کلیات ۳۰
۷-۲-۲ آزمون‌های نوعی ۳۱
۷-۲-۳ آزمون‌های تک به تک ۳۲
۷-۲-۴ آزمون‌های ویژه ۳۳
۷-۳ شرایط بوشینگ‌ها حین آزمون‌های دی‌الکتریکی و حرارتی ۳۴
۸ آزمون‌های نوعی ۳۵
۸-۱ کلیات ۳۵
۸-۲ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک یا مرطوب ۳۶
۸-۲-۱ کاربردپذیری ۳۶
۸-۲-۲ روش آزمون و الزامات ۳۶
۸-۲-۳ پذیرش ۳۶
۸-۳ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت طولانی مدت (ACLD) ۳۶
۸-۳-۱ کاربردپذیری ۳۶
۸-۳-۲ روش آزمون و الزامات ۳۶
۸-۳-۳ پذیرش ۳۷
۸-۴ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک ۳۸
۸-۴-۱ کاربردپذیری ۳۸
۸-۴-۲ روش آزمون و الزامات ۳۸
۸-۴-۳ پذیرش ۳۸
۸-۵ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی خشک یا مرطوب ۳۹
۸-۵-۱ کاربردپذیری ۳۹
۸-۵-۲ روش آزمون و الزامات ۳۹
۸-۵-۳ پذیرش ۴۰
۸-۶ آزمون پایداری حرارتی ۴۱
۸-۶-۱ کاربردپذیری ۴۱
۸-۶-۲ روش آزمون و الزامات ۴۱

عنوان **صفحه**

۸-۶-۳ پذیرش ۴۲
۸-۷ آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) ۴۲
۸-۷-۱ آزمون انتشار ۴۲
۸-۷-۲ آزمون مصونیت ۴۴
۸-۸ آزمون افزایش دما ۴۴
۸-۸-۱ کاربردپذیری ۴۴
۸-۸-۲ روش آزمون و الزامات ۴۴
۸-۸-۳ پذیرش ۴۵
۸-۹ ارزیابی پایداری حرارتی جریان کوتاه‌مدت ۴۶
۸-۹-۱ کاربردپذیری ۴۶
۸-۹-۲ روش ارزیابی و الزامات ۴۶
۸-۹-۳ پذیرش ۴۷
۸-۱۰ آزمون پایداری در برابر بار اهرمی ۴۷
۸-۱۰-۱ کاربردپذیری ۴۷
۸-۱۰-۲ روش آزمون و الزامات ۴۷
۸-۱۰-۳ پذیرش ۴۸
۸-۱۱ آزمون استحکام بر روی بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع ۴۸
۸-۱۱-۱ کاربردپذیری ۴۸
۸-۱۱-۲ روش آزمون و الزامات ۴۹
۸-۱۱-۳ پذیرش ۴۹
۸-۱۲ آزمون فشار داخلی روی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز ۴۹
۸-۱۲-۱ کاربردپذیری ۴۹
۸-۱۲-۲ روش آزمون و الزامات ۴۹
۸-۱۲-۳ پذیرش ۴۹
۸-۱۳ آزمون فشار خارجی بر روی بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل در گاز ۵۰
۸-۱۳-۱ کاربردپذیری ۵۰
۸-۱۳-۲ روش آزمون و الزامات ۵۰
۸-۱۳-۳ پذیرش ۵۰
۸-۱۴ ارزیابی ابعاد ۵۰
۸-۱۴-۱ کاربردپذیری ۵۰
۸-۱۴-۲ پذیرش ۵۰

عنوان **صفحه**

۹ آزمون‌های تک به تک ۵۰
۹-۱ کلیات ۵۰
۹-۲ اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی ($\tan \delta$) و ظرفیت خازنی در دمای محیط ۵۱
۹-۲-۱ کاربردپذیری ۵۱
۹-۲-۲ روش آزمون و الزامات ۵۱
۹-۲-۳ پذیرش ۵۱
۹-۳ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک ۵۲
۹-۳-۱ کاربردپذیری ۵۲
۹-۳-۲ روش آزمون و الزامات ۵۲
۹-۳-۳ پذیرش ۵۲
۹-۴ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک ۵۲
۹-۴-۱ کاربردپذیری ۵۲
۹-۴-۲ روش آزمون و الزامات ۵۲
۹-۴-۳ پذیرش ۵۳
۹-۵ اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی ۵۳
۹-۵-۱ کاربردپذیری ۵۳
۹-۵-۲ روش آزمون و الزامات ۵۳
۹-۵-۳ پذیرش ۵۴
۹-۶ آزمون‌های عایقی تپ ۵۴
۹-۶-۱ کاربردپذیری و الزامات آزمون ۵۴
۹-۶-۲ پذیرش ۵۵
۹-۷ آزمون فشار داخلی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز ۵۵
۹-۷-۱ کاربردپذیری ۵۵
۹-۷-۲ روش آزمون و الزامات ۵۵
۹-۷-۳ پذیرش ۵۵
۹-۸ آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع ۵۶
۹-۸-۱ کاربردپذیری ۵۶
۹-۸-۲ روش آزمون و الزامات ۵۶
۹-۸-۳ پذیرش ۵۶
۹-۹ آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز ۵۶
۹-۹-۱ کاربردپذیری ۵۶

عنوان **صفحه**

۹-۹-۲ روش آزمون و الزامات ۵۶
۹-۹-۳ پذیرش ۵۷
۹-۱۰ آزمون استحکام فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگر ۵۷
۹-۱۰-۱ کاربردپذیری ۵۷
۹-۱۰-۲ روش آزمون و الزامات ۵۷
۹-۱۰-۳ پذیرش ۵۸
۹-۱۱ بازرسی چشمی و بررسی ابعاد ۵۸
۹-۱۱-۱ کاربردپذیری ۵۸
۹-۱۱-۲۹پذیرش ۵۸
۱۰ الزامات و آزمون‌ها برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده غیرخازنی با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات تا و شامل ۵۲ kV ۵۸
۱۰-۱ کلیات ۵۸
۱۰-۲ الزامات دمایی ۵۹
۱۰-۳ سطح محیط غوطه‌وری ۵۹
۱۰-۴ نشانه‌گذاری ۵۹
۱۰-۵ الزامات آزمون ۵۹
۱۰-۵-۱ کلیات ۵۹
۱۰-۵-۲ آزمون‌های نوعی ۵۹
۱۰-۵-۳ آزمون‌های تک به تک ۶۰
۱۱ پیشنهادات برای حمل‌ونقل، انبارش، برپاکردن، بهره‌برداری و تعمیرونگهداری ۶۱
۱۱-۱ کلیات ۶۱
۱۱-۲ شرایط هنگام حمل‌ونقل، انبارش و نصب ۶۱
۱۱-۳ نصب ۶۱
۱۱-۴ بازکردن بسته‌بندی و بلندکردن ۶۱
۱۱-۵ مونتاژ ۶۲
۱۱-۵-۱ کلیات ۶۲
۱۱-۵-۲ نصب‌کردن ۶۲
۱۱-۵-۳ اتصالات ۶۲
۱۱-۵-۴ بازرسی نصب نهایی ۶۲
۱۱-۶ بهره‌برداری ۶۳
۱۱-۷ تعمیرونگهداری ۶۴

عنوان **صفحه**

۱۱-۷-۱ کلیات ۶۴
۱۱-۷-۲ پیشنهادات برای سازنده ۶۴
۱۱-۷-۳ پیشنهادات برای مصرف‌کننده ۶۵
۱۱-۷-۴ گزارش خرابی ۶۵
۱۲ ایمنی ۶۷
۱۲-۱ کلیات ۶۷
۱۲-۲ جنبه‌های الکتریکی ۶۷
۱۲-۳ جنبه‌های مکانیکی ۶۷
۱۲-۴ جنبه‌های حرارتی ۶۷
۱۳ جنبه‌های زیست‌محیطی ۶۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تعیین داغ‌ترین نقطه در بوشینگ‌ها با هادی گنجانده‌شده در ماده عایقی ۶۹
کتاب‌نامه ۷۰

شکل ۱- ضریب m اعمالی در هماهنگ‌کردن ولتاژ پایداری در برابر ضربه کلیدزنی ۲۳
شکل ۲- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) بیش از ۱۰۰ kV ۲۹
شکل ۳- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) معادل یا کمتر از ۱۰۰ kV، بجز برای بوشینگ‌هایی که شکل ۴ برای آن‌ها کاربرد دارد ۲۹
شکل ۴- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) معادل یا کمتر از ۵۲ kV از جنس سرامیک، شیشه یا مواد معدنی، رزین یا عایق ترکیبی (به زیربند ۱۰-۳ مراجعه شود) ۲۹
شکل ۵- مراحل اعمال ولتاژ برای آزمون طولانی مدت ۳۷

جدول ۱- کمینه مقادیر پایداری در برابر بار اهرمی (به زیربندهای ۴-۵ و ۸-۱۰ مراجعه شود) ۱۶
جدول ۲- بیشینه مقادیر دما و افزایش دما بالاتر از دمای محیط (به زیربند ۴-۸ مراجعه شود) ۱۹
جدول ۳- سطوح عایقی برای بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m) (به زیربندهای ۴-۹، ۸-۲ ، ۸-۴، ۸-۵، ۹-۳ و ۹-۴ مراجعه شود) ۲۰
جدول ۴- دمای هوای محیط و محیط غوطه‌وری ۲۴
جدول ۵- کاربردپذیری آزمون‌های نوعی (به زیربند ۷-۲-۲ مراجعه شود، بجز بوشینگ‌های مطابق بند ۱۰) ۳۲
جدول ۶- کاربردپذیری آزمون‌های تک به تک (به زیربند ۷-۲-۳ مراجعه شود، بجز بوشینگ‌های مطابق بند ۱۰) ۳۳

عنوان **صفحه**

جدول ۷- تصحیح ولتاژهای آزمون (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود) ۳۵
جدول ۸- بیشینه مقادیر $\tan\delta$ و افزایش $\tan\delta$ (به زیربند ۹-۲ مراجعه شود) ۵۱
جدول ۹- بیشینه مقادیر کمیت تخلیه‌جزئی (به زیربندهای ۸-۳ و ۹-۵ مراجعه شود) ۵۴
جدول ۱۰- کاربردپذیری آزمون‌های نوعی برای بوشینگ‌ها بر اساس بند ۱۰ (به زیربند ۱۰-۵-۱ مراجعه شود) ۶۰
جدول ۱۱- کاربردپذیری آزمون‌های تک به تک برای بوشینگ‌ها بر اساس بند ۱۰ (به زیربند ۱۰-۵-۳ مراجعه شود) ۶۰

پیش گفتار

استاندارد «بوشینگ‌های عایقی برای ولتاژهای متناوب بالای V ۱۰۰۰» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در هزار و سیصد و پانزدهیمن اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۳۹۹/۱۲/۰۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 60137:2017+ COR 1:2018, Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V

مقدمه

در آماده‌سازی ویرایش اخیر این استاندارد، به الزامات آزمون ترانسفورماتورهای قدرت توصیف‌شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰ سال ۱۳۹۵ توجه بیشتری شده است.

بوشینگ‌های عایقی برای ولتاژهای متناوب بالای V ۱۰۰۰

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین ویژگی‌ها و آزمون‌های مربوط به بوشینگ‌های عایقی است.

همانگونه که در بند ۳ اشاره شده است، این استاندارد برای بوشینگ‌هایی که در دستگاه‌های برقی، ماشین‌آلات، ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل استفاده می‌شوند و دربرگیرنده سامانه[1]های جریان متناوب سه فاز، با بیشینه ولتاژ بزرگتر از V ۱۰۰۰ و فرکانس‌های قدرت از Hz ۱۵ تا و شامل Hz ۶۰ می‌باشند، کاربرد دارد.

براساس توافق موردی بین خریدار و فروشنده، این استاندارد ممکن است به صورت کامل یا جزئی، در موارد زیر نیز اعمال شود:

– بوشینگ‌های استفاده‌شده در سامانه‌های غیر سه فاز؛

– بوشینگ‌های سامانه‌های فشار قوی با جریان مستقیم؛

– بوشینگ‌های ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری؛

– بوشینگ‌های خازن‌ها.

الزامات موردی و آزمون‌های بوشینگ‌های ترانسفورماتور ذکرشده در این استاندارد، برای بوشینگ‌های راکتوری نیز قابل اعمال می‌باشد.

این استاندارد برای بوشینگ‌هایی که به صورت مجزا تولید و فروخته می‌شوند، کاربرد دارد. توصیه می‌شود بوشینگ‌هایی که قسمتی از یک دستگاه می‌باشند و نمی‌توانند مطابق با این استاندارد تحت آزمون قرار بگیرند، همراه با دستگاهی که قسمتی از آن هستند، مورد آزمون قرار بگیرند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر، حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی به آنها ارجاع داده‌شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

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

2-1 IEC 60038, IEC standard voltages

یادآوری– استاندارد ملی ایران شماره ۶: سال ۱۳۹۱، ولتاژهای استاندارد، با استفاده از استاندارد IEC 60038:2009 تدوین شده است.

1- System

2-2 IEC 60050-212: 2010, International Electrotechnical Vocabulary – Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases

2-3 IEC 60059, IEC standard current ratings

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴۶۵: سال ۱۳۹۲، شدت جریان‌های اسمی استاندارد مطابق با IEC، با استفاده از استاندارد IEC 60059:2009 تدوین شده است.

2-4 IEC 60060-1, High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 60060-1: سال ۱۳۹۲، فنون فشار قوی- قسمت ۱: تعاریف کلی و الزامات آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 60060-1:2010 تدوین شده است.

2-5 IEC 60068-2-17: 1994, Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷-۱۳۰۷: سال ۱۳۷۸، آزمون‌های محیطی- قسمت ۱۷-۲: آزمون‌ها- آزمون Q: آب‌بندی، با استفاده از استاندارد IEC 60068-2-17:1994 تدوین‌شده است.

2-6 IEC 60071-1, Insulation co-ordination – Part 1 : Definitions, principles and rules

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۷۶۳: سال ۱۳۹۳، هماهنگی عایق‌بندی - قسمت ۱: تعاریف، اصول و مقررات، با استفاده از استاندارد IEC 60071-1:2011 تدوین‌شده است.

2-7 IEC 60076-5, Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۰، ترانسفورماتورهای قدرت- قسمت ۵: توانایی تحمل اتصال‌کوتاه، با استفاده از استاندارد IEC 60076-5:2009 تدوین شده است.

2-8 IEC 60076-7, Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power Transformers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 60076-7: سال ۱۳۹۲، ترانسفورماتورهای قدرت- قسمت ۷: راهنمای بارگذاری برای ترانسفورماتورهای قدرت غوطه‌ور در روغن، با استفاده از استاندارد IEC 60076-7:2005 تدوین شده است.

2-9 IEC 60216-2, Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۲۰۳۹: سال ۱۳۸۸، مواد عایق الکتریکی- خواص دوام حرارتی- قسمت ۲: تعیین خواص دوام حرارتی مواد عایق الکتریکی- انتخاب معیارهای آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 60216-2:2005 تدوین شده است.

2-10 IEC 60270, High-voltage test techniques – Partial discharge measurements

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۷۴ سال ۱۳۹۲، فنون آزمون ولتاژ بالا- اندازه‌گیری‌های تخلیه‌جزئی ترانسفورماتورهای قدرت، با استفاده از استاندارد IEC 60270:2000 تدوین‌شده است.

2-11 IEC 60296, Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱: سال ۱۳۹۲، سیالات مورد استفاده در تجهیزات الکتریکی– روغن‌های عایق معدنی کارنکرده برای ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل– ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد IEC 60296:2012 تدوین شده است.

2-12 IEC 60376, Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF_6) for use in electrical Equipment

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۴۱: سال ۱۳۸۶، ویژگی هگزافلوراید گوگرد (SF_6) با درج فنی به‌منظور استفاده در تجهیزات الکتریکی، با استفاده از استاندارد IEC 60376:2005 تدوین شده است.

2-13 IEC 60422, Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۶۲۹: سال ۱۳۹۶، روغن‌های عایقی معدنی در تجهیزات الکتریکی- راهنمای نظارت و نگهداری، با استفاده از استاندارد IEC 60422:2013 + COR1:2013 تدوین شده است.

2-14 IEC 60480, Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF_6) taken from electrical equipment and specification for its re-use

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۳۶: سال ۱۳۸۶، راهنمای بازدید و تصفیه هگزافلوراید گوگرد (SF_6) خروجی تجهیزات الکتریکی و ویژگی‌های استفاده مجدد آن، با استفاده از استاندارد IEC 60480:2004 تدوین‌شده است.

2-15 IEC 60505, Evaluation and qualification of electrical insulation systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۷۳: سال ۱۳۹۷، سامانه‌های عایق‌بندی الکتریکی- ارزیابی و تأیید صلاحیت، با استفاده از استاندارد IEC 60505:2011+COR1 : 2017 تدوین‌شده است.

2-16 IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1 : Definitions, information and general principles

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 60815-1: سال ۱۳۹۰، انتخاب و تعیین ابعاد مقره‌های فشار قوی جهت استفاده در شرایط وجود آلودگی- قسمت ۱: تعاریف- اطلاعات و اصول کلی، با استفاده از استاندارد IEC TS 60815-1:2008 تدوین شده است.

2-17 IEC TS 60815-2, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a. c. systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 60815-2: سال ۱۳۹۰، انتخاب و تعیین ابعاد مقره‌های فشار قوی جهت استفاده در شرایط وجود آلودگی- قسمت ۲: مقره‌های شیشه‌ای و سرامیکی برای سیستم‌های AC، با استفاده از استاندارد IEC TS 60815-2:2008 تدوین شده است.

2-18 IEC TS 60815-3, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 60815-3: سال ۱۳۹۰، انتخاب و تعیین ابعاد مقره‌های فشار قوی جهت استفاده در شرایط وجود آلودگی- قسمت ۳: مقره‌های پلیمری برای سیستم‌های AC، با استفاده از استاندارد IEC TS 60815-3:2008 تدوین شده است.

2-19 IEC 61099, Insulating liquids – Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۴۰: سال ۱۳۹۲، مایعات عایقی- ویژگی‌های استرهای آلی ترکیبی استفاده‌نشده برای کاربردهای الکتریکی، با استفاده از استاندارد IEC 61099:2011 تدوین شده است.

2-20 IEC 61462, Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-IEC 61462: سال ۱۳۸۸، مقره‌های تو خالی کامپوزیتی- مقره‌های با فشار درونی و بدون فشار درونی برای استفاده در تجهیزات الکتریک با ولتاژ نامی بالاتر از ۱۰۰۰ V تعاریف- روش‌های آزمون- معیارهای پذیرش و توصیه‌های طراحی، با استفاده از استاندارد IEC 61462:2007 تدوین شده است.

2-21 IEC TS 61463, Bushings – Seismic qualification

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-IEC 61463: سال ۱۳۹۰، بوشینگ‌ها- ارزیابی لرزه‌ای، با استفاده از استاندارد IEC 61463:2000 تدوین شده است.

2-22 IEC 62155: 2003, Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-IEC 62155: سال ۱۳۹۰، مقره‌های توخالی شیشه ای و سرامیکی با فشار درونی و بدون فشار درونی جهت استفاده در تجهیزات الکتریکی با ولتاژهای اسمی بیشتر از ۱۰۰۰ V با استفاده از استاندارد IEC 62155:2003 تدوین شده است.

2-23 IEC 62217, Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use – General definitions, test methods and acceptance criteria

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۳۲: سال ۱۳۹۳، مقره‌های پلیمری (بسپاری) فشار قوی (HV) برای استفاده داخلی و بیرونی- تعاریف کلی- روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش، با استفاده از استاندارد IEC 62217:2012 تدوین شده است.

2-24 IEC 62271-1, High-voltage switchgear and controlgear– Part 1 : Common specifications

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 62271-1: سال ۱۳۹۰، مرکز کلیدزنی و کنترل فشار قوی- قسمت ۱: ویژگی‌های عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 62271-1:2007 تدوین شده است.

2-25 IEC Guide 109, Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards

2-26 CISPR 16-1 (all parts), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods

یادآوری- مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۱-۴۱۴۷، مشخصات دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری اختلال رادیویی و مصونیت، با استفاده از برخی قسمت‌های CISPR 16-1 تدوین شده است.

2-27 CISPR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Parts 2: Methods of measurement and procedure for determining limits

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود[۱]:

۳-۱

بوشینگ[۲]

bushing

وسیله‌ای است که امکان عبور یک یا چند هادی را از یک بخش، مانند یک دیوار یا یک مخزن، فراهم ساخته و هادی‌ها را از آن عایق می‌سازد؛ وسایل اتصال بوشینگ (فلنج یا وسیله ثابت‌کننده) به آن بخش، قسمتی از بوشینگ است.

یادآوری- ممکن است هادی یک جزء جدایی‌ناپذیر بوشینگ باشد یا از داخل لوله مرکزی آن عبور داده شود.

[منبع: زیربند 471-02-01 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۳-۲

بوشینگ پرشده با مایع

liquid-filled bushing

بوشینگی که در آن، فضای بین سطح داخلی محفظه عایقی و عایق جامد اصلی، با روغن معدنی یا سایر مایع‌های عایقی پرشده است.

۳-۳

بوشینگ پرشده با آمیزه

compound-filled bushing

بوشینگی که در آن، فضای بین سطح داخلی محفظه عایقی و عایق جامد اصلی، با آمیزه عایقی پر شده است.

۳-۴

بوشینگ عایق‌شده با مایع

liquid-insulated bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل روغن معدنی یا سایر مایع‌های عایقی بوده و با یک محفظه عایقی محصور می‌شود.

یادآوری- از آنجایی که این بوشینگ‌ها اغلب دارای طراحی باز می‌باشند، نیاز است که فرایند مناسبی پس از نصب، به‌منظور جلوگیری از حبس هوا و تخلیه‌های جزئی بعدی در هنگام آزمون یا زمان بهره‌برداری، در نظر گرفته شود.

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل‌دسترس است.

۲- در برخی از منابع، از واژه مقره عبوری نیز به جای بوشینگ استفاده می‌شود.

۵-۳

بوشینگ پرشده با گاز

gas-filled bushing

بوشینگی که در آن، فضای بین سطح داخلی محفظه عایقی و عایق جامد اصلی، با یک گاز (گازی بجز هوای اطراف) که در فشار جو یا بالاتر از آن است، پرشده است.

یادآوری- این تعریف شامل بوشینگ‌هایی نیز می‌شود که جزء جدایی‌ناپذیر تجهیزات عایق‌شده با گاز را تشکیل داده و گاز این تجهیزات در ارتباط با گاز بوشینگ است.

۶-۳

بوشینگ عایق‌شده با گاز

gas-insulated bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک گاز (گازی به‌جز هوای اطراف) در فشار جو یا بالاتر می‌باشد.

یادآوری ۱- این تعریف شامل بوشینگ‌هایی نیز می‌شود که جزء جدایی‌ناپذیر تجهیزات عایق‌شده با گاز را تشکیل داده و گاز این تجهیزات در ارتباط با گاز بوشینگ است.

یادآوری ۲- بوشینگی که شامل مواد عایقی جامد بوده و فاقد محفظه حاوی گاز باشد (مانند تکیه‌گاه برای لایه‌های رسانا یا سیلندر عایق)، یک بوشینگ عایقی ترکیبی[1] است (به زیربند ۳-۱۴ مراجعه شود).

یادآوری ۳- بوشینگ تعدیل‌شده[2] خازنی عایق‌شده با گاز، بوشینگی است که تعدیل ولتاژ مورد نظر در آن، با چیدمانی از لایه‌های رسانا یا نیمه‌رسانا که در ماده‌ای عایقی (مانند لایه پلاستیکی) گنجانده‌شده است، ایجاد می‌شود.

۷-۳

بوشینگ آغشته‌شده به گاز

gas-impregnated bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک هسته پیچیده‌شده با کاغذ یا لایه پلاستیکی (GIF)[3] بوده و سپس توسط گازی در فشار جو یا بالاتر (گازی به‌جز هوای اطراف) آغشته می‌شود.

یادآوری- هسته در یک محفظه عایقی نگهداری می‌شود. فضای بین هسته و محفظه عایقی با گاز مشابه استفاده‌شده برای آغشته‌سازی، پر می‌شود.

۸-۳

بوشینگ با کاغذ آغشته‌شده به روغن

OIP

oil-impregnated paper bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک هسته پیچیده‌شده با کاغذ بوده و سپس توسط یک مایع عایقی، به‌طور کلی روغن معدنی، آغشته می‌شود.

یادآوری- هسته در یک محفظه عایقی نگهداری می‌شود که فضای بین هسته و محفظه عایقی با مایع عایقی مشابه استفاده‌شده برای آغشته‌سازی، پر می‌شود.

