



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران

۲۳۸۲۸

چاپ اول

۱۴۰۴

INSO

23828

1st Edition

2025

صنعت نفت –

حفاظت مخازن رو زمینی ذخیره‌سازی سیالات

قابل اشتعال یا احتراق در برابر صاعقه –

آیین کار

**Petroleum industry -
Lightning protection for aboveground
storage tanks for flammable or combustible
fluids -
Code of practice**

ICS: 29.020; 91.120.40

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: 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@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

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

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@inso.gov.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

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

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

«صنعت نفت- حفاظت مخازن رو زمینی ذخیره سازی سیالات قابل اشتعال یا احتراق در برابر صاعقه- آیین کار»

رئیس: سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس گروه مهندسی برق، ابزار دقیق و مخابرات- اداره کل نظام فنی، اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها- معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری- وزارت نفت

رئیس:

صفائی، امیر
(دکتری مهندسی برق- الکترونیک)

دبیر:

رئیس بازرسی تأسیسات- امور بازرسی فنی- شرکت ملی گاز ایران

رحیمی کلاریجانی، بهنام
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس ارشد طراحی برق- شرکت اسپاک

اصفهانی، احمد
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)

مدیر طراحی، تحقیق و توسعه- شرکت کالوت ابهر

اعتمادی، بیتا
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک)

سرپرست نظارت کارهای برق- شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران

اله‌وردیزاده، اله‌بخش
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)

کارشناس ارشد برق- مدیریت هماهنگی و نظارت بر تولید- شرکت ملی گاز ایران

باژدان، حمیدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)

کارشناس ارشد برنامه ریزی و هماهنگی صادرات- شرکت نفت فلات قاره

بشارتی، مهدی
(کارشناسی مهندسی شیمی)

رئیس بازرسی فنی برق- شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی- شرکت ملی گاز ایران

جوکار، اصغر
(کارشناسی مهندسی برق- قدرت)

مهندس ارشد بازرسی فنی برق- شرکت پالایش گاز پارسیان- شرکت ملی گاز ایران

حسینی، سید محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)

کارشناس استانداردهای برق و الکترونیک- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب- شرکت ملی نفت ایران

حویس، مهین
(کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)

اعضا:

سمت و/یا محل اشتغال:

خائفی، فرهاد (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	رئیس مهندسی برق - شرکت نفت و گاز پارس - شرکت ملی نفت ایران
خسرویان، مرتضی (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	مدیر عامل - شرکت نوین آریا پترونیر
خلاری، منصور (کارشناسی مهندسی برق - قدرت)	رئیس بازرسی فنی برق - شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی - شرکت ملی گاز ایران
خلج مهری، سیاوش (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	کارشناس ارشد برق - شرکت نفت و گاز پارس - شرکت ملی نفت ایران
رنجبر، محمود (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	مدیر عامل - شرکت نیروگن
زوار، ابوالفضل (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	کارشناس بازرسی فنی - شرکت نفت و گاز اروندان - شرکت ملی نفت ایران
شایان فر، احسان (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	کارشناس ارشد طراحی برق - شرکت مهندسی و توسعه نفت ایران - شرکت ملی نفت ایران
صادقی، بابک (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	کارشناس طراحی برق - شرکت ملی مهندسی و ساختمان نفت - شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی
صالحی، حسین (کارشناسی مهندسی ایمنی و بازرسی فنی)	رئیس آتش نشانی - اداره کل HSE وزارت نفت
صفوی، شهروز (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	مدیر بازاریابی و فروش - شرکت پترو انرژی خلیج فارس (GPE)
عباسعلی، سجاد (کارشناسی مهندسی ایمنی و بازرسی فنی)	رئیس عملیات آتش‌نشانی پایانه‌های نفتی خارک - شرکت پایانه‌های نفتی ایران - شرکت ملی نفت ایران
عزیزخانی، مرتضی (کارشناسی مهندسی برق - قدرت)	مسئول مهندسی برق - شرکت پایانه‌های نفتی ایران - شرکت ملی نفت ایران
عظیمی، مریم (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	سرپرست واحد برق - شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران - شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی

اعضا:

فرازمندیا، علی رضا
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

فولادفر، فریبا
(کارشناسی مهندسی برق - قدرت)

کریمی، حمید
(دکتری مهندسی برق - قدرت)

موسوی، سید وحید
(کارشناسی مهندسی برق - قدرت)

مهرابی، شهاب الدین
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

نادری راد، امین
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

نیاستی، محسن
(دکتری مهندسی برق - قدرت)

ویراستار:

حمیدبهنام، غزال
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای - پرتویزشکی)

سمت و/یا محل اشتغال:

مهندس ارشد اجرای طرح‌های برق و ابزار دقیق - شرکت
پالایش گاز پارسین - شرکت ملی گاز ایران

سرپرست فنی و تحقیق توسعه - شرکت اسپاک

مهندس ارشد برق - شرکت پالایش گاز پارسین - شرکت
ملی گاز ایران

مهندس ارشد بازرسی فنی - شرکت انتقال گاز ایران - شرکت ملی
گاز ایران

کارشناس ارشد تحقیق توسعه - شرکت اسپاک

مدیر واحد ارتینگ و حفاظت در برابر صاعقه - شرکت نوین آریا
پترونیر

عضو هیئت علمی - دانشگاه سمنان

سازمان ملی استاندارد ایران - کارشناس دفتر نظارت بر اجرای
استاندارد صنایع فلزی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۵	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۲	۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۱۳	۵ اصول حفاظتی
۱۴	۶ تمهیدات سامانه حفاظت در برابر صاعقه
۳۰	۷ بازرسی، تعمیرات و نگهداری
۴۴	۸ آزمون‌ها
۸۶	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) حفاظت کاتدی - خوردگی الکتروشیمیایی و سامانه حفاظت کاتدی مخازن فلزی رو زمینی
۹۵	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) اتصالات و اندازه‌گیری
۹۶	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «صنعت نفت - حفاظت مخازن رو زمینی ذخیره‌سازی سیالات قابل اشتعال یا احتراق در برابر صاعقه - آیین کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی تهیه و تدوین شده است، در هزار و پانصد و دوازدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۴۰۴/۰۴/۲۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح 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.

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

- نتایج بررسی انجام‌شده بر روی استانداردهای بین‌المللی، منطقه‌ای و ملی کشورهای توسعه‌یافته در صنعت نفت، ۱۴۰۳، اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها، وزارت نفت.

صنعت نفت - حفاظت مخازن رو زمینی ذخیره سازی سیالات قابل اشتعال یا احتراق در برابر صاعقه - آیین کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین تمهیدات فنی لازم برای حفاظت مخازن رو زمینی ذخیره سازی سیالات قابل اشتعال یا احتراق در برابر صاعقه، خطرات ناشی از الکتریسیته ساکن و جریان های سرگردان^۱ با رعایت الزامات حفاظت کاندی در حوزه های طراحی، اجرا، نگهداری و بازرسی می باشد.

این استاندارد شامل موارد زیر نمی شود:

- مخازن فراساحلی؛
- مخازن ذخیره زیرزمینی؛
- مخازن فرآیندی افقی و عمودی؛
- مخازن متحرک.

این استاندارد برای مخازن در حال بهره برداری، مخازن در حال ساخت و مخازنی که در آینده طراحی و ساخته می شوند، کاربرد دارد.

در این استاندارد، تمامی ضوابط و نحوه انتخاب برقگیرهای حفاظتی تجهیزات الکتریکی، الکترونیکی و ابزار دقیق نصب شده بر روی مخازن ارائه نشده است و در این خصوص باید به استانداردهای مرتبط نظیر استانداردهای IEC 61643-11، IEC 61643-12 و IEC 62305-4 مراجعه نمود.

هشدار: رعایت موارد ایمنی در تمامی بخش های این استاندارد ضروری است. در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن برعهده کاربر این استاندارد است.

۲ مراجع الزامی

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

¹ Stray Currents

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 API RP 545, Recommended Practice for Lightning Protection of Aboveground Storage Tanks for Flammable or Combustible Liquids
 - 2-2 API RP 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
 - 2-3 ASTM D3166, Standard Test Method for Fatigue Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal/Metal)
 - 2-4 ASTM D2294-96, Standard Test Method for Creep Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal-to-Metal)
 - 2-5 ASTM D896-04:2017, Standard Practice for Resistance of Adhesive Bonds to Chemical Reagents substrate
 - 2-6 ASTM D950, Standard Test Method for Impact Strength of Adhesive Bonds
 - 2-7 BS EN 50443:, Effects of electromagnetic interference on pipelines caused by high voltage a.c. electric traction systems and/or high voltage a.c. power supply systems
 - 2-8 IEC 60079-10-1, Explosiveatmospheres-Part 10-1: Classification of areas-Explosive gas atmospheres
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰-۵۵۰۵: سال ۱۳۹۶، محیط‌های قابل انفجار - قسمت ۱۰-۱: طبقه‌بندی مناطق محیط‌های -گازی قابل انفجار، با استفاده از استاندارد IEC 60079-10-1:2015+cor1:2015 تدوین شده است.
- 2-9 IEC 60079-10-2, Explosiveatmospheres-Part 10-1: Classification of areas-Explosive dust atmospheres
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰-۵۵۰۵: سال ۱۳۹۴، محیط‌های قابل انفجار - قسمت ۱۰-۲: طبقه‌بندی مناطق محیط‌های گرد و غبار قابل انفجار، با استفاده از استاندارد IEC 60079-10-2:2015 تدوین شده است.
- 2-10 IEC 61557-4, Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 4: Resistance of earth connection and equipotential bonding
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۱۷۳: سال ۱۴۰۰، ایمنی الکتریکی در سامانه‌های توزیع فشار ضعیف تا ۱۰۰۰VAC و ۱۵۰۰VDC - تجهیزات آزمون، اندازه‌گیری یا پایش معیارهای حفاظتی - قسمت ۴: مقاومت اتصال زمین و هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده، با استفاده از استاندارد IEC 61557-4:2019 تدوین شده است.
- 2-11 IEC 61643-1, Low-voltage surge protective devices - Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Requirements and tests
 - 2-12 IEC 61643-11, Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۱۶۴۳:۶ سال ۱۴۰۱، تجهیزات حفاظتی موج ضربه فشار ضعیف - قسمت ۱۱: تجهیزات حفاظت موج ضربه برای اتصال به سیستم های فشار ضعیف - الزامات و روشهای آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 61643-11:2011 تدوین شده است.

2-13 IEC 61643-12, Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Selection and application principles

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۱۶۴۳:۶ سال ۱۳۹۸، تجهیزات حفاظتی موج ضربه فشار ضعیف - قسمت ۱۲: افزارهای حفاظت موج ضربه متصل به سامانه های توزیع فشار ضعیف - اصول انتخاب و کاربرد، با استفاده از استاندارد IEC 61643-12:2008 تدوین شده است.

2-14 IEC 61643-21, Low voltage surge protective devices - Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱-۱۶۴۳:۶ سال ۱۴۰۱، افزارهای حفاظت موج ضربه فشار ضعیف - قسمت ۲۱: افزارهای حفاظت موج ضربه متصل به شبکه های تبادل سیگنال و ارتباط از راه دور - الزامات عملکردی و روش های آزمودن، با استفاده از استاندارد IEC 61643-21:2009+Amd1:2008+Cor1:2009 تدوین شده است.

2-15 IEC 61643-31, Low-voltage surge protective devices - Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations

2-16 IEC 62305-1, Protection against lightning - Part 1: General principles

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۲۳۰۵:۶ سال ۱۳۹۲، حفاظت در برابر آذرخش - قسمت ۱: اصول کلی، با استفاده از استاندارد IEC 62305-1:2010 تدوین شده است.

2-17 IEC 62305-2, Protection against lightning - Part 2: Risk management

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۲۳۰۵:۶ سال ۱۳۹۱، حفاظت در برابر آذرخش - قسمت ۲: مدیریت ریسک، با استفاده از استاندارد IEC 62305-2:2010 تدوین شده است.

2-18 IEC 62305-3 Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۶۲۳۰۵:۶ سال ۱۳۹۲، حفاظت در برابر آذرخش - قسمت ۳: آسیب فیزیکی به ساختمان ها و خطرات انسانی، با استفاده از استاندارد IEC 62305-3:2010 تدوین شده است.

2-19 IEC 62305-4, Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴-۶۲۳۰۵:۶ سال ۱۳۹۲، حفاظت در برابر آذرخش - قسمت ۴: سامانه های الکتریکی و الکترونیکی درون ساختمان ها، با استفاده از استاندارد IEC 62305-4:2010 تدوین شده است.

2-20 IEC 62561-1, Lightning protection system components (LPSC) - Part 1: Requirements for connection components

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۸۴۹۹:۱ سال ۱۳۹۳، اجزاء سامانه حفاظت برق گیر (LPSC) - قسمت ۱: الزامات برای اجزاء اتصال، با استفاده از استاندارد IEC 62561-1:2012 تدوین شده است.

2-21 IEC 62561-2, Lightning protection system components (LPSC) - Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۲: سال ۱۳۹۳، قطعات سامانه حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) برق گیر - قسمت ۲: الزامات برای هادی‌ها و الکترودهای زمین، با استفاده از استاندارد IEC 62561-2:2012 تدوین شده است.

2-22 IEC 62561-3, Lightning protection system components (LPSC) - Part 3: Requirements for isolating spark gaps (ISG)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۳: سال ۱۳۹۳، قطعات سامانه حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (برق گیر) - قسمت ۳: الزامات برای جدا سازهای فواصل جرقه (ISG)، با استفاده از استاندارد IEC 62561-3:2012 تدوین شده است.

2-23 IEC 62561-4, Lightning protection system components (LPSC) - Part 4: Requirements for conductor fasteners

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۴: سال ۱۳۹۳، اجزاء سامانه حفاظت برق گیر (LPSC) - قسمت ۴: الزامات برای محکم کننده های هادی ها، با استفاده از استاندارد IEC 62561-4:2010 تدوین شده است.

2-24 IEC 62561-5, Lightning protection system components (LPSC) - Part 5: Requirements for earth electrode inspection housings and earth electrode seals

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۵: سال ۱۳۹۳، قطعات سامانه حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) برق گیر - قسمت ۵: الزامات برای حفاظ های بازرسی و درزگیرهای الکتروود زمین، با استفاده از استاندارد IEC 62561-5:2011 تدوین شده است.

2-25 IEC 62561-6, Lightning protection system components (LPSC) - Part 6: Requirements for lightning strike counters (LSCs)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۶: سال ۱۳۹۳، قطعات سامانه حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (برق گیر) - قسمت ۶: الزامات برای شمارنده های ضربه آذرخش (LSC)، با استفاده از استاندارد IEC 62561-6:2011 تدوین شده است.

2-26 IEC 62561-7, Lightning protection system components (LPSC) - Part 7: Requirements for earthing enhancing compounds

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۴۹۹-۷: سال ۱۳۹۳، اجزاء سامانه حفاظت برق گیر (LPSC) - قسمت ۷: الزامات برای ترکیب های افزودنی برای زمین کردن، با استفاده از استاندارد IEC 62561-7:2011 تدوین شده است.

2-27 IEC 62561-8, Lightning protection system components (LPSC) - Part 8: Requirements for components for isolated LPS

2-28 ISO 18086, Corrosion of metals and alloys — Determination of AC corrosion — Protection criteria

2-29 ISO 7802, Metallic materials-Wire-Wrapping test

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷۹۱: سال ۱۳۹۳، مواد فلزی-سیم-آزمون مفتول پیچی، با استفاده از استاندارد IEC 7802:2013 تدوین شده است.

2-30 NACE SP0177, Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems

2-31 NFPA780: 2020, Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

2-32 IPS E-EL-110, Engineering Standard for Hazardous Area

2-33 API/EI Research Report 545-A, Verification of Lightning Protection Requirements for Above Ground Hydrocarbon Storage Tanks

۲-۳۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۳۶۵: سال ۱۴۰۱، صنعت نفت – مخازن فولادی اتمسفری جوشی رو زمینی برای ذخیره‌سازی مواد نفتی – الزامات فنی

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

سامانه حفاظت در برابر صاعقه

lightning protection system

LPS

مجموعه کامل شامل سامانه پایانه هوایی، سامانه هادی نزولی (شامل اجزای رسانای طبیعی سازه)، سامانه زمین و کلیه اتصال دهنده‌ها و اتصال‌های مورد نیاز که برای کاهش آسیب‌های فیزیکی ناشی از ضربات صاعقه به سازه تحت حفاظت می‌باشد.

یادآوری – سامانه حفاظت صاعقه شامل حفاظت داخلی و خارجی می‌شود؛ لذا استفاده از هادی‌های هم‌بندی و برق‌گیرهای حفاظتی را نیز در بر می‌گیرد.

۲-۳

سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه

external lightning protection system

ELPS

بخشی از سامانه حفاظت در برابر صاعقه که شامل سامانه پایانه هوایی و سامانه هادی نزولی بوده که بر روی سازه تحت حفاظت نصب می‌شود و جریان ناشی از صاعقه را به سامانه زمین هدایت می‌کند.

۳-۳

سامانه حفاظت داخلی در برابر صاعقه

internal lightning protection system

ILPS

بخشی از سامانه حفاظت در برابر صاعقه که شامل هم‌بندی‌های داخلی به منظور هم‌پتانسیل‌سازی و/یا عایق‌سازی الکتریکی سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه می‌باشد.

۴-۳

سامانه پایانه هوایی

air-termination System

بخشی از سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه که از اجزای فلزی نظیر میله‌های برقگیر، هادی‌های مش‌بندی و/یا سیم‌های آویخته^۱ ایجاد می‌شود تا مانع از ضربه‌های مستقیم صاعقه به سازه تحت حفاظت شود.

۵-۳

سامانه هادی نزولی

down-conductor system

بخشی از سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه که برای هدایت جریان صاعقه از سامانه پایانه هوایی به سامانه زمین در نظر گرفته می‌شود.

۶-۳

هادی اصلی

main conductor

هادی با سطح مقطع مناسب که برای سامانه هادی نزولی استفاده می‌شود.

۷-۳

سامانه زمین

earth-termination system

بخشی از سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه که برای هدایت و پخش جریان صاعقه در زمین به کار می‌رود و توسط هادی‌هایی که در تماس مستقیم با خاک قرار دارند، اجرا می‌شود.

۸-۳

الکتروود زمین

earth electrode

جزء یا اجزای ایجادکننده سامانه زمین، مانند میله زمین، الکتروود صفحه‌ای یا هادی زمین که در تماس الکتریکی مستقیم با زمین اجرا شده و جریان صاعقه را در زمین پخش می‌کنند.

۹-۳

الکتروود زمین با آرایش نوع A

earth electrode type A

الکتروودهای زمین عمودی یا افقی که به ازای هر مسیر سامانه هادی نزولی در پیرامون سازه تحت حفاظت اجرا می‌شوند.

¹ Catenary wire

۱۰-۳

الکتروود زمین با آرایش نوع B

earth electrode type B

مسیر بسته‌ای از هادی^۱ که حداقل در عمق ۰٫۵ m و در فاصله حدود ۱ m از دیوارهای خارجی سازه تحت حفاظت اجرا می‌شود. این نوع الکتروود به صورت مش‌بندی و اتصال زمین فونداسیون نیز قابل اجراست. هادی‌های الکتروود زمین با آرایش نوع B که در خاک مدفون می‌شوند باید بدون روکش عایقی بوده و در تماس مستقیم با خاک باشند.

۱۱-۳

فاصله ایمنی

safety distance

فاصله مورد قبول بین دو هادی که در آن هیچ جرقه‌ی خطرناکی نتواند رخ دهد.

۱۲-۳

هم‌بندی به‌منظور هم‌پتانسیل‌سازی

equipotential bonding

ایجاد اتصال الکتریکی بین تأسیسات فلزی و مجزا از هم، شامل تأسیسات فلزی داخلی، قطعات فلزی بیرونی و خطوط هادی متصل شده به سازه، به منظور جلوگیری از بروز اختلاف پتانسیل بین آن‌ها در هنگام وقوع صاعقه و همچنین در زمان اتصالاتی‌های سامانه تغذیه، تخلیه‌های الکترواستاتیکی و القاها و تداخل‌های الکترومغناطیسی برای تأمین حفاظت برای انسان‌ها، تأسیسات و تجهیزات را شامل می‌شود.

۱۳-۳

شنت

shunt

هادی با اندوکتانس پایین و حداقل طول ممکن که با سقف شناور مخزن اتصال الکتریکی ثابت و با بدنه آن اتصال لغزشی دارد که برای هدایت جریان بخش‌های سریع و میانه شکل موج ضربه اصلی صاعقه به‌کار می‌روند.

۱۴-۳

هادی هم‌بندی

¹ Ring conductor

bonding conductor

هادی با مقاومت پایین که اتصال الکتریکی مستقیم بین سقف شناور مخزن و بدنه آن را برقرار می‌کند؛ که برای هدایت جریان بخش میانه و طولانی مدت شکل موج جریان صاعقه به کار می‌روند.