1- Combined
2- Graded
3- Gas Impregnated Film

۹-۳

بوشینگ با کاغذ پیوند داده‌شده با رزین

RBP

resin-bonded paper bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک هسته پیچیده‌شده از کاغذ پوشش داده‌شده با رزین می‌باشد.

یادآوری ۱- در فرایند پیچیدن، هر لایه کاغذ با استفاده از پوشش رزینی به لایه قبلی متصل‌شده و پیوند با پخت رزین حاصل می‌شود.

یادآوری ۲- بوشینگ با کاغذ پیوند داده‌شده با رزین، قابل ارائه با یک محفظه عایقی می‌باشد؛ به نحوی که فضای میانی آن می‌تواند با یک مایع عایقی یا ماده عایقی دیگری پر شود.

۱۰-۳

بوشینگ با کاغذ آغشته‌شده به رزین

RIP

resin-impregnated paper bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک هسته پیچیده‌شده با کاغذ معمولی[1] بوده و سپس توسط یک رزین قابل‌پخت، آغشته می‌شود.

یادآوری- بوشینگ با کاغذ آغشته‌شده به رزین، قابل ارائه با یک محفظه عایقی می‌باشد؛ به نحوی که فضای میانی آن می‌تواند با یک مایع عایقی یا ماده عایقی دیگری پر شود.

۱۱-۳

بوشینگ با مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین

RIS

resin-impregnated synthetic bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک هسته پیچیده‌شده از مواد مصنوعی بوده و سپس توسط یک رزین قابل‌پخت، آغشته می‌شود.

یادآوری ۱- بوشینگ با مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین، قابل ارائه با یک محفظه عایقی می‌باشد؛ به نحوی که فضای میانی آن می‌تواند با یک مایع عایقی یا ماده عایقی دیگری پر شود.

یادآوری ۲- در صورتی که توسط سازنده بیان‌نشده باشد، بوشینگ‌های مطابق با زیربند ۳-۱۱، باید به صورت بوشینگ‌های RIP مطابق با زیربند ۳-۱۰ در نظر گرفته شود.

۱۲-۳

بوشینگ سرامیکی، شیشه‌ای یا ماده معدنی مشابه

ceramic, glass or analogous inorganic material bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک ماده سرامیکی، شیشه‌ای یا ماده معدنی مشابه می‌باشد.

1- Untreated paper

۱۳-۳

بوشینگ ریخته‌گری‌شده یا قالب‌گیری‌شده با عایق رزین

cast or moulded resin-insulated bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل یک ماده آلی ریخته‌گری‌شده یا قالب‌گیری‌شده، با یا بدون ماده افزودنی معدنی باشد.

۱۴-۳

بوشینگ عایقی ترکیبی

combined insulated bushing

بوشینگی که عایق اصلی آن، شامل ترکیبی از حداقل دو ماده عایقی متفاوت می‌باشد.

۱۵-۳

بوشینگ تعدیل‌شده خازنی

capacitance graded bushing

بوشینگی است که تعدیل ولتاژ مورد نظر در آن، با چیدمانی از لایه‌های رسانا یا نیمه‌رسانا که در ماده‌ای عایقی (مانند لایه پلاستیکی) گنجانده‌شده است، ایجاد می‌شود.

[منبع: زیربند 471-02-03 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۱۶-۳

بوشینگ فضای بسته[1]

indoor bushing

بوشینگی که هر دو انتهای آن در هوای محیطی با فشار جو بوده و در معرض شرایط جوی فضای باز نباشد.

[منبع: زیربند 471-02-05 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۱۷-۳

بوشینگ فضای باز[2]

outdoor bushing

بوشینگی که هر دو انتهای آن در هوای محیطی با فشار جو بوده و در معرض شرایط جوی فضای باز باشد.

[منبع: زیربند 471-02-07 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۱۸-۳

بوشینگ فضای باز- فضای بسته

outdoor-indoor bushing

بوشینگی که هر دو انتهای آن در هوای محیطی با فشار جو قابل استفاده باشد. به نحوی که یکی از بخش‌های انتهایی آن در معرض شرایط جوی فضای باز بوده و بخش انتهایی دیگر آن، در شرایط جوی فضای باز قرار نگیرد.

[منبع: زیربند 471-02-09 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۱- در برخی از استانداردها، بوشینگ داخلی نیز استفاده‌شده است.

۲- در برخی از استانداردها، بوشینگ بیرونی نیز استفاده‌شده است.

۳-۱۹

بوشینگ غوطه‌ور فضای بسته

indoor immersed bushing

بوشینگی که یک انتهای آن در هوای محیط با شرایط جوی درونی بوده و انتهای دیگر آن در ماده عایقی غیر از هوای محیط (مانند مایع یا گاز)، غوطه‌ورشده باشد.

یادآوری- این تعریف شامل بوشینگ‌های قابل بهره‌برداری در هوا و در دماهای بالاتر از دمای محیط، مانند کانال‌های هوایی عایق‌شده[1] نیز می‌باشد.

[منبع: زیربند 471-02-06 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۳-۲۰

بوشینگ غوطه‌ور فضای باز

outdoor immersed bushing

بوشینگی که یک انتهای آن در هوای محیط با شرایط جوی فضای باز بوده و انتهای دیگر آن در ماده عایقی غیر از هوای محیط (مانند مایع یا گاز)، غوطه‌ورشده باشد.

[منبع: زیربند 471-02-08 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۳-۲۱

بوشینگ غوطه‌ور کامل

completely immersed bushing

بوشینگی که هر دو انتهای آن در یک ماده عایقی غیر از هوای محیط (مانند مایع یا گاز) غوطه‌ورشده باشد.

[منبع: زیربند 471-02-04 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۳-۲۲

بوشینگ از نوع پلاگین

Plug-in type bushing

بوشینگ برای اتصال جداشدنی

بوشینگی که یک انتهای آن غوطه‌ور در ماده عایقی بوده و انتهای دیگر آن به گونه‌ای طراحی‌شده است که یک اتصال کابل عایقی جدا شونده به آن متصل می‌گردد که بدون وجود این اتصال، بوشینگ نمی‌تواند عمل کند.

[منبع: زیربند 471-02-02 استاندارد IEC 60050-471:2007]

1- Air-insulated ducting

۲۳-۳

بیشینه ولتاژ تجهیزات

U_m

Highest voltage for equipment

بیشینه مقدار مؤثر[1] ولتاژ فاز به فاز تجهیزات است که متناسب با سطح عایقی تجهیز و سایر ویژگی‌های مرتبط با این ولتاژ، در استاندارد مرتبط تجهیزات، طراحی‌شده است.

[منبع: زیربند 01-03-614 استاندارد IEC 60050-614:2016]

۲۴-۳

ولتاژ اسمی فاز به زمین

rated phase-to-earth voltage

بیشینه مقدار مؤثر ولتاژی است که بوشینگ، تحت شرایط بهره‌برداری توصیف‌شده در بند ۵، بطور پیوسته بین هادی و فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگری که زمین‌شده است، تحمل می‌کند.

۲۵-۳

جریان اسمی

I_r

rated current

بیشینه مقدار مؤثر جریانی است که بوشینگ، تحت شرایط بهره‌برداری توصیف‌شده در بند ۵، می‌تواند بطور پیوسته و بدون افزایش دما از حد مندرج در جدول ۲، عبور دهد.

۲۶-۳

جریان اسمی حرارتی کوتاه‌مدت

I_{th}

rated thermal short-time current

مقدار مؤثر جریان متقارنی است که بوشینگ از لحاظ گرمایی در مدت زمان اسمی (t_{th}) و بلافاصله پس از عملکرد پیوسته در جریان اسمی، با بیشینه دماهای هوای محیط و محیط غوطه‌وری مطابق با زیربند ۵-۳، تحمل می‌کند.

۲۷-۳

جریان اسمی دینامیکی

I_d

rated dynamic current

مقدار اوج[2] یک جریان که بوشینگ از لحاظ مکانیکی تحمل می‌کند.

۲۸-۳

افزایش دما

Temperature rise

تفاوت بین دمای هوای محیط و دمای داغ‌ترین نقطه قسمت فلزی بوشینگ که در تماس با ماده عایقی است (به زیربند ۴-۸ مراجعه شود).

1- Root Mean Squre (r.m.s.)
2- Peak

۲۹-۳

فرکانس اسمی

$\mathbf{f_r}$

rated frequency

فرکانسی که بوشینگ جهت عملکرد در آن طراحی‌شده است.

[منبع: زیربند 03-04-421 استاندارد IEC 60050-421:1990 اصلاح‌شده («ترانسفورماتور یا راکتور» با «بوشینگ» جایگزین‌شده است)].

۳۰-۳

فشار اسمی گاز پرشده برای عایق

rated filling pressure of gas for insulation

فشار برای عایق‌بندی در مقیاس پاسکال (Pa) و شرایط جوی استاندارد ۲۰ °C+ و ۱۰۱٫۳ kPa (یا چگالی) بوده و به صورت مقادیر نسبی یا مطلق قابل بیان است. در این حالت، بوشینگ قبل از بهره‌برداری یا به صورت خودکار، مجدد پر می‌شود.

۳۱-۳

بیشینه فشار بهره‌برداری گاز داخلی

maximum internal operating gas pressure

فشار گاز داخلی بوشینگ در شرایط بهره‌برداری، که جریان اسمی را در بیشینه دمای عنوان‌شده در زیربند ۵-۳، از آن عبور می‌دهد.

۳۲-۳

بیشینه فشار بهره‌برداری گاز خارجی

maximum external operating gas pressure

بیشینه فشار ماده عایقی گازی، که بوشینگ در شرایط بهره‌برداری به صورت جزئی یا کامل در آن غوطه‌ور است.

۳۳-۳

فشار طراحی (مربوط به محفظه)

design pressure (of the enclosure)

فشاری که جهت تعیین ضخامت محفظه استفاده‌شده است.

۳۴-۳

نرخ نشتی (مربوط به بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز، آغشته‌شده به گاز و غوطه‌ور در گاز)

leak rate (of gas-filled, gas-insulated, gas-impregnated and gas-immersed bushings)

مقدار گاز خشک که در یک دمای معین، از طریق یک محل نشتی در واحد زمان و به‌علت یک اختلاف فشار معلوم، جریان می‌یابد.

یادآوری- واحد اصلی SI برای نرخ نشتی «پاسکال متر مکعب بر ثانیه (Pa ×cm^3/s)» می‌باشد. واحدهای فرعی «Pa ×cm^3/s» و «bar ×cm^3/s» به دلیل انطباق بهتری که در کاربردهای عملیات صنعتی رایج دارند، نیز در این استاندارد استفاده می‌شوند. یادآوری می‌شود که: ۱ Pa × m^3/s = ۱۰^6 Pa × cm^3/s = ۱۰ bar × cm^3/s.

[منبع: زیربند 1.1، استاندارد IEC 60068-2-17:1994]

۳۵-۳

مقره توخالی

Hollow insulator

مقره حاوی یا فاقد چترک که از یک انتها تا انتهای دیگر باز می‌باشد.

یادآوری- محفظه عایقی ممکن است شامل یک واحد مقره یا دو یا تعداد بیشتری واحدهای مقره مونتاژشده دائمی باشد.

[منبع: زیربند 471-01-08 استاندارد IEC 60050-471:2007 اصلاح‌شده («شامل یراق‌آلات» حذف شده است و یادآوری اصلاح شده است)]

۳۶-۳

فاصله خزشی

creepage distance

کوتاه‌ترین فاصله بر روی سطح یک مقره بین دو بخش رسانا.

یادآوری ۱- سطح سیمان یا هر ماده اتصالی غیرعایقی دیگر، به عنوان بخشی از فاصله خزشی در نظر گرفته نمی‌شود.

یادآوری ۲- اگر پوشش با مقاومت بالا بر روی بخش‌هایی از قسمت عایقی مقره اعمال شود، این قسمت‌ها به صورت سطوح عایقی مؤثر در نظر گرفته‌شده و فاصله بر روی این سطوح، شامل فاصله خزشی می‌شود.

[منبع: زیربند 471-01-04 استاندارد IEC 60050-471:2007]

۳۷-۳

فاصله جرقه‌زنی

arcing distance

کوتاه‌ترین فاصله هوایی در بیرون مقره بین قسمت‌های فلزی آن است که معمولاً ولتاژ بهره‌برداری در میان آن‌ها برقرار است.

یادآوری ۱- واژه‌های «فاصله جرقه‌زنی خشک» یا «فاصله زنجیره‌ای محکم[1]» نیز استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- فاصله جرقه‌زنی ممکن است کوتاه‌تر از مقادیر فواصل هوایی بیرونی بیان‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۶۲۰ باشد.

[منبع: زیربند 471-01-01 استاندارد IEC 60050-471:2007 اصلاح‌شده (یادآوری‌ها اضافه‌شده است)].

1- Taut string distance

۳۸-۳

تپ آزمون

تپ اندازه‌گیری

تپ تانژانت دلتا

test tap
measuring tap
tan δ tap

اتصالی که از بخش خارجی بوشینگ قابل دسترسی بوده و از فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگر عایق‌شده است. این اتصال در شرایط زمین شدن فلنج بوشینگ، به‌منظور ایجاد امکان اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی، ظرفیت خازنی و تخلیه‌جزئی، بر روی یکی از لایه‌های رسانای خارجی بوشینگ تعدیل‌شده خازنی، تعبیه می‌شود.

یادآوری ۱- باید این اتصال در زمان عدم استفاده، مستقیماً زمین شود.

یادآوری ۲- توصیه می‌شود هنگامی که از تپ آزمون برای پایش وضعیت در زمان بهره‌برداری استفاده می‌شود، توجه لازم برای جلوگیری از وقوع مدار باز انجام شود.

۳۹-۳

تپ ولتاژ

تپ پتانسیل

تپ ظرفیت خازنی

voltage tap
potential tap
capacitance tap

اتصالی که از بخش خارجی بوشینگ قابل دسترسی بوده و از فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگر عایق‌شده است. این اتصال در شرایط بهره‌برداری بوشینگ، منبع ولتاژ را بر روی یکی از لایه‌های رسانای خارجی بوشینگ تعدیل‌شده خازنی، فراهم می‌کند.

یادآوری ۱- باید این اتصال در زمان عدم استفاده، مستقیماً زمین شود.

یادآوری ۲- این تپ برای اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی، ظرفیت خازنی و تخلیه‌جزئی نیز می‌تواند استفاده شود.

۴۰-۳

ولتاژ اسمی تپ ولتاژ

rated voltage of the voltage tap

بیشینه ولتاژی که تپ در آن ولتاژ، برای تغذیه تجهیزات مرتبط با بار اسمی متصل به آن و در زمانی که ولتاژ اسمی فاز به زمین، در فرکانس اسمی به بوشینگ اعمال می‌شود، طراحی‌شده است.

۴۱-۳

بوشینگ کامپوزیتی

composite bushing

بوشینگ با یک محفظه عایقی شامل لوله تولیدشده با الیاف آغشته به رزین، با یا بدون روکش آمیزه پلیمری.

یادآوری- برای بوشینگ‌های توصیف‌شده در زیربندهای ۳-۹ تا ۳-۱۳، آمیزه پلیمری ممکن است به صورت مستقیم بر روی قسمت اصلی عایقی بوشینگ اعمال شود.

۴۲-۳

ظرفیت خازنی (بوشینگ)

capacitance (of bushing)

۱-۴۲-۳

ظرفیت خازنی اصلی C_1

main capacitance C_1

ظرفیت خازنی بین هادی فشارقوی و تپ آزمون یا تپ ولتاژ، مربوط به یک بوشینگ تعدیل‌شده خازنی.

۲-۴۲-۳

ظرفیت خازنی تپ C_2

tap capacitance C_2

ظرفیت خازنی بین تپ آزمون یا تپ ولتاژ و فلنج مورد استفاده در نصب، مربوط به یک بوشینگ تعدیل‌شده خازنی.

۳-۴۲-۳

ظرفیت خازنی C

capacitance C

ظرفیت خازنی بین هادی فشارقوی و فلنج مورد استفاده در نصب یک بوشینگ، بدون تپ ولتاژ یا تپ آزمون.

۴ مقادیر اسمی

۴-۱ بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m)

مقادیر U_m یک بوشینگ باید براساس مقادیر بیشینه ولتاژ تجهیزات، که در استاندارد IEC 60038 با واحد کیلو ولت تعریف‌شده و در ادامه نیز ارائه‌شده است، انتخاب شود:

۳٫۶ -۷٫۲ -۱۲ -۱۷٫۵ -۲۴ -۳۶ -۵۲ -۷۲٫۵ -۱۰۰ -۱۲۳ -۱۴۵ -۱۷۰ -۲۴۵ -۳۰۰ -۳۶۲ -۴۲۰ -۵۵۰-

۸۰۰ -۱۱۰۰ -۱۲۰۰ kV.

یادآوری- برای سامانه‌های سه فازی استاندارد، ولتاژ اسمی فاز به زمین $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$ می‌باشد.

۴-۲ جریان اسمی (I_r)

مقادیر I_r یک بوشینگ باید از مقادیر ارائه‌شده در زیر، برحسب آمپر، انتخاب شود:

۱۰۰ -۲۵۰ -۳۱۵ -۴۰۰ -۵۰۰ -۶۳۰ -۸۰۰ -۱۰۰۰ -۱۲۵۰ -۱۶۰۰ -۲۰۰۰ -۲۵۰۰ -۳۱۵۰ -۴۰۰۰ -

۵۰۰۰ -۶۳۰۰ -۸۰۰۰ -۱۰۰۰۰ -۱۲۵۰۰ -۱۶۰۰۰ -۲۰۰۰۰ -۲۵۰۰۰ -۳۱۵۰۰ - ۴۰۰۰۰ A.

جریان‌های فوق، مطابق با مقادیر مشخص‌شده در استاندارد IEC 60059 می‌باشد.

در مورد بوشینگ‌های ترانسفورماتور که هادی از داخل لوله مرکزی آن عبور داده می‌شود (نقطه خروجی)، تأمین‌کننده باید مقدار سطح مقطع، بیشینه قطر، جنس هادی و ماده و ضخامت عایق را که متناظر با I_r مطابق با زیربند ۴-۸ است، ارائه نماید.

بوشینگ‌های ترانسفورماتور به نحوی انتخاب می‌شوند که I_r کمتر از ٪۱۲۰ جریان اسمی ترانسفورماتور نبوده و دارای بیشینه دما و بیشینه دمای متوسط روزانه مطابق با جدول ۴ باشند و همچنین بتوانند شرایط اضافه بار مطابق با استاندارد IEC 60076-7، بدون توضیحات یا آزمون‌های بیشتر را تحمل کنند.

۴-۳ جریان اسمی حرارتی کوتاه‌مدت (I_{th})

در شرایطی که مقدار t_{th} برابر ۱ s باشد، مقدار I_{th} باید ۲۵ برابر I_r باشد؛ بجز در مواردی که مقدار آن مشخص‌شده باشد. برای بوشینگ‌های با I_r برابر یا بزرگتر از ۴۰۰۰ A، I_{th} باید همواره ۱۰۰ kA باشد.

با ارجاع به استاندارد IEC 60076-5، t_{th} باید برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور ۲ s باشد؛ بجز در مواردی که مقدار آن مشخص‌شده باشد.

برای مدت زمان‌های t_{th} بزرگتر از ۱ s، رابطه بین جریان و زمان، مطابق با رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$I_{th}^2 \times t_{th} = \text{ثابت}$$

برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور که هادی از داخل لوله مرکزی آن عبور داده می‌شود، سطح مقطع هادی متناظر با جریان عملکردی ممکن است، کمتر از مقدار ارائه‌شده در زیربند ۴-۲ باشد. در چنین موردی، توصیه می‌شود که جریان عملکردی و سطح مقطع، مطابق با الزامات زیربند ۸-۸ باشد.

۴-۴ جریان اسمی دینامیکی (I_d)

مقدار استاندارد I_d باید دارای دامنه اوج اول معادل با ۲٫۵ برابر مقدار I_{th} و مطابق با زیربند ۴-۳ باشد.

در برخی از موارد، با توجه به ویژگی‌های ترانسفورماتور، ممکن است حتی مقادیر بزرگتر از ۲٫۵ برابر مقدار I_{th} ارائه‌شده در زیربند ۴-۳، ضروری باشد. توصیه می‌شود سازنده ترانسفورماتور چنین الزاماتی را در اطلاعات سفارش بوشینگ بیان کند (به زیربند ۶-۱-۴ مراجعه شود).

۴-۵ کمینه مقادیر پایداری در برابر بار اهرمی

بوشینگ‌ها باید بار اهرمی مشخص‌شده در جدول ۱، مطابق با سطح ۱ یا ۲ را تحمل کنند. سطح ۱ بار عادی بوده و باید به‌صورت کلی اعمال شود؛ مگر اینکه خریدار بار بیشتری را از سطح ۲ مشخص نماید.

جدول ۱- کمینه مقادیر پایداری در برابر بار اهرمی (به زیربندهای ۴-۵ و ۸-۱۰ مراجعه شود)

بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m) kV	جریان اسمی A			
	≤ ۸۰۰	۱۰۰۰ ۱۶۰۰	۲۰۰۰ ۲۵۰۰	≥ ۳۱۵۰
	بار اهرمی بهره‌برداری N			
	بوشینگ نصب‌شده در زاویه ۳۰° ≥ نسبت به محور قائم			
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
≤۳۶	۵۰۰	۵۰۰	۶۲۵	۶۲۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۵۷۵	۱۵۷۵
۵۲	۵۰۰	۸۰۰	۶۲۵	۸۰۰	۱۲۵۰	۱۰۰۰	۱۵۷۵	۱۵۷۵
۷۲٫۵ تا ۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۶۲۵	۱۰۰۰	۱۵۷۵	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۱۲۳ تا ۱۴۵	۶۲۵	۱۵۷۵	۸۰۰	۱۵۷۵	۲۰۰۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۱۷۰ تا ۲۴۵	۶۲۵	۲۰۰۰	۸۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
≥۳۰۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۱۵۷۵	۲۵۰۰	۲۵۰۰
	بار آزمون اهرمی N							
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
≤۳۶	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰
۵۲	۱۰۰۰	۱۶۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰
۷۲٫۵ تا ۱۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۲۵۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۱۵۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۱۲۳ تا ۱۴۵	۱۲۵۰	۳۱۵۰	۱۶۰۰	۳۱۵۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۱۷۰ تا ۲۴۵	۱۲۵۰	۴۰۰۰	۱۶۰۰	۴۰۰۰	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰
≥۳۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۳۱۵۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰

با استناد به استاندارد IEC TS 61463، بارهای اهرمی بهره‌برداری، شامل بار پایانه و فشار باد (۷۰ Pa) می‌شود.

برای بوشینگ‌های بهره‌برداری در زاویه ۳۰° < نسبت به محور قائم، توصیه می‌شود وزن خود بوشینگ در هنگام انتخاب بار آزمون و روش آن، در نظر گرفته شود. مقادیر ارائه‌شده در بالا، متناظر با بوشینگ‌های قائم که باید در موقعیت قائم تحت آزمون قرار گیرند، می‌باشد. توصیه می‌شود اگر یک بوشینگ مایل یا افقی باید به صورت قائم تحت آزمون قرار بگیرد، یک بار معادل اضافه شود تا گشتاور خمشی در قسمت فلنج که توسط وزن بوشینگ در حین بهره‌برداری ایجاد می‌شود، به دست آید. اگر یک بوشینگ قائم باید به صورت افقی تحت آزمون قرار گیرند، بار آزمون می‌تواند به همان صورت کاهش یابد.

سطح ۱: بار عادی، سطح ۲: بار سنگین.

توصیه می‌شود برای بوشینگ‌هایی که محفظه عایقی بالایی و پایینی آن، توسط بار گیرشی[1] بر روی هادی ثابت مرکزی مونتاژ می‌شوند، میزان بار آزمون اهرمی با در نظر گرفتن ضریب حرارتی هادی، با توجه به عبور جریان اسمی، انتخاب شود.

1- Clamping force

۴-۶ زاویه نصب

همه بوشینگ‌ها باید برای نصب در هر زاویه با شیبی که بیشتر از ۳۰° نسبت به محور قائم نباشد، طراحی شوند. هر زاویه نصب دیگر، باید براساس توافق بین خریدار و تأمین‌کننده تعیین شود.

یادآوری: یک بوشینگ که در زاویه کمتر یا مساوی ۳۰° نسبت به محور قائم نصب شود، بوشینگ قائم در نظر گرفته می‌شود. یک بوشینگ که در زاویه بیشتر یا مساوی ۷۰° نسبت به محور قائم نصب شود، بوشینگ افقی در نظر گرفته می‌شود. یک بوشینگ که در هر زاویه دیگری نصب شود، بوشینگ مایل در نظر گرفته می‌شود (به زیربند ۶-۱-۵ مراجعه شود).