۱۵-۳

برقگیر حفاظتی

surge protective device

SPD

قطعه‌ای که برای محدود کردن اضافه‌ولتاژهای گذرا و منحرف کردن مسیر جریان‌های موج فراتاخت (جریان‌های القاشده ناشی از اضافه‌ولتاژهای گذرا) به کار می‌روند و در مدار داخلی آن‌ها حداقل یک المان غیرخطی استفاده شده است.

۱۶-۳

ضربه الکترومغناطیسی صاعقه

lightening electromagnetic impulse

LEMP

تمامی اثرات الکترومغناطیسی ناشی از جریان صاعقه از طریق تزویج مقاومتی، القایی و خازنی، که باعث ایجاد موج‌های فراتاخت و میدان‌های الکترومغناطیسی می‌شوند.

۱۷-۳

موج فراتاخت

surge

گذارهای ایجاد شده به وسیله ضربه الکترومغناطیسی صاعقه که به صورت یک اضافه‌ولتاژ و/یا اضافه جریان ظاهر می‌شود.

۱۸-۳

جرقه‌گیر جداساز

isolating spark gap

ISG

تجهیزاتی که به منظور هم‌بندی غیرمستقیم به منظور حذف جرقه‌ها در اثر اختلاف پتانسیل‌های لحظه‌ای و گذرای ناشی از ضربه‌های مستقیم و غیرمستقیم صاعقه بر روی تأسیسات فلزی و مخازن عایق شده از زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۹-۳

سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد

solid-state DC decoupler

دستگاهی که باعث تضعیف یا حذف ولتاژ القایی و هدایت جریان AC شده، همچنین مانع از عبور جریان‌های DC سامانه حفاظت کاتدی به سامانه زمین در شرایط عادی می‌شود.

۲۰-۳

سازه با خطر انفجار

hazardous structure

سازه‌هایی که حاوی مواد جامد قابل انفجار و/یا مناطق خطر تعیین شده مطابق استانداردهای IEC 60079-10-1 و IEC 60079-10-2 می‌باشند.

۲۱-۳

مخلوط بخار-هوا قابل اشتعال

flammable air-vapor device

بخارهای قابل اشتعال مخلوط با هوا در تناسبی که منجر به سوختن سریع مخلوط در زمان شعله‌ور شدن می‌شود.

۲۲-۳

بخارهای قابل اشتعال

flammable vapor

مواد موجود در هوا که غلظتی بیش از ۲۵٪ حد پایین اشتعال آن^۱ (LFL) دارند.

۲۳-۳

مایع قابل اشتعال کلاس I

class I flammable liquid

هر مایعی که دارای نقطه اشتعال با درپوش بسته، زیر 37.8°C (100°F) بوده و فشار بخار رید (RVP)^۲، بیش از مقدار فشار خالص 276 kPa (40 psi) در 37.8°C (100°F) نباشد.

۲۴-۳ مایع قابل احتراق

combustible liquid

هر مایعی که دارای نقطه اشتعال با درپوش بسته، برابر یا بیش از 37.8°C (100°F) باشد.

^۱ Lower Flammability Limit

^۲ Reid Vapour Pressure

۲۵-۳ سطح حفاظت در برابر صاعقه

lightning protection level LPL

عددی که به مجموعه‌ای از پارامترهای جریان صاعقه مرتبط است و بیانگر احتمال آن است که مقادیر حداکثر و حداقل طراحی مرتبط، در جریان‌های صاعقه طبیعی، تجاوز نکنند.

یادآوری ۱- احتمال وقوع صاعقه با مقادیر پارامترهای جریان خارج از محدوده تعریف شده در استاندارد IEC62305-1، کمتر از ۲٪ است و این آیین کار آن‌ها را شامل نمی‌شود.

یادآوری ۲- میزان احتمالی که پارامترهای جریان صاعقه برای هر سطح حفاظتی، کوچکتر از مقادیر حداکثر و به همان ترتیب بزرگتر از مقادیر حداقل باشند، در جدول 5 استاندارد IEC 62305-1 ارایه شده است.

۲۶-۳

سامانه حفاظت در برابر صاعقه ایزوله‌نشده

non-isolated LPS

سامانه حفاظت در برابر صاعقه شامل سامانه پایانه هوایی و سامانه هادی نزولی که در تماس مستقیم با سازه تحت حفاظت بوده و برای عبور جریان ناشی از صاعقه به کار می‌رود.

۲۷-۳

سامانه حفاظت در برابر صاعقه ایزوله شده

isolated LPS

سامانه حفاظت در برابر صاعقه شامل سامانه پایانه هوایی و سامانه هادی نزولی که در تماس غیرمستقیم و ایزوله با سازه تحت حفاظت بوده و برای عبور جریان ناشی از صاعقه به کار می‌رود.

یادآوری - در سازه‌هایی که اثرات حرارتی، انفجاری و الکترومکانیکی در نقطه برخورد و/یا مسیرهای حامل جریان صاعقه، ممکن است به سازه یا محتویات آن آسیب زند.

۲۸-۳

اتصال الکتریکی بدنه مخازن دارای سامانه حفاظت کاتدی به شبکه زمین

electrical connection of the tank body with cathodic protection system to the earth network

هنگامی که تاسیسات روزمینی و مخازن در مقابل خوردگی حفاظت شده‌اند، اتصال آن‌ها به سامانه زمین به‌طور مستقیم، مجاز نیست. اما لازم است از نقطه نظر حفاظت در برابر اختلاف پتانسیل‌های ناشی از حوادث سامانه تغذیه، تجمع بارهای الکترواستاتیکی و پیامدهای صاعقه، هم‌بندی به‌طور غیرمستقیم و از طریق تجهیزات خاص صورت گیرد. تداخل‌هایی که منجر به بروز جرقه، افزایش پتانسیل بدنه مخزن و حتی اختلال در عملکرد سامانه حفاظت کاتدی می‌شود؛ شامل ضربه مستقیم صاعقه، القای جریان AC و خوردگی AC خواهند بود.

۲۹-۳

بازرسی

inspection

ارزیابی انطباق از طریق مشاهده و قضاوت و در صورت مقتضی همراه با اندازه‌گیری، آزمون یا مقایسه با شاخص است.

۳۰-۳

گروه تعمیرات

repair group

گروهی که وظیفه انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با جهت‌گیری برنامه‌ریزی شده، پیشگیرانه و پیش‌بینانه به‌منظور حصول اطمینان از سلامت تجهیزات و ماشین‌آلات در زمان بکارگیری و استمرار قابلیت فرآیند را دارد.

۳۱-۳

خوردگی

corrosion

به زوال و از بین رفتن یک فلز در اثر واکنش شیمیایی و یا الکتروشیمیایی آن با محیط اطرافش خوردگی گویند. در اثر خوردگی، فلزات به حالت اولیه خود یعنی اکسید فلزی برگشته و خواص فلزی خود را کاملاً از دست می‌دهند.

۳۲-۳

خوردگی کلی

general corrosion

خوردگی کلی رایج‌ترین نوع خوردگی می‌باشد که به‌طور یکنواخت در کل سطح فلزی که در تماس با محیط خورنده قرار دارد اتفاق می‌افتد.

۳۳-۳

خوردگی گالوانیک یا دو فلزی - خوردگی گالوانیک

galvanic corrosion

مشهورترین نوع خوردگی الکتروشیمیایی بوده و عموماً هنگامی رخ می‌دهد که دو فلز و یا آلیاژ غیر هم‌جنس، بصورت الکتریکی به یکدیگر متصل شده و در محیط خورنده قرار گرفته باشند.

۳-۳۴

خوردگی پیل غلظتی

concentration cell corrosion

خوردگی الکتروشیمیایی یک فلز یا آلیاژ، که در اثر وجود غیریکنواختی (ناخالصی) در فلز و یا الکترولیت، بوجود می‌آید به خوردگی پیل غلظتی موسوم می‌باشد. خوردگی پیل غلظتی عموماً به صورت نقطه‌ای یا موضعی اتفاق می‌افتد.

۳-۳۵

خوردگی الکترولیتی (خوردگی ناشی از جریان‌های سرگردان)

electrolytic corrosion

خوردگی سازه‌های فلزی در داخل خاک ناشی از جریان‌های سرگردان (DC)، را خوردگی الکترولیتی می‌نامند.

۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

عنوان فارسی	مخفف	عنوان انگلیسی
سامانه حفاظت در برابر صاعقه	LPS	Lightning Protection System
سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه	ELPS	External Lightning Protection System
سامانه حفاظت داخلی در برابر صاعقه	ILPS	Internal Lightning Protection System
فاصله ایمنی	S	Safety Distance
برقگیر حفاظتی	SPD	Surge Protective Device
ضربه الکترومغناطیسی صاعقه	LEMP	Lightning Electromagnetic Impulse
جرقه‌گیر جداساز	ISG	Isolating Spark Gap
سطح حفاظت در برابر صاعقه	LPL	Lightning Protection Level
جریان متناوب	AC	Alternating Current
جریان مستقیم	DC	Direct Current
هادی حفاظتی زمین	PE	Protective Earth Conductor
کپسول تخلیه گازی	GDT	Gas Discharge Tube
شاخص حفاظت	IP	Ingress Protection

۵ اصول حفاظتی^۱

حفاظت سازه‌هایی که حاوی بخارات قابل اشتعال، گازهای قابل اشتعال یا مایعاتی که بخارهای قابل اشتعال از آن‌ها متصاعد می‌شود و محتویاتشان در برابر صاعقه باید مطابق زیربندهای ۵-۱ تا ۵-۴ باشد.

۵-۱ طبقه‌بندی مناطق خطر^۲

طبقه‌بندی مناطق خطر برای مخازن، باید بر اساس استاندارد IEC 60079-10-1 تهیه شده و در اختیار طراح حفاظت صاعقه قرار بگیرد.

۵-۲ الزامات مقدماتی برای کاهش مناطق خطر

- یکی از اولین اقدامات به منظور کاهش جرقه‌خوردن بخارهای قابل اشتعال باید این باشد که حضور آن دسته از بخارهایی که در مناطقی که مستعد وقوع جرقه‌هایی نظیر داغ شدن، قوس زدن یا تخلیه کرونا^۳ توسط یک یا تعداد بیشتری از موارد زیر هستند، حداقل باشد:
 - برخورد مستقیم صاعقه؛
 - ضربه الکترومغناطیسی صاعقه^۴؛
 - قوس زدن ثانویه^۵.
- تا بالاترین حد ممکن باید از انباشت ترکیب هوا-بخار قابل اشتعال در نواحی که منبع جرقه محتمل است حضور یابد، جلوگیری کرد.
- دهانه‌هایی^۶ که از آن‌ها بخارها یا گازهای قابل اشتعال غلیظ به اتمسفر فرار می‌کنند باید بسته شوند یا در غیر این صورت در برابر ورود شعله حفاظت شوند.
- مخازن و تمامی متعلقات آن‌ها (نظیر دریچه‌های سنجش^۷، دریچه‌های تهویه^۸ و درزگیرهای سقف شناور^۹) باید در وضعیت بهره‌برداری نگهداری شوند.

¹ Principals of protection

² Hazardous area classification

³ Corona discharge

⁴ Lightning electromagnetic pulse (LEMP)

⁵ Secondary arcing

⁶ Openings

⁷ Gauge hatches

⁸ Vent valves

⁹ Floating roof seals

۵-۳ حفاظت ذاتی^۱

مخازن فلزی که از نظر الکتریکی پیوسته می‌باشند باید برای جلوگیری از فرار مایعات، بخارها یا گازها، محکم درزبندی^۲ شوند و برای تحمل برخورد مستقیم صاعقه، ضخامتی برابر حداقل ۵ mm برای آلیاژ فولاد (و یا معادل آن برای سایر آلیاژها) داشته و می‌توانند به‌طور ذاتی خودمحافظت‌شونده^۳ در نظر گرفته شوند.

مخازن با سقف شناور خارجی^۴ نباید به‌طور ذاتی حفاظت‌شونده در نظر گرفته شوند.

ضخامت‌سنجی پوسته فوقانی سقف مخازن باید سالانه توسط روش‌های آزمون غیر مخرب، آزمون شود و نتایج آن ملاک عمل قرار گیرد.

۵-۴ سامانه حفاظت در برابر صاعقه

سازه‌هایی که الزامات زیربند ۵-۳ را برآورده نکنند، برای آن‌ها باید یک سامانه حفاظتی مطابق الزامات بند ۶ فراهم شود، بجز برخی الزامات اختصاصی که برای انواع خاصی از مخازن بیان شده است (بند ۷ ملاحظه شود) و مخازن سقف ثابتی که مجهز به دریچه تهویه^۵ بوده و در برابر برگشت شعله حفاظت ندارند نباید به‌طور ذاتی خودمحافظت‌شونده در نظر گرفته شوند.

۶ تمهیدات سامانه حفاظت در برابر صاعقه

۶-۱ تعیین سطح حفاظت در برابر صاعقه

برای تمامی مخازن و سازه‌های مربوط به آن که حاوی بخارهای قابل اشتعال، گازهای قابل اشتعال یا مایعاتی که از آن‌ها بخارهای قابل اشتعال منتشر می‌شود، باید مطالعه مدیریت ریسک صاعقه بر اساس استاندارد IEC 62305-2 انجام شود. در هر صورت سطح حفاظت در برابر صاعقه نباید بیشتر از کلاس II تعیین شود.

۶-۲ انتخاب سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه (ELPS)

۶-۲-۱ الزامات انتخاب و نصب سامانه پایانه هوایی

- در این استاندارد، به‌کارگیری روش ایزوله‌شده برای سامانه پایانه هوایی در مخازن ذخیره سقف شناور^۶ الزامی است و برای سایر مخازن ذخیره‌سازی معرفی شده در آن، استفاده از روش ایزوله‌نشده با رعایت

¹ Inherent protection

² Sealed

³ Inherently self-protecting

⁴ External Floating Roof Tank

⁵ Vent

⁶ Floating Roof Tank

- الزامات مرتبط مجاز خواهد بود.
- سامانه پایانه هوایی ایزوله نشده، می تواند به شرح زیر نصب شود:
 - اگر سقف مخزن در خارج از منطقه خطر باشد، ممکن است هادی های سامانه پایانه هوایی در سطح سقف قرار بگیرند.
 - لازم است سامانه پایانه هوایی حداقل به فاصله ۱ m از تمام زوایا، خارج از منطقه خطر (خارج از ناحیه حفاظتی ۲) قرار گیرد.
 - لوله ها و مخازن فلزی حامل مواد قابل احتراق یا قابل اشتعال در صورتی که خارج از منطقه خطر باشند و از فلزاتی با ضخامت بیشتر از مقدار مناسب t در جدول 3 استاندارد IEC 62305-3 ساخته شده و افزایش درجه حرارت سطح داخلی در نقطه برخورد، خطری ایجاد نکند، ممکن است به عنوان پایانه هوایی طبیعی مطابق با زیربند 5.1.3 استاندارد IEC 62305-3 استفاده شوند. (برای آگاهی بیشتر، به IEC 62305-3, Annex E مراجعه شود).
 - پایانه های هوایی برای جلوگیری از واژگون شدن یا جابجاشدن، باید توسط بست های مناسب به طور محکم به دکل ها و نگه دارنده ها متصل شوند.
 - پایانه های هوایی با ارتفاع بیش از ۶۰۰ mm، باید در نقطه نصب به سازه ای که ارتفاع آن کمتر از نصف ارتفاع آن ها نباشد، به طور محکم مهار شوند.
 - جنس، شکل و سطح مقطع هادی سامانه پایانه هوایی مطابق جدول 6 استاندارد IEC 62305-3 انتخاب شود.

۲-۲-۶ الزامات انتخاب و نصب سامانه هادی نزولی

- به کارگیری روش ایزوله شده برای سامانه هادی نزولی در مخازن ذخیره سقف شناور الزامی است و برای سایر مخازن ذخیره سازی معرفی شده در این استاندارد، استفاده از روش ایزوله نشده با رعایت الزامات مرتبط مجاز است.
- برای انتقال جریان صاعقه به شبکه زمین باید چندین مسیر موازی- برای عبور جریان وجود داشته باشد (حداقل دو مسیر).
- طول مسیر هادی ها باید تا جایی که امکان پذیر است، حداقل باشد.
- هم بندی با اجزای فلزی سازه های مجاور که با فاصله کمتر از فاصله ایمن قرار گرفته اند، انجام شود.
- تعداد اتصال ها باید در مسیر هادی، حداقل بوده و یکپارچه باشد.
- برای حالت ایزوله شده، برای هر دکل صاعقه گیر باید حداقل یک مسیر هادی نزولی وجود داشته باشد.
- جنس، شکل و حداقل سطح مقطع سامانه هادی های نزولی مطابق جدول 6 استاندارد IEC 62305-3 انتخاب شوند.
- تمامی قسمت های سامانه هادی نزولی در صورتی که امکان پذیر باشد باید حداقل یک متر از منطقه خطر فاصله داشته باشند. در جایی که امکان پذیر نباشد، هادی های نزولی و اتصالات عبوری از منطقه خطر،

باید مطابق استاندارد IEC 62305-3 ساخته شوند و حتماً پیوسته باشند و تا جایی که امکان پذیر است، حداقل فاصله ایمنی مطابق محاسبات مندرج در زیربند 6.3 استاندارد IEC 62305-3 نیز رعایت شود (به زیربند 5.5.3 استاندارد IEC 62305-3 مراجعه شود).

۳-۲-۶ الزامات انتخاب و نصب سامانه زمین

- مخازن فلزی باید توسط روش های زیر زمین شوند:
- الف- تمامی مخازن فلزی باید به ازای فواصل حداکثر هر ۳۰ m، از محیط خارجی مخزن، به صورت متقارن زمین شده باشد.
- ب- چنانچه محیط خارجی مخزن کمتر از ۶۰ m باشد، تمامی مخازن فلزی باید دست کم در دو نقطه زمین شوند.
- اجرای شبکه زمین به صورت مسیر بسته از الکتروود زمین با آرایش نوع B، برای تمامی انواع مخازن موضوع این استاندارد الزامی است.
- باید مقاومت سامانه زمین هر مخزن تا حد امکان پایین باشد و از 10Ω بیشتر نشود.
- سامانه زمین یک مخزن منفرد با استفاده از هادی با مشخصات هادی اصلی باید از دو نقطه به سامانه زمین اصلی متصل شود.
- سامانه زمین هر مخزن در سایت مخازن باید دست کم از دو نقطه مختلف و متقابل با استفاده از هادی ها با مشخصات هادی اصلی، به سامانه زمین سایر مخازن مجاور و در نهایت سامانه زمین سایت مخازن از دو نقطه به سامانه زمین اصلی، متصل شود.
- در محل اتصال الکتروودها به سامانه زمین، باید برای آزمون و اندازه گیری مقاومت الکتروودها قابلیت جداسازی وجود داشته باشد.
- رعایت الزامات سامانه حفاظت کاتدی براساس استانداردهای مرتبط نظیر NACE SP0177، NACE RP 0193 و NACE RP 0286 و سایر استانداردهای معتبر و مرتبط الزامی است.

یادآوری ۱- پیوست الف این استاندارد برای آگاهی بخشی است.

یادآوری ۲- از نقطه نظر حفاظت در برابر صاعقه، داشتن یک سامانه زمین یکتا و یکپارچه برتری دارد و برای تمامی اهداف مناسب است (برای مثال حفاظت صاعقه، سامانه های تغذیه و مخابرات)

- کلمپ های مورد استفاده برای اتصال سامانه هادی نزولی یا سازه فلزی به سامانه زمین، باید دارای تأییدیه نصب در محل با احتمال خطر انفجار باشند.

یادآوری ۳- برای مخازن ذخیره روزمینی، اجرای سامانه زمین از نقطه نظر تخلیه بارهای الکترواستاتیکی به زمین، در صورتی که مقاومت الکتریکی بین مخزن و زمین کمتر از $1 M\Omega$ باشد ضرورت ندارد.

اجرای سامانه زمین، خطر مربوط به تجمع بارهای الکترواستاتیکی در سیالات را کاهش نمی‌دهد و بدین منظور باید تمهیدات دیگری نیز به کار گرفته شود. هرچند ممکن است از نقطه نظر حفاظت در برابر صاعقه و ایمنی الکتریکی، اجرای سامانه زمین مورد نیاز باشد.

هادی‌های هم‌بندی برای اتصال تاسیسات فلزی بیرونی به سامانه زمین، در نقطه ورود به خاک، در فواصل ۳۰ cm بالا و زیر سطح زمین، برای جلوگیری از خوردگی باید عایق مناسب داشته باشند.