۴-۷ کمینه فاصله خزشی نامی

فاصله خزشی برای محفظه‌های عایقی باید مطابق با استاندارد IEC TS 60815-2 یا IEC TS 60815-3 باشد؛ بجز در مواردی که توافق دیگری بین خریدار و تأمین‌کننده حاصل‌شده یا اینکه مقدار آن در یک آزمون مشخص‌شده باشد.

در صورت نیاز به آزمون‌های آلودگی مصنوعی، باید این آزمون‌ها مطابق با استاندارد IEC 60507 انجام شود.

یادآوری ۱- مقدار واقعی فاصله خزشی، می‌تواند به صورت اساسی بزرگتر از آنچه که در استاندارد IEC 62155 بیان‌شده است، باشد؛ اما کوچکتر نباشد.

یادآوری ۲- استاندارد IEC TS 60815-1 فاصله خزشی مخصوص یکپارچه[1] را به صورت فاصله خزشی کلی تقسیم بر بیشینه ولتاژ بهره‌برداری فاز به زمین براساس زیربند ۳-۲۴ تعریف می‌کند. پیش از این ولتاژ فاز به فاز برای محاسبه فاصله خزشی مشخص‌شده استفاده می‌شد. بدین معنا که نسبت $\sqrt{3}$ بین این دو پارامتر وجود دارد.

۴-۸ محدودیت‌های دمایی و افزایش دما

تحت شرایط بهره‌برداری عادی، محدودیت‌های دمایی قسمت‌های فلزی که در تماس با ماده عایقی هستند، به شرح زیر می‌باشد:

- ۱۰۵ °C برای بوشینگ با کاغذ آغشته‌شده به روغن: کلاس الف؛
- ۱۲۰ °C برای بوشینگ با کاغذ پیوند داده‌شده با رزین و کاغذ آغشته‌شده به رزین به انضمام بوشینگ با مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین: کلاس ث؛
- ۱۳۰ °C برای بوشینگ عایق‌شده با گاز: کلاس ب.

میزان افزایش دمای گرم‌ترین نقطه نسبت به بیشینه دمای متوسط روزانه هوای محیط، که مطابق با زیربند ۳-۵ (۳۰°C) می‌باشد، نباید از مقادیر تعیین‌شده در جدول ۲ بیشتر شود. در زمینه سایر مواد عایقی، محدودیت‌های دمایی باید توسط سازنده اعلام شود. همچنین باید به استانداردهای IEC 60216-2 و IEC 60505 ارجاع داده شود.

برای پایانه‌ها و اتصالات بوشینگ، افزایش دما در جدول ۲ ارائه‌شده است.

1- Unified Specific Creepage Distance

بوشینگ‌هایی که جزئی از یک دستگاه می‌باشند، مانند کلیدهای قطع و وصل و ترانسفورماتورها، باید الزامات حرارتی دستگاه مرتبط را برآورده سازند. برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور، باید به زیربند ۴-۲ ارجاع داده شود.

دمای هوای محیط و ماده غوطه‌وری در جدول ۴ تعریف‌شده است.

برای بوشینگ‌هایی که در ترانسفورماتورهای قدرت غوطه‌ور در مایع کاربرد دارند، از مواد عایقی دمای بالا، براساس استاندارد IEC 60076-14، استفاده شود. محدودیت‌های دمایی بوشینگ‌ها باید بین دو طرف توافق شود.

توصیه می‌شود برای واشرهای در تماس با قسمت‌های فلزی، به میزان توانایی ماده در برابر تحمل افزایش دما به صورت خاص توجه شود.

۴-۹ سطوح عایقی

مقادیر سطح عایقی باید از جدول ۳ انتخاب شود.

مقادیر مشخص‌شده سطح عایقی مطابق با استانداردهای IEC 60038 و IEC 60071-1 می‌باشند.

جدول ۲- بیشینه مقادیر دما و افزایش دما بالاتر از دمای محیط (به زیربند ۴-۸ مراجعه شود)

توصیف اجزا		بیشینه افزایش دما K	بیشینه دما °C	توضیح[الف]
اتصالات فنری	مس و آلیاژهای مسی، بدون پوشش:			ت
	- در هوا	۴۵	۷۵	
	- در SF_6	۶۵	۹۵	ب
	- در روغن	۵۰	۸۰	
	پوشش داده‌شده با قلع در هوا، SF_6 یا روغن[ج]	۶۰	۹۰	
	پوشش داده‌شده با نقره/ نیکل:			
	- در هوا یا SF_6	۷۵	۱۰۵	ب
	- در روغن	۶۵	۹۵	
اتصالات پیچی	مس، آلومینیوم و آلیاژهای آن‌ها، بدون پوشش:			
	- در هوا	۶۰	۹۰	
	- در SF_6	۷۵	۱۰۵	
	- در روغن	۷۰	۱۰۰	ب
	پوشش داده‌شده با قلع[ج]:			
	- در هوا یا SF_6	۷۵	۱۰۵	
	- در روغن	۷۰	۱۰۰	ب
	پوشش داده‌شده با نقره/ نیکل:			
	- در هوا یا SF_6	۸۵	۱۱۵	ب
	- در روغن	۷۰	۱۰۰	
پایانه‌هایی که باید به هادی‌های خارجی با پیچ یا مهره متصل شوند	مس، آلومینیوم و آلیاژهای آن‌ها			
	- بدون پوشش	۶۰	۹۰	
	- پوشش داده‌شده با قلع[ج]	۷۵	۱۰۵	پ
	- پوشش داده‌شده با نقره یا نیکل	۷۵	۱۰۵	
قسمت‌های فلزی حامل جریان و بدون جریان در تماس با	کلاس عایقی			
	- الف (OIP)	۷۵	۱۰۵	
	- ث (RBP، RIP، RIS)	۹۰[ث]	۱۲۰[ث]	
	- (GIF)	۱۰۰	۱۳۰	
	- SF_6	۸۵	۱۱۵	ب و چ
	- هوا	۱۱۰	۱۴۰	ح

[الف] مقادیر افزایش دما براساس استاندارد IEC 60943 با بیشینه دمای متوسط روزانه ۳۰°C می‌باشد. توصیه می‌شود برای اطلاعات بیشتر به جدول 6 استاندارد IEC 60943 مراجعه شود.

[ب] روغن در جدول بالا، به روغن معدنی اشاره دارد. برای سایر مایع‌های عایقی مانند سیلیکون و استرهای مصنوعی یا طبیعی، ممکن است مقادیر بالاتر بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

[پ] اگر پیش‌بینی می‌شود که اکسیدشوندگی بالایی رخ دهد، باید افزایش دما به K ۵۰ محدود شود.

[ت] یک اتصال فنری، اتصالی است که با فشار فنر نگه داشته می‌شود؛ مانند اتصال پلاگین.

[ث] محدوده‌های دمایی باید توسط تأمین‌کننده بیان شود.

[ج] اتصالات پوشش داده‌شده با قلع، نباید از بیشینه دمای معین °C ۱۰۵ بیشتر شود، در غیر این صورت تخریب خیلی سریع یا آنی رخ خواهد داد.

[چ] مطابق با زیربند ۳-۴، برای بوشینگ‌های عایق‌شده با مایع کاربرد دارد.

[ح] برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور با یک هادی (جامد یا انعطاف‌پذیر) که از داخل لوله مرکزی آن عبور داده می‌شود، کاربرد دارد.

یادآوری- الف و ث به کلاس حرارتی مطابق با استاندارد IEC 60085 اشاره دارد.

جدول ۳- سطوح عایقی برای بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m)

(به زیربندهای ۴-۹، ۸-۲، ۸-۴، ۸-۵، ۹-۳ و ۹-۴ مراجعه شود)

بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m)	ولتاژ اسمی پایداری در برابر ضربه صاعقه (BIL)	ولتاژ اسمی پایداری در برابر ضربه کلیدزنی (SIL)	ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت[ج]			
kV (مقدار مؤثر)	kV (مقدار اوج)	kV (مقدار اوج)	kV (مقدار مؤثر)			
			بوشینگ‌های ترانسفورماتور[الف] (خشک)	بوشینگ‌های GIS (خشک)[ب]	سایر بوشینگ‌ها (خشک)[پ]	کلیه بوشینگ‌ها (مرطوب)[ت]
≤۱/۱	۲۰		۱۰		۱۰	۱۰
۳/۶	۴۰		۱۱		۱۰	۱۰
۷/۲	۶۰		۲۲		۲۰	۲۰
۱۲	۷۵		۳۰		۲۸	۲۸
۱۷/۵	۹۵		۴۲		۳۸	۳۸
۲۴	۱۲۵		۵۵		۵۰	۵۰
۳۶	۱۷۰		۷۷		۷۰	۷۰
۵۲	۲۵۰		۱۰۵		۹۵	۹۵
۷۲/۵	۳۲۵		۱۵۵		۱۴۰	۱۴۰
۱۰۰	۳۸۰		۱۶۵		۱۵۰	۱۵۰
	۴۵۰		۲۰۵		۱۸۵	۱۸۵
۱۲۳	۴۵۰		۲۰۵		۱۸۵	۱۸۵
	۵۵۰		۲۵۵		۲۳۰	۲۳۰
۱۴۵	۴۵۰		۲۰۵		۱۸۵	۱۸۵
	۵۵۰		۲۵۵		۲۳۰	۲۳۰
	۶۵۰		۳۰۵		۲۷۵	۲۷۵
۱۷۰	۵۵۰		۲۵۵		۲۳۰	۲۳۰
	۶۵۰		۳۰۵		۲۷۵	۲۷۵
	۷۵۰		۳۵۵	۳۲۵	۳۲۵	۳۲۵
۲۴۵	۹۵۰	۶۵۰ ۷۵۰ ۸۵۰	۴۳۵	۴۳۵	۳۹۵	۳۹۵
	۱۰۵۰	۷۵۰ ۸۵۰	۵۰۵	۴۶۰	۴۶۰	۴۶۰
۳۰۰	۱۰۵۰	۸۵۰	۵۰۵	۴۶۰	۴۶۰	-
۳۶۲	۱۰۵۰	۸۵۰	۵۰۵	۴۶۰	۴۶۰	-
		۹۵۰				
	۱۱۷۵	۹۵۰	۵۶۰	۵۲۰	۵۱۰	-

بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m)	ولتاژ اسمی پایداری در برابر ضربه صاعقه (BIL)	ولتاژ اسمی پایداری در برابر ضربه کلیدزنی (SIL)	ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت[ج]			
kV (مقدار مؤثر)	kV (مقدار اوج)	kV (مقدار اوج)	kV (مقدار مؤثر)			
			بوشینگ‌های ترانسفورماتور[الف] (خشک)	بوشینگ‌های GIS (خشک)[ب]	سایر بوشینگ‌ها (خشک)[پ]	کلیه بوشینگ‌ها (مرطوب)[ت]
۴۲۰	۱۳۰۰	۱۰۵۰	۶۲۵	۵۹۵	۵۷۰	–
	۱۴۲۵	۱۰۵۰	۶۹۵	۶۵۰	۶۳۰	–
	۱۵۵۰	۱۱۷۵	۷۵۰	–	۶۸۰	–
۵۵۰[ث]	۱۴۲۵	۱۰۵۰	۶۹۵	۶۵۰	۶۳۰	–
		۱۱۷۵				
	۱۵۵۰	۱۱۷۵	۷۵۰	۷۱۰	۶۸۰	–
	۱۶۷۵	۱۱۷۵	۷۵۰	–	۶۸۰	–
	۱۸۰۰	۱۳۰۰	۸۷۰	–	۷۹۰	–
۸۰۰[ث]	۱۸۰۰	۱۳۰۰	۸۷۰	۸۳۰	۷۹۰	–
		۱۴۲۵				–
		۱۵۵۰				–
	۱۹۵۰	۱۵۵۰	۹۱۵	۹۶۰	۸۳۰	–
	۲۱۰۰	۱۴۲۵	۹۷۰	۹۶۰	۸۸۰	–
	۲۴۰۰	۱۵۵۰	۱۰۷۵	۹۶۰	۹۷۵	–
۱۱۰۰	۲۲۵۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰[چ]	۱۱۰۰	–	–
	۲۴۰۰	۱۹۵۰				
۱۲۰۰	۲۲۵۰	۱۸۰۰	۱۳۲۰[چ]	۱۲۰۰	–	–
	۲۵۵۰	۱۹۵۰				

[الف] مقادیر مطابق با استاندارد IEC 60071-1 و استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰ بوده که براساس زیربند ۹-۴ این استاندارد، ٪۱۰ افزایش یافته است.

[ب] مقادیر مطابق با استاندارد IEC 62271-1 می‌باشد.

[پ] مقادیر مطابق با استانداردهای IEC 60071-1 و IEC 62271-1 می‌باشد.

[ت] مقادیر مطابق با استاندارد IEC 60071-1 می‌باشد.

[ث] مقادیر بیشینه ولتاژ تجهیزات مطابق با اصلاحیه شماره 2 سال 1997 استاندارد IEC 60038 می‌باشد.

[چ] ولتاژهای پایداری در برابر فرکانس قدرت ارائه‌شده، کمینه مقدار لازم براساس BIL سامانه یا تجهیزاتی که بوشینگ در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌باشد. برای کاربردهای ترانسفورماتور، زمانی که بوشینگ با کلاس BIL بالاتری انتخاب می‌شود، ممکن است بوشینگ براساس ستون ۶ مورد آزمون قرار گیرد؛ در صورتی که الزام ٪۱۰ ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت بالاتر از ولتاژ ترانسفورماتور برآورده شود.

[ح] مدت زمان آزمون باید s ۳۰۰ مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰ باشد.

۴-۱۰ تپ آزمون بر روی بوشینگ‌های ترانسفورماتور

باید یک تپ آزمون براساس زیربند ۳-۳۸ بر روی کلیه بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی ترانسفورماتور، براساس زیربند ۳-۱۵ ارائه شود. در راستای استفاده از آن برای اندازه‌گیری‌های تخلیه‌جزئی ترانسفورماتورها، مقادیر تپ آزمون نباید از موارد زیر بیشتر شود:

– ظرفیت خازنی نسبت به زمین معادل با ۱۰۰۰۰ pF؛

– ضریب تلفات عایقی ($\tan\delta$) معادل با ۰٫۰۵، اندازه گیری‌شده در فرکانس قدرت.

سایر مقادیر ظرفیت خازنی تپ آزمون نسبت به زمین، ممکن است بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

بوشینگ نباید ظرفیت‌های خازنی قابل توجه نسبت به زمین که ممکن است سبب انحراف جریان تخلیه‌جزئی شده و در نتیجه منجر به اندازه‌گیری تخلیه‌جزئی گمراه کننده و اشتباه بر روی ترانسفورماتور شود، داشته باشد.

۵ شرایط بهره‌برداری

۵-۱ اضافه‌ولتاژهای موقتی

بیشینه ولتاژ فاز به زمین سامانه ممکن است از مقدار U_m تقسیم بر $\sqrt{3}$ بیشتر شود. برای بازه‌های زمانی که در هر ۲۴ h، بیش از ۸ h نباشد و مدت زمان کلی آن نیز از ۱۲۵ h در سال فراتر نرود، بوشینگ‌ها باید بتوانند در ولتاژ فاز به زمین زیر عمل کنند:

– U_m برای بوشینگ‌هایی که U_m معادل یا کمتر از ۱۷۰ kV دارند؛

– ۰٫۸ U_m برای بوشینگ‌هایی که U_m بیشتر از ۱۷۰ kV دارند.

برای سامانه‌هایی که در آن‌ها ممکن است اضافه ولتاژی بیش از مقادیر ذکرشده رخ دهد، پیشنهاد می‌شود از بوشینگ با U_m بالاتر استفاده شود.

۵-۲ ارتفاع

علیرغم اینکه سطح عایقی به ارتفاع از سطح دریا مرتبط می‌باشد، بوشینگ‌های متناظر با این استاندارد برای بهره‌برداری در ارتفاع‌های کمتر از ۱۰۰۰ m، مناسب می‌باشند. به‌منظور اطمینان از مناسب بودن ولتاژهای پایداری خارجی بوشینگ، برای ارتفاعات بیش از ۱۰۰۰ m، فاصله جرقه‌زنی مورد نیاز باید به مقدار مناسبی افزایش یابد. ضرورتی برای تغییر اندازه ضخامت شعاعی عایق یا فاصله هوایی انتهای غوطه‌ورشده، وجود ندارد. میزان استحکام سوراخ‌شدگی[1] و ولتاژ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق[2] در محیط غوطه‌وری یک بوشینگ، تحت تأثیر ارتفاع نمی‌باشد.

1- Puncture
2- Flashover

برای نصب در ارتفاع بالاتر از m ۱۰۰۰، فاصله جرقه‌زنی براساس شرایط جوی مرجع استاندارد، باید طوری تعیین شود که حاصل ضرب ولتاژهای پایداری مورد نیاز در محل بهره‌برداری در ضریب k_a را تحمل کند.

$$k_a = e^{m\frac{(H-1000)}{8150}}$$

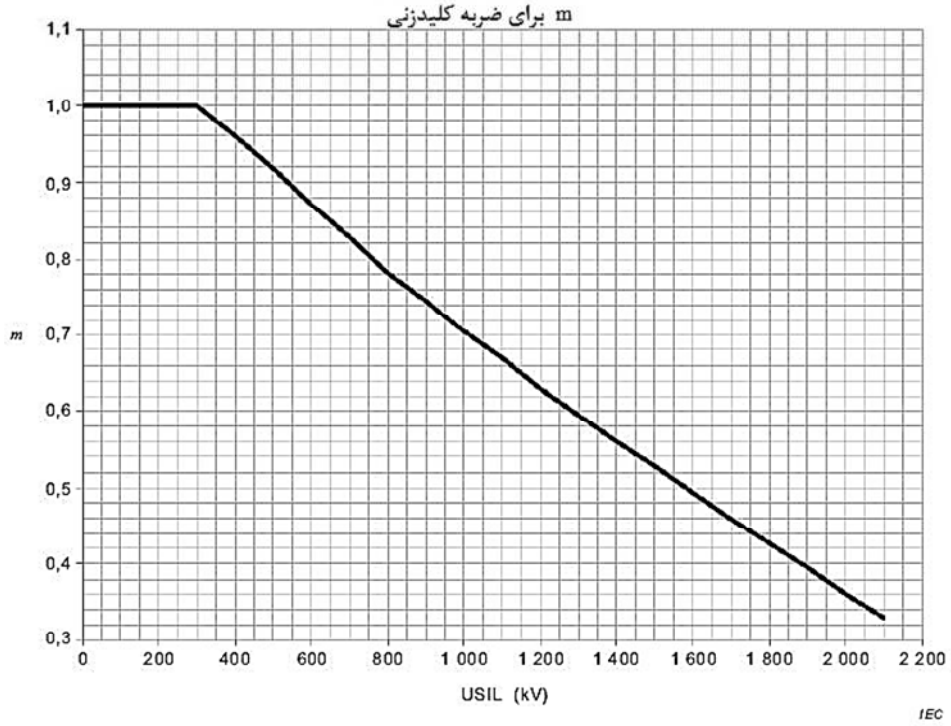
که در آن:

H ارتفاع (به متر) می‌باشد و بیش از ۴۰۰۰ متر نباشد.

m=۱ برای ولتاژ پایداری در برابر ضربه صاعقه.

m=۱ برای ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت، در شرایطی که $U_m \leq$ ۲۴۵ kV باشد. برای U_mهای بالاتر، تصحیح ارتفاع کاربرد ندارد؛ زیرا بوشینگ‌ها تحت آزمون ضربه کلیدزنی قرار گرفته و با توجه به ارتفاع، تصحیح شده‌اند.

m براساس شکل ۱ برای ولتاژ پایداری در برابر ضربه کلیدزنی تعیین می‌شود.



شکل ۱- ضریب m اعمالی در هماهنگ‌کردن ولتاژ پایداری در برابر ضربه کلیدزنی

در صورتی که فاصله جرقه‌زنی افزایش‌یافته مطابق با فاصله جرقه‌زنی تصحیح شده باشد، این فاصله می‌تواند بدون آزمون بیشتر، معتبر باشد.

۳-۵ دمای هوای محیط و ماده غوطه‌وری

بوشینگ‌ها باید برای بهره‌برداری در دماهایی که بیشتر از محدودیت‌های تعیین‌شده در جدول ۴ نباشد، طراحی شوند. در صورتی‌که شرایط بهره‌برداری خارج از محدودیت‌های جدول ۴ باشد، توصیه می‌شود که

اثرات آن بر روی جریان اسمی در نظر گرفته شود؛ بوشینگ‌های غوطه‌ور کامل، بوشینگ‌هـای عملکـردی در شرایط دمایی بالا در هوای محیط یا در کانال‌های هوایی عایق شده، نمونه‌هایی از این شرایط هستند.

در صورت لزوم باید با تهویه یا حرارت‌دهی، از میعان رطوبت بر روی قسمتی از بوشینگ که در فضای بسـته نصب می‌شود، جلوگیری شود.

جدول ۴- دمای هوای محیط و ماده غوطه‌وری

عنوان	دما °C
هوای محیط:	
- بیشینه	۴۰
- بیشینه متوسط روزانه (هوای آزاد)	۳۰
- بیشینه متوسط روزانه (مجرای عایق شده هوایی)	۷۰
- بیشینه متوسط سالانه	۲۰
- کمینه	
• فضای بسته [الف]	-۵
	-۱۵
	-۲۵
• فضای باز [الف]	-۱۰
	-۲۵
	-۴۰
روغن معدنی در ترانسفورماتورها:	
- بیشینه	
• برای بارگذاری عادی [ب]	۱۰۰
• برای بارگذاری اضطراری بلندمدت و کوتاه‌مدت [ب]	۱۱۵
- بیشینه متوسط روزانه	۹۰
سایر محیط‌ها: (گازی و غیر گازی)	[پ]

[الف] کمینه دمای هوای محیط °C ۵- برای بوشینگ‌های فضای بسته و °C ۲۵- برای بوشینگ‌های فضای باز می‌باشد؛ بجز در مواردی که دمای دیگری مشخص‌شده باشد.

[ب] مقادیر در ترانسفورماتورها مطابق با استانداردهای IEC 60076-1 و IEC 60076-2 بوده که مرتبط با روغن معدنی می‌باشند. برای سایر مایع‌های عایقی، مانند سیلیکون، استر مصنوعی یا طبیعی، ممکن است مقادیر بالاتری بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود. مقدار بارگذاری اضطراری بلندمدت و کوتاه‌مدت مطابق با استاندارد IEC 60076-7 می‌باشد.

[پ] در صورت عدم وجود سایر اطلاعات، توصیه می‌شود که به استاندارد IEC متناظر با دستگاه‌هایی که بوشینگ نیاز دارند، مراجعه نموده و به بوشینگ‌هایی که یک انتهای آن در گاز غوطه‌ور است، توجه خاصی شود.

یادآوری ۱- توصیه می‌شود دمای متوسط روزانه ماده غوطه‌وری، با میانگین‌گیری پایش h ۲۴ متوالی محاسبه شود.

یادآوری ۲- با توافق بین خریدار و تأمین‌کننده، بازه‌های دمایی دیگر نیز ممکن است پذیرفته شود.

۴-۵ شرایط لرزه‌ای

زمانی که تأیید صلاحیت لرزه‌ای نیاز است، توصیه می‌شود به استاندارد IEC TS 61463 مراجعه شود.

۵-۵ گذارهای بسیار سریع (VFT)[1]

در صورتی که شرایط به گونه‌ای باشد که تنش‌های گذرای غیرعادی به بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی متصل به کلیدهای قطع و وصل عایق‌شده با گاز، وارد شود، ممکن است شرایط خاصی بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود تا عملکرد بوشینگ‌ها را پوشش دهد.

آزمون‌ها تنها تا زمانی معنی‌دار هستند که کلیه طرف‌ها متوجه محدودیت‌ها باشند که تا چه میزان چیدمان آزمون، شرایط نزدیک به شرایط بهره برداری را شبیه‌سازی می نماید.

پیشانی تیز گذراهای بسیار سریع حین آزمون VFT برای بوشینگ خطرناک نیست. بلکه آنچه که خطرناک است ولتاژ نوسانی تشدیدشده[2] است که در طول بوشینگ رخ داده و ممکن است با تغذیه مدارهای تشدیدی داخلی بوشینگ منجر به اضافه‌ولتاژهای شدید شود. بنابراین یک آزمون VFT فقط بوشینگ را برای فرکانس‌های نوسانی که توسط چیدمان تعیین می‌شود، مورد آزمون قرار می‌دهد.

۶-۵ مایع عایقی ترانسفورماتور

بوشینگ‌های ترانسفورماتور مطابق با این استاندارد، عموماً در ترانسفورماتورهای پرشده با روغن معدنی که مطابق با الزامات استانداردهای IEC 60296 و IEC 60422 هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در شرایطی که سایر مایع‌های عایقی استفاده شوند، باید جزییات آن توسط سازنده ترانسفورماتور ارائه شود.

۶ اطلاعات سفارش و نشانه‌گذاری‌ها

۱-۶ فهرست جزئیات ویژگی‌ها

۱-۱-۶ کلیات

در زمان سفارش، خریدار باید اطلاعات ضروری زیر به انضمام هر اطلاعات تکمیلی دیگری که برای تعیین ویژگی‌های مورد نیاز لازم است، را ارائه نماید.

کمینه فاصله نسبت به بخش‌های زمین‌شده انتهای بوشینگ که برای غوطه‌ورسازی در روغن عایقی در نظر گرفته شده است، باید توسط تأمین‌کننده فراهم شود. در مواردی که فواصل کمتر از مقادیر چیدمان‌های استاندارد ارائه شده در اسناد تأمین‌کننده می‌باشند، بهتر است که خریدار، ابعاد هندسی ضروری جهت ارزیابی تنظیمات خاص را ارائه نماید.

۲-۱-۶ کاربرد

منظور از کاربرد، دستگاه‌هایی است که بوشینگ برای آن‌ها استفاده می‌شود و استاندارد IEC متناظر با دستگاه‌ها نیز باید ارائه شود.

1- Very Fast Transient
2- Resonant ringing voltage

باید به هر یک از ویژگی‌های دستگاه کامل (شامل آزمون‌ها) که ممکن است بر طراحی بوشینگ اثر بگذارد، توجه شود (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود).

۶-۱-۳ طبقه‌بندی بوشینگ‌ها

طبقه‌بندی بوشینگ‌ها براساس زیربندهای ۳-۲ تا ۳-۲۲ صورت می‌پذیرد.

۶-۱-۴ مقادیر اسمی

مقادیر اسمی باید به شرح زیر باشد:

- بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m) (به زیربند ۳-۲۳ مراجعه شود)؛
- ولتاژ اسمی فاز به زمین (به زیربند ۳-۲۴ مراجعه شود)؛
- سطح عایقی استاندارد (به زیربند ۴-۹ مراجعه شود) و سطح ولتاژی آزمون القایی و/یا اعمالی ترانسفورماتور (در صورت کاربرد) (به زیربند ۴-۹ مراجعه شود)؛
- جریان اسمی (I_r) (به زیربند ۳-۲۵ مراجعه شود)؛
- جریان اسمی حرارتی کوتاه‌مدت (I_{th}) و مدت زمان اسمی (t_{th})، در صورتی که با مقادیر تعیین‌شده در زیربند ۴-۳ متفاوت باشد؛
- جریان اسمی دینامیکی (I_d)، در صورتی که با مقدار تعیین‌شده در زیربند ۴-۴ متفاوت باشد؛
- فرکانس اسمی (به زیربند ۳-۲۹ مراجعه شود)؛
- کمینه مقادیر پایداری در برابر بار اهرمی مطابق با زیربند ۴-۵؛
- بیشینه مقدار ظرفیت تپ آزمون، در صورتی که مقدار کمتر نیاز است، مطابق با زیربند ۴-۱۰.

۶-۱-۵ شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری باید به شرح زیر باشد:

- اضافه‌ولتاژهای موقتی، در صورت کاربرد (به زیربند ۵-۱ مراجعه شود)؛
- ارتفاع، اگر از ۱۰۰۰ m بیشتر شود (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود) (فقط مرتبط با بوشینگ‌های فضای بسته و فضای باز براساس زیربندهای ۳-۱۶ تا ۳-۲۰)؛
- دمای محیط و دمای ماده غوطه‌وری اگر از مقادیر عادی انحراف داشته باشد (به زیربند ۵-۳ و جدول ۴ مراجعه شود) (مرتبط با بوشینگ‌ها براساس زیربندهای ۳-۱۶ تا ۳-۲۲)؛
- نوع ماده غوطه‌وری (فقط مرتبط با بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل براساس زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۲)؛
- کمینه سطح ماده غوطه‌وری (فقط مرتبط با بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل براساس زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۲)؛

- بیشینه فشار بهره‌برداری ماده غوطه‌وری (فقط مرتبط با بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل براساس زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۲)؛
- نوع گاز عایقی (فقط مرتبط با بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز براساس زیربندهای ۳-۵ تا ۳-۷، زمانی که گاز تجهیزات در ارتباط با گاز بوشینگ است)؛
- فشار اسمی گاز پرشده برای عایق (به زیربند ۳-۳۰ مراجعه شود) (فقط مرتبط با بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز براساس زیربندهای ۳-۵ تا ۳-۷، زمانی که گاز تجهیزات در ارتباط با گاز بوشینگ است)؛
- بیشینه فشار بهره‌برداری گاز داخلی (به زیربند ۳-۳۱ مراجعه شود) (فقط مرتبط با بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز براساس زیربندهای ۳-۵ تا ۳-۷، زمانی که گاز تجهیزات در ارتباط با گاز بوشینگ است)؛
- بیشینه فشار بهره‌برداری گاز خارجی (به زیربند ۳-۳۲ مراجعه شود) (فقط مرتبط با بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل براساس زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۱)؛
- زاویه نصب، اگر از مقادیر استاندارد بیشتر شود (به زیربند ۴-۶ مراجعه شود)؛
- کمینه فاصله خزشی ویژه نامی (به زیربند ۴-۷ مراجعه شود) (فقط مرتبط با بخش فضای باز بوشینگ‌ها براساس زیربندهای ۳-۱۷، ۳-۱۸ و ۳-۲۰)؛
- شرایط آب و هوایی غیرعادی (دماهای خیلی زیاد و خیلی کم، رطوبت گرمسیری، آلودگی شدید، باد زیاد)؛
- شرایط لرزه‌ای، در صورتی که ارزیابی نیاز است (به زیربند ۵-۴ مراجعه شود).

۶-۱-۶ طراحی

توصیه می‌شود خریدار الزامات زیر را در صورت کاربرد، فراهم نماید:

- برای بوشینگ‌های تأمین‌شده بدون هادی: قطر، نوع (کابل، توپر یا میله توخالی[1])، ماده و موقعیت هادی که بوشینگ همراه با آن مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت؛
- الزامات ابعادی خاص، در صورت وجود؛
- تپ آزمون یا تپ ولتاژ در صورت نیاز (به زیربندهای ۳-۳۸ و ۳-۳۹ مراجعه شود)؛
- طول پایه زمین‌شده[2] مستقر در کنار فلنج یا هر وسیله ثابت‌کننده دیگر، در صورت وجود؛
- اطلاعات کلی مربوط به موقعیت بوشینگ، نسبت به قسمت‌های زمین‌شده در دستگاهی که بوشینگ برای آن پیش‌بینی شده است (به زیربند ۷-۱ مراجعه شود)؛

1- Hollow stem
2- Earthed sleeve

– آیا فواصل حفاظتی باید منطبق شود یا خیر؛

– الزامات خاص برای حفاظت از خوردگی قسمت‌های فلزی؛

– بوشینگ‌ها برای ترانسفورماتورها باید طوری طراحی شوند که توالی آزمون یک ترانسفورماتور رایج را تحمل کنند (فعالیت‌ها، پذیرش و آزمون‌های تکرار در صورت وجود)؛

– سطح مایع در لوله مرکزی یک بوشینگ ترانسفورماتور با هادی که از داخل لوله مرکزی آن عبور داده‌شده است، در صورتی که کمتر از یک سوم ارتفاع بخش خارجی باشد (به زیربند ۸-۸ مراجعه شود)؛

– فراهم‌سازی یک شیر[1] نمونه‌گیری از مایع.

توصیه می‌شود برای بوشینگ‌هایی که از مایع یا گاز برای عایق‌بندی استفاده می‌کنند، به استانداردهای مرتبط ارجاع داده شود:

– IEC 60376 برای دسته فنی SF_6

– IEC 60480 برای استفاده مجدد از SF_6

– IEC 60296 برای روغن عایقی معدنی، یا

– IEC 60836 برای مایع‌های عایقی سیلیکونی

– IEC 60867 برای هیدروکربن‌های آروماتیکی مصنوعی

– IEC 61099 برای استرهای آلی مصنوعی

۲-۶ نشانه‌گذاری‌ها

این زیربند برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی در کلیه ولتاژها و سایر بوشینگ‌هایی که U_m معادل با ۷۲٫۵ kV و بالاتر دارند استفاده می‌شود. برای سایر بوشینگ‌ها که U_m معادل با ۱۰۰ kV و کمتر دارند، نشانه‌گذاری‌های مشخص‌شده با ■ کافی می‌باشند:

- نام تأمین‌کننده یا نشان تجاری؛
- سال ساخت و شماره سریال؛
- شناسه نوع تأمین‌کننده؛
- کشور و محل ساخت باید به وضوح قابل تشخیص باشد؛
- بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m) (به زیربند ۳-۲۳ مراجعه شود) یا ولتاژ اسمی فاز به زمین (به زیربند ۳-۲۴ مراجعه شود) و فرکانس اسمی (به زیربند ۳-۲۹ مراجعه شود)؛
- جریان اسمی (I_r) (به زیربند ۳-۲۵ مراجعه شود). اگر بوشینگ بدون هادی تأمین شود، باید سطح مقطع هادی توسط تأمین‌کننده مشخص شود (به زیربند ۴-۲ مراجعه شود)؛

1- Valve

- جرم، در صورتی که بالاتر از ۱۰۰ kg باشد؛

– ولتاژهای (AC) آزمون پایداری در برابر ضربه صاعقه (BIL) و ضربه کلیدزنی (SIL) و فرکانس قدرت (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود)؛

– ظرفیت خازنی بوشینگ (به زیربند ۳-۴۲ مراجعه شود) و ضریب تلفات عایقی که با آزمون‌های تک به تک کارخانه‌ای اندازه گرفته می‌شوند؛

– نوع گاز عایقی و فشار اسمی پرکردن (به زیربند ۳-۳۰ مراجعه شود)، در صورت کاربرد؛

– کمینه فشار بهره‌برداری گاز در ۲۰ °C، در صورت کاربرد؛

– بیشینه زاویه نصب، اگر از ۳۰° نسبت به محور قائم بیشتر شود (به زیربند ۴-۶ مراجعه شود).

برای مثال‌هایی از پلاک‌های نشانه‌گذاری به شکل‌های ۲ تا ۴ مراجعه کنید.

یادآوری ۱- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات عایقی که در محل بهره‌برداری انجام می‌شود ممکن است با مقادیر کارخانه‌ای تعیین‌شده بر روی پلاک، متفاوت باشد.

یادآوری ۲- بوشینگ‌های تعدیل‌شده غیرخازنی با بیشینه ولتاژ تجهیزات معادل یا کمتر از ۵۲ kV در بند ۱۰ مشخص شده‌اند.

سازنده		کشور و مکان
سال	نوع شناسه‌گذاری	شماره .....
U_m ..... kV	I_r ..... A	f_r ..... Hz
BIL ..... kV	SIL ..... kV	AC ..... kV
جرم ..... kg	بیشینه زاویه نسبت به محور قائم ..... درجه	
ظرفیت خازنی ..... pF	ضریب تلفات عایقی .....%	

به علاوه، برای بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز، غوطه‌ورشده در گاز و آغشته‌شده به گاز:

نوع گاز	
فشار اسمی پرکردن گاز در ۲۰ °C	kPa مطلق
کمینه فشار گاز در ۲۰ °C	kPa مطلق

شکل ۲- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) بیشتر از ۱۰۰ kV

سازنده		کشور و مکان
سال	نوع نشانه‌گذاری	شماره .....
U_m ..... kV	I_r ..... A	f_r ..... Hz

شکل ۳- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) معادل یا کمتر از ۱۰۰ kV، بجز برای بوشینگ‌هایی که شکل ۴ کاربرد دارد

سازنده		کشور و مکان
سال	U_m ..... kV	I_r ..... A

شکل ۴- پلاک نشانه‌گذاری برای بوشینگ‌های با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات (U_m) معادل یا کمتر از ۵۲ kV ساخته‌شده از سرامیک، شیشه یا مواد معدنی، رزین یا عایق ترکیبی (به زیربند ۱۰-۳ مراجعه شود)

۷ الزامات آزمون

۷-۱ الزامات کلی

کلیه آزمون‌ها باید مطابق با استاندارد IEC مرتبط که در هر بند مشخص به آن ارجاع‌شده است، انجام شود. آزمون‌های مربوط به محفظه‌های عایقی مواد سرامیکی باید براساس استاندارد IEC 62155 انجام شود. آزمون‌ها بر روی عایق‌های مواد کامپوزیتی باید براساس استانداردهای IEC 61462 و IEC 62217 انجام شود. کلیه آزمون‌ها در ولتاژ بالا، مطابق با زیربندهای ۸-۲ تا ۸-۵، ۹-۳ و ۹-۴ باید براساس با استاندارد IEC 60060-1 انجام شود.

تأمین‌کننده باید یک گواهی آزمون نوعی با جزئیات مطابق با درخواست خریدار، فراهم نماید. آزمون‌های نوعی باید بر روی بوشینگ با طراحی ارائه‌شده انجام شود؛ مگر اینکه شواهد آزمون‌های نوعی قبلی در دسترس باشد. در صورتی که طراحی متفاوت باشد، تأمین‌کننده باید یک اظهارنامه مقایسه‌ای بین طراحی‌های ارائه‌شده و آزمون‌شده، فراهم نماید. کلیه تنش‌های الکتریکی، مکانیکی و حرارتی مربوط به طرح ارائه‌شده باید با شواهد آزمون پوشش داده شود. تکرار یک آزمون نوعی تنها زمانی اجباری است که در یک قرارداد خاص، مشخص‌شده باشد.

طبق درخواست خریدار، تأمین‌کننده باید اطلاعات مرتبط با کمینه فواصل هوایی نسبت به قسمت‌های زمین شده در چیدمان بهره‌برداری را تهیه نماید.

مقادیر ولتاژهای آزمون پایداری مورد استفاده برای بوشینگ‌های تازه ساخته‌شده، در جدول ۳ مشخص‌شده است. برای بوشینگ‌هایی که مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، ولتاژهای آزمون پایداری تک به تک باید به ٪ ۸۵ مقادیر مشخص‌شده در جدول، کاهش یابد.

بوشینگ‌ها زمانی که مطابق با زیربندهای ۸-۲، ۸-۴، ۸-۵، ۹-۳ و ۹-۴ آزمون می‌شوند باید بتوانند تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق درون هوا را تحمل کنند و آسیب نبینند؛ اما نشانه‌های کوچک باقیمانده روی سطح قسمت‌های عایقی، قابل پذیرش است.

تعریف واژه‌های «تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق» و «سوراخ‌شدگی» به ترتیب در زیربندهای 212-11-47 و 212-11-49 استاندارد IEC 60050-212:2010 ارائه‌شده است.

۷-۲ طبقه‌بندی آزمون

۷-۲-۱ کلیات

جدول‌های ۵، ۶، ۱۰ و ۱۱ کاربردپذیری آزمون‌ها برای انواع مختلف بوشینگ‌ها را نشان می‌دهد.

برای بوشینگ‌ها با بیشینه ولتاژ تجهیزات معادل یا کمتر از ۵۲ kV، از جنس سرامیک، شیشه یا مواد معدنی، رزین یا عایق‌های کامپوزیتی به بند ۱۰ مراجعه شود. برای سایر بوشینگ‌ها، آزمون‌هایی که ویژگی‌های دی‌الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بوشینگ را بررسی می‌کنند، شامل آزمون‌های زیر می‌شود.

۷-۲-۲ آزمون‌های نوعی

- آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک یا مرطوب (به زیربند ۸-۲ مراجعه شود)؛
- آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت طولانی مدت (به زیربند ۸-۳ مراجعه شود)؛
- آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک (به زیربند ۸-۴ مراجعه شود)؛
- آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی خشک یا مرطوب (به زیربند ۸-۵ مراجعه شود)؛
- آزمون پایداری حرارتی (به زیربند ۸-۶ مراجعه شود)؛
- آزمون سازگاری الکترومغناطیسی (به زیربند ۸-۷ مراجعه شود)؛
- آزمون افزایش دما (به زیربند ۸-۸ مراجعه شود)؛
- ارزیابی پایداری حرارتی جریان کوتاه‌مدت (به زیربند ۸-۹ مراجعه شود)؛
- آزمون پایداری در برابر بار اهرمی (به زیربند ۸-۱۰ مراجعه شود)؛
- آزمون استحکام بر روی بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع (به زیربند ۸-۱۱ مراجعه شود)؛
- آزمون فشار داخلی بر روی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز (به زیربند ۸-۱۲ مراجعه شود)؛
- آزمون فشار خارجی بر روی بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل در گاز (به زیربند ۸-۱۳ مراجعه شود)؛
- ارزیابی ابعاد (به زیربند ۸-۱۴ مراجعه شود).

جدول ۵- کاربردپذیری آزمون‌های نوعی (به زیربند ۷-۲-۲ مراجعه شود بجز بوشینگ‌های مطابق بند ۱۰)

زیربند	عنوان کوتاه	بوشینگ قابل کاربرد	بوشینگ تعریف‌شده در زیربند
۸-۲	AC خشک	کلیه بوشینگ‌های فضای بسته، غوطه‌ور فضای بسته و کامل غوطه‌ور با $U_m \leq ۲۴۵$ kV	۳-۱۶، ۳-۱۹، ۳-۲۱
۸-۲	AC مرطوب	کلیه بوشینگ‌های فضای باز با $U_m \leq ۲۴۵$ kV	۳-۱۷، ۳-۱۸، ۳-۲۰
۸-۳	ACLD[1]	کلیه بوشینگ‌های ترانسفورماتور با $U_m \geq ۱۷۰$ kV	۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱
۸-۴	صاعقه	کلیه بوشینگ‌ها	
۸-۵	کلیدزنی	کلیه بوشینگ‌ها با $U_m \geq ۳۰۰$ kV	
	- خشک	- کلیه بوشینگ‌های فضای بسته، غوطه‌ور فضای بسته و کامل غوطه‌ور و کلیه بوشینگ‌های ترانسفورماتور با $U_m \geq ۲۴۵$ kV	۳-۱۶، ۳-۱۹، ۳-۲۱
	- مرطوب	- کلیه بوشینگ‌های فضای باز	۳-۱۷، ۳-۱۸، ۳-۲۰
۸-۶	پایداری حرارتی	کلیه بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل، دمای محیط غوطه‌وری $\leq ۶۰°C$ و $U_m > ۳۰۰$ kV برای OIP و RIP $U_m \geq ۱۴۵$ kV برای سایر بوشینگ‌ها	۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱
۸-۸	افزایش دما	کلیه بوشینگ‌ها	
۸-۹	کوتاه‌مدت حرارتی	کلیه بوشینگ‌ها، اگر دمای محاسبه‌شده خیلی زیاد است.	
۸-۱۰	بار اهرمی	کلیه بوشینگ‌ها	
۸-۱۱	استحکام	کلیه بوشینگ‌های پرشده و عایق‌شده با مایع، بجز پرشده با مایع با گرانروی زیاد	۳-۲، ۳-۴
۸-۱۲	فشار	کلیه بوشینگ‌های حاوی گاز $l \leq ۱$ و فشار گاز $< ۰/۵$ bar گیج[2]	۳-۵ ، ۳-۶، ۳-۷
۸-۱۳	فشار خارجی	کلیه بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل در گاز، فشار گاز $< ۰/۵$ bar گیج	۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱
۸-۱۴	ابعاد	کلیه بوشینگ‌ها	

۳-۲-۷ آزمون‌های تک به تک

– اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی ($\tan \delta$) و ظرفیت خازنی در دمای محیط (به زیربند ۹-۲ مراجعه شود)؛

– آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک (به زیربند ۹-۳ مراجعه شود)؛

– آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود)؛

– اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی (به زیربند ۹-۵ مراجعه شود)؛

– آزمون‌های عایقی تپ (به زیربند ۹-۶ مراجعه شود)؛

1- Alternating Current Long Duration
2- Gauge

– آزمون فشار داخلی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز (به زیربند ۹-۷ مراجعه شود)؛

– آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع (به زیربند ۹-۸ مراجعه شود)؛

– آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز (به زیربند ۹-۹ مراجعه شود)؛

– آزمون استحکام فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگر (به زیربند ۹-۱۰ مراجعه شود)؛

– بازرسی ظاهری و بررسی ابعاد (به زیربند ۹-۱۱ مراجعه شود)؛

جدول ۶- کاربردپذیری آزمون‌های تک به تک

(به زیربند ۷-۲-۳ مراجعه شود بجز بوشینگ‌های مطابق بند ۱۰)

زیربند	عنوان کوتاه	بوشینگ قابل کاربرد	بوشینگ تعریف‌شده در زیربند
۹-۲	$\tan\delta$/ ظرفیت خازنی	کلیه بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی	۳-۱۵
۹-۳	صاعقه	کلیه بوشینگ‌های ترانسفورماتور با $U_m > 72{,}5$ kV	
۹-۴	AC خشک	کلیه بوشینگ‌ها	
۹-۵	تخلیه‌جزئی	کلیه بوشینگ‌ها	
۹-۶	تپ	کلیه بوشینگ‌ها با یک تپ	
۹-۷	فشار داخلی	کلیه بوشینگ‌های حاوی گاز	۳-۵، ۳-۶، ۳-۷
۹-۸	استحکام برای مایع	کلیه بوشینگ‌های حاوی مایع، بجز پرشده با مایع با گرانروی زیاد	۳-۲، ۳-۴
۹-۹	استحکام برای گاز	کلیه بوشینگ‌های حاوی گاز با برخی استثناها	۳-۵، ۳-۶، ۳-۷ ۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱
۹-۱۰	استحکام در قسمت فلنج	کلیه بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل در مایع یا گاز با برخی استثناها	۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱
۹-۱۱	ظاهری و ابعاد	کلیه بوشینگ‌ها	

۷-۲-۴ آزمون‌های ویژه

فقط زمانی آزمون‌های ویژه انجام می‌شوند که در قرارداد بین خریدار و تأمین‌کننده، توافق حاصل‌شده باشد. نمونه‌هایی از آزمون‌های ویژه به شرح زیر می‌باشد:

– آزمون ارزیابی لرزه‌ای (ارجاع به استاندارد IEC TS 61463)

– آزمون ضربه کلیدزنی برای کلاس ولتاژی که به صورت آزمون تک به تک یا آزمون نوعی لحاظ نشده است.

– آزمون آلودگی مصنوعی برای مقره‌های چینی (ارجاع به استاندارد IEC 60507)

یادآوری– در صورتی که مقره طبق کاربرد، براساس هر یک از استانداردهای IEC TS 60815-1 و IEC TS 60815-2 و IEC TS 60815-3، طراحی شده باشد، آزمون آلودگی مصنوعی نیاز نمی‌باشد.

۳-۷ شرایط بوشینگ‌ها حین آزمون‌های دی‌الکتریکی و حرارتی

حین کلیه آزمون‌ها، دمای هوای محیط و ماده غوطه‌وری، در صورت وجود، باید بین ۱۰°C و ۴۰°C باشد. آزمون‌های دی‌الکتریکی و حرارتی باید فقط روی بوشینگ‌های کامل و متصل‌شده به فلنج‌های ثابت‌کننده خود یا هر وسیله ثابت‌کننده دیگر و کلیه ملحقاتی که هنگام استفاده روی بوشینگ نصب شده و بدون فواصل جرقه‌زنی حفاظتی هستند، انجام شود. تپ آزمون و تپ ولتاژ باید زمین شوند یا نزدیک پتانسیل زمین نگه داشته شوند.

براساس زیربند ۳-۴، بوشینگ‌های عایق‌شده با مایع، باید تا سطح عادی با مایع عایقی که کیفیت آن توسط تأمین‌کننده تعیین شده است، پر شود.

بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز، براساس زیربندهای ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷ باید با گاز عایقی مشخص‌شده توسط تأمین‌کننده پر شده و فشار آن به کمینه میزان فشار براساس زیربند ۳-۳۰، در دمای مرجع ۲۰ °C افزایش داده شود. اگر در ابتدای آزمون، دما متفاوت با ۲۰ °C باشد، باید فشار مطابق با آن تنظیم شود.

بوشینگ‌های غوطه‌ورشده جزئی یا کامل، براساس زیربندهای ۳-۱۹، ۳-۲۰ و ۳-۲۱ باید به صورت عادی در یک ماده غوطه‌وری، که تا حد امکان مشابه با شرایط بهره‌برداری عادی است، غوطه‌ور شود. در زمینه سایر مواد غوطه‌وری، باید بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود. در بوشینگ‌های مورد استفاده برای ارتباط مستقیم بین GIS و ترانسفورماتور، افزایش فشار در محفظه گاز در هنگام آزمون‌های دی‌الکتریکی تک به تک مجاز است؛ تا تفاوت در الزامات پایداری برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور و GIS را جبران نماید (به جدول ۳ مراجعه شود).