الکترودهای سامانه زمین دارای مشخصات زیر باشد:

- مقاطع و جنس هادی‌های الکتروود زمین مطابق استاندارد IEC 62305-3 باشد.
- عمق دفن و جنس الکترودهای زمین مورد نظر باید به گونه‌ای باشد که در برابر اثرات خوردگی^۱، خشکی و یخ‌زدگی خاک، بادوام بوده و کمترین میزان مقاومت زمین را ایجاد کنند.
- به‌طور کلی مقاومت الکتریکی ناشی از سامانه زمین از نقطه‌نظر حفاظت در برابر صاعقه، باید تا حد ممکن کم باشد (کمتر از 10Ω در زمان اندازه‌گیری با فرکانس پایین).
- میله‌های زمین باید بدون رنگ و/یا هر نوع روکش از جنس نارسانا باشند.
- میله‌های زمین باید به‌طور عمودی در عمق حداقل ۳ m در زمین دفن شوند.
- خاک در اطراف میله‌های زمین باید کاملاً فشرده و محکم باشد و میله‌ها در زمین کوبیده شوند.
- در صورت استفاده از میله‌های زمین متعدد، فاصله بین هر دو میله باید دست‌کم برابر با مجموع عمق دفن آن‌ها باشد.
- میله‌های زمین باید از جنس مس خالص، فولاد زنگ‌نزن و فولاد با روکش مس باشند. نوع هادی باید مطابق استاندارد IEC 62561-2 انتخاب شود.
- سیم‌هایی که به‌عنوان الکتروود زمین نوع رینگ استفاده می‌شوند باید دارای سطح مقطع معادل هادی اصلی باشند.
- جنس، شکل و سطح مقطع الکتروود زمین مطابق جداول ۶ و ۸ استاندارد IEC 62305-3 انتخاب شود.

۳-۶ هم‌بندی به منظور هم‌پتانسیل‌سازی

- هم‌بندی بخش‌های رسانای تاسیسات با سامانه خارجی صاعقه در برابر صاعقه (ELPS)، به وسیله اتصال مستقیم و/یا غیرمستقیم (در مواردی که اتصال مستقیم هادی‌ها مجاز نیست) انجام می‌شود.
- در مخازن ذخیره‌سازی، برای حذف جرقه‌ها و خطرات ناشی از برخورد مستقیم صاعقه (به غیر از ذوب‌شدگی پایانه هوایی و اسپری‌شدن) در مسیر انتقال جریان صاعقه به سامانه زمین، اجرای سامانه

^۱ پارامترهای خوردگی شامل مواردی نظیر وجود یون کلر (Cl^-)، یون سولفات (SO_4^{2-})، پتانسیل کاهش، عدد PH و مقاومت ویژه خاک می‌باشد.

هم‌بندی به منظور هم‌پتانسیل‌سازی الزامی است.

- اجرای سامانه هم‌بندی به منظور هم‌پتانسیل‌سازی برای سامانه هادی نزولی در سامانه حفاظتی ایزوله شده، تنها در پایین‌ترین نقطه در سطح زمین با تاسیسات فلزی مجاور، صورت می‌گیرد.
- لازم است تمام تاسیسات و خطوط فلزی متصل شده به مخازن از جمله؛ داکت‌ها، سینی‌ها و نردبان‌های کابل، لوله‌های فلزی، کابل‌های سیگنال و تغذیه، جعبه‌های انشعاب به طور مستقیم و غیرمستقیم (با استفاده از جرقه‌گیر جداساز یا برقگیرهای حفاظتی) به سامانه زمین مخزن متصل شوند.
- اتصال غیرمستقیم در مواردی که اتصال مستقیم هادی‌ها مجاز نیست (نظیر وجود سامانه حفاظت کاتدی) الزامی است.

یادآوری- در این استاندارد، برای انتخاب مقاطع و جنس هادی‌های هم‌بندی به جدول مرتبط در استاندارد IEC 62305-3 مراجعه شود.

۱-۳-۶ هم‌بندی مستقیم

بدنه تمامی مخازن روزمینی باید در فواصل هر ۳۰ m از محیط مخزن، به طور مستقیم و با استفاده از هادی‌های هم‌بندی به سامانه زمین متصل شوند. در صورتی که محیط خارجی مخزن کمتر از ۶۰ m باشد اتصال به زمین برای هر مخزن دست‌کم در دو نقطه الزامی است.

۱-۱-۳-۶ الزامات هم‌بندی برای حفاظت در برابر خطرات ناشی از صاعقه

الزامات هم‌بندی برای حفاظت در برابر خطرات ناشی از صاعقه برای انواع مخازن به شرح زیر است:

- ۱- مخازن سقف ثابت فلزی
 - مخازن سقف ثابت فلزی در صورتی که دارای پیوستگی الکتریکی کامل باشند (به طور ذاتی ایمن) و در شرایط مناسبی نگهداری شوند، معمولاً از آسیب ضربه مستقیم صاعقه در امان هستند. اما همچنان خطر ناشی از آثار بعدی صاعقه به دلیل یکی از موارد زیر نیز ممکن است رخ دهد:
 - الف- دریچه‌های روی سقف مانند دریچه‌های اندازه‌گیری، باز مانده باشند؛
 - ب- دریچه‌ها مجهز به دستگاه‌های فلش‌بک مانند سوپاپ فشارخلاء نباشند؛
 - پ- نقاط یا نواحی خورده‌شده بر روی سقف مخزن وجود داشته باشند، به طوری که موجب کاهش ضخامت آن شده باشد.
 - برای حداقل کردن خطر اشتعال ناشی از صاعقه، در صورت امکان اقدامات احتیاطی زیر باید در نظر گرفته شوند:
 - الف- اطمینان از بسته‌بودن دریچه‌های اندازه‌گیری روی سقف و باز نکردن آن‌ها در هوای طوفانی؛
 - ب- بررسی وضعیت سقف‌ها برای اطمینان از نبودن سوراخ و نواحی بیش از حد نازک‌شده ناشی از خوردگی و نبودن بخش‌های نارسا؛
 - پ- اجتناب از حرکت در مخزن و پر و خالی کردن آن در هنگام هوای طوفانی؛

ت- تأمین و اطمینان از وجود لایه حایل از گاز یا گاز خنثی؛
 ث- تأمین و نگهداری فلش‌بک مانند سوپاپ‌های فشار خلاء برای همه دریچه‌ها، برای جلوگیری از انتشار شعله به داخل مخزن در صورت احتراق بخار، استعلام شود.
 یادآوری- سوپاپ‌های فشار خلاء حتی بدون وجود «آتش‌بند»^۱ به‌طور قابل قبولی از انتشار شعله به داخل مخزن جلوگیری می‌کنند.

۲- مخازن سقف شناور خارجی

- در مخازن سقف شناور خارجی، صاعقه می‌تواند منجر به جرقه و بروز آتش‌سوزی در فضای آب‌بندی بین سقف و بدنه شود. بنابراین علاوه بر استفاده از آب‌بندی مناسب و محکم، هم‌بندی مستقیم میان سقف و بدنه برای جلوگیری از جرقه و آتش‌سوزی الزامی است.
- در مخازن سقف شناور خارجی، زمانی که سقف روی پایه‌های خود مستقر می‌شود، به‌دلیل افزایش سطح تصاعد فشار بخارها، خطر اشتعال در زیر سقف افزایش می‌یابد. لذا از استقرار سقف روی پایه‌های خود در حین استفاده عادی مخزن تا حد امکان اجتناب شود و همچنین در هنگام هوای طوفانی نیز باید از بارگیری مقدماتی مخزن امتناع شود.

۳- مخازن سقف شناور داخلی^۲

- مخازن سقف شناور داخلی با سقف فلزی ثابت بیرونی، در برابر جریان اصلی صاعقه و جرقه‌های داخلی ناشی از ضربه مستقیم صاعقه در امان هستند. با این حال، از نقطه‌نظر حفاظت در برابر بارهای الکترواستاتیکی ناشی از حرکت مایع و نیز ضربه الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP)، هم‌بندی سقف شناور با بدنه الزامی است.
- از آنجا که مخازن سقف شناور داخلی دارای دریچه‌های باز هستند، حداقل کردن خطر در محوطه بین سقف شناور و سقف ثابت فلزی برای جلوگیری از ایجاد شرایط قابل‌اشتعال، از طریق موارد زیر، الزامی است:

- الف- تأمین آب‌بندی مناسب و کامل پیرامون سقف شناور؛
- ب- تأمین دریچه‌های مناسب طبق استاندارد API 650؛
- پ- جلوگیری از استقرار سقف بر روی پایه‌ها در هنگام استفاده عادی از مخزن؛
- ت- جلوگیری از پرکردن مخزن در هنگام هوای طوفانی؛
- ث- بررسی وضعیت آب‌بندی‌ها و میزان بخار خارج‌شده از این ناحیه.

۶-۳-۱-۲ الزامات حفاظت در برابر خطر احتراق ناشی از بارهای الکترواستاتیکی

با کنترل ایجاد و تجمع بارهای الکترواستاتیکی، همچنین حذف شرایط لازم برای حضور مواد قابل‌اشتعال و

^۱ Flame arrester

^۲ Internal floating roof tank

نیز استفاده نکردن از قطعاتی که خطر ایجاد جرقه دارند، می‌توان خطرات ناشی از بارهای الکترواستاتیکی را در ناحیه‌های با پتانسیل میدان الکتریکی بالا، از بین برد. فرآورده‌های نفتی تصفیه شده که تمایل به حفظ بارهای الکترواستاتیکی دارند، خطر بیشتری برای احتراق ایجاد می‌کنند. لذا در نظر گرفتن اقدامات حفاظتی برای آن‌ها الزامی است.

احتمال اشتعال‌زایی مخلوط بخار و هوا به فشار بخار سیال، نقطه اشتعال آن و به دما و فشار کاری، بستگی دارد. از این ویژگی‌ها برای کلاس‌بندی محصولات تصفیه شده استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- از جنبه الکترواستاتیک، مواد به سه کلاس، محصولات با فشار بخار کم، فشار بخار متوسط و فشار بخار بالا تقسیم می‌شوند.

یادآوری ۲- معمولاً بسیاری از اشتعال‌ناشی از بارهای الکترواستاتیکی هنگام بارگیری مواد با فشار بخار کم به مخزنی که قبلاً حاوی مواد با فشار بخار متوسط یا بالا بوده است، رخ می‌دهند.

الزامات هم‌بندی برای جلوگیری از خطر اشتعال یا انفجار ناشی از بارهای الکترواستاتیکی شامل موارد زیر است:

- قطعاتی که خطر تولید جرقه دارند، لوله‌های اندازه‌گیری، حسگرهای سنجش سطح مایع و تمام دستگاه‌های رسانای دیگر که به داخل مخزن وارد می‌شوند، می‌توانند شرایط خطرناکی را برای تخلیه بارهای الکترواستاتیکی در بالای سطح مایع ایجاد کنند. بنابراین باید از طریق کابل یا لوله رسانا به‌طور ایمن به کف مخزن هم‌بند شوند و فاصله هوایی که منجر به جرقه شود، حذف شود.
- عملیات نمونه‌برداری و اندازه‌گیری (شامل مواردی مانند اندازه‌گیری دما، فشار، سطح) می‌تواند منجر به ایجاد جرقه در مخزن شده و تخلیه الکترواستاتیکی را به همراه داشته باشد. همچنین در حین عملیات پرشدن مخزن، بارهای الکترواستاتیکی می‌توانند روی سطح مایع جمع شوند. بنابراین لوله‌های اندازه‌گیری و نمونه‌برداری باید به‌خوبی از بالا و نیز در محل کف مخزن به آن هم‌بند شوند تا از ایجاد ولتاژ زیاد در سطح مایع داخل مخزن جلوگیری شود.
- مخزن با سقف شناور رسانا به‌طوری که کاملاً در تماس با سطح مایع باشد، به شرطی که سقف با بدنه به خوبی هم‌بند شده باشد، از تجمع بارهای الکترواستاتیکی جلوگیری کرده و ایمن است. در صورت نشستن سقف روی پایه‌ها، به‌منظور ایجاد نشدن بارهای الکترواستاتیکی روی سطح سیال، تمهیدات لازم مطابق الزامات زیربند 8.5.4 از استاندارد API RP 2003، در نظر گرفته شود.
- در مخازن با سقف شناور داخلی، باید با استفاده از هادی شنت یا هادی هم‌بندی، اتصال مستقیم بین سقف شناور و بدنه یا سقف ثابت ایجاد شود تا بارهای الکترواستاتیکی به‌طور ایمن از روی سقف شناور تخلیه شوند. (به زیربند ۵-۳-۱-۳ مراجعه شود).

یادآوری ۳- جریان‌های ناشی از بارهای الکترواستاتیکی با استفاده از سیم با مقطع کم در مسیرهای طولانی به‌راحتی می‌توانند در طی زمان تخلیه شوند. با این حال، سطح مقطع مناسب برای سیم هم‌بندی، غالباً از نقطه‌نظر بالا بودن مقاومت مکانیکی و فیزیکی آن مورد توجه قرار می‌گیرد.

مقاومت مسیر هم‌بندی کمتر از $1\text{ M}\Omega$ از نقطه نظر تخلیه الکترواستاتیکی مناسب است، اما برای سامانه حفاظت در برابر صاعقه، حفاظت در برابر جریان‌های سرگردان و حفاظت الکتریکی، مقاومت باید بسیار کمتر و در حد چند اهم باشد.

۳-۱-۳-۶ روش تکمیلی سامانه هم‌بندی سقف و بدنه در مخازن سقف شناور خارجی

به دلیل ناپیوستگی الکتریکی بین سقف و بدنه در مخازن سقف شناور، به هنگام برخورد صاعقه به هر نقطه از مخزن، زمین یا سازه مجاور آن، تمام یا بخشی از جریان صاعقه از ناحیه آب‌بندی بین سقف و بدنه مخزن عبور کرده و به دلیل حضور شرایط خطر در ناحیه اتصال سقف با بدنه می‌تواند منجر به جرقه شده و با توجه به بالا رفتن حرارت باعث اشتعال و انفجار مخزن شود.

بنابراین هم‌بندی بین سقف و بدنه در مخازن سقف شناور خارجی موضوعی اساسی است که هم‌زمان از طریق هادی‌های شنت و هادی‌های هم‌بندی صورت می‌گیرد.

حتی اگر سامانه زمین به بهترین شکل ممکن و با مقاومت بسیار پایین برای مخزن سقف شناور اجرا شده باشد، احتمال بروز اشتعال و انفجار در ناحیه آب‌بندی، به دلیل تجمع بارهای الکترواستاتیکی بین سقف و بدنه همچنان وجود دارد. زیرا اگرچه بدنه به سامانه زمین متصل است، اما به علت ناپیوستگی الکتریکی میان سقف و بدنه، اتصال سقف به سامانه زمین برقرار نمی‌باشد. لذا به منظور حذف اختلاف پتانسیل‌های احتمالی در ناحیه آب‌بندی، اجرای سامانه هم‌بندی الزامی است.

الف- اتصالات لغزشی

اتصالات لغزشی باید به یکی از دو طریق کفشک فلزی لایه آب‌بندی اولیه یا هادی شنت اجرا شود.

- چنانچه اتصالات لغزشی از نوع کفشک فلزی لایه آب‌بندی اولیه ایجاد شوند، باید از نظر الکتریکی یا به‌طور ذاتی از طریق طراحی و ساخت یا بوسیله دست‌کم یک هادی حفاظت صاعقه یا معادل آن در هر سمت هر یک از کفشک‌ها با سقف شناور هم‌بند شود.
- چنانچه آب‌بندی اولیه نارسا باشد، نصب هادی شنت الزامی بوده و باید دارای مشخصات زیر باشد:
 - هادی‌های شنت باید از هادی فولاد زنگ‌نزن فنی با حداقل سطح مقطع 20 mm^2 یا هادی مناسب دیگر با قابلیت ظرفیت تخلیه جریان مشابه و مقاوم در برابر خوردگی، ساخته شوند.
 - حداقل پهنای هادی شنت باید 50 mm باشد.
 - هادی‌های شنت باید در فاصله حداکثر 3 m از هم در پیرامون سقف شناور نصب شوند.
 - هادی‌های شنت باید تا جایی که امکان‌پذیر است از کوتاهترین مسیر، اتصال میان سقف شناور و بدنه را فراهم کنند.
 - هادی‌های شنت باید حداقل طول ممکن را داشته باشند و مانع از عملکرد معمول سقف شناور مخزن نشوند.

- هادی‌های شنت باید حداقل طول مورد نیاز برای حفظ اتصال تماسی با بدنه مخزن را در تمام جهت‌های حرکت سقف شناور، به صورت افقی یا عمودی، داشته باشند.
- انعطاف‌پذیری، سطح مقطع و مقاومت در برابر خوردگی هادی‌های شنت باید برای حداکثر طول عمر ممکن طراحی شده باشد.
- محل نصب هادی‌های شنت باید با توجه به نحوه عملکرد مخزن مشخص شود:
- برای مخازن با عملکرد معمول، هادی‌های شنت باید حداقل ۳۰۰ mm زیر سطح مایع داخل مخزن نصب شوند.
- برای مخازن با شرایط درین-درای^۱، هادی‌های شنت باید بالای سقف مخزن نصب شوند.
- هادی‌های شنت بالای سقف شناور باید در زمان بازسازی مخازن در حال بهره‌برداری، پس از نصب هادی‌های شنت غوطه ور برداشته شوند.

ب- مشخصات هادی هم‌بندی

- هادی با مقاومت پایین که اتصال الکتریکی مستقیم بین سقف شناور مخزن و بدنه آن را برقرار می‌کند. هادی‌های هم‌بندی برای هدایت جریان بخش میانه و طولانی‌مدت شکل موج جریان صاعقه به کار می‌روند و دارای مشخصات زیر هستند:
- اتصال الکتریکی مستقیم بین سقف شناور و بدنه مخزن از طریق هادی هم‌بندی با حداقل سطح مقطع و جنس هادی اصلی (مطابق با استاندارد IEC 62305-3) ایجاد می‌شود.
 - هر هادی هم‌بندی به همراه اتصال‌دهنده‌های آن باید دارای حداکثر مقاومت الکتریکی 0.3Ω باشد.
 - هادی هم‌بندی باید دارای حداقل طول ممکن بوده و برای حرکت کامل سقف شناور مانعی ایجاد نکند.
 - تعداد و شرایط نصب هادی هم‌بندی به صورت زیر می‌باشد:
 - حداقل تعداد مورد نیاز برای مخازن ۲ عدد می‌باشد.
 - نصب هادی هم‌بندی در هر ۳۰ m از محیط مخزن الزامی است.
 - هادی‌های هم‌بندی باید به طور متقارن روی محیط مخزن نصب شوند.

یادآوری- در خصوص الزامات اتصال دائم سقف شناور مخزن به بدنه از طریق هادی جمع‌شونده، به استاندارد الزامات فنی مخازن فولادی اتمسفری جوشی روزمینی برای ذخیره‌سازی مواد نفتی مراجعه شود.

- برای انتخاب مقاطع و جنس هادی‌های هم‌بندی در صورت وجود نردبان متحرک بر روی سقف مخزن، یکی از هادی‌های هم‌بندی قابل انعطاف نسبت به حرکت نردبان باید در طول آن نصب شده و به نردبان هم‌بند شود.

¹ Drain-dry

- هادی همبندی نصب شده در طول نردبان باید علاوه بر همبندی پیوسته با نردبان، از یک سمت به بدنه مخزن و از سمت دیگر به سقف آن اتصال داده شود.
- در مواردی که یک نردبان متحرک بر روی مخزن تعبیه شده باشد، یک هادی قابل انعطاف با پهنای ۳۵ mm و ضخامت حداقل ۳ mm باید در لولای^۱ دو سمت پلکان، بین پلکان و بخش فوقانی بدنه مخزن و ما بین پلکان و سقف شناور، اجرا شود (مطابق پیوست D.5.5.2 استاندارد IEC 62305-3).
- انعطاف پذیری، سطح مقطع و مقاومت در برابر خوردگی هادی همبندی و ترمینال های آن باید به گونه ای باشند که حداکثر طول عمر ممکن را داشته باشد.
- هر بخش رسانا از سامانه آب بندی شامل فنر، قیچی و غشای آب بندی که به طور کامل در مایع غوطه ور نیستند باید از لحاظ الکتریکی نسبت به سقف شناور مخزن ایزوله شوند و/یا از طریق یکی از روش های زیر به آن همبند گردند:

- با استفاده از هادی همبندی مناسب؛
 - با استفاده از هادی فولاد زنگ نزن انعطاف پذیر با حداقل سطح مقطع 20 mm^2 ؛
 - با استفاده از هادی مناسب که توانایی عبور جریان مشابه هادی فولاد زنگ نزن انعطاف پذیر را داشته و در برابر خوردگی مقاوم باشد.
- در صورت نبودن امکان همبندی، چنانچه هر بخش رسانا از سامانه آب بندی از لحاظ الکتریکی نسبت به سقف شناور ایزوله شده باشد، سطح عایقی باید 1 kV یا بیشتر باشد.
- هر یک از اجزای لوله های اندازه گیری یا ستون های راهنما^۲، پایه های تلسکوپ یا هر بخشی که به سقف شناور نفوذ کند باید از لحاظ الکتریکی نسبت به سقف شناور مخزن ایزوله شود و/یا از طریق یکی از روش های زیر به آن همبند شود:

- با استفاده از هادی همبندی مناسب؛
 - با استفاده از هادی فولاد زنگ نزن منعطف با حداقل سطح مقطع 20 mm^2 ؛
 - با استفاده از هادی مناسب که توانایی عبور جریان مشابه هادی فولاد زنگ نزن انعطاف پذیر را داشته و در برابر خوردگی مقاوم باشد.
- چنانچه هر یک از اجزای لوله های اندازه گیری یا ستون های راهنما، پایه های تلسکوپ و/یا هر بخشی که به سقف شناور نفوذ کند از لحاظ الکتریکی نسبت به سقف شناور ایزوله شده باشد، سطح عایقی باید 1 kV یا بیشتر باشد.
- در شکل ب-۱، طرح واره نوعی از نحوه نصب و هادی همبندی و اتصال لغزشی مربوط به همبندی سقف شناور با جداره مخزن نشان داده شده است.