ممکن است خریدار یک آزمون شبیه‌سازی را به عنوان آزمونی ویژه جهت اثبات کارایی بوشینگ در یک چیدمان عملکردی خاص، تقاضا نماید. به صورت ویژه، در زمینه بوشینگ‌هایی که برای استفاده بر روی ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل عایق‌شده گازی مد نظر می‌باشند، ممکن است آزمون‌هایی با شبیه‌سازی قسمت‌های فلزی مجاور به ترانسفورماتور یا GIS لازم باشد. این آزمون‌ها، باید به توافق قبلی بین خریدار و تأمین‌کننده رسیده باشد.

توصیه می‌شود برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور، ملاحظات خاصی به فواصل هوایی موجود در مایع داده شود، به عنوان مثال برای برآورده‌شدن الزامات زیربند ۹-۴، که بدون ایجاد هیچ خرابی احتمالی در مایع باشد، یک قطر بزرگتر از برجک[1] ترانسفورماتور در نظر گرفته می‌شود.

از آنجایی که آزمون‌های دی‌الکتریکی تک به تک (به زیربند ۷-۲-۳ مراجعه شود) فقط به‌منظور بررسی عایق داخلی در نظر گرفته‌شده‌اند، بررسی قسمت‌های فلزی خارجی بوشینگ، هنگام انجام این آزمون‌ها نیز مجاز می‌باشد.

1- Turret

معمولاً یک بوشینگ در چیدمانی که فاصله هوایی کافی نسبت به قسمت‌های زمین‌شده مجاور دارد، تحت آزمون قرار می‌گیرد. در این شرایط، از تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق، مستقیم به قسمت‌های زمین‌شده از طریق هوای محیطی یا محیط غوطه‌وری، جلوگیری خواهد شد.

معمولاً بوشینگ‌های GIS و ترانسفورماتور در موقعیت قائم و در شرایطی که فلنج زمین‌شده یا نزدیک پتانسیل زمین نگه داشته می‌شود، تحت آزمون قرار می‌گیرند.

ممکن است زاویه نصب بوشینگ در آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت مرطوب و آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی مرطوب، بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

قبل از آغاز آزمون‌های دی‌الکتریکی، مقره باید تمیز و خشک شده و در تعادل حرارتی با دمای محیط باشد.

اگر شرایط جوی واقعی با مقادیر ارائه‌شده در استاندارد IEC 60060-1 تفاوت داشته باشد، باید براساس جدول ۷، تصحیح ولتاژ انجام شود.

جدول ۷- تصحیح ولتاژهای آزمون (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود)

بند	آزمون	تصحیح [الف، ب، پ]
۸-۲	آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک	در $k_1 \times k_2$ تحت شرایط ارائه‌شده در زیر، ضرب شود.
۸-۲	آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت مرطوب	در k_1 ضرب شود.
۸-۳	آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت طولانی مدت	هیچ کدام
۸-۴	آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک	در $k_1 \times k_2$ تحت شرایط ارائه‌شده در زیر، ضرب شود.
۸-۵	آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی خشک	در $k_1 \times k_2$ تحت شرایط ارائه‌شده در زیر، ضرب شود.
۸-۵	آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی مرطوب	در k_1 تحت شرایط ارائه‌شده در زیر، ضرب شود.
۸-۶	آزمون پایداری حرارتی	هیچ کدام
۸-۷	آزمون سازگاری الکترومغناطیسی	هیچ کدام
۹-۲	اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی ($\tan \delta$) و ظرفیت خازنی	هیچ کدام
۹-۴	آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک	هیچ کدام
۹-۵	اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی	هیچ کدام
۹-۶	آزمون‌های عایقی تپ	هیچ کدام

الف k_1 و k_2 باید براساس استاندارد IEC 60060-1 تعیین گردند.

ب در زمینه آزمون‌های ضربه، زمانی که تصحیح منجر به ولتاژ آزمون کمتر از آنچه در استاندارد مشخص شده است، شود؛ این تصحیح باید بر روی قطبیتی که در آن ولتاژ پایداری خارجی، در بحرانی‌ترین حالت است، انجام شده و قطبیت مخالف نیز باید با کمینه مقدار کامل ولتاژ اعمال شود.

پ زمانی که ضریب تصحیح بیش از ۱ باشد، تصحیح به هر دو قطبیت اعمال می‌شود؛ اما اگر ضریب تصحیح بزرگتر از ۱٫۰۵ باشد، باید انجام شدن یا نشدن آزمون بر اساس توافق بین خریدار و تأمین‌کننده صورت پذیرد.

۸ آزمون‌های نوعی

۸-۱ کلیات

توالی انجام یا ترکیب احتمالی آزمون‌ها در اختیار تأمین‌کننده می‌باشد؛ بجز آزمون‌های پایداری در برابر ولتاژ ضربه که باید قبل از آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک انجام شود (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود). باید قبل و بعد از مجموعه آزمون‌های نوعی، اندازه‌گیری‌های ضریب تلفات عایقی و ظرفیت خازنی (به

زیربند ۹-۲ مراجعه شود) و مقدار تخلیه‌جزئی (به زیربند ۹-۵ مراجعه شود) انجام شود؛ تا بررسی شود که آیا صدمه‌ای در بوشینگ رخ داده است.

۸-۲ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک یا مرطوب

۸-۲-۱ کاربردپذیری

آزمون خشک برای همه بوشینگ‌های مطابق زیربندهای ۳-۱۶، ۳-۱۹ و ۳-۲۱ که آزمون تک به تک بر روی آن انجام نمی‌شود، کاربرد دارد (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود).

آزمون مرطوب برای همه بوشینگ‌های مورد استفاده در فضای باز براساس زیربندهای ۳-۱۷، ۳-۱۸ و ۳-۲۰ و بوشینگ‌هایی که U_m آن برابر یا کمتر از ۲۴۵ kV است، کاربرد دارد.

۸-۲-۲ روش آزمون و الزامات

مقدار ولتاژ آزمون در جدول ۳ داده‌شده است. مدت زمان آزمون باید، مستقل از فرکانس آزمون و ۶۰ s باشد، بجز برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور با U_m معادل با ۱۱۰۰ kV یا بالاتر، که مدت زمان آزمون آن، ۳۰۰ s می‌باشد.

۸-۲-۳ پذیرش

در صورتی که هیچ‌گونه تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. اگر یک سوراخ‌شدگی وجود داشته باشد، بوشینگ مردود در نظر گرفته می‌شود. برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی، در صورتی که ظرفیت خازنی اندازه گرفته‌شده پس از مجموعه آزمون‌ها، به اندازه ظرفیت خازنی یک لایه بالاتر از ظرفیت خازنی که قبلاً اندازه گرفته‌شده است، باشد، فرض می‌شود که یک سوراخ‌شدگی رخ داده است. در صورتی که یک تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق رخ دهد، آزمون فقط باید یک بار دیگر تکرار شود. اگر هنگام تکرار آزمون، هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۸-۳ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت طولانی مدت (ACLD)

۸-۳-۱ کاربردپذیری

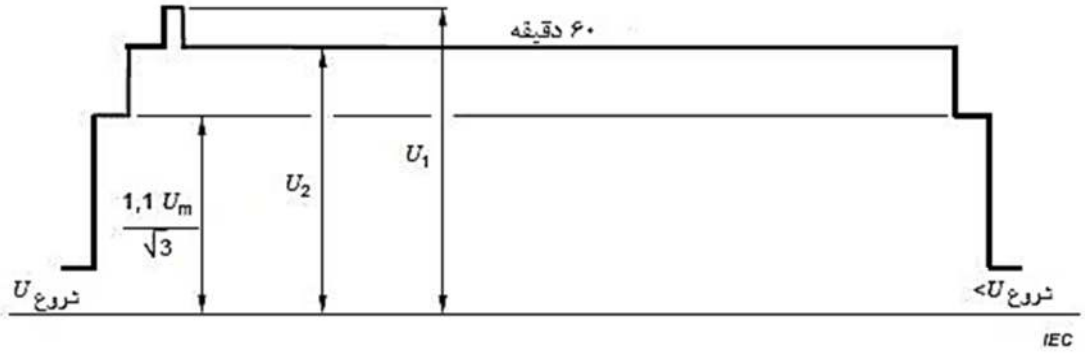
این آزمون برای همه بوشینگ‌های ترانسفورماتور با U_m معادل با ۱۷۰ kV یا بالاتر، کاربرد دارد.

۸-۳-۲ روش آزمون و الزامات

ولتاژ باید طبق مراحل ارائه‌شده در شکل ۵ به شرح زیر دنبال شود:

– ابتدا ولتاژ تا $\frac{1,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ افزایش داده شده و به مدت زمان min ۵ نگه داشته شود. سپس تخلیه‌جزئی اندازه گرفته شود؛

- در ادامه ولتاژ تا $U_2 = \frac{1,5\ U_m}{\sqrt{3}}$ افزایش داده شده و به مدت زمان ۵ min نگه داشته شود. مجدداً تخلیه‌جزئی اندازه گرفته شود؛
- در نهایت ولتاژ تا $U_1 = U_m$ افزایش داده شده و برای مدت زمان ۱ min نگه داشته شود؛
- بلافاصله پس از مدت زمان آزمون و بدون هیچ وقفه‌ای، ولتاژ به U_2 کاهش داده شده و حداقل به مدت ۶۰ min نگه داشته شود. مدت زمان باید مستقل از فرکانس آزمون باشد. باید تخلیه‌جزئی طی کل دوره اعمال ولتاژ، بررسی شده و طی بازه‌های ۵ min ثبت شود؛
- در ادامه به $\frac{1,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ کاهش داده‌شده و برای مدت زمان ۵ min نگه داشته شود. تخلیه‌جزئی نیز اندازه گرفته شود؛
- در نهایت به 0 V کاهش داده شود.



شکل ۵- پروفایل اعمال ولتاژ برای آزمون طولانی مدت

در شکل فوق، $U_{\text{شروع}}$[1]، ولتاژ روشن‌شدن[2] مربوط به تجهیزات آزمون است.

۸-۳-۳ پذیرش

در صورتی که هیچ‌گونه تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی، در صورتی که ظرفیت خازنی اندازه گرفته‌شده پس از مجموعه آزمون‌ها، به اندازه ظرفیت خازنی یک لایه بالاتر از ظرفیت خازنی که قبلاً اندازه گرفته‌شده است، باشد، فرض می‌شود که یک سوراخ‌شدگی رخ داده است.

در هر مرحله از آزمون، بیشینه مقادیر قابل پذیرش تخلیه‌جزئی، براساس نوع بوشینگ، باید طبق جدول ۹ باشد.

1- Ustart
2- Switch-in

۸-۴ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک

۸-۴-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه انواع بوشینگ کاربرد دارد.

۸-۴-۲ روش آزمون و الزامات

اندازه ولتاژ آزمون در جدول ۳ ارائه‌شده است. بوشینگ باید در معرض ضربه صاعقه استاندارد ۱٫۲/۵۰ µs به شرح زیر قرار گیرد:

– ۱۵ ضربه صاعقه کامل[1] با قطبیت مثبت و در ادامه آن؛

– ۱۵ ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی.

بوشینگ‌ها برای ترانسفورماتورهای با U_m بالاتر از ۷۲٫۵ kV باید در معرض:

– ۱۵ ضربه صاعقه کامل با قطبیت مثبت و در ادامه آن؛

– ۱ ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی در ٪ ۱۱۰ ولتاژ پایداری اسمی و سپس؛

– ۵ ضربه صاعقه برش‌خورده[2] با قطبیت منفی در ٪ ۱۲۱ ولتاژ پایداری اسمی و سپس؛

– ۱۴ ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی در ٪ ۱۱۰ ولتاژ پایداری اسمی قرار گیرند.

زمان تخلیه الکتریکی[3] بر روی وسیله برش‌دهنده موج، باید بین ۲ µs و ۶ µs باشد.

پس از تغییر قطبیت، می‌توان برخی از ضربه‌های دارای دامنه کمتر را قبل از ضربه‌های اصلی آزمون، اعمال نمود. بازه‌های زمانی بین اعمال ولتاژ متوالی باید به اندازه‌ای کافی باشد تا از اثرات اعمال ولتاژهای قبلی، جلوگیری نماید. ثبت ولتاژ برای هر ضربه باید انجام شود.

۸-۴-۳ پذیرش

نتیجه آزمون بوشینگ در صورتی مورد تأیید است که:

– در هیچ قطبیتی سوراخ‌شدگی رخ ندهد، و

– تعداد تخلیه‌های الکتریکی از روی سطح عایق در هوا برای هر مجموعه ۱۵ عددی ضربه، بیش از دو عدد نشود؛

بجز در بوشینگ‌های ترانسفورماتور که موارد زیر مجاز است:

– هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق بر روی قسمت‌های غوطه‌ور در مایع رخ ندهد،

– در قطبیت مثبت، بیش از دو تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق در هوا رخ ندهد، و

1- Full
2- Chopped
3- Sparkover

– در قطبیت منفی، هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق در هوا رخ ندهد.

برای بوشینگ‌های عایق‌شده با گاز نیز موارد زیر مجاز می‌باشد:

– تعداد تخلیه‌های مخرب[1] به ازای ۱۵ ضربه، نباید از دو عدد بیشتر شود.

– هیچ تخلیه مخربی نباید روی عایق غیرخودبازیابی‌شونده[2] رخ دهد.

در صورتی که یک ضربه از ۱۵ ضربه از هر قطبیت، منجر به تخلیه مخرب شود، باید حداقل پنج ضربه بدون تخلیه مخرب بوده تا مورد تأیید قرار گیرد. لازم به ذکر است اگر این ضربه یکی از آخرین پنج ضربه از ۱۵ ضربه هر قطبیت باشد، ضربه‌های بیشتری باید اعمال شود.

اگر تخلیه مخرب رخ دهد و به هر دلیلی نتوان شاهدی یافت که تخلیه‌های مخرب بر روی عایق خودبازیابی‌شونده رخ داده است، بوشینگ باید پس از تکمیل آزمون‌های دی‌الکتریکی، جدا شده و بازرسی شود. اگر سوراخ‌شدگی در عایق غیرخودبازیابی‌شونده مشاهده شود، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید نیست.

۸-۵ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه کلیدزنی خشک یا مرطوب

۸-۵-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌ها با U_m بزرگتر یا مساوی با ۳۰۰ kV، کاربرد دارد.

آزمون خشک برای بوشینگ‌های فضای بسته، غوطه‌ور فضای بسته و به صورت کامل غوطه‌ور براساس زیربندهای ۳-۱۶، ۳-۱۹ و ۳-۲۱ کاربرد دارد.

آزمون مرطوب نیز برای بوشینگ‌های فضای باز، براساس زیربندهای ۳-۱۷، ۳-۱۸ و ۳-۲۰ کاربرد دارد.

علاوه بر موارد فوق، آزمون خشک برای همه بوشینگ‌های ترانسفورماتور با U_m بزرگتر یا مساوی با ۲۴۵ kV، کاربرد دارد.

۸-۵-۲ روش آزمون و الزامات

برای انجام این آزمون‌ها، می‌توان از استاندارد IEC 60060-1 استفاده نمود. به‌منظور شبیه‌سازی شرایط بهره‌برداری، بوشینگ باید بر روی یک صفحه زمین‌شده که به صورت شعاعی از محور بوشینگ به اندازه حداقل ۰٫۴ L در کلیه جهات، فاصله دارد، نصب شود؛ که L فاصله جرقه‌زنی خشک بوشینگ می‌باشد. اتصال فشار قوی باید در راستای محور بوشینگ و در نقطه‌ای با حداقل فاصله ۰٫۴ L بالاتر از نقطه بالایی بوشینگ، برقرار شود. در زمینه جزییات غوطه‌وری مربوط به بوشینگ‌هایی که یک انتهای آن غوطه‌ور می‌باشد، باید توافق حاصل شود. همچنین ممکن است طی توافق، برای بوشینگ‌های مورد استفاده در کلیدهای قطع و وصل عایق گازی، یک صفحه زمین‌شده کوچکتر انتخاب شود.

اندازه ولتاژ آزمون در جدول ۳ ارائه‌شده است.

1- Disruptive discharges
2- Non-self-restoring

بوشینگ باید در معرض ضربه استاندارد کلیدزنی ۲۵۰/۲۵۰۰ µs به شرح زیر قرار گیرد:

– ۱۵ ضربه با قطبیت مثبت و در ادامه آن؛

– ۱۵ ضربه با قطبیت منفی.

برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور با U_m بزرگتر یا مساوی با ۲۴۵ kV، باید آزمون خشک دیگری همراه با ۱۵ ضربه با قطبیت منفی در ٪۱۱۰ ولتاژ پایداری اسمی انجام شود.

پس از تغییر قطبیت، می‌توان برخی از ضربه‌های دارای دامنه کمتر را قبل از ضربه‌های اصلی آزمون، اعمال نمود. بازه‌های زمانی بین اعمال ولتاژ متوالی باید به اندازه‌ای کافی باشد تا از اثرات اعمال ولتاژهای قبلی، جلوگیری نماید.

ثبت ولتاژ برای هر ضربه باید انجام شود.

۸-۵-۳ پذیرش

نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است اگر:

– سوراخ‌شدگی در هیچ قطبیتی رخ ندهد، و اگر

– تعداد تخلیه‌های الکتریکی از روی سطح عایق در هوا برای هر مجموعه ۱۵ عددی ضربه، بیش از دو مورد نشود؛

بجز برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور که شرایط زیر مجاز است:

– هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق در قسمت‌های غوطه‌ور در مایع رخ ندهد،

– بیش از دو تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق در هوا در قطبیت مثبت رخ ندهد، و

– هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق در هوا در قطبیت منفی رخ ندهد.

برای بوشینگ‌های عایق‌شده با گاز:

– تعداد تخلیه‌های مخرب برای هر مجموعه ۱۵ عددی ضربه، نباید از دو عدد بیشتر شود.

– هیچ تخلیه مخربی نباید روی عایق غیرخودبازیابی‌شونده رخ دهد.

در صورتی که یک ضربه از ۱۵ ضربه از هر قطبیت، منجر به تخلیه مخرب شود، باید حداقل پنج ضربه بدون تخلیه مخرب بوده تا مورد تأیید قرار گیرد. لازم به ذکر است اگر این ضربه یکی از آخرین پنج ضربه از ۱۵ ضربه هر قطبیت باشد، ضربه‌های بیشتری باید اعمال شود.

اگر تخلیه مخرب رخ دهد و به هر دلیلی نتوان مدرکی ارائه داد که تخلیه‌های مخرب بر روی عایق خودبازیابی‌شونده بوده است، پس از تکمیل آزمون‌های دی‌الکتریکی بوشینگ باید جدا شده و بازرسی شود. اگر سوراخ‌شدگی در عایق غیرخودبازیابی‌شونده مشاهده شود، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۸-۶ آزمون پایداری حرارتی

۸-۶-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل، براساس زیربندهای ۳-۱۹، ۳-۲۰ و ۳-۲۱ کاربرد دارد. عمده بخش عایقی این بوشینگ‌ها، شامل یک ماده آلی است که در دستگاه‌های پرشده با یک ماده عایقی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که دمای عملکردی آن بزرگتر یا مساوی با ۶۰ °C بوده و دارای U_m بالاتر از ۳۰۰ kV برای بوشینگ‌های با کاغذ آغشته‌شده به روغن، بوشینگ‌های با کاغذ آغشته‌شده به رزین و بوشینگ‌های با مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین و U_m بالاتر از ۱۴۵ kV برای سایر انواع بوشینگ‌ها می‌باشد.

اگر براساس نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای یا محاسبات بتوان از پایداری حرارتی بوشینگ اطمینان حاصل نمود، می‌توان این آزمون را حذف کرد.

۸-۶-۲ روش آزمون و الزامات

انتهای بوشینگ‌ها که برای غوطه‌وری در روغن معدنی یا محیط حاوی ماده عایقی دیگری، در نظر گرفته‌شده است، باید در مایع غوطه‌ور باشد. دمای مایع باید در محدوده ۲ K± دمای عملکردی دستگاه نگه داشته شود؛ بجز برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور که برای استفاده در روغن معدنی در نظر گرفته‌شده‌اند که در آن دما باید ۹۰ °C ± ۲ °C باشد. این دما باید با استفاده از دماسنج‌های غوطه‌ور در مایع که در ارتفاع ۳ cm از سطح آن و در فاصله حدود ۳۰ cm از بوشینگ قرار دارند، اندازه گرفته شود.

انتهای بوشینگ‌ها، که برای غوطه‌وری در یک ماده عایقی گازی، بجز هوا، در فشار جو در نظر گرفته‌شده است، باید به صورت مناسب در گاز عایقی در کمینه فشار تعریف‌شده در زیربند ۳-۳۰ غوطه‌ور شود. گاز باید در دمای توافق‌شده بین خریدار و تأمین‌کننده نگه داشته شود.

تلفات هادی متناظر با I_r باید با روش مناسب، شبیه‌سازی شود. یک روش پیچاندن سیم مقاومتی عایق‌شده اطراف یک هادی ساختگی[1] و تغذیه آن با یک منبع مناسب است. مقاومت سیم و جریان باید به گونه‌ای تنظیم شود که تلفات مشابه با هادی نهایی ایجاد کند.

ولتاژ آزمون باید:

- U_m برای بوشینگ با U_m معادل یا کمتر از ۱۷۰ kV باشد.
- ۰٫۸ U_m برای بوشینگ با U_m بیشتر از ۱۷۰ kV باشد.

آزمون تا زمانی که تعادل حرارتی بین مایع و بوشینگ ایجاد شود، نباید آغاز شود.

طی آزمون، ضریب تلفات عایقی باید به صورت مداوم اندازه گرفته شده و دمای هوای محیط باید در هر اندازه‌گیری ثبت شود.

1- Dummy

زمانی که ضریب تلفات عایقی، طی یک بازه زمانی h ۵ بیش از ۰٫۰۰۰۲ افزایش نیابد، بوشینگ به تعادل حرارتی رسیده است.

۸-۶-۳ پذیرش

نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است اگر به تعادل حرارتی برسد و در ادامه، آزمون‌های دی‌الکتریکی تک به تک را بدون تغییر چشمگیر نسبت به نتایج قبلی، تحمل کند.

۸-۷ آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)[1]

۸-۷-۱ آزمون انتشار

۸-۷-۱-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای کلیه بوشینگ‌های فضای بسته و فضای باز که دارای بیشینه ولتاژ تجهیزات (U_m) بزرگتر یا مساوی با ۱۲۳ kV می‌باشند، کاربرد دارد.

۸-۷-۱-۲ روش آزمون و الزامات

بوشینگ باید همانگونه که در زیربند ۷-۳ بیان شد، نصب شود.

فلنج و سایر قسمت‌های زمین‌شده معمول، باید به زمین متصل شوند. توصیه می‌شود دقت لازم انجام شود تا از اثرپذیری اندازه‌گیری‌ها از اشیاء زمین‌شده یا زمین‌نشده نزدیک به بوشینگ و آزمون و مدار اندازه‌گیری جلوگیری شود.

بوشینگ باید خشک و تمیز بوده و در دمای تقریباً مشابه با دمای محیطی که در آن آزمون انجام می‌شود، قرار داده شود. توصیه می‌شود که نمونه h ۲ قبل از این آزمون، تحت آزمون‌های دی‌الکتریکی دیگر قرار داده نشود.

اتصالات آزمون و انتهای آن‌ها، نباید به عنوان یک منبع ولتاژ تداخل امواج رادیویی با مقادیر بیشتر از آنچه که در ادامه ارائه‌شده است، باشد. اتصالات فشار قوی، باید در امتداد خط محوری بوشینگ تا یک نقطه به فاصله حداقل ۰٫۲ L بالای قسمت انتهایی بوشینگ، گسترش یابد که L فاصله جرقه‌زنی بوشینگ می‌باشد. بیشینه قطر اتصالات، باید نصف قطر سر بوشینگ باشد.

مدار اندازه‌گیری باید مطابق با استاندارد CISPR 18-2 باشد. مدار اندازه‌گیری ترجیحاً باید با یک فرکانس در محدوده ٪۱۰ فرکانس ۰٫۵ MHz تنظیم شود؛ اما ممکن است سایر فرکانس‌ها در محدوده ۰٫۵ MHz تا ۲ MHz نیز استفاده شود که در این صورت، فرکانس اندازه‌گیری ثبت شود. نتایج باید برحسب میکرو ولت بیان شود.

1- Electromagnetic Compatibility

اگر از امپدانس‌های اندازه‌گیری متفاوت با امپدانس‌های مشخص‌شده در انتشارات CISPR استفاده می‌شود، مقدار آن نباید بیشتر از ۶۰۰ Ω و کمتر از ۳۰ Ω باشد، در هر موردی نیز زاویه فازی نباید بیش از °۲۰ شود. با فرض اینکه ولتاژ اندازه‌گیری که باید مستقیماً متناظر با مقاومت باشد، ولتاژ تداخل امواج رادیویی معادل ارجاع‌شده به مقاومت ۳۰۰ Ω قابل محاسبه است؛ بجز برای بوشینگ‌های با ظرفیت خازنی زیاد، که ممکن است این تصحیح در نظر گرفته‌شده، دقیق نباشد. بنابراین، یک مقاومت ۳۰۰ Ω برای بوشینگ‌های با فلنج زمین‌شده، پیشنهاد می‌شود.

فیلتر F باید یک امپدانس زیاد، در فرکانس اندازه‌گیری داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که امپدانس بین هادی فشار قوی و زمین که از بوشینگ تحت آزمون دیده می‌شود، به صورت قابل توجهی از امپدانس موازی فیلتر متأثر نشود. همچنین این فیلتر جریان‌های با فرکانس رادیویی جاری در مدار آزمون را، که با ترانسفورماتور فشار قوی تولیدشده یا از منابع غیر اصلی ساطع‌شده است، کاهش می‌دهد. مقدار مناسب برای امپدانس آن ۱۰۰۰۰ Ω تا ۲۰۰۰۰ Ω در فرکانس اندازه‌گیری می‌باشد.

باید با استفاده از ابزار مناسب، اطمینان حاصل شود که سطح نوفه زمینه‌ای[1] تداخل رادیویی (سطح تداخل رادیویی ایجادشده به وسیله میدان خارجی و ترانسفورماتور فشار قوی زمانی که در ولتاژ کامل آزمون، مغناطیسی می‌شود) حداقل ۶ dB و ترجیحاً ۱۰ dB زیر سطح تداخل رادیویی مشخص‌شده بوشینگی که باید تحت آزمون قرار گیرد، می‌باشد. روش‌های واسنجی، برای ابزار اندازه‌گیری و مدارهای اندازه‌گیری به ترتیب در استانداردهای CISPR 16-1 و CISPR 18-2 ارائه‌شده است.

از آنجایی که ممکن است سطح تداخل رادیویی با الیاف یا گرد و خاک موجود بر روی مقره‌ها تحت تأثیر قرار بگیرد، بهتر است که عایق‌ها با یک پارچه تمیز قبل از اندازه‌گیری، غبارروبی شود. شرایط جوی طی آزمون باید ثبت شود. مشخص نیست که چه ضرایب تصحیحی به آزمون تداخل رادیویی اعمال می‌شود، اما بدیهی است که ممکن است آزمون‌ها به رطوبت نسبی بالا حساس باشند و در صورتی که رطوبت نسبی از ٪ ۸۰ بیشتر شود، ممکن است نتایج آزمون شک برانگیز باشند.

باید روش آزمون ارائه‌شده در زیر، دنبال شود:

ابتدا باید ولتاژ $\frac{1,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ به بوشینگ اعمال‌شده و حداقل به مدت min ۵ نگه داشته شود. U_m بیشینه ولتاژ تجهیزات می‌باشد. سپس ولتاژ باید به صورت پله‌ای به $\frac{0,3\ U_m}{\sqrt{3}}$ کاهش داده‌شده، در ادامه مجدداً به صورت پله‌ای به مقدار اولیه افزایش و در نهایت به صورت پله‌ای به $\frac{0.3\ U_m}{\sqrt{3}}$ کاهش داده شود. در هر مرحله، باید اندازه‌گیری تداخل رادیویی انجام شود و سطح تداخل رادیویی، که طی آخرین مجموعه کاهش ولتاژها ثبت شده است، براساس ولتاژ اعمالی ترسیم شود؛ نموداری که بدین صورت ایجاد می‌شود ویژگی‌های تداخل رادیویی بوشینگ می‌باشد. دامنه گام‌های ولتاژ تقریباً باید $\frac{0,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ باشد.

۸-۷-۱-۳ پذیرش

اگر سطح تداخل رادیویی در $\frac{1,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ بیش از ۲۵۰۰ μV نشود نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

1- Background noise level

در صورتی که بتوان نشان داد که بوشینگ، بدون حفاظ خارجی، فاقد تخلیه‌جزئی می‌باشد به عنوان مثال هیچ تخلیه‌ای بالای سطح تداخل پس زمینه‌ای مشخص‌شده در زیربند ۹-۵-۲ وجود نداشته باشد، می‌توان آزمون انتشار را تأییدشده در نظر گرفت.

۸-۷-۲ آزمون مصونیت[1]

هیچ آزمونی مورد نیاز نمی‌باشد.

۸-۸ آزمون افزایش دما

۸-۸-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای کلیه انواع بوشینگ کاربرد دارد، مگر اینکه با محاسباتی براساس آزمون‌های مقایسه‌ای بتوان نشان داد که محدوده دمایی مشخص‌شده، برآورده‌شده است.

۸-۸-۲ روش آزمون و الزامات

باید یک یا هر دو انتهای بوشینگ‌ها که برای غوطه‌وری در روغن معدنی یا محیط حاوی مایع عایقی دیگر مد نظر می‌باشد، به صورت مناسب در مایع و در دمای محیط غوطه‌ور شود، بجز بوشینگ‌های ترانسفورماتور که برای استفاده در روغن معدنی مدنظر می‌باشد که روغن باید در دمای $60\ K \pm 2\ K$ بالای دمای محیط، نگه‌داشته شود. اگر ترانسفورماتور با محیط مایع عایقی دیگری پرشده است، دما باید طی توافق مشخص شود.

در برخی از کاربردها که از روغن معدنی استفاده می‌کنند (مانند ترانسفورماتور نیروگاهی)، دمای بالایی روغن ترانسفورماتور معمولاً به مقادیر زیر محدوده‌های عادی IEC محدود می‌شود. طبق توافق بین سازنده و خریدار، افزایش دمای روغن استاندارد به اندازه ۶۰ K ممکن است کاهش داده شود تا دمای واقعی بالای روغن ترانسفورماتور را نشان دهد.

بوشینگ‌های حاوی یک هادی عبور داده شده از داخل لوله مرکزی، باید با یک هادی مناسب که سطح مقطع آن مطابق با I_r می‌باشد، مونتاژ شود. زمانی که مایع ترانسفورماتور، در مجاور لوله مرکزی بوشینگ می‌باشد، سطح مایع نباید بیش از یک سوم ارتفاع قسمت خارجی باشد.

انتهای بوشینگ‌ها، که برای غوطه‌وری در یک ماده عایقی گازی بجز هوا در فشار جوی در نظر گرفته‌شده است، باید به صورت مناسب در محفظه‌ای عایق‌شده با گاز در حداقل فشار، براساس زیربند ۳-۳۰، که گاز در ابتدای آزمون در دمای محیط است، غوطه‌ور شود.

بوشینگ‌های عایق‌شده گازی، باید در ابتدای آزمون در دمای محیط باشند.

1- Immunity test

برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور که در داکت‌های عایق‌شده با هوا عمل می‌کنند، سمت هوا باید در یک محفظه مناسب قرار گیرد. طی آزمون، هوای داخل محفظه باید تا دمای ۴۰ K ± ۲ K بیشتر از هوای محیط، از طریق خود حرارت‌دهی یا به صورت غیرمستقیم، حرارت داده شود.

تعداد مناسب دماسنج‌ها یا سایر وسایل اندازه‌گیری باید تا حد امکان در امتداد هادی بوشینگ، لوله مرکزی و سایر قسمت‌های حامل جریان و همچنین تا حد امکان روی فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگری قرار گیرند، به‌گونه‌ای که افزایش دمای اجزای بوشینگ نسبت به مقادیر ارائه‌شده در جدول ۲ را با دقتی منطقی، تعیین کنند.

دمای هوای محیط باید با دماسنج‌های کندکار[1] قرار گرفته اطراف بوشینگ، در میانه ارتفاع و در فاصله ۱ m تا ۲ m از آن، اندازه گرفته شود.

یادآوری- سطح رضایت‌بخش کندکاری، با قرار دادن دماسنج‌ها در محفظه‌های پرشده با مایع با حجم تقریبی ۰٫۵ l حاصل می‌شود.

دمای مایع یا گاز باید با استفاده از دماسنج‌های قرار گرفته در فاصله ۳۰ cm از بوشینگ، و در صورت وجود مایع، ۳ cm زیر سطح مایع اندازه گرفته شود.

آزمون باید در جریان $I_r \pm 2\%$ و فرکانس اسمی و در شرایطی که همه قسمت‌های بوشینگ در پتانسیل زمین باشند، انجام شود. اگر فرکانس آزمون، متفاوت با فرکانس اسمی می‌باشد، ممکن است جریان تنظیم شود تا تلفات معادل را به دست آورد.

اتصالات خارجی موقتی مورد استفاده برای این آزمون، باید دارای ابعادی باشد که بی جهت در سردکردن بوشینگ تحت آزمون، مشارکت نکند. اگر کاهش دما از خروجی بوشینگ تا نقطه‌ای در فاصله ۱ m در راستای اتصالات از ۵ K بیشتر نشود، یا گرادیان حرارتی در راستای هادی خارجی ۵ K به ازای هر متر برای اتصالات کوتاه باشد، این شرایط تحقق یافته است.

آزمون باید ادامه داده شود تا جایی که افزایش دما به صورت ملموس ثابت شود؛ به گونه‌ای که اگر دما طی ۱ h بیش از ۱ K ± تغییر نکند، این شرایط محقق می‌شود.

به‌منظور فراهم‌کردن اطلاعات، برای مدل‌سازی حرارتی بوشینگ‌ها، مانند بوشینگ‌های GIS فضای باز، که تحت بارگذاری جریانی مختلف و دمای محیط عمل می‌کنند، پیشنهاد می‌شود که طی توافق، آزمون‌های اضافه بار انجام شده و تابعیت زمانی کلیه پایش‌های دما ثبت شود.

به‌منظور جلوگیری از تخریب عایق در بوشینگ‌هایی که هادی در ماده عایقی ادغام شده است، ممکن است طی توافق بین خریدار و تأمین‌کننده، دمای داغ‌ترین نقطه، با محاسبات اجزای محدود معتبر مناسب تعیین شود (برای یک روش تقریبی نیز به پیوست الف مراجعه شود).

1- Lagged thermometers

۸-۸-۳ پذیرش

در صورتی که محدوده دمای مجاز مطابق با زیربند ۴-۸ بوده و اثری از آسیب قابل ملاحظه وجود نداشته باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۸-۹ ارزیابی پایداری حرارتی جریان کوتاه‌مدت

۸-۹-۱ کاربردپذیری

این ارزیابی برای کلیه بوشینگ‌ها کاربرد دارد.

۸-۹-۲ روش آزمون و الزامات

توانایی بوشینگ در زمینه تحمل مقدار استاندارد I_{th} باید با محاسبه زیر مشخص شود:

$$\theta_f = \theta_o + \alpha \frac{I_{th}^2}{S_t \times S_e} \times t_{th} \qquad (۱)$$

که در آن:

θ_f دمای نهایی هادی برحسب درجه سلسیوس؛

θ_o دمای هادی برحسب درجه سلسیوس؛ تحت عملکرد پیوسته با I_r در دمای محیط ۴۰ °C؛

α برای مس $(K/s)\ (kA/cm^2)^2$ ۰٫۸، برای آلومینیوم $(K/s)\ (kA/cm^2)^2$ ۱٫۸؛

t_{th} مدت زمان اسمی مشخص‌شده، برحسب ثانیه؛

I_{th} مقدار استاندارد که در بالا مشخص‌شده است، برحسب کیلو آمپر؛

S_e سطح مقطع معادل، برحسب سانتی‌متر مکعب، با احتساب اثر پوستی[1]؛

S_t سطح مقطع کلی، برحسب سانتی‌متر مکعب متناظر با I_r.

برای سایر مواد، مقدار α که استفاده می‌شود می‌تواند از فرمول زیر استخراج شود:

$$\alpha = \frac{\rho}{c \times \delta} \qquad (۲)$$

که در آن:

ρ مقاومت ویژه هادی، برحسب $\mu\Omega.cm$؛

c حرارت ویژه هادی، برحسب $J/(g.K)$؛

δ چگالی هادی، برحسب g/cm^3.

1- Skin effect

توصیه می‌شود مقادیر ρ، c و δ استفاده‌شده در معادله (۲) در دمای متوسط ۱۶۰ °C در فرمول قرار داده شود.

در هادی‌های دایره‌ای با قطر D (cm)، باید اثر پوستی در سطح مقطع معادل احتساب شود. ممکن است اثر پوستی با در نظر گرفتن یک عمق نفوذ d مربوط به جریان بدست آمده از فرمول ارائه‌شده در زیر تعیین شود:

$$d = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{\rho \times 10^3}{f}} \qquad cm \qquad (۳)$$

که f فرکانس اسمی برحسب هرتز می‌باشد.

بنابراین:

$$S_e = \pi d(D - d) \qquad (۴)$$

۸-۹-۳ پذیرش

اگر θ_f بیش از ۱۸۰ °C نشود، بوشینگ توان تحمل مقدار استاندارد I_{th} را دارد.

اگر دمای محاسبه‌شده از این حد بیشتر شود، باید توانایی بوشینگ برای تحمل I_{th}، با یک آزمون مشخص شود. آزمون باید به شرح زیر انجام شود:

– بوشینگ می‌تواند در هر موقعیتی نصب شود؛

– باید یک جریان با کمینه مقدار استاندارد I_{th} و مدت زمان t_{th}، مطابق با زیربند ۴-۳، از هادی عبور نماید، که سطح مقطع آن باید مطابق با جریان اسمی I_r باشد.

قبل از آزمون، بوشینگ باید یک جریان را از خود عبور دهد که دمای پایدار هادی مشابه با جریان اسمی در بیشینه دمای محیط را ایجاد نماید.

در صورتی که آسیب به صورت چشمی وجود نداشته باشد و تکرار کلیه آزمون‌های تک به تک را بدون تغییر چشمگیر از نتایج پیشین، تحمل کرده باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۸-۱۰ آزمون پایداری در برابر بار اهرمی

۸-۱۰-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای قسمتی از بوشینگ که با هوا در تماس است، کاربرد دارد.

۸-۱۰-۲ روش آزمون و الزامات

مقادیر آزمون باید مطابق با جدول ۱ باشد. برای بوشینگ‌های مطابق زیربند ۳-۲۲، مقادیر آزمون پایداری در برابر بار اهرمی باید به مقادیر زیر محدود شود:

$I_r \leq ۸۰۰$ A برای ۳۰۰ N

$I_r > ۸۰۰$ A برای ۱۰۰۰ N

بوشینگ باید به صورت کامل مونتاژ شود و در صورت کاربرد، با ماده عایقی مشخص‌شده، پر شود. در صورتی که حالت دیگری بیان نشده باشد، بوشینگ باید به صورت قائم نصب شده و فلنج آن به صورت صلب به یک وسیله مناسب محکم شود.

باید یک فشار معادل با ۱ bar بالاتر از بیشینه فشار بهره‌برداری، به درون بوشینگ و همچنین به درون لوله داخلی بوشینگی که توخالی بوده و دارای اتصال واشر در پایانه‌ای که باید تحت آزمون قرار گیرد می‌باشد، اعمال شود. $\pm$ ۰٫۱ bar

برای بوشینگ‌های با مجرای هوای[1] داخلی، فشار باید توسط تأمین‌کننده بیان شود.

برای بوشینگ‌های مطابق با زیربندهای ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷ آزمون باید با یک فشار گاز داخلی معادل با فشار اسمی پرکردن انجام شود.

ممکن است به دلایل ایمنی، آزمون بدون فشار گاز داخلی بر روی بوشینگ‌های با محفظه چینی انجام شود و تنش مکانیکی مرتبط باید با یک گشتاور اضافی معادل محاسبه‌شده مطابق با پیوست D استاندارد IEC 62155:2003 جایگزین شود.

باید بار به صورت عمود بر محور بوشینگ در نقطه میانی پایانه به مدت ۶۰ s اعمال شود. بار باید در جهتی باشد که منجر به ایجاد بیشینه تنش در قسمت‌های بحرانی بوشینگ حین شرایط بهره‌برداری عادی شود.

به صورت کلی، برای بوشینگ‌های با بیش از یک پایانه سمت هوا، کافی است بار را فقط به یک پایانه اعمال کرد.

برای بوشینگ‌های دیواری، بار آزمون باید به صورت جداگانه، به هر انتهای بوشینگ اعمال شود.

انواع بوشینگ که در زیربندهای ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷ تعریف‌شده‌اند، باید پس از آزمون پایداری در برابر بار اهرمی، آزمون نشتی را مطابق با زیربند ۹-۸ به صورت تأییدشده، پشت سر بگذارند.

۸-۱۰-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از آسیب (تغییر شکل، پارگی و نشت) نباشد و تکرار کلیه آزمون‌های تک به تک را بدون تغییر چشمگیر از نتایج پیشین، تحمل کرده باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

1- Bellow

۸-۱۱ آزمون استحکام بر روی بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع

۸-۱۱-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع مطابق با زیربندهای ۳-۲ و ۳-۴ کاربرد دارد؛ بجز برای بوشینگ‌هایی که مایع پرکننده دارای گرانروی معادل یا بیشتر از $۵ \times ۱۰^{-۴}\ m^2/s$ در دمای ۲۰ °C باشد.

۸-۱۱-۲ روش آزمون و الزامات

باید بوشینگ همانند شرایط بهره‌برداری عادی مونتاژشده، با مایع مشخص‌شده پر شود و در یک محفظه حرارتی مناسب، قرار داده‌شده و به مدت ۱۲ h در دمای ۷۵ °C نگه داشته شود. برای بوشینگ‌هایی که این شرایط امکان‌پذیر نباشد، ممکن است روش‌های جایگزین بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

باید کمینه فشار ۱ bar ± ۰٫۱ bar بالاتر از بیشینه فشار بهره‌برداری داخلی مطابق با زیربند ۳-۳۱، طی آزمون درون بوشینگ نگه داشته شود.

برای بوشینگ‌های با مجرای هوای داخلی، فشار باید توسط تأمین‌کننده بیان شود.

۸-۱۱-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از نشتی وجود نداشته نباشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. روش تشخیص باید یکی از روش‌های بیان‌شده در بند C.2 استاندارد IEC 60068-2-17:1994 باشد.

۸-۱۲ آزمون فشار داخلی بر روی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز

۸-۱۲-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز، براساس زیربندهای ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷ که محفظه عایقی آن‌ها از جنس سرامیک یا ماده کامپوزیتی بوده و برای استفاده با یک فشار گاز دائم بالاتر از ۰٫۵ bar گیج مدنظر است و دارای حجم داخلی بزرگتر یا مساوی با (۱۰۰۰ cm^3) ۱ l می‌باشد، کاربرد دارد.

۸-۱۲-۲ روش آزمون و الزامات

این آزمون در صورت کاربرد، مطابق با استانداردهای IEC 61462 و IEC 62217 یا استاندارد IEC 62155، بر روی محفظه عایقی انجام می‌شود.

محفظه عایقی باید با یراق آلات و وسایل ثابت‌کننده مرتبط، ترجیحاً مطابق با کاربرد مورد نظر، و با صفحات اضافه با شیر و گیج فشار برای آزمون، تجهیز شود.

مقره باید به صورت کامل با یک محیط مناسب پر شود. فشار باید به صورت یکنواخت بدون هیچ تغییر ناگهانی افزایش داده شود.

توصیه می‌شود سایر اجزا مطابق با استانداردهای مناسب، تحت آزمون قرار گیرند.

۸-۱۲-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از ترک در سرامیک، کامپوزیت و یراق آلات وجود نداشته باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. زمانی که اثری از هیچ یک از موارد فوق وجود نداشته باشد، آزمون به صورت موفق در نظر گرفته می‌شود؛ هر چند ممکن است یراق آلات تحت مقدار تنشی بیش از نقطه تسلیم[1] قرار گرفته باشند.

۸-۱۳ آزمون فشار خارجی بر روی بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل در گاز

۸-۱۳-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌های غوطه‌ور در گاز مطابق با زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۱ که برای استفاده در فشار گاز دائم بیشتر از ۰٫۵ bar گیج مدنظر می‌باشد، کاربرد دارد.

۸-۱۳-۲ روش آزمون و الزامات

این آزمون باید قبل از آزمون استحکام مطابق با زیربند ۹-۱۰ انجام شود. بوشینگ باید تا حد ضرورت برای این آزمون مونتاژ شود، اما نباید هیچ‌گونه فشار گاز داخلی وجود داشته باشد. انتهای بوشینگ برای غوطه‌وری باید درون یک محفظه مانند شرایط بهره‌برداری عادی در دمای محیط، نصب شود. باید محفظه با یک مایع مناسب، به صورت کامل پر شود. یک فشار معادل با سه برابر بیشینه فشار بهره‌برداری خارجی (به زیربند ۳-۳۲ مراجعه شود) باید به مدت ۱ min اعمال شود.

۸-۱۳-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از آسیب مکانیکی (مانند تغییر شکل، پارگی) وجود نداشته باشد نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۸-۱۴ ارزیابی ابعاد

۸-۱۴-۱ کاربردپذیری

این آزمون ارزیابی، برای همه انواع بوشینگ‌ها کاربرد دارد.

۸-۱۴-۲ پذیرش

ابعاد بوشینگ تحت آزمون، باید مطابق با نقشه‌های مرتبط باشد؛ به ویژه با توجه به هر یک از ابعاد که برای آن رواداری خاصی اعمال‌شده و جزئیاتی که بر قابلیت تعویض تأثیر می‌گذارد.

1- Yield point

۹ آزمون‌های تک به تک

۹-۱ کلیات

توالی یا ترکیب احتمالی آزمون‌ها در اختیار تأمین‌کننده می‌باشد؛ بجز آزمون‌های پایداری در برابر ولتاژ ضربه که باید قبل از آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک انجام شود (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود). قبل و بعد از آزمون‌های دی‌الکتریکی تک به تک، اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی ($\tan\delta$) و ظرفیت خازنی (به زیربند ۹-۲ مراجعه شود) باید صورت پذیرد تا بررسی شود آیا آسیبی رخ داده است. اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی (به زیربند ۹-۵ مراجعه شود)، باید قبل از آخرین اندازه‌گیری $\tan\delta$ انجام شود.

۹-۲ اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی ($\tan\delta$) و ظرفیت خازنی در دمای محیط

۹-۲-۱ کاربردپذیری

این اندازه‌گیری فقط برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی براساس زیربند ۳-۱۵ کاربرد دارد.

۹-۲-۲ روش آزمون و الزامات

در هنگام این آزمون، هادی بوشینگ نباید حامل جریان باشد. اندازه‌گیری باید در دمای محیط بین ۱۰ °C و ۴۰ °C به وسیله پل شرینگ[1]، یا تجهیز مشابه دیگری، با حداقل ولتاژهای زیر انجام شود:

- $\frac{1,05\ U_m}{\sqrt{3}}$ برای بوشینگ‌های با $U_m \leq 36$ kV؛
- $\frac{1,05\ U_m}{\sqrt{3}}$ و U_m برای بوشینگ‌های با $U_m \geq 52$ kV.

اندازه‌گیری نباید در ولتاژی بیش از ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت خشک انجام شود.

اندازه‌گیری $\tan\delta$ و ظرفیت خازنی باید در یک ولتاژ بین ۲ kV و ۲۰ kV به عنوان یک مقدار مرجع برای اندازه‌گیری‌های بعدی، زمانی که بوشینگ در شرایط بهره‌برداری است، انجام شود.

۹-۲-۳ پذیرش

بیشینه مقادیر مجاز $\tan\delta$ و افزایش $\tan\delta$ با ولتاژ، در جدول ۸ ارائه‌شده است. اگر مقادیر قابل پذیرش نباشد، می‌توان قبل از تکرار آزمون، به مدت ۱ h صبر کرد.

باید هنگام اندازه‌گیری، مقدار واقعی دما در گزارش آزمون بیان شود.

1- Schering bridge

جدول ۸- بیشینه مقادیر tan δ و افزایش tan δ (به زیربند ۹-۲ مراجعه شود)

نوع عایق‌بندی بوشینگ	بیشینه مقدار tan δ [الف]	
	مقدار در $\frac{1,05\,U_m}{\sqrt{3}}$	افزایش بین $\frac{1,05\,U_m}{\sqrt{3}}$ و U_m [ب]
کاغذ آغشته‌شده به روغن	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۱
کاغذ آغشته‌شده به رزین	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۱
مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۱
کاغذ پیوند داده‌شده با رزین	۰٫۰۱۵	۰٫۰۰۴
لایه آغشته‌شده به گاز	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۱
ترکیبی	[پ]	
سایر	[پ]	

[الف] بوشینگ به پایداری حرارتی کامل، در کلیه شرایط کاری با در نظر گرفتن تلفات اهمی و تلفات عایقی نیاز دارد. برای یک بوشینگ با طراحی مناسب، ضریب تلفات عایقی کوچکتر، ضرورتاً در عمر کاری مشارکت نمی‌کند.