¹ Hinges

² Guide pole

پ- سایر الزامات هادی کنارگذر^۱ و سامانه همبندی مخازن سقف شناور

- رشته‌های هادی کنارگذر باید کاملاً یکپارچه و پیوسته و بدون انقطاع بوده و هیچ نوع اتصال میانی از هر نوعی (حتی جوش سر به سر الکتریکی یا فشاری سرد) در طول هادی مجاز نمی‌باشد.
- جنس قطعات سامانه همبندی باید با توجه به شرایط دمایی، میزان بارگذاری ناشی از تخلیه مخزن، ابعاد هندسی مخزن و بر اساس نتایج آزمون کشش و همچنین با توجه به شرایط خوردگی انتخاب شود.
- هادی کنارگذر باید استحکام کافی در برابر تنش‌ها، کشش‌ها و نیروهای اعمالی مطابق طراحی داشته باشد.
- الزامات مجموعه استانداردهای IEC 62561 و IEC 62305 و استانداردهای مرتبط با خوردگی در خصوص مشخصات الکتریکی و مکانیکی قطعات سامانه همبندی و همچنین مقاومت در برابر خوردگی قطعات باید رعایت شود.
- در محیط‌های خورنده، علاوه بر انتخاب قطعات اصلی مقاوم در برابر خوردگی، تعبیه روکش فلزی مقاوم در برابر خوردگی با جنس مناسب برای محفظه دستگاه و هادی کنارگذر توصیه می‌شود.
- حداقل ضخامت روکش‌ها و پوشش‌های فلزات باید منطبق بر مقادیر مندرج در استاندارد IEC 62305 و استانداردهای مرتبط با فلزات مورد نظر باشد.
- تمامی اتصالات باید الزامات مندرج در استاندارد IEC 62561-1 و الزامات حفاظت در برابر خوردگی مندرج در استاندارد IEC 62305-3 و سایر استانداردهای مرتبط را برآورده کنند.
- برای اتصال الکتریکی به سطح تمام شده مهره‌ها در بخش اتصالات قطعات و هادی‌ها، توصیه می‌شود از واشرهای فنی یا خورشیدی استفاده شود.
- در صورتی که امکان تماس هادی کنارگذر به بدنه و یا سقف در حین پر و خالی‌شدن مخزن وجود داشته باشد، باید هادی همبندی مجهز به روکش عایقی باشد. در این صورت، استفاده از عایق با حداقل سطح ولتاژ قابل تحمل ۱ kV الزامی می‌باشد.
- برای سامانه‌های همبندی با روکش عایقی، عایق هادی به گونه‌ای طراحی شود که در برابر نشتی جریان، اکسید شونده‌گی، سرما، گرما و حرارت، آب و هوا و خورشید، سایش، شعله، آب، مواد نفتی، مواد شیمیایی و ترکیبات هیدروکربنی و حلال‌ها پایدار بوده و قابلیت انبساط در حرارت و انقباض (جمع شونده‌گی) در سرما نداشته باشد.
- به منظور جلوگیری از پوسیدگی عایق هادی در برابر تشعشعات و حرارت نور خورشید، ترجیحاً عایق هادی از رنگ‌های روشن انتخاب شود.
- استفاده از کابل با روکش فلزی یا محافظ الکترومغناطیسی فلزی^۲ به عنوان سامانه همبندی مجاز نمی‌باشد.

^۱ By pass

^۲ Shield or armour

۶-۳-۲ اتصال الکتریکی بدنه مخازن دارای سامانه حفاظت کاتدی به سامانه زمین

۶-۳-۲-۱ تداخل‌های ولتاژ و جریان مزاحم AC و DC بر روی خطوط و مخازن دارای حفاظت کاتدی

حضور منابع مزاحم، مانند خطوط توزیع انرژی الکتریکی کابلی و هوایی هم‌جوار مخزن، خطاهای سامانه زمین تجهیزات الکتریکی، ضربات مستقیم و غیرمستقیم صاعقه و مواردی از این قبیل، منجر به القای ولتاژهای AC ناخواسته (دائم، موقت و یا لحظه‌ای) بر روی تاسیسات فلزی می‌شوند. این تداخل‌ها، عملکرد سامانه حفاظت کاتدی را مخدوش کرده، تاسیسات فلزی و عایق‌ها را تحت تنش الکتریکی قرار داده و اثرات مخرب برجای خواهند گذاشت.

یادآوری- علاوه بر اجرای سامانه‌های حفاظت کاتدی به‌صورت صحیح و ایمن، همواره نیاز به نصب تجهیزات ایمنی دیگری بر روی تاسیسات فلزی وجود دارد، به‌طوری‌که این تجهیزات ولتاژهای تداخلی احتمالی را به سامانه زمین هدایت کند و ضمن تامین ایمنی برای انسان‌ها، عملکرد سامانه حفاظت کاتدی را مختل نکرده، عایق‌ها را حفاظت نموده و از خوردگی AC نیز جلوگیری کند.

۶-۳-۲-۲ انواع تداخل‌ها و منابع تولید آن‌ها

الف- جریان‌های سرگردان ناشی از منابع مختلف از جمله خطوط ریلی الکتریکی، به‌صورت مقاومتی و از طریق زمین در محل نقص عایق‌ها وارد تاسیسات می‌شوند و موجب بروز «ولتاژهای تداخلی» شده و پتانسیل مخزن و تاسیسات سامانه حفاظت کاتدی شده را تغییر می‌دهند (مطابق استاندارد BS EN 50443).

یادآوری- جریان سرگردان به معنای جاری‌شدن جریان در مسیر ناخواسته است. اغلب جریان‌های سرگردان از نوع DC می‌باشند و از طریق روش تزریق جریان در سامانه‌های حفاظت کاتدی و یا خطوط ریلی DC ایجاد می‌شوند. اما جریان می‌تواند از هر سامانه الکتریکی که به زمین اتصال دارد، چه بصورت عمودی و/یا به‌طور تصادفی، تولید شود؛ بنابراین جریان AC هم در تعریف جریان‌های تداخلی گنجانده می‌شود.

ب- ولتاژهای تداخلی دائمی AC که توسط میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از خطوط ولتاژ بالا و متوسط توزیع انرژی الکتریکی، تولید می‌شوند.

پ- ولتاژهای تداخلی موقت AC که از طریق خطاهای اتصال کوتاه به زمین و نقص در عایق سامانه‌های الکتریکی که منجر به افزایش پتانسیل الکتریکی بدنه مخزن می‌شود، تولید می‌شوند و خطراتی را برای انسان‌ها و تجهیزات موجب خواهند شد.

ت- ولتاژهای تداخلی زودگذر و لحظه‌ای که توسط ضربه‌های صاعقه تولید می‌شوند.

۶-۳-۲-۳ الزامات اتصال الکتریکی بدنه مخازن دارای سامانه حفاظت کاتدی به سامانه زمین

مخازن فلزی که از زمین عایق شده‌اند، باید از طریق تجهیزات مناسب به زمین متصل شده و هم‌بندی برای آن‌ها صورت گیرد. اگر این تجهیزات به‌خوبی انتخاب شوند، بدون آسیب به مواد عایقی که ممکن است در معرض ضربه مستقیم باشند، جریان صاعقه به زمین تخلیه می‌گردد.

- چنانچه مخزنی مجهز به سامانه حفاظت کاتدی خارجی باشد، قابلیت اتصال مستقیم به سامانه زمین را ندارد (به پیوست الف مراجعه شود) باید همبندی در هر ۳۰ m از محیط مخزن، از طریق جرقه گیر جداساز و سلول پلاریزه کننده حالت جامد صورت گیرد (مطابق استاندارد IEC 62305-4).
- برای مخازنی که بر روی آن‌ها سامانه‌های الکتریکی/الکترونیکی نصب شده‌اند و به دلیل اجرای سامانه حفاظت کاتدی، امکان اتصال مستقیم آن‌ها به سامانه زمین مقدور نیست، لازم است با توجه به احتمال وجود تداخل‌های AC، دست کم دو دستگاه سلول پلاریزه کننده حالت جامد در مسیر همبندی نصب شود. سایر همبندی‌هایی که در فواصل ۳۰ m از محیط مخزن اجرا می‌شوند، می‌تواند از طریق جرقه گیر جداساز مناسب صورت گیرد.
- برای حفاظت از عایق فلنج لوله‌های متصل شده به مخزن، باید فقط جرقه گیر جداساز مناسب نصب شود.
- انتخاب جرقه گیر جداساز و سلول پلاریزه کننده حالت جامد در صورت نصب در محیط با احتمال خطر باید متناسب با الزامات محیط‌های مستعد خطر و با توجه به کلاس‌بندی حفاظتی آن‌ها صورت گیرد.

۴-۲-۳-۶ مشخصات و الزامات جرقه گیر جداساز و نحوه به کارگیری آن

- جرقه گیرهای جداساز به منظور همبندی غیرمستقیم برای حذف جرقه‌ها در اثر اختلاف پتانسیل‌های لحظه‌ای و گذرای ناشی از ضربه‌های مستقیم و غیرمستقیم صاعقه بر روی تاسیسات فلزی و مخازن عایق شده از زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرند و از جنبه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند.
- کلاس‌بندی جرقه گیرهای جداساز به صورت زیر است:
 - الف- از لحاظ توانایی «تحمل جریان صاعقه» به ۵ کلاس H, N, 1L, 2L, 3L تقسیم می‌شوند (به استاندارد IEC 62561-3 مراجعه شود).
 - ب- از لحاظ «محل نصب» به ۲ کلاس نصب در فضای داخل^۱ و نصب در فضای بیرونی^۲ تقسیم می‌شوند.
 - مشخصات جرقه گیرهای جداساز باید به گونه‌ای باشد که پس از نصب طبق دستورالعمل سازنده، برای اشخاص و سایر تجهیزات اطراف آن‌ها قابل اطمینان، پایدار و ایمن باشند.
 - جرقه گیرهای جداساز انتخابی باید با شکل موج $10/350 \mu s$ آزمون شده باشند و ضمن تحمل عبور جریان اصلی صاعقه، ولتاژ پسماند بر روی دو سر آن کمتر از ولتاژ تحمل شکست مواد عایقی مخازن و فلنج‌ها باشد.
 - جرقه گیرهای جداساز که در فضای بیرونی نصب می‌شوند باید از موادی ساخته شوند که در برابر اشعه فرابنفش، خوردگی و فرسایش مقاوم باشند.

^۱ Indoor

^۲ Outdoor

- لازم است طول کابل اتصالی جرقه‌گیر جداساز به دوسر عایق مورد حفاظت، تا جایی که ممکن است کوتاه باشد تا افت ولتاژ روی آن به علاوه ولتاژ حفاظتی جرقه‌گیر جداساز، از سطح تحمل عایق‌ها افزایش پیدا نکند.
- جرقه‌گیر جداساز انتخابی باید دارای شرایط زیر باشد:
- $I_{imp} \geq I_f$ باشد، I_f (معرف بخشی از جریان صاعقه بوده که ممکن است از بدنه مخزن عبور کند).
- میزان ولتاژ جرقه‌زنی $U_{R imp}$ کمتر از سطح تحمل شکست الکتریکی بخش‌های عایق مخزن و یا عایق فلنج لوله‌ها باشد.

۵-۲-۳-۶ مشخصات و الزامات سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد و نحوه به‌کارگیری آن در مخازن و تأسیسات حفاظت کاتدی‌شده

- این دستگاه به‌طور گسترده در شبکه‌های توزیع و سامانه‌های الکتریکی که ولتاژهای ناخواسته ناشی از منابع مزاحم، بر روی آن‌ها اثرات مخرب دارند، استفاده می‌شود.
- کاربرد سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد، جلوگیری از بروز تداخل‌های AC و DC در تأسیسات دارای سامانه حفاظت کاتدی می‌باشد. این تجهیز با نشان دادن مقاومت بالا، اجازه عبور جریان DC در بازه ولتاژ حفاظت کاتدی (به‌طور نمونه از ۳- تا ۱+) نمی‌دهد (مسدود می‌کند)، ولی به‌جای آن با نشان دادن مقاومت اندک در برابر تداخل جریان‌های مزاحم ناشی از عوامل مختلف چون ضربه‌های صاعقه، جریان AC دائم و یا جریان‌های خطای AC موقت، آن‌ها را به سمت زمین هدایت می‌کند.
- الزامات انتخاب سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد برای مخازن حفاظت کاتدی‌شده در زیر مشخص شده‌اند:
- در مواردی که هدف، کاهش خطرات ناشی از جریان‌های خطای موقت و کوتاه‌مدت AC در اثر اتصال کوتاه مصرف‌کننده‌های AC با بدنه مخزن باشد، انتخاب تحمل جریان خطای AC با توجه به شرایط زیر صورت می‌گیرد:
 - الف- مقدار جریان اتصالی (I_{sc}/kA) و زمان قطع کلید یا فیوز حفاظتی در تابلوی بالادست از طریق منحنی انرژی (زمان/جریان) رله مغناطیسی و فیوز در دسترس باشد.
 - ب- سطح مقطع کابل تغذیه تجهیز، طول کابل، جنس و نحوه اتصال هادی حفاظتی زمین^۲ که معرف مقدار جریان اتصال کوتاه با زمین دستگاه است، مشخص باشد.
 - ترمینال‌های مثبت و منفی دستگاه مورد توجه قرار گیرد به‌طوری‌که ترمینال منفی به مخزن و ترمینال زمین به سامانه زمین متصل شود (بر مبنای دستورالعمل نصب سازنده)

¹ Rated Impulse Sparkover Voltage

² Protective earth (PE)

اگر به هر دلیل سلول پلاریزه کننده حالت جامد آسیب ببیند و از کار خارج شود، لازم است در هنگام وجود تداخل های AC، مسیری کم امپدانس برای اتصال به سامانه زمین ایجاد کند. بنابراین دستگاه باید به صورت «ایمن در مقابل خرابی»^۱ باشد و در تمامی شرایط، ایمنی را برای تاسیسات تحت حفاظت فراهم کند.

مطابق استاندارد NACE SP0177، سلول پلاریزه کننده حالت جامد باید قادر به عبور و تحمل جریان صاعقه با شکل موج $8/20 \mu s$ ، باشد. در صورتی که مخازن فقط از طریق سلول پلاریزه کننده حالت جامد به سامانه زمین متصل شده باشند، باید توانایی تحمل شکل موج $10/350 \mu s$ را داشته باشد.

برای مخازنی که حداکثر دو اتصال به سامانه زمین دارند از سلول پلاریزه کننده حالت جامدی استفاده شود که علاوه بر شکل موج $8/20 \mu s$ ، توانایی تحمل شکل موج $10/350 \mu s$ را داشته باشد.

۳-۳-۶ همبندی غیرمستقیم برای کابل های ولتاژدار تغذیه و سیگنال متصل شده به مخازن

هنگامی که مخزن در معرض ضربه صاعقه قرار می گیرد، علاوه بر بروز جرقه ناشی از اختلاف پتانسیل در آن و تاسیسات فلزی مجاورش، می تواند از طریق تجهیزات و سامانه های الکتریکی / الکترونیکی نصب شده بر روی مخزن که به کابل های طولانی تغذیه و سیگنال متصل هستند نیز، در معرض خطر و آسیب قرار گیرد.

در راستای هم پتانسیل سازی، استفاده از برقگیرهای حفاظتی بر روی خطوط تغذیه (موتورها، چراغ ها، کابل های سیگنال اندازه گیری، دوربین ها و اعلام حریق) و همبندی غیرمستقیم آن ها با سامانه زمین، در هنگام بروز صاعقه و ضربه الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP)، جرقه ها را حذف کرده و احتمال آسیب را کاهش خواهند داد.

همچنین، موجب کاهش احتمال انتشار موج فراتاخت و امواج گذرای الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه به سمت تاسیسات الکتریکی و ابزار دقیق بالادستی می شود (برای هر یک از کابل های سیگنال و الکتریکی مستقل).

۱-۳-۳-۶ الزامات انتخاب و نصب برقگیرهای حفاظتی*

- برقگیر حفاظتی انتخابی باید از نوع سوئیچ کننده بوده و در ساختمان آن از اجزایی مانند ISG، کپسول تخلیه گازی^۲، کپسول تخلیه مستقیم^۳ و تریستور استفاده شده باشد.
- برقگیر حفاظتی باید تحمل عبور بخشی از جریان مستقیم صاعقه را داشته و با شکل موج $10/350 \mu s$ آزمون شده باشد.

¹ Fail-safe

² Surge Protection Device (SPD)

³ Gas Discharge Tube (GDT)

⁴ Solid Discharge Tube (SDT)

یادآوری ۱- با توجه به طول کابل‌ها، و به منظور پوشش خطر و هماهنگی انرژی بین برقگیرهای حفاظتی نحوه اتصال به سامانه زمین مخازن در سایت و تعداد کابل‌های ارتباطی، طبق نظر طراح می‌توان از برقگیرهایی که با شکل موج $8/20 \mu s$ آزمون شده‌اند نیز بهره برد.

- برقگیرهای حفاظتی باید در خارج از منطقه خطر نصب شوند و/یا دارای گواهی به‌کارگیری در منطقه خطر با کلاس حفاظتی مناسب باشند.

هنگامی که تعداد زیادی کابل بین مخازن متصل بهم در حال عبور هستند، در صورت استفاده نکردن از داکت‌های فلزی، روکش فلزی یا محافظ الکترومغناطیسی فلزی کابل‌ها باید در هر دو انتها با سامانه زمین مخازن و تاسیسات هم‌بند شوند.

- برقگیرهای حفاظتی انتخابی باید مطابق استانداردهای IEC 61643-11 و IEC 61643-12 و IEC 62305-4 بوده و مشخصات زیر را داشته باشند:

• $I_{imp} \geq k_c I$ معرف جریان اصلی صاعقه با شکل موج $10/350 \mu s$ است که از سامانه LPS عبور می‌کند (پیوست E استاندارد IEC 62305-1).

• سطح ولتاژ حفاظتی U_p کمتر از سطح تحمل عایقی بین بخش‌های مختلف باشد.

• در محوطه مخازن ذخیره‌سازی^۱، خطوط فلزی متصل شده به مخازن، مسیر کم‌امپدانسی را برای عبور جریان صاعقه ایجاد می‌کنند. بنابراین بخش قابل توجهی از جریان صاعقه از این خطوط متصل بهم عبور می‌کند که در این حالت:

- هم‌بندی به‌طور مستقیم یا از طریق برقگیرهای حفاظتی برای خطوط کابلی تغذیه و سیگنال در جعبه اتصال مجاور مخازن الزامی است.

- خطوط ممکن است با نصب هادی هم‌بندی، موازی با آن‌ها، حفاظت شوند. بنابراین جریان صاعقه بین خطوط و هادی‌های موازی تقسیم می‌شود.

- پیشنهاد می‌شود که هادی‌های ولتاژدار تغذیه و سیگنال از مجراهای فلزی و/یا داکت‌های فلزی بسته و متصل به زمین عبور کنند. در این حالت، خطوط داخل داکت و مجرا نیز در مقابل ضربات مستقیم و جریان‌های القایی حفاظت شده‌اند.

یادآوری ۲- اگر بین سامانه‌های زمین مخازن اتصال برقرار شود، حفاظت خطوط داخل داکت، با متصل نمودن داکت‌های فلزی به زمین همچنان پیشنهاد می‌شود.

اگر حفاظت سامانه‌های الکتریکی/الکترونیکی منصوب بر روی مخازن در برابر موج‌های فراتاخت ناشی از برخورد مستقیم و غیرمستقیم مورد نیاز باشد، باید هماهنگی انرژی^۲ بین برقگیرهای حفاظتی مطابق بند 7 استاندارد IEC 62305-4 در نظر گرفته شود.