[ب] برای بوشینگ‌های با $U_m \leq 36\ kV$ کاربرد ندارد.

[پ] تأمین‌کننده باید مقادیر را ارائه دهد.

۹-۳ آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک

۹-۳-۱ کاربردپذیری

این آزمون به عنوان یک آزمون تک به تک، فقط برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور با $U_m > 72,5\ kV$ کاربرد دارد.

۹-۳-۲ روش آزمون و الزامات

مقادیر آزمون باید به شرح زیر باشد:

- باید پنج ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی در ٪ ۱۰۵ ولتاژ پایداری اسمی اعمال شود.

یا به صورت جایگزین طی توافق متقابل باید روند زیر دنبال شود:

- یک ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی در ٪ ۱۰۵ ولتاژ پایداری اسمی و در ادامه؛
- دو ضربه صاعقه برش‌خورده با قطبیت منفی در ٪ ۱۱۵ ولتاژ پایداری اسمی و در ادامه؛
- دو ضربه صاعقه کامل با قطبیت منفی در ٪ ۱۰۵ ولتاژ پایداری اسمی.

برای شرایط آزمون، باید زیربند ۸-۴ دنبال شود.

۹-۳-۳ پذیرش

برای معیار، باید زیربند ۸-۴ دنبال شود.

۹-۴ آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک

۹-۴-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌ها کاربرد دارد. البته برای بوشینگ‌های عایق‌شده گازی بر اساس زیربند ۳-۶، که به صورت جزء جدایی‌ناپذیر دستگاه‌های عایق‌شده گازی استفاده شده و در آن پرکردن گاز مشترک با بوشینگ می‌باشد، این آزمون فقط باید آزمون نوعی باشد، به شرط اینکه محفظه عایقی بوشینگ، قبل از مونتاژ، در معرض یک آزمون الکتریکی کافی (مانند آزمون دیواره چینی)[1] قرار گرفته باشد.

۹-۴-۲ روش آزمون و الزامات

این آزمون باید پس از هر آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه، در صورت لزوم به صورت مجموعه آزمون‌ها، انجام یا تکرار شود.

اندازه ولتاژ آزمون، در جدول ۳ ارائه‌شده است. بوشینگ‌های ترانسفورماتور حداقل باید در ٪ ۱۱۰ سطح ولتاژ القایی و/ یا ولتاژ اعمالی، آزمایش شوند. اگر سطح آزمون ترانسفورماتور بیان‌نشده باشد، ممکن است بوشینگ در سطح بوشینگ‌های دیگر، ارائه‌شده در جدول ۳، تحت آزمون قرار گیرد.

مدت زمان آزمون باید مستقل از فرکانس، ۶۰ s باشد؛ بجز برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور با U_m معادل یا بزرگتر از ۱۱۰۰ kV، که مدت زمان آزمون ۳۰۰ s می‌باشد.

۹-۴-۳ پذیرش

در صورتی که هیچ‌گونه تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. اگر یک سوراخ‌شدگی وجود داشته باشد، بوشینگ به صورت مردود در نظر گرفته می‌شود. برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده خازنی، در صورتی که ظرفیت خازنی اندازه گرفته‌شده پس از مجموعه آزمون‌ها، به اندازه ظرفیت خازنی یک لایه بالاتر از ظرفیت خازنی که قبلاً اندازه گرفته‌شده است، باشد، فرض می‌شود که یک سوراخ‌شدگی رخ داده است. در صورتی که یک تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق رخ دهد، آزمون فقط باید یک بار دیگر تکرار شود. اگر طی تکرار آزمون، هیچ تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۹-۵ اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی

۹-۵-۱ کاربردپذیری

اندازه‌گیری باید بر روی همه انواع بوشینگ‌ها انجام شود؛ بجز برای بوشینگ براساس زیربندهای ۳-۶ و ۳-۱۳، که این آزمون فقط باید آزمون نوعی باشد؛ به شرط اینکه محفظه عایقی بوشینگ، قبل از مونتاژ، در معرض یک آزمون الکتریکی کافی (مانند آزمون دیواره چینی) قرار گرفته باشد.

1- Wall test of the porcelain

۹-۵-۲ روش آزمون و الزامات

این آزمون باید مطابق با استاندارد IEC 60270 انجام شود.

زمانی که ولتاژ تداخل رادیویی،مشخص‌شده با میکرو ولت، به عنوان یک جایگزین برای مقدار تخلیه‌جزئی، توسط یک اندازه‌گیر تداخل امواج رادیویی اندازه گرفته می‌شود، باید از روش واسنجی شرح‌داده‌شده در استاندارد IEC 60270 استفاده شود.

اگر به صورت دیگری بیان نشده باشد، عناصر مدار آزمون باید به گونه‌ای باشند که نوفه زمینه‌ای و حساسیت مدار اندازه‌گیری، امکان ایجاد مقدار تخلیه‌جزئی ۵ pC یا ٪۲۰ مقدار مشخصی که باید شناسایی شود، هر کدام بزرگتر است، را فراهم نماید.

اندازه‌گیری باید پس از آزمون ولتاژ پایداری در برابر فرکانس قدرت خشک (به زیربند ۹-۴ مراجعه شود) طبق مقادیر ارائه‌شده در جدول ۳ و هنگام کاهش ولتاژ از سطح آزمون پایداری در برابر فرکانس قدرت خشک، انجام شود.

یادآوری- سامانه تشخیص مقدار تخلیه‌جزئی، نباید طی این آزمون به صورت پیوسته در ولتاژ بالای U_m متصل باشد.

۹-۵-۳ پذیرش

بیشینه مقادیر قابل پذیرش مقدار تخلیه‌جزئی، براساس نوع بوشینگ پس از آخرین آزمون دی‌الکتریکی، باید مطابق با جدول ۹ باشد.

زمانی که مقادیر اندازه‌گیری‌شده در ولتاژ $\frac{1,5\ U_m}{\sqrt{3}}$ بزرگتر از آنچه در جدول ۹ مشخص‌شده است، باشد، ممکن است تأمین‌کننده مدت آزمون را تا ۱ h افزایش دهد و بدین ترتیب بررسی نماید که مقادیر به محدوده مجاز برمی‌گردد. اگر تخلیه‌جزئی در انتهای بازه زمانی، درون محدوده باشد، بوشینگ تأییدشده است.

ممکن است اندازه‌گیری‌های تخلیه‌جزئی قبل از آزمون‌های دی‌الکتریکی، فقط جهت اطلاع، درخواست داده شود و مشمول ضمانت نمی‌شود.

جدول ۹- بیشینه مقادیر کمیت تخلیه‌جزئی (به زیربندهای ۸-۳ و ۹-۵ مراجعه شود)

نوع عایق‌بندی بوشینگ	بیشینه مقدار تخلیه pC اندازه گرفته‌شده در		
	U_m الف	$\frac{1,5\ U_m}{\sqrt{3}}$ ب	$\frac{1,05\ U_m}{\sqrt{3}}$ و $\frac{1,1\ U_m}{\sqrt{3}}$ ث
کاغذ آغشته‌شده به روغن	۱۰	۱۰	۵
کاغذ آغشته‌شده به رزین	۱۰	۱۰	۵
مواد مصنوعی آغشته‌شده به رزین	۱۰	۱۰	۵
کاغذ پیوند داده‌شده با رزین ج	-	۲۵۰	۱۰۰
- با لایه‌های فلزی	ت	ت	ج۳۰۰
لایه آغشته‌شده به گاز	۱۰	۱۰	۵
گاز	-	۱۰	۵
ریخته‌گری و قالبگیری‌شده با رزین ترکیبی	-	۱۰ ت	۵

سایر		ت	

الف فقط برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور کاربرد دارد.

ب برای بوشینگ‌های کلیدهای قطع و وصل، ممکن است براساس توافق بین خریدار و تأمین‌کننده، مقادیر تخلیه در یک ولتاژ کمتر اندازه گرفته شود.

پ برای بوشینگ‌های با کاغذ پیوند داده‌شده با رزین که بر روی ترانسفورماتورهای قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند ، ممکن است براساس توافق بین خریدار و تأمین‌کننده، مقادیر تخلیه در یک ولتاژ کمتر اندازه گرفته شود.

ت بیشینه مقادیر مجاز کمیت تخلیه، باید بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

ث مقدار در $\frac{1,1\,U_m}{\sqrt{3}}$ فقط به زیربند ۸-۳ اشاره دارد.

یادآوری- مقادیر تخلیه‌جزئی توسط سازمان IEC تحت بررسی است و ممکن است در ویرایش‌های بعدی، تغییر کند.

۹-۶ آزمون‌های عایقی تپ

۹-۶-۱ کاربردپذیری و الزامات آزمون

آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت زیر نسبت به زمین، باید به کلیه تپ‌ها اعمال شود:

- تپ آزمون (به زیربند ۳-۳۸ مراجعه شود): حداقل ۲ kV؛
- تپ ولتاژ (به زیربند ۳-۳۹ مراجعه شود): دو برابر ولتاژ اسمی تپ ولتاژ اما حداقل به میزان ۲ kV.

مدت زمان آزمون مستقل از فرکانس، ۶۰ s است.

بعد از آزمون، $\tan\delta$ و ظرفیت خازنی نسبت به زمین، باید حداقل در ۱ kV اندازه گرفته شود.

۹-۶-۲ پذیرش

در صورتی که اثری از تخلیه الکتریکی از روی سطح عایق یا سوراخ‌شدگی رخ ندهد، نتیجه آزمون تپ مورد تأیید است.

برای تپ‌های آزمون، مقادیر $\tan\delta$ و ظرفیت خازنی، باید مطابق با زیربند ۴-۱۰ باشد.

۹-۷ آزمون فشار داخلی بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز

۹-۷-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز براساس زیربندهای ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷ کاربرد دارد.

۹-۷-۲ روش آزمون و الزامات

بوشینگ، به صورت کامل همانند شرایط بهره‌برداری عادی، باید با گازی که توسط تأمین‌کننده انتخاب می‌شود، پر شود. فشار bar ± ۰٫۱ bar (بیشینه فشار بهره‌برداری × ۱٫۵) باید درون بوشینگ ایجاد شده و به مدت min ۱۵ در دمای محیط نگه داشته شود.

در زمینه بوشینگ‌هایی که محفظه عایقی از سرامیک یا ماده کامپوزیتی ساخته‌شده و قرار است که تحت فشار عمل کند، باید قبل از این آزمون، محفظه عایقی مونتاژنشده براساس هر یک از استانداردهای IEC 62155 یا IEC 61462 و IEC 62217 که مناسب است، تحت آزمون قرار گیرد. توصیه می‌شود سایر اجزا مطابق با استانداردهای مناسب خود، آزمایش شوند.

یادآوری- برداشتن تجهیزات فشارشکن[1] هنگام آزمون، مجاز می‌باشد.

۹-۷-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از آسیب مکانیکی (مانند تغییر شکل، پارگی) وجود نداشته باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۹-۸ آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع

۹-۸-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌های پرشده با مایع، پرشده با آمیزه و عایق‌شده با مایع براساس زیربندهای ۳-۲ و ۳-۴، بجز برای بوشینگ‌هایی که مایع پرکننده دارای گرانروی معادل یا بیشتر از $۵ \times ۱۰^{-۴}\ m^2/s$ در دمای ۲۰ °C باشد، کاربرد دارد.

۹-۸-۲ روش آزمون و الزامات

باید بوشینگ همانند شرایط بهره‌برداری عادی مونتاژشده، با مایع مشخص‌شده در دمای محیط که کمتر از ۱۰ °C نباشد، پر شود؛ بجز بوشینگ ترانسفورماتور که باید با مایعی که حداقل دمای ۶۰ °C دارد، پر شود. یک فشار $۱\ bar \pm ۰/۱\ bar$ بالاتر از بیشینه فشار بهره‌برداری باید به محض امکان پس از پرکردن، درون بوشینگ اعمال شود و برای مدت زمان حداقل ۱۲ h نگه داشته شود.

برای بوشینگ‌های با مجرای هوای داخلی، فشار باید توسط تأمین‌کننده بیان شود.

۹-۸-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از نشتی وجود نداشته نباشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است. روش تشخیص باید یکی از روش‌های بیان‌شده در بند C.2 استاندارد IEC 60068-2-17:1994 باشد.

پیشنهاد می‌شود یک آزمون استحکام اولیه بر روی اجزایی که مفید به نظر می‌رسد، انجام شود. ممکن است ملاحظات خاص برای بوشینگ‌هایی که یک یا هر دو انتهای آن قرار است در محیط گازی غوطه‌ور شود، ضروری باشد.

1- Pressure relief devices

۹-۹ آزمون استحکام بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز

۹-۹-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای همه بوشینگ‌های پرشده با گاز، عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز، براساس زیربندهای ۳-۵ تا ۳-۷ و ۳-۱۸ تا ۳-۲۱ کاربرد دارد.

برای بوشینگ‌های عایق‌شده گازی، که جزء جدایی‌ناپذیر تجهیز عایق‌شده گازی بوده و مونتاژ آن در زمان بهره‌برداری حاصل می‌شود، مجاز است که آزمون استحکام بر روی بوشینگ مونتاژشده را با آزمون استحکام بر روی هر جزء بوشینگ، پس از آزمون استحکام روی هر بخش مونتاژ آب‌بندی، جایگزین نمود. روش مونتاژ آب‌بندی، باید بین خریدار و تأمین‌کننده توافق شود.

۹-۹-۲ روش آزمون و الزامات

بوشینگ باید مانند شرایط بهره‌برداری رایج، مونتاژشده و با گاز در بیشینه فشار بهره‌برداری در دمای محیط پر شود. بوشینگ باید درون یک محفظه مانند یک کیف پلاستیکی، بسته شود. غلظت گاز در هوای درون محفظه باید دو مرتبه در بازه زمانی معادل یا بیشتر از h ۲ اندازه‌گیری شود.

روش‌های جایگزین تشخیص نشتی، ممکن است طی توافق بین خریدار و تأمین‌کننده انتخاب شود.

پیشنهاد می‌شود یک آزمون استحکام اولیه بر روی هر یک اجزا، که این روش برای آن مفید به نظر می‌رسد، انجام شود.

۹-۹-۳ پذیرش

در صورتی که نرخ خروج محاسبه‌شده گاز به صورت سالانه معادل یا کمتر از ٪ ۰٫۵ مقدار معادل گاز موجود درون بوشینگ در شرایط بهره‌برداری باشد، نتیجه آزمون بوشینگ مورد تأیید است.

۹-۱۰ آزمون استحکام فلنج یا وسیله ثابت‌کننده دیگر

۹-۱۰-۱ کاربردپذیری

این آزمون برای بوشینگ‌های غوطه‌ور به صورت جزئی یا کامل، مطابق با زیربندهای ۳-۱۹ تا ۳-۲۱ که به صورت جزء جدایی‌ناپذیر یک دستگاه، مانند کلیدهای قطع و وصل یا ترانسفورماتور بوده و بوشینگ در آب‌بندی دستگاه کامل، مشارکت می‌کند، کاربرد دارد.

این آزمون تنها در بوشینگ‌های حاوی واشر که جاگذاری نهایی، توسط تأمین‌کننده انجام نمی‌شود، آزمون نوعی می‌باشد؛ به عنوان مثال در مواردی که واشر کلاهک بالایی از میان هادی بوشینگ ترانسفورماتور عبور می‌کند.

ممکن است آزمون برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور تجهیزشده با یک فلنج فلزی یکپارچه، قابل حذف باشد؛ به شرط اینکه فلنج تحت یک آزمون استحکام اولیه قرار گرفته باشد و بوشینگ در آزمون نوعی مطابق با

زیربند ۸-۱۱ (مانند بوشینگ با کاغذ آغشته‌شده به روغن) یا در آزمون تک به تک مطابق با زیربند ۹-۸ تأییدشده باشد یا انتهایی که باید غوطه‌ور شود شامل هیچ واشری نباشد.

۹-۱۰-۲ روش آزمون و الزامات

بوشینگ باید حداقل تا حد ضرورت، برای آزمون، مونتاژ شود. انتهایی که برای غوطه‌وری می‌باشد باید روی یک محفظه مانند عملکرد عادی در درمای محیط، نصب شود.

برای بوشینگ‌های غوطه‌ور در مایع، محفظه باید با هوا یا هر گاز مناسب دیگری به مدت min ۱۵ در فشار نسبی ۰٫۱ bar ± ۱٫۵ bar پر شده یا به مدت h ۱۲ با مایعی در فشار نسبی ۰٫۱ bar ± ۱ bar نگه داشته شود.

برای بوشینگ‌های غوطه‌ور در گاز، محفظه باید با گاز در بیشینه فشار بهره‌برداری در دمای محیط پر شود. هر جا که ضروری باشد، بخش خارجی بوشینگ باید درون یک محفظه نگه داشته شود. بوشینگ‌های حاوی مایع باید خالی باقی مانده و دارای یک روزنه برای تهویه گاز آزاد درون محفظه باشد. غلظت گاز در هوای درون محفظه باید دو مرتبه در بازه زمانی معادل یا بزرگتر از h ۲، اندازه‌گیری شود.

۹-۱۰-۳ پذیرش

در صورتی که اثری از نشتی با بازرسی چشمی وجود نداشته باشد، نتیجه آزمون بوشینگ غوطه‌ور در مایع مورد تأیید است. (به زیربند C.2 استاندارد IEC 60068-2-17:1994 مراجعه شود).

نتیجه آزمون بوشینگ‌های غوطه‌ور در گاز، مورد تأیید است اگر:

- برای همه قسمت‌های بوشینگ که گاز نشتی مستقیماً به محیط وارد می‌شود، نرخ خروج کلی محاسبه‌شده گاز معادل یا کمتر از ٪ ۰٫۵ به ازای هر سال مربوط به مقدار گاز نگه داشته‌شده در محفظه کلید قطع و وصل مجاور می‌باشد؛
- برای همه قسمت‌های یک بوشینگ حاوی مایع، به ویژه بوشینگ‌های عایق‌شده با مایع یا با کاغذ آغشته‌شده به روغن، که گاز نشتی به درون بوشینگ نفوذ می‌کند، نرخ نشتی کلی محاسبه‌شده (به زیربند ۳-۳۳ مراجعه شود) معادل یا کمتر از ۰٫۰۵ Pa × cm^3/s × l (۵ ×۱۰$^{-۷}$ bar × cm^3/s × l) باشد که l مقدار مایع درون بوشینگ برحسب لیتر می‌باشد.
- برای همه قسمت‌های یک بوشینگ، که انتهای دیگر آن برای ترانسفورماتور طراحی‌شده است، جایی که گاز نشتی مستقیماً به درون ترانسفورماتور نفوذ می‌کند، نرخ نشتی کلی محاسبه‌شده (به زیربند ۳-۳۴ مراجعه شود) معادل یا کمتر از ۱۰ Pa × cm^3/s (۱۰$^{-۴}$ bar × cm^3/s) باشد.

۹-۱۱ بازرسی چشمی و بررسی ابعاد

۹-۱۱-۱ کاربردپذیری

بازرسی‌ها برای همه انواع بوشینگ‌ها کاربرد داشته و باید روی بوشینگ کامل‌شده، قبل از تحویل انجام شود. بازرسی چشمی باید روی هر بوشینگ انجام شود.

۹-۱۱-۲ پذیرش

عیب سطحی که می‌تواند بر عملکرد رضایت‌بخش حین بهره‌برداری، اثر بگذارد، قابل قبول نمی‌باشد.

ابعاد قسمت‌ها برای مونتاژ و/ یا اتصال داخلی باید مطابق با نقشه‌های مرتبط بوده و با نمونه‌برداری بررسی شود.

۱۰ الزامات و آزمون‌ها برای بوشینگ‌های تعدیل‌شده غیرخازنی با بیشینه ولتاژ اسمی تجهیزات تا و شامل ۵۲ kV

۱۰-۱ کلیات

این بند برای همه بوشینگ‌های غیرخازنی شامل زیربندهای ۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴ کاربرد دارد.

۱۰-۲ الزامات دمایی

بوشینگ‌هایی که ممکن است لازم باشد تا فرایند خشک‌کردن دستگاهی که بر روی آن نصب می‌شوند را تحمل کنند، باید قادر باشند که دمای ۱۴۰ °C را به مدت ۱۲ h بدون آسیب مکانیکی یا الکتریکی تحمل کنند، به شرط اینکه هیچ بار خارجی اعمال نشود.

۱۰-۳ سطح محیط غوطه‌وری

برای بوشینگ‌های ترانسفورماتور، تأمین‌کننده باید حداقل عمق محیط غوطه‌وری را مشخص کند.

۱۰-۴ نشانه‌گذاری‌ها

هر بوشینگ باید شامل نشانه‌گذاری‌های زیر باشد:

– نام تأمین‌کننده یا نشان تجاری؛

– سال ساخت؛

– نوع یا کمینه فاصله خزشی نامی یا بیشینه ولتاژ برای تجهیز (U_m)؛

– جریان اسمی (I_r) یا بیشینه جریان در صورتی که بوشینگ بدون هادی، ارائه شود.

گاهی اوقات ممکن است، فراهم‌کردن کلیه نشانه‌گذاری‌های فوق، بر روی بوشینگ‌های کوچک، سخت باشد. بهتر است در این شرایط، سایر نشانه‌گذاری‌ها بین تأمین‌کننده و خریدار توافق شود.

مثالی از پلاک نشانه‌گذاری در شکل ۴ ارائه شده است.

۱۰-۵ الزامات آزمون

۱۰-۵-۱ کلیات

شرایط و الزامات آزمون باید معادل با بندهای ۷، ۸ و ۹ باشد. در پرانتز، به زیربندهای مرتبط ارجاع داده‌شده است.

۱۰-۵-۲ آزمون‌های نوعی

آزمون‌های زیر برای کلیه بوشینگ‌ها کاربرد دارد:

– آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک یا مرطوب (به زیربند ۸-۲ مراجعه شود)؛

– آزمون پایداری در برابر ولتاژ ضربه صاعقه خشک (به زیربند ۸-۴ مراجعه شود)؛

– آزمون افزایش دما (به زیربند ۸-۸ مراجعه شود)؛

– ارزیابی پایداری حرارتی جریان کوتاه‌مدت (به زیربند ۸-۹ مراجعه شود)؛

– آزمون پایداری در برابر بار اهرمی (به زیربند ۸-۱۰ مراجعه شود)؛

– ارزیابی ابعاد (به زیربند ۸-۱۴ مراجعه شود).

برای بوشینگ‌های مطابق با زیربند ۳-۲۲، اقدام‌های لازم باید در نظر گرفته شود که اطمینان حاصل شود انتهای بوشینگ، که برای دریافت قسمت متحرک طراحی‌شده است، ولتاژ آزمون مرتبط را در موارد قابل کاربرد، تحمل می‌کند.

جدول ۱۰- کاربردپذیری آزمون‌های نوعی برای بوشینگ‌ها براساس بند ۱۰ (به زیربند ۱۰-۵-۱ مراجعه شود)

عنوان کوتاه	بوشینگ قابل کاربرد	بوشینگ تعریف‌شده در زیربند
AC خشک	کلیه بوشینگ‌های فضای بسته، غوطه‌ور فضای بسته و کامل غوطه‌ور	۳-۱۲
AC مرطوب	کلیه بوشینگ‌های فضای باز	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴
صاعقه	کلیه بوشینگ‌ها	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴، ۳-۲۲
افزایش دما	کلیه بوشینگ‌ها	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴، ۳-۲۲
کوتاه‌مدت حرارتی	کلیه بوشینگ‌ها، اگر دمای محاسبه‌شده خیلی زیاد است.	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴، ۳-۲۲
بار اهرمی	کلیه بوشینگ‌ها (الزام کاهش یافته برای نوع تعریف‌شده در زیربند ۳-۲۲)	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴، ۳-۲۲
ابعاد	کلیه بوشینگ‌ها	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴، ۳-۲۲

یادآوری- برای بوشینگ‌های استانداردشده از لحاظ ابعاد، براساس زیربند ۳-۴ با تجربه ثابت‌شده بلندمدت کارکرد، ممکن است شامل آزمون نشود.

۱۰-۵-۳ آزمون‌های تک به تک

آزمون‌های زیر برای همه بوشینگ‌ها کاربرد دارد، بجز برای بوشینگ‌های عایق‌شده با مایع (زیربند ۳-۴) و بوشینگ‌های از جنس سرامیک، شیشه یا مواد معدنی دیگر (زیربند ۳-۱۲)، که فقط بازرسی چشمی و بررسی‌های ابعاد کاربرد دارد.