تمام هادی‌ها باید به‌طور مستقیم یا با استفاده از یک برقگیر حفاظتی به شبکه زمین هم‌بند شوند. هادی‌های فعال (هادی‌های برقدار که شامل هادی خنثی هم می‌شوند و هادی‌های حامل سیگنال) باید توسط برقگیر

¹ Tank farms

² Energy coordination

حفاظتی به شینه هم‌بندی متصل شوند. در سامانه‌های TN^۱، سیم حفاظتی زمین و سیم حفاظتی خنثی^۲ زمین شده هادی‌ها باید به‌طور مستقیم یا از طریق برقگیر حفاظتی به شینه هم‌بندی متصل شوند. از نقطه نظر حفاظت در برابر صاعقه، اتصال به سامانه زمین کابل با روکش فلزی یا محافظ الکترومغناطیسی فلزی کابل‌های فیبر نوری به سامانه زمین مخازن الزامی است. این کار می‌تواند به‌طور مستقیم در نزدیک‌ترین جعبه تقسیم مجاور مخزن و یا به‌طور غیرمستقیم از طریق برقگیرهای حفاظتی نصب شده بر روی کابل‌های سیگنال که مجهز به کپسول تخلیه گازی (GDT) در ترمینال مخصوص روکش فلزی هستند، صورت گیرد. یادآوری ۳- حداقل مقطع سیم اتصال به زمین برای هم‌بندی از طریق برقگیرهای حفاظتی متناسب با کلاس حفاظتی انتخاب شود (به استاندارد IEC62305-4 مراجعه شود).

برای مدارهای واسط ایزوله‌کننده و اتصال دهنده‌های نوری^۳ که بر روی کابل‌های سیگنال قرار می‌گیرند و می‌توانند تا حدی ولتاژهای القایی را محدود کنند، باید همچنان برقگیر حفاظتی نصب شود، اما سطح ولتاژ حفاظتی برقگیر حفاظتی باید هماهنگ با سطح ایمنی این اتصال‌دهنده‌ها انتخاب شود.

۷ بازرسی، تعمیرات و نگهداری

۷-۱ کلیات

هدف از بازرسی، آزمون و نگهداری سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه، اطمینان از مطابقت با استاندارد طراحی می‌باشد. با توجه به اهمیت سامانه‌های حفاظت در برابر صاعقه (حفاظت خارجی و حفاظت داخلی در برابر صاعقه) و زمین برای تامین ایمنی افراد و تاسیسات، این سامانه‌ها باید براساس استانداردهای مرتبط به‌صورت منظم و دوره‌ای بازدید و آزمون شوند و در موارد لازم، باید تعمیرات لازم انجام شود.

انجام بازرسی‌های ظاهری از سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه، باید مطابق برنامه زمانی تعیین شده انجام شوند. انجام عملیات مربوط به بازرسی دوره‌ای کامل (انجام آزمون‌های سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه) باید بر طبق برنامه زمانی تعیین شده، انجام شود.

۷-۲ ایمنی عمومی

هنگام بازرسی سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه باید اقدامات احتیاطی و ایمنی انجام گیرد. زیرا یک ولتاژ مهلک می‌تواند بین الکتروود زمین تحت آزمون و زمین دور بوجود آید. قطع برق یک تاسیسات، لزوماً سامانه زمین آن را بی‌خطر نمی‌کند؛ پتانسیل زمین می‌تواند تا چندین هزار ولت ناشی از بروز خطا و عملیات کلیدزنی در تاسیسات مجاور، افزایش پیدا کند. ولتاژهای گام و تماس حول الکتروود زمین تحت

^۱ Terra neutral (TN)

^۲ Protective earthed neutral (PEN)

^۳ Optocoupler

آزمون، تجهیزات آزمون و زمین دور نیز می‌تواند مهلك باشد. از این‌رو اقدامات احتیاطی که به منظور ایمنی و کاهش خطرات حین بازرسی باید لحاظ شود در ادامه ارائه شده و رعایت آن‌ها الزام‌آور است.

اقدامات احتیاطی که برای ایمنی و کاهش خطرات حین بازرسی از سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه باید لحاظ شوند، شامل موارد زیر است:

- صلاحیت کارکنان: تمامی کارها باید تحت کنترل و هدایت شخص ذی‌صلاح انجام گیرد و تمامی کارکنان درگیر در روند آزمون باید اشخاص آموزش دیده باشند. از تماس مستقیم با سیم‌های ارتباطی دستگاه و میله‌ها در طول آزمون خودداری نمود (مگر موارد خاص که آموزش لازم در این ارتباط برای کارکنان ذی‌ربط برگزار شده باشد) توجه ویژه شود که سیم‌های ارتباطی دستگاه از میان زمین‌های قابل دسترس عموم و/یا احشام عبور داده نشود.
- احتمال وقوع صاعقه: اگر وقوع صاعقه (قابل رؤیت یا شنیدن) محتمل بوده و اعلان خطر صاعقه صادر شده باشد، کار نباید شروع و یا ادامه پیدا کند؛ چرا که احتمال تحت تأثیر قرار گرفتن شبکه‌ای که به سامانه زمین متصل است وجود دارد. اگر در شبکه‌های متصل به سامانه زمین، کلیدزنی ناشی از اتصالی رخ دهد، کار نباید انجام شود.
- تجهیزات حفاظت شخصی: ارتباط میله‌های دستگاه آزمون زمین (اجزای هادی بیگانه) با آرایش سامانه زمین می‌تواند باعث ولتاژ تماس بالایی شود. در نتیجه باید کفش عایق مناسب، لباس مقاوم در برابر حریق و دستکش عایق (۷/۵ kV) در طی انجام آزمون پوشیده شود.
- تجهیزات آزمون: برای اطمینان از ایمنی کاربر و سازگاری عملکرد روی سامانه زمین، تمامی تجهیزات آزمون انتخاب شده باید در راستای ایمنی مطابق با مجموعه IV استاندارد BS EN 61010 و در راستای عملکرد مطابق با استاندارد IEC 61557 باشد. اگر تجهیز دیگری استفاده شود نباید درجه ایمنی و عملکرد پایینی را فراهم نماید. رابط‌های آزمون عایق‌دار باید به‌طور مناسب ارزیابی شده و از طول و استحکام کافی برای کشیده شدن در طی مسیر برخوردار باشد. رابط‌های جریان و ولتاژ باید از رنگ‌های متفاوت باشد تا اینکه از سردرگمی موقع اتصال به دستگاه آزمون جلوگیری شود. بررسی پیوستگی رابط‌ها قبل از استفاده ضروری است. باید یک کفپوش عایق که به اندازه کافی بزرگ باشد برای تجهیزات آزمون و کارکنان در دسترس بوده و موقع آزمون استفاده شود.
- مسیر آزمون: مسیر آزمون باید طوری انتخاب شود که تا جایی که امکان‌پذیر است، مستقیم بوده ضمن اینکه هر گونه خطری را کاهش دهد. تا آنجایی که ممکن است مسیر نباید از جاده‌ها و یا پیاده‌روهای پر رفت و آمد عبور کند مگر اینکه اقدام احتیاطی مناسب و علامت‌های مقتضی در محل در نظر گرفته شود. جایی که رابط‌ها به‌صورت حلقه جمع شده باشند باید قبل از شروع آزمون به‌طور کامل باز شود تا اینکه اندوکتانس رابط و خطای اندازه‌گیری پتانسیل را کاهش دهد. رابط‌های آزمون ترجیحاً نباید

- موازی با خطوط برق هوایی برای یک طول قابل ملاحظه امتداد یابند. به منظور مقایسه‌های آتی باید مسیر آزمون و محل میله‌ها ثبت شود.
- ارتباط: در زمان آزمون مقاومت سامانه زمین، شخص دارای صلاحیت که مسئول انجام کار است، در مسیرهای طولانی، باید ارتباط دائمی با نفراتی که در نقطه ای دور از محل آزمون، وظیفه جابجایی سیم‌ها^۱ و میله‌های آزمون را دارند، داشته باشد.
 - آزمون وجود ولتاژها روی سامانه زمین: قبل از هرگونه آزمون زمین، لازم است از نبود ولتاژهای سرگردان روی زمین تحت آزمون مطمئن شد. بهتر است از یک آشکارساز ولتاژ تأیید شده به منظور انجام این کار استفاده شود.
 - برای جلوگیری از اعمال شوک به کارکنان، نباید عملیات بازدید و آزمون سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه در طی شرایط آب و هوایی طوفانی صورت گیرد.
 - در هنگام انجام عملیات بازدید و آزمون و تعمیرات در بالای مخازن، باید تدابیر حفاظتی لازم برای جلوگیری سقوط از ارتفاع اتخاذ شود و حضور دست‌کم دو نفر الزامی است (طبق دستورالعمل (MOP-HSED-IN-201(1)).
 - تجهیزات آزمون و اندازه‌گیری که در مناطق خطر استفاده می‌شوند باید گواهی‌نامه ضدانفجار داشته باشند (طبق دستورالعمل (MOP-HSED-IN-201(1)).
 - در هنگام عملیات بازدید و آزمون و تعمیرات در محدوده نواحی خطر (در مجاورت و بالای مخازن)، از به همراه داشتن هر گونه وسایل الکتریکی و الکترونیکی نظیر مولتی‌متر، بی‌سیم، چراغ دستی معمولی، ساعت، گوشی همراه (بجز تجهیزات آزمون از نوع ضدانفجار) اکیداً خودداری شود.
 - در هنگام عملیات بازدید و آزمون و تعمیرات در محدوده نواحی خطر (در مجاورت و بالای مخازن)، تدابیر لازم جهت جلوگیری از ایجاد الکتریسته ساکن اتخاذ شود.
 - هماهنگی با کارکنان ایمنی و اخذ پروانه کار گرم برای هرگونه عملیات بازدید و آزمون و تعمیرات در محدوده مخازن الزامی است.
 - رعایت تمامی نکات ایمنی در هنگام بازدید و آزمون و همچنین رعایت تمامی نکات ذکر شده در دستورالعمل اجرای بازدید ایمن مرجع ذیصلاح قانونی ذیربط الزامی است.
 - درخصوص تمامی بندهای فوق و همچنین سایر نکات ایمنی لازم از مرجع ذیصلاح قانونی ذیربط استعلام‌های لازم به عمل آید.

¹ Wires

۷-۳ دامنه و مراحل بازرسی

عملیات بازرسی شامل بررسی مستندات فنی، بازرسی‌های ظاهری، آزمون و ثبت رویدادها در یک گزارش بازرسی می‌باشد. تمامی مستندات فنی مربوط به سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه باید از لحاظ کامل بودن، مطابقت با استاندارد طراحی و مطابقت با نحوه اجرا مورد بررسی قرار گیرند.

بازدید سامانه حفاظت در برابر صاعقه می‌تواند شامل بازدید چشمی (توسط گروه بازرسی و تعمیرات) و یا شامل انجام آزمون‌های الکتریکی (توسط گروه تعمیرات و با نظارت گروه بازرسی) باشد.

تمامی سامانه‌های حفاظت در برابر صاعقه، باید در هر یک از مراحل زیر مورد بازرسی قرار گیرد:

- در مرحله نصب؛
- بعد از تکمیل فرایند نصب؛
- در طی بازدیدهای دوره‌ای؛
- بعد از تغییرات و اصلاح سامانه؛
- بعد از انجام تعمیرات؛
- بعد از برخورد صاعقه به سازه.

۷-۴ برنامه زمان‌بندی بازرسی و آزمون

بازدیدها و آزمون‌های الکتریکی سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید در فواصل دوره‌ای منظم مطابق دوره‌های ذکر شده در جدول ۱ انجام شود.

سطوح بازدید و فواصل زمانی بازدید، به نوع تجهیز، راهنمای سازندگان و عوامل تاثیرگذار بر خرابی و نتایج بازرسی‌های قبلی وابسته می‌باشد.

براساس استاندارد IEC62305-3، حداکثر بازه زمانی بازرسی ظاهری و همچنین انجام آزمون‌های سامانه حفاظت در برابر صاعقه به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱: حداکثر بازه زمانی انجام آزمون و بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه (IEC 62305-3)

سطح حفاظت در برابر صاعقه (LPL)	بازه زمانی بازرسی ظاهری (سال)	بازه زمانی بازرسی کامل و انجام آزمون‌های الکتریکی (سال)	بازه زمانی شرایط خاص الف و ب بازرسی کامل (سال)
I و II	۱	۲	۱
III و IV	۲	۴	۱

الف: برای سازه‌های دارای خطر انفجار و اشتعال، بازرسی‌های ظاهری باید هر شش ماه یک مرتبه و برای آزمون‌های الکتریکی

سطح حفاظت در برابر صاعقه (LPL)	بازه زمانی بازرسی ظاهری (سال)	بازه زمانی بازرسی کامل و انجام آزمون‌های الکتریکی (سال)	بازه زمانی شرایط خاص الف و ب بازرسی کامل (سال)
هر یک سال یک مرتبه انجام شود. ب: شرایط خاص می‌تواند شامل تأسیسات حاوی سامانه‌های حساس داخلی و مکان‌های با تجمع زیاد افراد باشد. یادآوری- برای سازه‌های ایمن، بازرسی‌های ظاهری باید هر یک سال یک مرتبه و برای آزمون‌های الکتریکی هر دو سال یک مرتبه انجام شود.			

مطابق جدول فوق، سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید دست‌کم به‌صورت سالیانه برای کلاس حفاظت در برابر صاعقه ۱ و ۲ و دست‌کم هر دو سال یک‌بار برای کلاس حفاظت در برابر صاعقه ۳ و ۴ مورد بازرسی ظاهری قرار گیرد. در برخی از مناطق که شرایط خاص آب و هوایی وجود دارد فواصل زمانی بازرسی کمتر از مقادیر ارائه شده در جدول فوق پیشنهاد می‌شود. در مواردی که سامانه حفاظت در برابر صاعقه یکی از الزامات شرکت‌های بیمه می‌باشد سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید هر سال مورد بازرسی کامل (آزمون الکتریکی) قرار گیرد.

در مناطق دارای سازه‌های با خطر انفجار و اشتعال نظیر مخازن ذخیره میعانات نفتی و گازی و همچنین در محل‌های با تغییرات اقلیمی شدید، صرف‌نظر از کلاس طراحی، لازم است بازدیدهای ظاهری سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه (از لحاظ خوردگی، قطعی سیم‌ها و اتصال‌ها و) در دوره‌های شش ماهه صورت گیرد. همچنین لازم است آزمون‌های الکتریکی کلیه تجهیزات سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه مورد استفاده در سازه‌های با مواد قابل انفجار، حداکثر هر ۱۲ ماه یک مرتبه انجام شود.

در بسیاری از مناطق جغرافیایی، به‌خصوص در مناطق با تغییرات فصلی (برای مثال تغییرات دمایی و یا بارندگی قابل توجه)، تغییرات مقاومت سامانه زمین (با اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک در لایه‌های عمقی) در شرایط مختلف آب و هوایی در نظر گرفته شوند.

سامانه‌های حفاظت داخلی در برابر صاعقه نظیر برقگیرهای حفاظتی و کلیه تجهیزات ایزولاسیون نظیر جرقه‌گیرهای جداساز و سلول‌های پلاریزه‌کننده حالت جامد باید مطابق دستورالعمل شرکت سازنده در بازه‌های زمانی بیشینه شش ماه و/یا در هنگام بازدیدهای ظاهری مورد بازرسی قرار گیرند و همچنین حداکثر ۱۲ ماه و یا هر زمان که آزمون سامانه حفاظت در برابر صاعقه انجام می‌شود و و بعد از هرگونه برخورد مشکوک صاعقه آزمون شوند.

به‌طور کلی، فواصل زمانی بین بازرسی و نگهداری سامانه حفاظت در برابر صاعقه، بوسیله عوامل زیر تعیین می‌شود:

- دسته‌بندی سازه یا ناحیه تحت حفاظت به ویژه با توجه به پیامد آسیب‌های وارده؛

- جنس اجزای اختصاصی سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
 - نوع سطحی که سامانه حفاظت در برابر صاعقه بر روی آن نصب شده است؛
 - شرایط محیطی:
 - در محیط های خورنده، بازه های زمانی بازرسی باید بر اساس میزان خوردگی محیطی باشد؛
 - در جایی که محیط خورنده باشد، فواصل زمانی بین بازرسی ها باید کوتاه تر در نظر گرفته شود؛
 - سامانه های حفاظت در برابر صاعقه نصب شده در محیط های با تغییرات شدید دمایی، باید پس از طی چرخه دمایی انجماد و بازگشت به حالت عادی، مورد بازرسی قرار گیرد؛
 - شرایط خاک و نرخ خوردگی؛
 - خاک های خورنده ؛
 - سامانه های زمین در مکان هایی که یخ زدگی به عمق خاک و سامانه زمین نفوذ می کند و یا مکان هایی که دارای تغییرات زیاد رطوبت خاک می باشند؛ - کلاس حفاظت سامانه؛
 - سوابق شکایت ها و گزارشات خرابی و عیوب.
- علاوه بر موارد فوق، یک سامانه حفاظت در برابر صاعقه، باید پس از هر گونه تغییر یا تعمیر قابل ملاحظه سازه تحت حفاظت و یا پس از برخورد صاعقه، مورد بازرسی قرار گیرد.
- بهتر است در مناطق با خطر انفجار و اشتعال، عملیات بازرسی، آزمون و نگهداری از سامانه های زمین و حفاظت در برابر صاعقه همراه با عملیات بازرسی، آزمون و نگهداری از سایر تجهیزات الکتریکی موجود در نواحی خطر انجام شود ولی برنامه ریزی تعمیرات و بازرسی باید به صورت هماهنگ شده با یکدیگر صورت گیرد.

۵-۷ بازرسی ظاهری

- بازرسی های ظاهری باید به منظور اطمینان از موارد زیر انجام شود:
- طراحی مطابق این استاندارد انجام شده باشد؛
 - سامانه حفاظت در برابر صاعقه در شرایط مناسبی قرار دارد؛
 - اتصالات شل نیستند و هادی های سامانه حفاظت در برابر صاعقه و اتصالات به صورت سهوی قطع نشده اند؛

- هیچ بخشی از سامانه حفاظت در برابر صاعقه، به‌خصوص بخش‌هایی که در نزدیکی سطح زمین قرار دارند، در اثر خوردگی ضعیف نشده‌اند؛
 - تمامی بخش‌های قابل رویت اتصال‌های زمین سالم هستند (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری)؛
 - تمامی هادی‌های قابل رویت و اجزای سامانه حفاظت در برابر صاعقه به سطوحی که بر روی آن قرار گرفته‌اند محکم شده‌اند و اجزایی که حفاظت مکانیکی را بر عهده دارند سالم بوده (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری) و در مکان مناسب قرار گرفته‌اند؛
 - بخش جدیدی به سازه تحت حفاظت، اضافه نشده‌است یا تغییراتی در سازه تحت حفاظت بوجود نیامده‌است که نیاز به حفاظت داشته باشد؛
 - نشانه‌ای از وارد شدن آسیب به سامانه حفاظت در برابر صاعقه، برقگیرهای حفاظتی و هیچ مشکلی در قطع‌کننده‌های برقگیرهای حفاظتی (فیوزهای حفاظتی و کلیدها) وجود ندارد؛
 - هم‌بندی به‌منظور هم‌پتانسیل‌سازی صحیح برای هر نوع سرویس یا بخش جدیدی که پس از آخرین بازرسی به سازه اضافه شده، صورت پذیرفته است و آزمون پیوستگی برای این قبیل بخش‌های اضافه شده انجام شده است؛
 - هادی‌های هم‌بندی و اتصال‌ها در داخل سازه وجود داشته و سالم هستند (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری)
 - فواصل جداسازی رعایت شده‌اند؛
 - هادی‌های هم‌بندی، اتصال‌ها، تجهیزات شیلد کردن، مسیر کابل‌ها و برقگیرهای حفاظتی مورد بررسی و آزمون قرار گرفته‌اند؛
- در طی بازدیدهای دوره‌ای، بررسی موارد زیر از اهمیت خاصی برخوردار است:
- معیوب بودن و خوردگی متعلقات سامانه پایانه هوایی، هادی‌ها و اتصال‌ها؛
 - خوردگی الکترودهای زمین؛
 - مقدار مقاومت زمین برای سامانه زمین؛
 - وضعیت اتصال‌ها، هم‌بندی‌ها و نگه‌دارنده‌ها.

۶-۷ آزمون سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه

۱-۶-۷ فرآیند آزمون سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه

بازرسی و آزمون سامانه حفاظت در برابر صاعقه مشتمل بر بازرسی ظاهری بوده و باید مطابق اقدامات زیر (توسط گروه تعمیرات و با نظارت گروه بازرسی فنی) تکمیل شود:

- انجام آزمون‌های پیوستگی مسیر، به‌ویژه پیوستگی بخش‌هایی از سامانه حفاظت در برابر صاعقه که در هنگام نصب اولیه قابل رویت نبودند و در آینده نیز برای بازرسی ظاهری در دسترس نمی‌باشند؛
- بررسی ظاهری تمامی هادی‌ها، هم‌بندی‌ها، اتصال‌ها یا اندازه‌گیری پیوستگی الکتریکی مسیر و ثبت نتایج در گزارش اندازه‌گیری؛
- آزمون برقگیرهای حفاظتی بدون نشان‌دهنده ظاهری، ترجیحاً با استفاده از دستورالعمل‌ها یا تجهیزات توصیه‌شده بوسیله شرکت سازنده؛
- اندازه‌گیری مقاومت سامانه زمین.

۷-۶-۲ ملاحظات اندازه‌گیری مقاومت سامانه زمین

اندازه‌گیری‌های ایزوله و ترکیبی و بررسی‌های مقاومت زمین هر الکتروود محلی (در صورتی که ابزار جداسازی کافی فراهم باشد) و در جاهایی که عملی و امکان‌پذیر است، مقاومت زمین کل سامانه زمین انجام شود و باید نتایج آن در گزارش بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه ثبت شوند.

اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین محلی باید از طریق جداسازی گیره آزمون^۱ بین سامانه هادی نزولی و الکتروود زمین در حالت قطع اتصال (اندازه‌گیری ایزوله) انجام شود.

اگر مقاومت سامانه زمین (مقاومت کل الکتروودهای زمین) از 10Ω بیشتر شود در این صورت باید بررسی شود که طول الکتروود زمین مورد نیاز مطابق بند 5.4 استاندارد IEC 62305-3 رعایت شده باشد. در صورتی که طول الکتروود مورد نیاز مطابق استاندارد باشد، نیازی به نصب الکتروود اضافی نمی‌باشد. اگر اندازه‌گیری مقاومت زمین، افزایش یا کاهش قابل‌توجهی داشته باشد، باید بررسی‌های بیشتری در مورد علت این تغییرات صورت پذیرد.

برای اجرای الکتروودهای زمین در زمین‌های صخره‌ای باید الزامات بند E.5.4.3.5 از استاندارد IEC 62305-3 رعایت شود. الزام رسیدن به مقاومت کمتر از 10Ω در این مورد کاربرد ندارد.

در صورتی‌که سامانه زمین منطبق بر الزامات فوق نباشد و/یا به دلیل کمبود اطلاعات، امکان بررسی این الزامات میسر نباشد، سامانه زمین باید با استفاده از نصب الکتروودهای بیشتر یا از طریق نصب یک سامانه جدید بهبود یابد.

هنگامی‌که مقادیر اندازه‌گیری شده مقاومت زمین، تغییرات قابل ملاحظه‌ای نسبت به مقدار پیش‌بینی شده در طراحی را نشان می‌دهد، به‌ویژه هنگامی‌که مقاومت زمین در خلال بازرسی‌ها به‌صورت مداوم در حال افزایش است، احیاء و بهبود سامانه زمین باید مورد توجه قرار گیرد.

¹ Test joint

اندازه‌گیری مقاومت زمین به صورت فرکانس بالا و یا ضربه‌ای به منظور تعیین مقاومت فرکانس بالا و ضربه‌ای سامانه زمین مفید می‌باشد. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در مراحل نصب و همچنین به صورت دوره‌ای برای نگهداری سامانه زمین، به منظور بررسی موثر و کارا، بین سامانه زمین طراحی شده و مورد نیاز انجام داد.

۶-۳ الزامات آزمون سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه

برای اندازه‌گیری مقاومت زمین در تاسیسات قابل انفجار، باید از روش آزمون افت پتانسیل سه نقطه‌ای استفاده شود. مقایسه نتایج اندازه‌گیری باید بر مبنای نقاط یکسان صورت گیرد.

مقاومت DC هر تجهیز مجزای هم‌بند شده با سامانه حفاظت در برابر صاعقه نباید از $200\text{ m}\Omega$ بیشتر باشد. در خصوص هادی هم‌بندی سقف شناور با بدنه، مقاومت سر به سر هادی هم‌بندی نباید بیشتر از $30\text{ m}\Omega$ باشد.

در هنگام انجام عملیات آزمون مقاومت DC، باید روش آزمون و الزامات ذکر شده در دستورالعمل‌های شرکت سازنده تجهیزات مرتبط نیز مدنظر قرار گیرد.

ابزار و تجهیزات مورد استفاده برای انجام آزمون‌های مورد نیاز باید مطابق با استاندارد IEC 61557-4 انتخاب شوند.

ابزارها، وسایل و تجهیزات آزمون باید مطابق دستورالعمل شرکت سازنده، به طور مناسبی نگهداری و کالیبره شده باشند (مطابق دوره زمانی تعیین شده توسط شرکت‌های سازنده).

بازرس قبل از هرگونه انجام عملیات آزمون و بازرسی باید اعتبار گواهینامه کالیبراسیون را بررسی نماید.

هر گاه مشخص شود که یکی از ابزار یا تجهیزات اندازه‌گیری از شرایط مناسبی برخوردار نیست بازرس باید صحت نتایج اندازه‌گیری قبلی را نیز مورد ارزیابی و سنجش قرار دهد.

فقط ابزارهایی برای انجام آزمون مقاومت زمین مجاز می‌باشند که صرفاً برای این منظور طراحی شده باشند.

آزمون‌های تجهیزات سامانه زمین و سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید توسط کارکنان متخصص در این حوزه انجام شود.

فقط کارکنان واجد شرایطی که مهارت کافی داشته و آموزش‌های ضروری و تخصصی مرتبط را گذرانده باشند و دارای گواهینامه صلاحیت حرفه‌ای کار در مناطق مستعد انفجار باشند مجاز به انجام عملیات نگهداری، بازرسی و آزمون تاسیسات قابل انفجار می‌باشند.

۷-۷ مستندسازی گزارش‌های بازرسی

راهنمای بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید برای ایجاد سهولت در انجام بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه تهیه شود. این مستندات باید به منظور راهنمایی بازرس سامانه در انجام فرآیند بازرسی شامل

اطلاعات کافی باشد، به گونه‌ای که تمامی موارد مهم همانند روش نصب سامانه حفاظت در برابر صاعقه، روش‌های آزمون و نتایج آزمون صورت پذیرفته در آن ثبت شود.

اطلاعات ثبت شده سامانه حفاظت در برابر صاعقه به همراه طراحی سامانه حفاظت در برابر صاعقه و گزارش‌های بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید بایگانی شود.

گزارش بازرسی سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- شرایط کلی هادی‌های سامانه پایانه هوایی و سایر اجزای پایانه هوایی؛
 - میزان کلی خوردگی و شرایط سامانه حفاظت کاتدی؛
 - ایمن بودن و محکم بودن نگهدارنده‌های هادی‌ها و اجزای سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
 - اندازه‌گیری‌های مقاومت زمین سامانه زمین؛
 - هر گونه انحراف از رعایت الزامات استاندارد طراحی؛
 - مستندسازی تمامی تغییرات و توسعه سامانه حفاظت در برابر صاعقه و همچنین ایجاد هر گونه تغییرات در سازه تحت حفاظت و بازبینی نقشه‌های اجرایی سامانه حفاظت در برابر صاعقه و جزئیات طراحی سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
 - نتایج آزمون‌های انجام شده؛
 - نتایج بررسی انطباق و احراز اصالت گواهی‌نامه‌ها و مدارک.
- لازم است سوابق ثبت شده بازرسی و نگهداری برای هر تجهیز، به منظور ارزیابی و آنالیز نتایج، بایگانی شوند. همچنین هر گونه آسیب وارده ناشی از برخورد صاعقه به سازه یا سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید بلافاصله مستندسازی و در گزارش‌های بازرسی ثبت شده و به مرجع ذیصلاح گزارش شوند.

۷-۸ نگهداری و تعمیرات

۷-۸-۱ کلیات

اگرچه لازم است طراح سامانه حفاظت در برابر صاعقه، پیش‌بینی لازم در ارتباط با حفاظت در برابر خوردگی و تعیین ابعاد اجزای سامانه حفاظت در برابر صاعقه، با در نظر گرفتن آسیب ناشی از سامانه حفاظت در برابر صاعقه یا شرایط خاص آب و هوایی علاوه بر الزامات این دستورالعمل را انجام دهد، ولی با توجه به اینکه اجزای سامانه حفاظت در برابر صاعقه به مرور زمان کارایی خود را به علت خوردگی، آسیب ناشی از شرایط آب و هوایی، آسیب‌های مکانیکی و آسیب ناشی از برخورد صاعقه از دست خواهند داد، لذا نگهداری سامانه حفاظت در برابر صاعقه، امری مهم و اجتناب ناپذیر بوده و تأثیرگذاری و کارایی یک سامانه حفاظت در برابر صاعقه به نحوه نصب، نگهداری و روش‌های آزمون آن بستگی دارد.

بنابراین، به منظور مطابقت الزامات طراحی با این دستورالعمل، ویژگی‌ها و مشخصات الکتریکی و مکانیکی سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید کاملاً در تمام طول عمر سامانه حفاظت در برابر صاعقه حفاظت شود. برای اطمینان از سالم بودن و برآورده شدن الزاماتی که سامانه حفاظت در برابر صاعقه برای آن طراحی شده، این سامانه باید به صورت دوره‌ای نگهداری شود.

نگهداری و تعمیرات دوره‌ای باید برای تمامی سامانه‌های حفاظت در برابر صاعقه صورت پذیرد.

تعداد دفعات نگهداری و تعمیرات به موارد زیر بستگی دارد:

- خرابی‌های مرتبط با شرایط محیطی و آب و هوایی؛
- تعداد آسیب‌های ناشی از برخورد صاعقه به سامانه؛
- سطح حفاظتی سازه مورد نظر؛
- دفعات قرارگرفتن در معرض آسیب‌های ناشی از صاعقه.

۷-۸-۲ فرآیند نگهداری و تعمیرات

فرآیند نگهداری سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید برای هر سامانه حفاظت در برابر صاعقه تهیه شود و به عنوان بخشی از برنامه کلی نگهداری و تعمیرات سازه تحت حفاظت در نظر گرفته شود.

یک برنامه نگهداری باید شامل فهرستی از موارد متعارف باشد که به عنوان یک بازبینی^۱ مورد استفاده قرار گیرد؛ به گونه‌ای که فرآیند نگهداری به صورت منظم در آن مشخص شود و امکان مقایسه نتایج اخیر با نتایج قبلی وجود داشته باشد.

برنامه نگهداری و تعمیرات شامل اقدامات زیر می‌باشد:

- بررسی وضعیت تمام هادی‌ها و اجزای سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
- بررسی پیوستگی الکتریکی تأسیسات سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
- اندازه‌گیری مقاومت زمین سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛
- بررسی وضعیت برقگیرهای حفاظتی و قطع‌کننده‌های آن‌ها (در صورت وجود)؛
- بررسی سامانه‌های ایزولاسیون نظیر جرقه‌گیر جداساز (ISG) و سلول‌های پلاریزه‌کننده حالت جامد؛
- محکم بودن گیره‌ها^۲ و اتصال‌دهنده‌ها و در صورت نیاز محکم نمودن مجدد اجزاء و هادی‌های سامانه حفاظت در برابر صاعقه؛

^۱ Check list

^۲ Clamps

- بررسی و آزمون سامانه در صورت نیاز به منظور ایجاد اطمینان از حفظ کارایی و تأثیرگذاری سامانه حفاظت در برابر صاعقه بعد از توسعه و یا ایجاد تغییرات در سازه و تأسیسات آن؛
- لازم است تمامی نواقص مشاهده شده در سامانه زمین و سامانه حفاظت در برابر صاعقه بلافاصله تعمیر شوند. همچنین اگر فرآیند بازرسی، ضرورت انجام تعمیرات را مشخص نماید، لازم است تعمیرات موردنظر بدون تاخیر انجام شود و به تعمیرات دوره‌ای بعدی موکول نشود.

۷-۸-۳ مستندات نگهداری و تعمیرات

- راهنما و دستورالعمل نگهداری از سامانه حفاظت در برابر صاعقه باید پس از اتمام نصب تجهیزات سامانه حفاظت در برابر صاعقه تهیه و ارائه شود.
- سوابق و اطلاعات اندازه‌گیری آزمون مقاومت زمین و آزمون‌های هم‌بندی باید مستندسازی شود و تا یک دوره زمانی مورد تأیید مرجع ذی‌صلاح در دسترس باشد.
- همچنین سوابق کامل تمامی فرآیندهای نگهداری و تعمیرات سامانه حفاظت در برابر صاعقه به همراه اقدامات اصلاحی صورت پذیرفته یا موردنیاز باید بایگانی شود.
- در صورتی که مرجع ذی‌صلاح اجازه دهد سوابق تصاویر آسیب‌های مشکوک ناشی از برخورد صاعقه باید قبل از انجام تعمیرات فراهم شود.
- سوابق فرآیند نگهداری، باید امکان ارزیابی اجزاء و نصب سامانه حفاظت در برابر صاعقه را فراهم نماید.
- اگر تغییراتی در سازه یا تجهیزات آن انجام شود ممکن است نیاز به انجام اصلاحاتی در سامانه حفاظت در برابر صاعقه باشد.
- نگهداری دوره‌ای تمامی تجهیزات مرتبط، بر اساس روش‌های نگهداری و تعمیرات انجام شود.

۷-۹ بازرسی کالا

- بازرسی کالا مشتمل بر بازرسی حین خرید و بازرسی حین بهره‌برداری می‌باشد.

۷-۹-۱ بازرسی حین بهره‌برداری

- به‌منظور انجام عملیات بازرسی و آزمون حین بهره‌برداری، تکمیل نمودن کلیه بازبینی‌های زیر توسط گروه بازرسی و همچنین گروه نگهداری و تعمیرات الزامی است:
- بازبینی بازرسی هادی شنت؛
- بازبینی بازرسی هادی هم‌بندی قرقره‌ای (قرقره جمع‌کننده)؛
- بازبینی بازرسی هادی هم‌بندی بازوی متحرک؛

- بازبینی بازرسی سامانه زمین و متعلقات آن؛
 - بازبینی بازرسی سامانه هادی نزولی؛
 - بازبینی بازرسی سلول پلاریزه کننده حالت جامد سامانه حفاظت کاتدی؛
 - بازبینی بازرسی سامانه حفاظت کاتدی؛
 - بازبینی بازرسی سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه؛
 - بازبینی بازرسی برقگیر حفاظتی؛
 - بازبینی بازرسی جرقه گیر جداساز.
- تهیه بازبینی ها بر مبنای محتوای آیین کار و نظارت بر تکمیل بازبینی ها بر عهده کارفرما می باشد.

۷-۹-۲ فرآیند بازرسی کالا

در خصوص فرآیند بازرسی کالا، مطابق ضوابط بازرسی فنی کاربر نهایی عمل شود.

گواهینامه های نوعی و دوره ای تمامی تجهیزات مرتبط با سامانه حفاظت در برابر صاعقه مطابق با مجموعه استانداردهای IEC 62561 قسمت های 1 تا 8 باید اخذ شود. در خصوص برقگیر حفاظتی، باید گواهینامه نوعی و دوره ای مطابق با مجموعه استانداردهای IEC 61643 اخذ شود.

۷-۱۰ فرم های بازبینی بازرسی و نگهداری سامانه های زمین و حفاظت در برابر صاعقه

در هر شرکت باید بازبینی های بازرسی و نگهداری بازرسی و نگهداری سامانه های زمین و حفاظت در برابر صاعقه به شرح زیر تهیه و استفاده شود:

- بازبینی بازرسی هادی شنت؛
- بازبینی بازرسی هادی همبندی قرقره ای (قرقره جمع کننده)؛
- بازبینی بازرسی هادی همبندی بازوی متحرک؛
- بازبینی بازرسی سامانه زمین و متعلقات آن؛
- بازبینی بازرسی سامانه هادی نزولی؛
- بازبینی بازرسی سلول پلاریزه کننده حالت جامد سامانه حفاظت کاتدی؛
- بازبینی بازرسی سامانه حفاظت کاتدی؛
- بازبینی بازرسی سامانه حفاظت خارجی در برابر صاعقه؛
- بازبینی بازرسی برقگیر حفاظتی؛

- بازبینی بازرسی جرقه گیر جداساز.

جدول ۲: نمونه بازبینی بازرسی سامانه زمین و سامانه حفاظت در برابر صاعقه مخازن ذخیره

محل لوگو		بازبینی بازرسی سامانه اتصال زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن ذخیره سازی		شماره سند:
				تاریخ:
نام سایت:		نوع سامانه همبندی / صاعقه گیر:		
شماره مخزن:		نوع مخزن: سقف شناور □ سقف فلزی ثابت □ بتنی □		
نوع مواد مخزن:		شماره دستور کار: شماره مجوز:		
ردیف	موارد بازرسی	کنترل کیفی		
		بلی	خیر	شامل نمی شود
۱	آیا محل برای انجام بازرسی ایمن است؟			
۲	آیا وضعیت اتصالات و کابل های سامانه زمین در اطراف و قسمت پائین مخزن مناسب است؟			
۳	آیا درهای چاهک های سامانه اتصال زمین سالم است؟			
۴	آیا درهای چاهک های سامانه اتصال زمین شماره گذاری شده است؟			
۵	آیا وضعیت شینه های سامانه اتصال زمین و اتصالات آن ها در چاهک های سامانه اتصال زمین اطراف مخزن مناسب است؟			
۶	آیا وضعیت سامانه هادی نزولی و اتصال های مرتبط مناسب است؟			
۷	آیا آثار خوردگی، پوسیدگی، رسوب و سولفاته شدن بر روی اتصال ها و شینه های سامانه زمین مشاهده می شود؟			
۸	آیا نتایج اندازه گیری مقاومت نقاط اتصال سامانه هادی های نزولی و اتصال های چاهک های سامانه زمین مناسب است؟			
۹	آیا وضعیت هادی همبندی نردبان متحرک و اتصال های مرتبط مناسب است؟			
۱۰	آیا وضعیت اتصال های هادی شنت سقف شناور مخزن مناسب است؟			
۱۱	آیا وضعیت کابل سامانه همبندی سقف (هادی کنارگذر)، اتصال های مرتبط و ساز و کارهای ها و قسمت های متحرک سالم است؟			
۱۲	آیا وضعیت اتصال های سامانه زمین پایه های روشنائی پلکان و بالای مخزن سالم است؟			
۱۳	آیا وضعیت اتصال های سامانه همبندی و زمین نمودن جعبه های اتصال بالای مخزن مناسب			

			است؟	
			آیا وضعیت اتصالات سامانه زمین پمپ‌های شناور در بالای مخزن مناسب است؟	۱۴
			آیا وضعیت کابل و اتصال‌های سامانه زمین جرثقیل بالای مخزن مناسب است؟	۱۵
			آیا وضعیت میله‌های صاعقه‌گیر بالای مخزن و اتصال‌های کابل آن مناسب است؟	۱۶
			آیا وضعیت هادی‌های شبکه مش‌بندی و اتصالات مرتبط در بالای مخزن مناسب است؟	۱۷
توضیحات:				
امضاء:				بازرس:
تاریخ:				
امضاء:				تأیید کننده:
تاریخ:				

گواهینامه‌های الزامی شامل موارد زیر است:

الف- گواهینامه ضد انفجار؛

ب- گواهینامه صلاحیت حرفه‌ای؛

پ- گواهینامه کالیبراسیون.

۸ آزمون‌ها

در راستای ارزیابی انطباق عملکردی محصول، اخذ و ارائه یکی از گواهینامه‌های ذیل الزامی می‌باشد:

الف. اخذ گواهینامه آزمون نوعی^۱ و ممیزی خط تولید توسط نهاد صدور گواهینامه یا شرکت بازرسی واجد شرایط با الزامات زیر:

✓ نهاد صدور گواهینامه الزاماً گواهینامه ISO 17065 را داشته باشد.

✓ آزمایشگاه مرجع الزاماً گواهینامه ISO 17025 را داشته باشد.

✓ شرکت بازرسی الزاماً گواهینامه ISO 17020 را داشته باشد.

ب. اخذ گواهینامه تایید تجهیز^۲ توسط نهاد صدور گواهینامه واجد شرایط با الزامات زیر:

✓ نهاد صدور گواهینامه الزاماً گواهینامه ISO 17065 را داشته باشد.

✓ آزمایشگاه مرجع الزاماً گواهینامه ISO 17025 را داشته باشد.

^۱ Type test

^۲ Unit verification

۸-۱ گواهینامه ضد انفجار

ارائه گواهینامه ضد انفجار برای تمام تجهیزاتی که در محیط‌های مستعد انفجار نصب می‌شوند، براساس موازین مندرج در بند ۵ بخش ۲ استاندارد IPS E-EL-110 الزامی می‌باشد.