- آزمون پایداری در برابر ولتاژ فرکانس قدرت خشک (زیربند ۹-۴)؛
- اندازه‌گیری مقدار تخلیه‌جزئی (زیربند ۹-۵)؛
- آزمون‌های عایقی تپ (زیربند ۹-۶)، در صورت کاربرد؛
- بازرسی ظاهری و بررسی ابعاد (زیربند ۹-۱۱).

جدول‌های ۱۰ و ۱۱، کاربردپذیری آزمون‌ها به انواع مختلف بوشینگ را نشان می‌دهند.

جدول ۱۱- کاربردپذیری آزمون‌های تک به تک برای بوشینگ‌ها براساس بند ۱۰ (به زیربند ۱۰-۵-۳ مراجعه شود)

عنوان کوتاه	بوشینگ قابل کاربرد	بوشینگ تعریف‌شده در زیربند
AC خشک	کلیه بوشینگ‌ها، بجز بوشینگ‌ها با مایع عایقی (به زیربند ۳-۴ مراجعه شود) و بوشینگ‌های سرامیکی، شیشه‌ای یا ماده معدنی مشابه (به زیربند ۳-۱۲ مراجعه شود).	۳-۱۳، ۳-۱۴، ۳-۲۲
تخلیه‌جزئی	همانند فوق	۳-۱۳، ۳-۱۴، ۳-۲۲
تپ	همانند فوق با یک تپ	۳-۱۳، ۳-۱۴، ۳-۲۲
ظاهری و ابعاد	کلیه بوشینگ‌ها	۳-۴، ۳-۱۲ تا ۳-۱۴ و ۳-۲۲

۱۱ پیشنهادات برای حمل‌ونقل، انبارش، برپاکردن[1]، بهره‌برداری و تعمیرونگهداری[2]

۱۱-۱ کلیات

ضروری است که حمل‌ونقل، انبارش و نصب بوشینگ‌ها و همچنین عملکرد و تعمیرونگهداری آنها حین بهره‌برداری، براساس دستورالعمل ارائه شده توسط سازنده اجرا شود.

در نتیجه، توصیه می‌شود سازنده دستورالعمل‌هایی برای حمل‌ونقل، انبارش، نصب، عملکرد و تعمیرونگهداری بوشینگ‌ها فراهم نماید. توصیه می‌شود دستورالعمل‌ها برای حمل‌ونقل و انبارش در یک زمان مناسب قبل از تحویل و دستورالعمل‌های نصب، بهره‌برداری و تعمیرونگهداری در نهایت در زمان تحویل ارائه شود.

ارائه جزئیات تمامی قوانین نصب، بهره‌برداری و تعمیرونگهداری هر یک از انواع مختلف دستگاه‌های ساخته‌شده، امکان‌پذیر نیست، اما در ادامه اطلاعاتی راجع به مهم‌ترین نکاتی که در دستورالعمل‌های فراهم‌شده توسط سازنده، باید مد نظر قرار گرفته شود، ارائه شده است.

1- Erection
2- Maintenance

۱۱-۲ شرایط هنگام حمل‌ونقل، انبارش و نصب

توصیه می‌شود در صورتی که شرایط عملکردی تعریف‌شده در سفارش، در هنگام حمل‌ونقل و نصب قابل تضمین نباشد، یک توافق ویژه بین سازنده و مصرف‌کننده ایجاد شود. ممکن است موارد احتیاطی خاص، برای حفاظت از عایق‌بندی در هنگام حمل‌ونقل، انبارش و نصب و قبل از برق‌دارکردن، به‌منظور جلوگیری از جذب رطوبت، به دلایلی نظیر باران، برف یا میعان ضروری باشد. توصیه می‌شود لرزش‌ها در هنگام حمل‌ونقل مد نظر قرار گیرد. توصیه می‌شود دستورالعمل‌های مناسب، ارائه شود.

توصیه می‌شود بوشینگ‌های آغشته‌شده به گاز و عایق‌شده با گاز تا یک فشار مناسب پر شوند تا در هنگام حمل‌ونقل، فشار مثبت حفظ کنند. یک فشار پرکردن کارخانه‌ای معادل با $1{,}3\times10^{5}$ Pa در دمای ۲۰°C برای همه گروه‌های دمایی، مناسب می‌باشد. اگر هگزافلوئورید گوگرد برای پرکردن بوشینگ در هنگام حمل‌ونقل استفاده می‌شود، توصیه می‌شود مطابق با استاندارد IEC 60376 باشد.

۱۱-۳ نصب

توصیه می‌شود برای هر نوع بوشینگ، دستورالعمل‌های تهیه‌شده توسط سازنده، حداقل شامل گزینه‌های ارائه‌شده زیر باشد.

۱۱-۴ بازکردن بسته‌بندی و بلندکردن

توصیه می‌شود اطلاعات مورد نیاز برای بازکردن بسته‌بندی و بلندکردن ایمن، شامل جزئیات تجهیزات ضروری خاص برای جایگذاری و بلندکردن ارائه شود.

توصیه می‌شود هنگام رسیدن به محل نصب و قبل از پرکردن نهایی، بوشینگ مطابق با دستورالعمل‌های سازنده بررسی شود. توصیه می‌شود برای بوشینگ‌های آغشته‌شده به گاز و عایق‌شده با گاز، فشار گاز اندازه گرفته‌شده در دمای محیط، بالاتر از فشار جو باشد.

۱۱-۵ مونتاژ

۱۱-۵-۱ کلیات

زمانی که بوشینگ برای حمل‌ونقل، به صورت کامل مونتاژ نمی‌شود، توصیه می‌شود همه واحدهای حمل‌ونقل به طور واضح نشانه‌گذاری شود. توصیه می‌شود نقشه‌هایی که نشانگر مونتاژ این بخش‌ها می‌باشد، به همراه بوشینگ ارائه شود.

۱۱-۵-۲ نصب‌کردن

توصیه می‌شود در دستورالعمل‌های نصب بوشینگ، موارد زیر ارائه شود:

- جرم کلی بوشینگ؛
- جرم بوشینگ (یا سنگین‌ترین قسمت، در صورتی که باید در محل نصب مونتاژ شود)، اگر بیش از ۱۰۰ kg است؛

– مرکز ثقل.

توصیه می‌شود بوشینگ‌های آغشته‌شده به گاز و عایق‌شده با گاز با یک گاز مشخص‌شده، مانند هگزافلوئوریدگوگرد جدید مطابق با استاندارد IEC 60376 پر شوند. توصیه می‌شود فشار گاز در انتهای پرکردن، در شرایط جوی استاندارد (۲۰ °C و ۱۰۱٫۳ kPa)، معادل با فشار اسمی پرکردن باشد.

۱۱-۵-۳ اتصالات

توصیه می‌شود دستورالعمل‌ها شامل اطلاعات بر روی اجزای زیر باشد:

– اتصال هادی‌ها، شامل وسیله ضروری برای جلوگیری از اضافه حرارت و کرنش غیرضرروی بر روی بوشینگ و فراهم‌کردن فواصل هوایی کافی؛

– اتصال هر یک از مدارهای کمکی؛

– اتصال سامانه‌های مایع یا گاز، در صورت وجود، شامل اندازه و چیدمان لوله‌ها؛

– اتصال برای زمین‌کردن.

۱۱-۵-۴ بازرسی نصب نهایی

توصیه می‌شود دستورالعملی برای بازرسی و آزمون‌هایی که بهتر است پس از اینکه بوشینگ نصب‌شده و کلیه اتصالات کامل‌شده است، انجام شود، فراهم شود.

توصیه می‌شود این اتصالات شامل موارد زیر باشد:

– برنامه‌ای از آزمون‌های پیشنهادشده در محل، به منظور اجرای بهره‌برداری صحیح؛

– روش‌هایی برای انجام هر تنظیم که ممکن است جهت دستیابی به بهره‌برداری صحیح ضروری باشد؛

– پیشنهاداتی برای اقدام‌های مرتبط که توصیه‌شده است برای کمک به تصمیم‌های تعمیرونگهداری آتی، انجام و ثبت شود.

– دستورالعمل‌هایی برای بازرسی نهایی و به کارگیری هنگام بهره‌برداری.

توصیه می‌شود نتایج آزمون‌ها و بازرسی، در یک گزارش راه‌اندازی (شروع به کار) ثبت شود.

توصیه می‌شود بوشینگ‌های عایق‌شده با گاز و آغشته‌شده به گاز، در شرایط بررسی نهایی زیر قرار گیرند:

– اندازه‌گیری فشار گاز– توصیه می‌شود فشار گاز که در انتهای پرکردن و شرایط جوی استاندارد (۲۰ °C و ۱۰۱٫۳ kPa) اندازه گرفته می‌شود، کمتر از کمینه فشار کاربردی و بزرگتر از فشار اسمی پرکردن گاز برای عایق‌بندی نباشد.

– اندازه‌گیری نقطه شبنم– توصیه می‌شود نقطه شبنم گاز در فشار اسمی پرکردن، زمانی که در ۲۰ °C اندازه‌گیری می‌شود، از ۵ °C– بیشتر نباشد. توصیه می‌شود اصلاحات کافی برای اندازه‌گیری در سایر دماها، اعمال شود.

– بررسی استحکام محفظه– توصیه می‌شود بررسی به روش کاوش[1] برای سامانه‌های بسته تحت فشار، همانگونه که برای آزمون تک به تک مشخص‌شده است، انجام شود (به زیربند ۹-۹ مراجعه شود). توصیه می‌شود بررسی حداقل یک ساعت پس از پرکردن بوشینگ آغاز شود تا به یک جریان نشتی پایدار رسیده شود. بررسی می‌تواند محدود به واشرها، وسیله با فشار نشتی، شیرها، پایانه‌ها، فشارسنج‌ها، حسگرهای دمایی که از یک شناساگر نشتی مناسب استفاده می‌کنند، باشد.

۱۱-۶ بهره‌برداری

توصیه می‌شود دستورالعمل‌های ارئه‌شده توسط سازنده، حاوی اطلاعات زیر باشد:

– تعریفی کلی ازتجهیز با توجه خاص به توصیف فنی ویژگی‌های آن و کلیه مشخصات عملکردی ارائه شود، به گونه‌ای که کاربر آشنایی کافی با اصول اصلی که درگیر می‌شود، داشته باشد.

– توصیفی از جنبه‌های ایمنی تجهیز و عملکرد آن‌ها؛

– در صورت مرتبط‌بودن، توصیفی از اقدامی که باید به صورت دستی بر روی تجهیز برای تعمیرونگهداری و آزمون، انجام شود.

۱۱-۷ تعمیرونگهداری

۱۱-۷-۱ کلیات

مؤثربودن تعمیرونگهداری، عمدتاً به نوع روش آماده‌سازی دستورالعمل‌ها توسط سازنده و اجرای آن توسط کاربر، بستگی دارد.

۱۱-۷-۲ پیشنهادات برای سازنده

الف- توصیه می‌شود که سازنده یک دستورالعمل تعمیرونگهداری حاوی اطلاعات زیر صادر نماید:

۱- تناوب برنامه تعمیرونگهداری؛

۲- توصیف جزئی فعالیت تعمیرونگهداری؛

- مکان پیشنهادی برای اجرای تعمیرونگهداری (فضای بسته، فضای باز، در کارخانه، در محل بهره‌برداری و غیره)؛
- روش‌های بازرسی، آزمون‌های تشخیصی، ارزیابی، تعمیرات اساسی[2]، بررسی عملکردی (مانند محدوده‌های مقادیر و رواداری‌ها)؛
- ارجاع به نقشه‌ها؛
- ارجاع به اعداد هر بخش (زمانی که کاربرد دارد)؛

1- Probing method
2- Overhaul

- استفاده از تجهیزات خاص یا ابزارها (عناصر تمیزکننده و چربی‌زدا)؛
- تدابیری که باید مدنظر قرار گیرد (مانند تمیزی).

۳- نقشه‌های دقیق از جزئیات بوشینگ که برای تعمیرونگهداری اهمیت دارد با شناسایی واضح (شماره و توصیف قسمت) مجموعه‌ها، زیرمجموعه‌ها و قسمت‌های مهم.

۴- فهرستی از قسمت‌های یدکی پیشنهادی (توصیف، مقادیر عدد ارجاع) و توصیه برای انبارش؛

۵- تخمینی از زمان تعمیرونگهداری فعال برنامه‌ریزی‌شده؛

۶- چگونگی ادامه کار با تجهیزات در انتهای عمر عملکردی آنها، با در نظرگرفتن الزامات زیست‌محیطی.

ب- توصیه می‌شود سازنده به کاربران هر نوع خاص از بوشینگ، در زمینه اقدام‌های اصلاحی که برای خرابی‌ها و عیب‌های نظام‌مند[1] سیستماتیک نیاز است، اطلاع دهد.

پ- در دسترس‌بودن قطعات یدکی: توصیه می‌شود سازنده به‌منظور اطمینان از در دسترس‌بودن همیشگی قطعات یدکی پیشنهادی لازم جهت تعمیرونگهداری، تا ۱۰ سال از آخرین تاریخ ساخت بوشینگ، پاسخگو باشد.

۱۱-۷-۳ پیشنهادات برای مصرف‌کننده

الف- در صورتی که مصرف کننده تمایل دارد که تعمیرونگهداری را خودش انجام دهد، توصیه می‌شود اطمینان حاصل کند که کارکنانش صلاحیت کافی و نیز دانش دقیقی درباره بوشینگ داشته باشند.

ب- توصیه می‌شود کاربر اطلاعات زیر را ثبت نماید:

- شماره سریال و نوع بوشینگ؛
- تاریخ قرارگیری بوشینگ برای بهره‌برداری؛
- نتایج کلیه اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌ها شامل آزمون‌های تشخیصی که در عمر کاری بوشینگ انجام می‌شود؛
- تاریخ‌ها و میزان کار تعمیرونگهداری انجام‌شده؛
- تاریخچه بهره‌برداری، نتایج اندازه‌گیری‌های بوشینگ در زمان و پس از یک شرایط بهره‌برداری خاص (مانند شرایط بهره‌برداری هنگام عیب و پس از عیب).
- ارجاع‌های صورت‌گرفته به هر گزارش خرابی.

پ- در شرایط خرابی و عیب، توصیه می‌شود که کاربر یک گزارش خرابی تهیه نموده و با بیان شرایط خاص و اقدام‌های انجام‌شده به سازنده اطلاع دهد. براساس ماهیت خرابی، توصیه می‌شود که تحلیلی از خرابی طی همکاری با سازنده، تهیه شود.

1- Systematic

ت- در شرایط بازکردن بوشینگ برای نصب مجدد در آینده، کاربر باید زمان و شرایط انبارش را ثبت نماید.

۱۱-۷-۴ گزارش خرابی

هدف از گزارش خرابی، استانداردکردن ثبت خرابی‌های بوشینگ با دیدگاه‌های زیر می‌باشد:

– توصیف خرابی با استفاده از یک واژه‌شناسی مشترک؛

– ارائه گزارش برای آمارهای مصرف‌کننده؛

– ارائه یک بازخورد معنی‌دار به سازنده؛

در ادامه، نمونه راهنمایی به‌منظور اینکه چگونه گزارش خرابی تهیه شود، ارائه‌شده است.

توصیه می‌شود یک گزارش خرابی، هر یک از داده‌های زیر که در دسترس است را شامل شود:

الف- شناسایی بوشینگ خراب‌شده:

– نام ایستگاه؛

– مشخصات بوشینگ (سازنده، نوع، شماره سریال، مشخصات اسمی)؛

– نوع گروه بوشینگ (عایق‌بندی با روغن، رزین یا SF_6)؛

– موقعیت (فضای بسته، فضای باز).

ب- تاریخچه بوشینگ:

– تاریخچه انبارش؛

– تاریخ راه‌اندازی تجهیز؛

– تاریخ خرابی/ عیب؛

– تاریخ آخرین تعمیرونگهداری؛

– تاریخ آخرین بازرسی چشمی نشانگر سطح مایع؛

– جزئیات هر تغییری که از زمان ساخت در تجهیز ایجادشده است؛

– شرایط بوشینگ در زمانی که خرابی/عیب تشخیص داده‌شده است (حین کار، تعمیرونگهداری و غیره).

پ- تشخیص زیرمجموعه/جزئی که منجر به خرابی/عیب اولیه شده است:

– اجزای تحت تنش فشار قوی؛

– تپ‌ها؛

– سایر اجزا.

ت- تنش‌های در نظر گرفته‌شده که در خرابی/عیب مشارکت می‌کنند:

- شرایط محیطی (دما، باد، برف، یخ، آلودگی، صاعقه و غیره)؛
- شرایط شبکه‌ای (عملیات کلیدزنی، خرابی سایر تجهیزات و ...)؛
- سایر.

ث- تقسیم‌بندی خرابی/عیب:

- خرابی عمده؛
- خرابی جزئی؛
- عیب.

ج- منشاء و علت خرابی/عیب:

- منشاء (مکانیکی، الکتریکی، استحکام و غیره)؛
- علت از نظر فردی که گزارش را تهیه می‌نماید (طراحی، ساخت، دستورالعمل‌های ناکافی، نصب نادرست، تعمیرونگهداری نادرست، تنش‌هایی بیش از آنکه مشخص‌شده است و غیره).

چ- توالی خرابی‌ها یا عیب‌ها:

- زمان خرابی تجهیز؛
- مدت زمانی که برای تعمیر مصرف می‌شود؛
- هزینه کارگری؛
- هزینه قطعات یدکی.

یک گزارش خرابی ممکن است شامل اطلاعات زیر باشد:

- نقشه‌ها، ترسیم‌ها؛
- عکس‌های اجزای خراب؛
- نمودار تک خطی ایستگاه؛
- ثبت‌ها یا نقشه‌ها؛
- ارجاعات به دستورالعمل تعمیرونگهداری.

۱۲ ایمنی

۱۲-۱ کلیات

تجهیزات فشار قوی فقط در شرایطی که براساس قوانین نصب مرتبط، نصب‌شده و براساس دستورالعمل‌های سازنده استفاده و تعمیرونگهداری شود، ایمن می‌باشد.

تجهیزات فشار قوی، معمولاً فقط برای افراد آموزش‌دیده قابل دسترس می‌باشند. توصیه می‌شود که بهره‌برداری و تعمیرونگهداری آنها، توسط افراد توانمند انجام شود. زمانی که دسترسی نامحدود برای بوشینگ تعریف شود؛ ممکن است به جنبه‌های ایمنی بیشتری نیاز شود.

مشخصات زیر از این استاندارد، اقدام‌های ایمنی شخصی برای تجهیز در برابر خطرات مختلف، فراهم می‌نماید:

۱۲-۲ جنبه‌های الکتریکی

- عایق‌بندی فاصله جداسازی
- زمین‌کردن (تماس غیرمستقیم)
- کدگذاری IP (تماس مستقیم)

۱۲-۳ جنبه‌های مکانیکی

- اجزای تحت فشار
- حفاظت در برابر ضربه مکانیکی

۱۲-۴ جنبه‌های حرارتی

- اشتعال‌پذیری

۱۳ جنبه‌های زیست‌محیطی

نیاز به حداقل‌رساندن اثر جنبه‌های زیست‌محیطی طبیعی بوشینگ‌ها، طی کلیه دوره‌های زمانی کاربرد آنها اهمیت دارد.

IEC Guide 109 راهنمایی مناسبی در این زمینه، در قالب جنبه‌های چرخه حیات و بازیافت و ازبین‌بردن[1] بوشینگ در انتهای عمر آن را ارائه می‌نماید.

توصیه می‌شود که سازنده، اطلاعات مربوط به ارتباط بین عملکرد حین دوره بهره‌برداری، برچیدن تجهیزات و جنبه‌های زیست‌محیطی را مشخص نماید.

1- Disposal

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

تعیین داغ‌ترین نقطه دربوشینگ‌ها با هادی عبور داده‌شده از ماده عایقی

بیشینه دمای هادی θ_M با معادلات (الف-۱) و (الف-۲) بدست می‌آید:

$$\theta_M = \frac{[3\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{3}{\alpha}-\theta_1-\theta_2]^2-[\theta_1\times\theta_2]}{3\,[2\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{2}{\alpha}-\theta_1-\theta_2]} \qquad \text{(الف-۱)}$$

$$M = [3\left(\frac{R_C}{R_A}\times\frac{1}{\alpha}+\theta_A\right)-\frac{3}{\alpha}-\theta_1-\theta_2]-\theta_M \qquad \text{(الف-۲)}$$

اگر M حاصل از معادله الف-۲ مثبت باشد، دمای θ_M هادی، بالاتر خواهد بود و در هر نقطه هادی بین دو مقدار قرار خواهد گرفت. اگر نتیجه M منفی یا صفر باشد، دمای بالاتر هادی θ_2 خواهد بود.

نقطه بیشینه دمای هادی، در فاصله L_M از انتهای سردتر قرار دارد:

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M-\theta_2}{\theta_M-\theta_1}}} \qquad \text{(الف-۳)}$$

که در آن:

α ضریب دمای مقاومتی که در آن مقاومت هادی R_A اندازه‌گیری می‌شود؛

θ_1 دمای اندازه گرفته‌شده در انتهای سردتر هادی، برحسب درجه سلسیوس؛

θ_2 دمای اندازه گرفته‌شده در انتهای داغ‌تر هادی، برحسب درجه سلسیوس؛

θ_A دمای مرجع یکنواخت هادی، برحسب درجه سلسیوس؛

θ_M بیشینه دمای هادی، برحسب درجه سلسیوس؛

L طول هادی؛

L_M فاصله از انتهای سردتر هادی به نقطه با بیشینه دما؛

R_A مقاومت بین دو انتهای هادی در دمای یکنواخت θ_A؛

R_C مقاومت هادی حامل جریان I_r بعد از تثبیت دما.

کتاب‌نامه

[1] IEC 60050-421 , International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421 : Power transformers and reactors

[2] IEC 60050-471 , International Electrotechnical Vocabulary – Part 471 : Insulators

[3] IEC 60050-604, International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation

[4] IEC 60076-1, Power transformers – Part 1: General

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۰، ترانسفورماتورهای قدرت -قسمت ۱ :کلیات، با استفاده از استاندارد IEC 60076-1:2011 تدون شده است.

[5] IEC 60076-2, Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۲، ترانسفورماتورهای قدرت -قسمت ۲ : افزایش دما در ترانسفورماتورهای غوطه‌ور در مایع، با استفاده از استاندارد IEC 60076-2:2011 تدوین شده است.

[۶] استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۵، ترانسفورماتورهای قدرت- قسمت ۳: سطوح عایق‌بندی، آزمون‌های دی‌الکتریک و فواصل هوایی خارجی

[7] IEC 60507, Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a. c. systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۶۵: سال ۱۳۹۹، آزمون های آلودگی مصنوعی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای فشار قوی به کار رفته در سیستم های AC ، جهت استفاده در سیستم‌های AC، با استفاده از استاندارد IEC 60507:2013 + COR1:2018 تدوین شده است.

[8] IEC 60836, Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۵۱: سال ۱۳۹۵، مایعات عایقی سیلیکونی استفاده نشده در کاربردهای الکترونیکی- ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد IEC 60836:2015 تدوین شده است.

[9] IEC 60867, Insulating liquids – Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons

[10] IEC TR 60943:1998, Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC-TR 60943: سال ۱۳۹۱، راهنمای مربوط به افزایش دمای مجاز برای اجزای تجهیزات الکتریکی، به ویژه برای پایانه‌ها، با استفاده از استاندارد IEC/TR 60943: 2009 تدوین شده است.

[11] IEC TS 61464, Insulated bushings – Guide for the interpretation of dissolved gas analysis (DGA) in bushings where oil is the impregating medium of the main insulation (generally paper)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-IEC-TS 61464: سال ۱۳۸۹، بوشینگ‌های عایق‌دار- راهنمای تفسیر تجزیه و تحلیل گاز نامحلول (DGA) در بوشینگ‌هایی با محیط اشباع‌کننده روغن برای عایق اصلی (معمولا کاغذی)، با استفاده از استاندارد IEC/TS 61464:1998 تدوین شده است.

[12] IEC 62271-203:2011, High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 Kv

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره INSO-IEC 62271-203: سال ۱۳۹۰، وسایل قطع و وصل و فرمان ولتاژ بالا- قسمت ۲۰۳: وسایل قطع و وصل عایق‌شده با گاز با محفظه فلزی برای ولتاژهای اسمی بیشتر از ۵۲ kV، با استفاده از استاندارد IEC 62271-203:2011 تدوین شده است.

[13] IEC 62271-211:2014, High-voltage switchgear and controlgear – Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

[14] IEC Guide 111, Electrical high-voltage equipment in high-voltage substations – Common recommendations for product standards