در راستای ارزیابی گواهینامه ضد انفجار برای تجهیزات غیرالکتریکی هم‌بندی سقف با بدنه (به ویژه قرقه جمع‌شونده)، برآورده‌سازی یکی از موارد زیر الزامی می‌باشد:

A. گواهینامه IECEx

B. گواهینامه ATEX

I. گواهینامه داوطلبانه TYPE EXAMINATION

II. گواهینامه ممیزی خط تولید (خود اظهاری سازنده که انطباق خط تولید با الزامات

ISO/IEC 80079-34 و دایراکتیو ATEX را تبیین نماید، مورد پذیرش می‌باشد)

۸-۲ آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن روزمینی ذخیره‌سازی سیالات قابل اشتعال یا احتراق

جدول ۳: آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه‌های زمین و حفاظت در برابر صاعقه

آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن روزمینی ذخیره‌سازی سیالات						
ردیف	عنوان قطعه	فهرست آزمون‌ها	معیار پذیرش	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۱	هادی‌های پایانه هوایی (راد یا میله، هادی‌های مش، سیم‌های گارد هوایی) و هادی‌های نزولی	- آزمون استحکام کششی - آزمون مقاومت ویژه - آزمون ضخامت پوشش - آزمون خمش و چسبندگی پوشش - آزمون پیرشدگی محیطی و وابستگی طول عمر به شرایط محیطی	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نمونه‌ای	- IEC 62561-2 - IEC 62305-3 - IEC 60364
۲	الکترودهای زمین	- آزمون تسلیم به کشش برای الکترودهای زمین - آزمون فشارهای مکانیکی برای سرضربه خور و قطعات مکانیکی مربوط به الکترودهای زمین - آزمون پیرشدگی محیطی و وابستگی طول عمر به شرایط محیطی - آزمون استحکام کششی - آزمون مقاومت ویژه - آزمون ضخامت پوشش	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نمونه‌ای	- IEC 62561-2 - IEC 62305-3 - IEC 60364

آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن روزمینی ذخیره‌سازی سیالات						
ردیف	عنوان قطعه	فهرست آزمون‌ها	معیار پذیرش	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
		• آزمون خمش و چسبندگی پوشش				
۳	برقگیرهای حفاظتی و جرقه‌گیرهای جداساز	- آزمون‌های الکتریکی به شرح زیر: - مقاومت عایقی - ولتاژ قابل تحمل در فرکانس قدرت - ولتاژ قابل تحمل DC - ولتاژ ضربه - جریان صاعقه	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نمونه‌ای	- IEC 61643 (Parts: 1,11,21,31) - IEC 62305-4 - IEC 62561-3
۴	دریچه‌های بازدید چاهک‌های سامانه زمین	- آزمون تحمل بار (بسته به کاربرد: با اعمال نیروهای ۴، ۱۵ و ۳۰ کیلونیوتن به ترتیب برای کاربری‌های سبک، متوسط و سنگین) - آزمون آب‌بندی	- استحکام کافی در برابر بار اعمالی براساس الزامات کاربری مرتبط - مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نمونه‌ای	IEC 62561-5
۵	کنتور یا شمارنده صاعقه	- آزمون مقاوم در برابر اشعه UV - آزمون مقاوم در برابر خوردگی	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در			- IEC 62561-6 - IEC 60529

آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن روزمینی ذخیره‌سازی سیالات						
ردیف	عنوان قطعه	فهرست آزمون‌ها	معیار پذیرش	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
		- آزمون درجه حفاظت IP - آزمون جریان صاعقه	دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نمونه‌ای	
۶	مواد کاهنده مقاومت سامانه زمین	- آزمون لیچینگ - تعیین یون‌های قابل شستشو - تعیین میزان سولفور - تعیین مقاومت ویژه - آزمون خوردگی	- میزان سولفور باید کمتر از ۲٪ باشد. - مقاومت ویژه باید کمتر از مقدار اعلامی توسط سازنده باشد.	FAT	نوعی	IEC 62561-7
۷	سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد	- نرخ جریان خطای متناوب - آستانه ولتاژ DC - جریان متناوب حالت ماندگار - آزمون عبور همزمان جریان AC و DC - جریان موج فراتاخت صاعقه - آزمون عایقی - جعبه سلول پلاریزه‌کننده حالت جامد	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT	نوعی	- IEC 62271-1 - IEC 60529 - NACE SP 0177 - IEC 62561-3

آزمون‌های مربوط به اجزای مختلف سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه مخازن روزمینی ذخیره‌سازی سیالات						
ردیف	عنوان قطعه	فهرست آزمون‌ها	معیار پذیرش	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۸	بست‌ها، گیره آزمون، اتصال دهنده، جامپر و قطعات اتصال دهنده	• آزمون خوردگی • تاثیرات مکانیکی • تاثیرات محیطی	مطابقت با مقادیر و شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌های مرجع	FAT&SAT	نمونه‌ای	• IEC 62561-1 • IEC 62561-4
۹	هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور	لیست آزمون‌ها در جداول این فصل ارائه شده است.				

۸-۳ تعداد و تکرار آزمون‌ها

- آزمون‌های نوعی برای یک نمونه محصول با شماره ساخت انجام شود.
- آزمون‌های تک به تک برای تمامی تجهیزات با شماره سریال منحصر بفرد انجام شود.
- آزمون‌های نمونه‌ای، برای ۳ نمونه و پذیرش حداقل ۲ نمونه انجام شود.

در صورتی که در هر یک از آزمون‌های نمونه‌ای، نمونه مورد آزمون با شکست مواجه شود، باید دو نمونه دیگر از همان گروه گرفته شده و برای انجام آزمون یا آزمون‌های نمونه‌ای مشابهی که نمونه اصلی در آن مردود شده‌است فرستاده شود. اگر هر دو نمونه، آزمون‌ها را با موفقیت پشت سر گذاشتند، بدین معناست که کل گروهی که این دو نمونه از آن گرفته شده‌اند، نیازهای مرتبط را برآورده می‌سازند. اگر هر یک از دو نمونه اضافی در آزمون‌ها با شکست مواجه شوند، گروه مورد نظر با نیازهای مرتبط همخوانی ندارد.

۸-۴ شرط انجام ندادن آزمون

در صورتی که هر یک از آزمون‌ها (الکتریکی/غیرالکتریکی) ذکر شده در این دستورالعمل (آزمون‌های مرتبط با هر یک از قطعات و اجزای سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه و همچنین آزمون‌های مرتبط با هر یک از قطعات سامانه هم‌بندی و یا آزمون‌های مرتبط با مجموعه سامانه هم‌بندی که در ادامه ذکر شده است) قبلاً توسط شرکت سازنده قطعه یا مراجع معتبر انجام شده باشد، به شرط ارائه گواهی‌نامه انجام آزمون و مطابقت با معیارهای پذیرش مورد نظر، در حین انجام عملیات بازرسی از دستگاه یا سامانه هم‌بندی، نیازی به انجام مجدد آزمون مرتبط نمی‌باشد.

۸-۵ آزمون‌های مرتبط با هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

۸-۵-۱ دامنه کاربرد

تمامی آزمون‌های الکتریکی و غیرالکتریکی ذکر شده در این بخش شامل آزمون‌های مربوط به هر نوع هادی کنارگذر مورد استفاده در مخازن سقف شناور (هادی‌های مربوط به عبور بخش کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت صاعقه) می‌باشد که با توجه به نوع و ماهیت آزمون، در هر یک از جداول، نوع کاربرد نیز ذکر شده است.

یادآوری ۱- هادی‌های بایپس مورد استفاده در مخازن سقف شناور، شامل کابل معمولی روکش دار، قرقره جمع شونده، بازوی تاشونده یا لولایی می‌باشد. در صورتی که هادی‌های بایپس مورد استفاده در سیستم هم‌بندی سقف مخازن شناور از نوع عایق‌دار باشد، آزمون‌های الکتریکی و غیرالکتریکی مندرج در جدول مربوطه (براساس نوع هادی بایپس) برای عایق هادی الزامی است.

یادآوری ۲- آزمون‌های مربوط به عایق هادی بایپس، شامل هادی بایپس که ذاتاً فاقد روکش بوده (نظیر نوع قرقره جمع شونده) نمی‌شود.

یادآوری ۳- معیار پذیرش هر آزمون و روش آزمون مربوطه از مراجع ذکر شده قابل استخراج می باشد.

یادآوری ۴- تعیین و انتخاب نوع و مشخصات هادی بایپس مورد کاربرد و همچنین تعیین هادی بایپس از نوع بدون روکش، روکش فشار متوسط یا روکش فشار ضعیف، بسته به کاربرد آن، بر عهده کار فرما می باشد.

۸-۵-۲ آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

جدول ۴: آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۱	اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی سراسری دستگاه	$\leq 0.03 \Omega$	همه موارد	FAT	تک به تک	- NFPA 780 - IEC 60228 - IEC 60468 - INSO 3084 - IEC 60345
۲	اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی تجهیز در حالت نصب شده به منظور اطمینان از پیوستگی الکتریکی	$\leq 0.03 \Omega$	همه موارد	SAT	تک به تک	NFPA 780
۳	اندازه‌گیری میزان اندوکتانس سراسری دستگاه	برای طول هادی 20 m : $\leq 40 \mu\text{H}$ برای سایر طول‌ها به ازای هر متر: $\leq 2 \mu\text{H}$	همه موارد	FAT	تک به تک	API 545

آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۴	آزمون پیرشدگی محیطی و اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی سراسری دستگاه	$\leq 0.03 \Omega$	همه موارد	FAT یا SAT	نوعی	• NFPA 780
۵	آزمون پیرشدگی محیطی و اندازه‌گیری میزان اندوکتانس سراسری دستگاه	برای طول هادی ۲۰ متر: $\leq 40 \mu H$ برای سایر طول‌ها به ازای هر متر: $\leq 2 \mu H$	همه موارد	FAT یا SAT	نوعی	• API/EI Research Report 545-A phase 2
۶	آزمون بررسی توانایی عبور جریان ۸۰۰ A در مدت ۱ ثانیه و بررسی میزان افزایش دمای تجهیز	نبود هرگونه آسیب به هادی	همه موارد	FAT	نوعی	• API 545
۷	آزمون بررسی توانایی عبور جریان ۲ KA در مدت ۵ میلی ثانیه و بررسی میزان افزایش دمای تجهیز	نبود هرگونه آسیب به هادی	همه موارد	FAT	نوعی	• API 545
۸	آزمون بررسی حداکثر افزایش دمای هادی در اثر عبور موج	مطابقت با حداقل مقادیر زمان مندرج در استاندارد	همه موارد	FAT	نوعی	• IEC 62305-3

آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
	طولانی مدت صاعقه متناسب با سطح حفاظت صاعقه کلاس ۱ در زمان‌های مختلف (با توجه به ضخامت و جنس هادی)					

جدول ۵: روش انجام آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

روش انجام آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور		
ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون / توضیحات
۱	اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی سراسری دستگاه	• اندازه‌گیری در حالت کاملاً باز هادی کنارگذر انجام شود. • دمای محل آزمون باید حداقل به مدت ۱۲ ساعت قبل از آزمون در یک مقدار قابل قبول، ثابت نگهداشته شود. • در صورت تردید در مورد ثابت بودن دمای محل آزمون، مقاومت هادی باید بعد از اینکه هادی به مدت ۲۴ ساعت در محل آزمون قرار گرفت، اندازه‌گیری شود. • روش دیگر، اندازه‌گیری مقاومت یک نمونه از هادی است که برای مدت حداقل یک ساعت در وان مایع با دمای کنترل‌شده قرار گرفته است. • مقاومت DC کل هادی در 20°C نباید از مقدار $30\text{ m}\Omega$ فراتر رود. • مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت باید مطابق با روابط و ضرایب ارائه شده در استاندارد INSO 3084 یا سایر استانداردهای ذکر شده در ردیف آزمون مربوطه، نسبت به درجه حرارت 20°C تصحیح شود.
۲	اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی تجهیز در حالت نصب‌شده به منظور اطمینان از پیوستگی الکتریکی	• اندازه‌گیری در حالت کاملاً باز هادی کنارگذر انجام شود.
۳	اندازه‌گیری میزان اندوکتانس سراسری دستگاه	• اندازه‌گیری در حالت کاملاً باز هادی کنارگذر انجام شود. • عدد ذکر شده برای تسمه به طول 20 m می‌باشد. • در صورتی که مقدار تسمه کمتر یا بیشتر از این مقدار باشد باید مقدار اندوکتانس به ازای هر متر هادی، حداکثر معادل $2\text{ }\mu\text{H}$ باشد.

روش انجام آزمون‌های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور		
ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/ توضیحات
۴	آزمون پیرشدگی محیطی و اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی سراسری دستگاه	در آزمون پیرشدگی محیطی، لازم است دستگاه در شرایطی نظیر خوردگی، محیط اسیدی، محیط مه آلود، سرما، گرما، انقباض، انبساط و هر گونه شرایطی از این قبیل قرار گیرد.
۵	آزمون پیرشدگی محیطی و اندازه‌گیری میزان اندوکتانس سراسری دستگاه	- در صورتی که از سامانه هم‌بندی قرقره‌ای استفاده شود این آزمون هم در حالت کاملاً باز و هم کاملاً بسته هادی کنارگذر/تسمه انجام شود. در صورت استفاده از سایر سامانه‌های هم‌بندی، آزمون در حالت کاملاً باز هادی کنارگذر، انجام شود. - معیار پذیرش ذکر شده، برای تسمه به متر از ۲۰ m می‌باشد. در صورتی که مقدار تسمه کمتر یا بیشتر از این مقدار باشد باید مقدار اندوکتانس به ازای هر متر هادی، حداکثر معادل 2 μH باشد.
۶	آزمون بررسی توانایی عبور جریان ۸۰۰ A در مدت ۱ ثانیه و بررسی میزان افزایش دمای تجهیز	کلیه قسمت‌های ثابت و متحرک سامانه هم‌بندی که در مسیر عبور جریان صاعقه قرار می‌گیرند در مقابل ضربه صاعقه و عبور جریان موج طولانی مدت صاعقه (حداقل ۸۰۰ آمپر در یک ثانیه) و افزایش دمای حاصله، باید استقامت و پایداری لازم را داشته باشند.
۷	آزمون بررسی توانایی عبور جریان ۲ KA در مدت ۵ میلی ثانیه و بررسی میزان افزایش دمای تجهیز	کلیه قسمت‌های ثابت و متحرک سامانه هم‌بندی که در مسیر عبور جریان صاعقه قرار می‌گیرند در مقابل ضربه صاعقه با کلاس حفاظت ۱ و عبور جریان موج طولانی مدت صاعقه (حداقل ۲ kA در مدت ۵ میلی ثانیه) و افزایش دمای حاصله، باید استقامت و پایداری لازم را داشته باشند.
۸	آزمون بررسی حداکثر افزایش دمای هادی در اثر عبور موج طولانی مدت صاعقه متناسب با سطح حفاظت صاعقه کلاس ۱ در زمان‌های مختلف (با توجه به ضخامت و جنس هادی)	- میزان حداکثر افزایش دمای قطعه مورد آزمایش در مدت زمان مشخص (مطابق جدول مندرج در آخرین نسخه استاندارد IEC 62305- بر اساس ضخامت قطعه و موج طولانی مدت صاعقه و برطبق سطح حفاظت صاعقه کلاس ۱ (بار ۲۰۰ کولن) اندازه‌گیری شود. - براساس ضخامت و جنس هادی، مدت زمان قابل قبول، باید بزرگتر یا مساوی با مقادیر مندرج در جدول استاندارد

روش انجام آزمون های الکتریکی هادی کنارگذر مخازن سقف شناور		
ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون / توضیحات
		به ازای % ۵۰ نرخ افزایش دمای داده شده باشد.

۸-۵-۳ آزمون‌های الکتریکی مربوط به عایق هادی هم‌بندی کنارگذر مخازن سقف شناور

جدول ۶: آزمون‌های الکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

آزمون‌های الکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۱	اندازه‌گیری مقاومت عایقی کابل (آزمون استقامت الکتریکی عایق یا دی‌الکتریک کابل)	حداقل مقاومت ویژه حجمی و ثابت مقاومت عایقی قابل قبول: مطابقت با مقادیر مندرج در استاندارد INSO 3569 و یا سایر استانداردهای مرتبط (براساس نوع عایق و نوع کابل)	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نمونه‌ای	• INSO 3569 • INSO 607-2 • IEC 60364 • IEC 60227 • IEC 60502-1 • EN 50305

آزمون‌های الکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۲	آزمون ولتاژ	در حین آزمون نباید هیچ شکستی در عایق رخ دهد	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نمونه‌ای	• INSO 607-2 • IEC 60502-1 • INSO 3569 • IEC 60227
۳	آزمون ولتاژ ۴ ساعته	در حین آزمون نباید هیچ شکستی در عایق رخ دهد	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نمونه‌ای	• IEC 60502-1 • IEC 60227 • INSO 3569
۴	آزمون ضربه الکتریکی ^۱	استقامت در برابر ۱۰ ولتاژ ضربه با پلاریته مثبت و ۱۰ ولتاژ ضربه با پلاریته منفی	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق فشار متوسط	FAT	نمونه‌ای	• IEC 60230 • IEC 60060-2 • IEC 60840
۵	آزمون تانژانت دلتا (tanδ) یا	$\leq 80 \times 10^{-4}$	سامانه‌های هم‌بندی	FAT	نوعی	• IEC 60034-27-3

¹ Impuse Test

آزمون‌های الکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
	تلفات عایقی		با روکش عایق فشار متوسط			IEC 60230
۶	آزمون تخلیه جزئی ^۱	≤ 5 پیکوکولن ^۲	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق فشار متوسط	FAT	نوعی	- IEC 60885-3 - EN 60270 - INSO 5526

^۱ P.D Test (Partial Discharge Test)

^۲ PC (Pico Colon)

جدول ۷: روش انجام آزمون‌های الکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون / توضیحات
۱	اندازه‌گیری مقاومت عایقی کابل (آزمون استقامت الکتریکی عایق یا دی الکتریک کابل)	• برای سامانه‌های هم‌بندی روکش‌دار، این آزمون باید قبل از سایر آزمون‌های الکتریکی روی نمونه موردنظر انجام شود. • روش آزمون مطابق استاندارد INSO 3569 و یا سایر استانداردهای مرتبط ذکر شده در جدول قبل می‌باشد. • در صورت استفاده از استاندارد INSO 3569، کابل یا سامانه هم‌بندی روکش‌دار باید در آب با درجه حرارت محیط به مدت حداقل یک ساعت قبل از آزمون غوطه‌ور شود. ولتاژ DC آزمون بین ۸۰ تا ۵۰۰ ولت باشد و باید برای مدت زمان کافی تا رسیدن به شرایط ماندگار قابل قبول جهت اندازه‌گیری اعمال شود. این مدت زمان باید بین ۱ تا ۵ دقیقه باشد. اندازه‌گیری باید بین هادی و آب انجام شود. سپس مقاومت حجمی و ثابت مقاومت عایقی محاسبه شود.
۲	آزمون ولتاژ	• آزمون ولتاژ باید در درجه حرارت محیط و با به‌کار بردن ولتاژ متناوب در فرکانس قدرت و یا ولتاژ مستقیم انجام شود. • کابل باید در حرارت اتاق به مدت ۱ ساعت در آب غوطه‌ور شده و سپس ولتاژ آزمون به مدت ۵ دقیقه بین هادی و زمین اعمال شود. • ولتاژ آزمون: ✓ ولتاژ آزمون فرکانس قدرت برای کابل‌های فشار متوسط باید ۳٫۵ برابر ولتاژ نامی و برای کابل‌های فشار ضعیف ۲٫۵ برابر ولتاژ نامی کابل به اضافه ۲ کیلوولت باشد. ✓ در صورتی که از ولتاژ مستقیم جهت آزمون کابل استفاده شود ولتاژ اعمالی باید ۲٫۴ برابر ولتاژ آزمون فرکانس قدرت باشد. ✓ ولتاژ آزمون باید به صورت تدریجی تا مقدار مشخص شده افزایش یابد. • معیار پذیرش آزمون این است که در حین آزمون نباید هیچ شکستی در عایق رخ دهد. • این آزمون باید پس از نصب کامل سامانه هم‌بندی روکش‌دار نیز انجام شود. ولتاژ dc با دامنه ۴ برابر ولتاژ نامی باید به مدت ۱۵ دقیقه اعمال شود.
۳	آزمون ولتاژ ۴ ساعته	• نمونه باید یک قطعه از کابل با طول حداقل ۵ متر و ترجیحاً بین ۱۰ تا ۱۵ متر باشد. • ولتاژ فرکانس قدرت باید به مدت ۴ ساعت در درجه حرارت محیط اعمال شود. • ولتاژ آزمون باید ۴ برابر مقدار ولتاژ نامی باشد. این ولتاژ باید بصورت پله‌ای تا مقدار مشخص شده افزایش یافته و به مدت ۴ ساعت نگه داشته شود. • معیار پذیرش و شرط قبولی آزمون این است که هیچ شکستی نباید در عایق رخ دهد.

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
۴	آزمون ضربه الکتریکی	• مقدار پیک ولتاژ آزمون ضربه مطابق با استاندارد IEC 60230 و یا سایر استانداردهای مرتبط اعمال شود. • این آزمون باید در درجه حرارتی معادل ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از حداکثر درجه حرارت هادی در عملکرد عادی، روی نمونه انجام شود. • طول نمونه باید ۱۰ تا ۱۵ متر باشد. • کابل باید بدون خطا در برابر ۱۰ ولتاژ ضربه با پلاریته مثبت و ۱۰ ولتاژ ضربه با پلاریته منفی استقامت کند. • انجام این آزمون برای سامانه‌های همبندی روکش‌دار با عایق فشار متوسط الزامی می‌باشد.
۵	آزمون تانژانت دلتا (tanδ) یا تلفات عایقی	• آزمون تانژانت دلتا یا تلفات عایقی باید به روش شرح داده شده در استاندارد IEC 60034-27-3 و یا IEC 60230 و یا سایر استانداردهای مرتبط انجام شود. • نمونه گرفته شده از کابل باید با یکی از روش‌های زیر گرم شود: ✓ نمونه باید در یک مخزن مایع یا در یک کوره قرار گیرد، یا یک جریان گرم‌کننده از پوسته فلزی یا هادی یا هر دوی آن‌ها عبور کند. ✓ نمونه باید تا جایی گرم شود که درجه حرارت هادی به ۵ یا ۱۰ درجه بالاتر از حداکثر درجه حرارت آن در عملکرد عادی برسد. • در هر کدام از روش‌های فوق، درجه حرارت هادی باید با اندازه‌گیری مقاومت هادی یا با یک وسیله اندازه‌گیری مناسب درجه حرارت در وان مایع یا کوره یا روی سطح پوسته یا روی یک کابل مرجع گرم‌شده مشابه با کابل تحت آزمون تعیین شود. • $\tan\delta$ باید در ولتاژ متناوب حداقل ۲ کیلوولتی و در درجه حرارت مشخص شده اندازه‌گیری شود. مقادیر اندازه‌گیری شده نباید از $10^{-4} \times 80$ بالاتر باشد. • انجام این آزمون برای سامانه‌های همبندی روکش‌دار با عایق فشار متوسط الزامی می‌باشد.
۶	آزمون تخلیه جزئی	آزمون تخلیه جزئی باید به روش شرح داده شده در استاندارد IEC 60885-2 و یا سایر استانداردهای مرتبط انجام شود. مقدار تخلیه جزئی در ولتاژ رادیکال ۳ برابر ولتاژ نامی باید اندازه‌گیری شود. این مقدار نباید از معیار مندرج در ستون پذیرش (۵ پیکوکولن) بیشتر باشد. انجام این آزمون برای سامانه‌های همبندی روکش‌دار با عایق فشار متوسط الزامی می‌باشد.

۴-۵-۸ آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور

جدول ۸: آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۱	بررسی ظاهری کلیه قطعات دستگاه	مشاهده هرگونه عیب و نقص ظاهری مردود می‌باشد	همه موارد	FAT&SAT	تک به تک	• IEC 62305-3 • NFPA 780 • IEC 61089 • INSO 3084 • IEC 60228
۲	آزمون تحمل خستگی هادی هم‌بندی	حداقل چرخه قابل قبول (حداقل مرتبه عملکرد صحیح هادی): با توجه به جنس قطعه و براساس توصیه استانداردهای مرجع	همه موارد	FAT	نوعی	• INSO 779 • BS 3518 • ISO 1143 • DIN 50113 • DIN 50100 •

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۳	آزمون تحمل خستگی قطعات خاص سامانه هم‌بندی نظیر بازوی متحرک و فنر	حداقل چرخه قابل قبول (حداقل مرتبه عملکرد صحیح بازوی متحرک): ۵۰۰۰ چرخه	سامانه‌های هم‌بندی مجهز به بخش متحرک لولایی (بازوی تاشونده) و یا مجهز به فنر (قرقره جمع شونده)	FAT	نوعی	• INSO 779 • BS 3518 • ISO 1143 • DIN 50113 • DIN 50100 •
۴	آزمون کشش ^۱ رشته‌های هادی کنارگذر و بررسی خواص و استحکام مکانیکی و توانایی تحمل هادی با توجه به نتایج آزمون	هادی باید بیش از ۹۵ درصد استقامت کششی محاسباتی را تحمل نماید.	همه موارد	FAT	نوعی	استاندارد آماده‌سازی نمونه های کشش: • ISO 6892-1 • DIN EN ISO 6892-1 • ASTM B557 (AL) • ASTM B208 (Cu) • IEC 61089 • IEC 60889 • INSO 5525 • IEC 62561-1 • IEC 62561-2

¹ Tensile Test

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۵	آزمون‌های پیچش ^۱ و دورپیچی ^۲ بر روی رشته‌های هادی کنارگذر و کابل کنارگذر	عدم وقوع شکست و عدم وجود ترک و شکاف قابل رویت (با وسایل بزرگ‌نمایی)	همه موارد	FAT	نمونه‌ای	- IEC 60888 - ISO 7802
۶	بررسی فیزیکی و شیمیایی مواد سازنده و تعیین جنس	برگه مشخصات فنی سازنده قطعه نتایج آزمایشگاهی مطابقت با استانداردهای مرجع		FAT		استانداردهای مرجع: - ASTM E350-12 - ASTM E353-14 - BS 7884 پایه آهن: - ASTM E457 - ASTM E62 - ASTM E1771 پایه مس:

¹ Torsion Test

² Wrapping Test

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
			همه موارد		تک به تک	پایه آلومینیوم: - ASTM E 34-11 جرم پوشش: - ASTM A 90/A90M-13 - ISO 1460 - INSO 1545 - IEC 60888 سایر استانداردها: - IEC 60502 (MV) - INSO 3569 (MV) - IEC 60227 (LV) - INSO 607 (LV) - EN 50182 (St& Al) - ASTM B231&B232 - ASTM B399& B416 &B549 - IEC 61089
۷	آزمون‌های ابعادی (اندازه‌گیری ضخامت، قطر و سطح مقطع	مطابقت بر اساس مقادیر مندرج در استانداردهای		FAT		حداقل سطح مقطع و حداقل ضخامت هادی‌های مورد استفاده در سامانه حفاظت

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
	هادی کنارگذر) و بررسی مطابقت با حداقل‌های مورد نیاز	IEC 62305 و IEC62561	همه موارد		نمونه‌ای	در برابر صاعقه: • IEC 62305-3 • IEC62561-2 اندازه‌گیری قطر، ضخامت و سطح مقطع هادی: • IEC 61089 • IEC 60811-1-1 • INSO 5525 • ASTM B 498
۸	آزمون‌های مرتبط با چسب و اتصالات چسبی	- ارائه گواهینامه تایید آزمون‌های مرتبط با چسب - و یا انجام آزمون‌های ذکر شده در استاندارد ASTM مرتبط	هادی‌های کنارگذر که در اتصال آن‌ها به مخزن از اتصالات چسبی استفاده شده باشد	SAT	نمونه‌ای	استاندارد آزمون خستگی چسب: • ASTM D 3166 استاندارد آزمون ضربه: • ASTM D 950 استاندارد آزمون خزش: • ASTM D 2294 استاندارد آزمون‌های محیطی ASTM D 896

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
						استاندارد آزمون گسستگی: ASTM D 3166
۹	بررسی اتصالات جوشی سامانه هم‌بندی	ترک در هر ابعاد و اندازه‌ای مردود می‌باشد.	سامانه‌های هم‌بندی که در ساختار آن‌ها از اتصالات جوشی استفاده شده باشد	FAT	نوعی	استانداردهای مرتبط با آزمون‌های جوش: - ASME Sec 5 - ASME Sec 8 - ASTM E165 - API 1104 - ISO 15614
۱۰	آزمون‌های خوردگی مرتبط با مواد سازنده	انطباق بر اساس استانداردهای مرتبط	همه موارد	FAT&SAT	نوعی	استانداردهای مرتبط با آزمون خوردگی مواد: - ASTM G85 - ASTM B117 - ISO 9220 - DIN 50021 - JIS Z 2371 - IEC 60068 استانداردهای مرتبط با نیازمندیهای آزمون‌ها و ضوابط حفاظت در برابر خوردگی:

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
						- IEC 62305-3 - IEC 62561-1 - IEC 61089 - IEC 60888
۱۱	رعایت حداقل فاصله ایمنی هادی دستگاه از بدنه مخزن و تجهیزات فلزی	حداقل مقدار قابل قبول براساس محاسبات مندرج در بخش‌های 6.3 و پیوست C استاندارد IEC62305-3 می‌باشد.	سامانه‌های هم‌بندی مجهز به بخش متحرک لولایی (بازوی تاشونده) و یا مجهز به فنر (قرقره جمع شونده)	SAT	تک به تک	IEC 62305-3
۱۲	بررسی تعداد رشته‌های هادی کنارگذر	- مطابقت با مقدار مندرج در برگه مشخصات فنی دستگاه - مطابقت با الزامات استانداردهای مرتبط	همه موارد	FAT	نمونه‌ای	- INSO 607 - BS 6004 - IEC 60227 - IEC 60228 - INSO 3084 - BS 7884 (Cu) - EN 50182 (St& Al) - IEC 60502 - INSO 3569

آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
						EN 50182
۱۳	آزمون ضربه دینامیکی بر روی هادی کنارگذر، بدنه و قطعات نگهدارنده دستگاه و بررسی استحکام آن‌ها	انطباق نتایج با الزامات استانداردهای مرتبط	همه موارد	FAT	نوعی	استانداردهای روش آزمون مقاومت به ضربه دینامیکی: - INSO 5525 - IEC 60811-1 - ASTM A 327/A327 M - ISO 148-1 - DIN EN ISO 148-1 - BS 131-6 - ISO 14556 - DIN EN ISO 14556 - ASTM A370
۱۴	آزمون سختی سنجی (نفوذ) مواد سازنده	مطابقت نتایج با الزامات استانداردهای مرتبط	همه موارد	FAT	نوعی	- EN ISO 6506 - ISO 868 - ASTM E10

جدول ۹: روش انجام آزمون‌های غیرالکتریکی هادی‌های کنارگذر مخازن سقف شناور

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
۱	بررسی ظاهری کلیه قطعات دستگاه	• بررسی ظاهری کلیه قطعات دستگاه قبل از تحویل به آزمایشگاه و همچنین قبل و بعد از نصب دستگاه الزامی است. • سطح کلیه قطعات باید عاری از هرگونه عیب قابل رؤیت مثل شکاف، حفره، خوردگی، برجستگی و ترک باشد. • عایق هادی باید عاری از هرگونه عیب و پوسیدگی باشد.
۲	آزمون تحمل خستگی هادی همبندی	• روش آزمون براساس استاندارد ISO 1143 یا BS 3518 می‌باشد. • در آزمون تحمل خستگی قطعات، لازم است نکات ذیل مدنظر قرار گیرد: ➤ حداقل چرخه اعمالی ➤ تغییرات نوسانی زیاد در تنش‌های اعمالی ➤ تنش کششی حداکثر ➤ تنش ناشی از تخلیه ناگهانی مخزن ➤ اعمال بار اضافی • در آزمون تحمل خستگی قطعات، انجام آزمون‌های ذیل مورد تاکید می‌باشد: ➤ آزمون‌های مختلف دینامیک و استاتیک ➤ آزمون خستگی محوری (تنش مستقیم) ➤ آزمون پیچش ➤ آزمون خمشی- دورانی • حداقل اطلاعات مستخرج از آزمون تحمل خستگی شامل موارد ذیل باشد: ➤ تعیین ثابت فنر یا ضریب میرایی فنر (در صورت وجود فنر در ساختار سامانه همبندی) ➤ تعیین حد خستگی ➤ رسم نمودارهای طول عمر و خستگی ➤ محاسبه طول عمر خستگی

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
۳	آزمون تحمل خستگی قطعات خاص سامانه هم‌بندی نظیر بازوی متحرک و فنر (در صورت وجود)	روش آزمون براساس استاندارد ISO 779 می‌باشد.
۴	آزمون کشش رشته‌های هادی کنارگذر و بررسی خواص و استحکام مکانیکی و توانایی تحمل هادی با توجه به نتایج آزمون	- نحوه آماده سازی قطعه برای آزمون کشش و روش انجام آزمون کشش، براساس استاندارد مرتبط ذکر شده در جدول قبل (ردیف مرتبط) و یا سایر استانداردهای مرتبط صورت گیرد. - حداقل اطلاعات حاصل از انجام آزمون کشش هادی شامل موارد زیر می‌باشد: ➤ استخراج منحنی تنش-کرنش ➤ محاسبه تنش تسلیم (استحکام تسلیم) ➤ تنش شکست (گسیختگی یا پارگی رشته‌ها) ➤ استحکام کشش حداکثر^۱ (UTS) ➤ ازدیاد طول نسبی ➤ تنش در ازدیاد طول نسبی ۱ % ➤ کاهش سطح مقطع ➤ و بررسی رفتار هادی کنارگذر نظیر استحکام، سفتی، تردی، سختی و ارتجاع‌پذیری در مقابل تنش - در صورتی که دستگاه‌های سامانه هم‌بندی مجهز به فنر باشند، توصیه می‌شود آزمون فنر براساس استاندارد INSO 779 و معیارهای مندرج در این استاندارد انجام شود. - توصیه می‌شود آزمون کشش برای هر دو حالت رشته تکی و مجموع رشته‌ها (هادی کنارگذر) انجام شود.

¹ Ultimate Tensile Strength

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		- در انجام آزمون منحنی‌های تنش-کرنش باید دقت شود که درجه حرارت در طول آزمون بیش از مثبت و منفی ۲ درجه سانتی‌گراد تغییر ننماید. - به عنوان معیار پذیرش آزمون نیروی گسیختگی هادی (پارگی هادی)، هادی کنارگذر باید بیش از ۹۵ درصد استقامت کششی محاسباتی را بدون اینکه رشته‌ای از آن پاره شود تحمل نماید. - توصیه می‌شود طول نمونه، مراحل آزمون، درصد بارگذاری، بازه‌های زمانی اندازه‌گیری و فرآیند آزمون استقامت کششی هادی‌ها مطابق رویه ذکر شده در بخش الزامات و آزمون‌های مندرج در نشریه مشخصات فنی عمومی و اجرایی هادی‌های خطوط نیرو صورت گیرد. - در صورتی که در طول دوره بهره‌برداری، رشته‌های هادی کنارگذر معیوب یا دچار پارگی شوند، توصیه می‌شود هادی کنارگذر بصورت کلی تعویض شود. - حداکثر نیروی کشش مجاز: ➤ ۵۰ برابر سطح مقطع برای هادی کنارگذر مسی ➤ ۳۰ برابر سطح مقطع هادی برای هادی کنارگذر آلومینیومی - و یا: ➤ کوچکتر یا مساوی ۵۰ درصد حداکثر استحکام کششی (UTS)
۵	آزمون‌های پیچش و دورپیچی بر روی رشته‌های هادی کنارگذر و کابل کنارگذر	- روش آزمون براساس استاندارد ISO 7802 و یا IEC 60888 می‌باشد. - آزمون پیچش رشته و دورپیچی شامل پیچیدن یک رشته از هادی به تعداد دور مشخص به ترتیب حول محور نمونه (استوانه) و میله نمونه (لوله) و ایجاد یک مارپیچ فنی می‌باشد. - برای انجام آزمون مذکور، پیچیدن حداقل ۸ دور حول یک استوانه یا محور باید انجام شود. - سرعت پیچیدن رشته نباید از ۶۰ RPM (۱ دور در ثانیه) فراتر رود. سپس ۶ دور باز شده و بلافاصله پیچیده می‌شود. رشته پس از این شرایط نباید بکشد. - برای رشته‌های روکش‌دار ضدخوردگی، سرعت پیچیدن نباید از ۱۵ RPM فراتر رود. - تنش کششی اعمال شده به رشته در طول آزمون نباید از ۵ درصد استقامت کششی نامی فراتر رود.

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		• علاوه بر انجام این آزمون‌های پیچش و دورپیچی بر روی رشته های هادی، لازم است آزمون پیچش ویژه بر روی کابل (در صورت استفاده از هادی روکش دار) نیز انجام شود. • برای آزمون پیچش رشته ها، حداقل ۸ دور کامل حول استوانه پیچیده می‌شود و سپس ۶ دور باز شده و مجدداً پیچیده می‌شود. • برای آزمون پیچش ویژه کابل، حداقل یک دور حول استوانه پیچیده می‌شود و سپس باز شده و در جهت عکس پیچیده شده و آزمون سه بار تکرار می‌شود. • جهت نتیجه‌گیری از آزمون پیچش، بررسی سطح رشته کفایت می‌کند. عدم حضور ترک قابل رویت (با وسایل بزرگ‌نمایی) برای کافی بودن استقامت رشته، معیار پذیرش در این آزمون می‌باشد.
۶	آنالیز فیزیکی و شیمیایی مواد سازنده و تعیین جنس	• آنالیز شیمیایی و فیزیکی براساس نتایج آزمایشگاه معتبر و یا نتایج ارائه شده توسط سازنده و مطابقت با استانداردهای مرجع ذکر شده در جدول قبل (ردیف مرتبط) • تعیین جنس مواد با دستگاه متال آنالایزر در صورت درخواست بازرس الزامی است (علاوه بر آنالیز شیمیایی و فیزیکی). • برای تعیین ضخامت، از دستگاه ضخامت‌سنجی در حضور بازرس استفاده شود. • مشخصات و مواد روکش هادی کنارگذر باید با مشخصات و الزامات هادی‌های روکش‌دار مندرج در مجموعه استانداردهای صنعت برق ایران و یا سایر استانداردهای معتبر ملی/بین‌المللی مطابقت داشته باشد. • برخی از مشخصات فیزیکی مدنظر برای تسمه یا هادی هم‌بندی شامل پارامترهای ذیل می‌باشد: ➤ وزن مخصوص (Kg/m^3) ➤ مقاومت کششی (N/mm^2) ➤ مدل الاستیسیته (kN/mm^2) ➤ نقطه ذوب ($^{\circ}\text{C}$) ➤ ضریب انبساط حرارتی ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) ➤ ضریب دمای مقاومت ($1/^{\circ}\text{C}$) ➤ رسانایی در 20°C (IACS%)

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		➤ مقاومت در 20°C ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) ➤ درصد خلوص مواد اصلی سازنده (%)
۷	آزمون‌های ابعادی (اندازه‌گیری ضخامت، قطر و سطح مقطع هادی کنارگذر) و بررسی مطابقت با حداقل‌های مورد نیاز	- در تعیین حداقل سطح مقطع و ضخامت مجاز هادی کنارگذر، شرایط هندسی مخزن و حداکثر نیروهای واقعی اعمالی به دستگاه در شرایط عملیاتی (نیروهای حاصل از تخلیه ناگهانی مخزن) و عبور موج طولانی مدت صاعقه با سطح حفاظت کلاس ۱ و سایر پارامترهای لازم مدنظر قرار گیرد. - ضخامت و سطح مقطع هادی کنارگذر و سایر قطعات دستگاه باید بگونه‌ای انتخاب شود که تحمل دمای بالای ایجاد شده در اثر عبور جریان‌های گذرای صاعقه در سطح حفاظت صاعقه کلاس ۱ را داشته باشد و افزایش دمای قطعات در اثر عبور موج طولانی مدت صاعقه با سطح حفاظت کلاس ۱ از مقادیر مندرج در جدول شماره ۴ استاندارد IEC62305-3 (حداکثر افزایش دمای هادی) تجاوز ننماید. - حداقل ضخامت هادی کنارگذر، بدنه و ورق‌های فلزی دستگاه از مقادیر ذکر شده در جدول ۳ استاندارد IEC 62305-3 کمتر نباشد. - حداقل سطح مقطع هادی کنارگذر از مقادیر ذکر شده در جدول سطح مقطع مجاز مندرج در استانداردهای IEC62305-3 و IEC62561 نباید کمتر باشد. - کاهش سطح مقطع محاسبه شده از آزمون کشش هادی کنارگذر در محاسبات سطح مقطع موثر مدنظر قرار گیرد. - اندازه‌گیری قطر خارجی سامانه همبندی روکش‌دار یا کابلی باید مطابق بند ۸ استاندارد IEC 60811-1-1 انجام گیرد.
۸	آزمون‌های مرتبط با چسب و اتصالات چسبی	انجام این آزمون برای سامانه‌های همبندی که در آن‌ها از اتصالات چسبی استفاده شده باشد الزامی است. روش آزمون بر اساس آزمون‌های ذکر شده در استاندارد ASTM ذکر شده در جدول قبل (ردیف مرتبط) می‌باشد. حداقل خصوصیات و ویژگی‌های مورد نیاز برای اتصالات چسبی: - از نوع مخصوص فلزات باشد. - در مقابل حرارت و دما (سرما و گرما) و رطوبت مقاوم باشد. - در مجاورت با مواد شیمیایی و ذرات هیدروکربنی مقاوم و پایدار باشد. - در مقابل نور خورشید و اشعه فرابنفش خورشید مقاوم باشد.

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		• در برابر فشار، پایدار و مقاوم باشد. • در برابر ضربه پایدار باشد. • دارای قدرت چسبندگی عالی بوده و از استقامت مکانیکی و کششی مناسبی برخوردار باشد. • از قابلیت هدایت الکتریکی مناسبی برخوردار باشد. • چسب نباید لخته شود و باید از غلظت متناسب برخوردار باشد. آزمون‌های پیشنهادی برای اتصالات چسبی: • آزمون خستگی اتصالات چسبی نمونه • آزمون استقامت مکانیکی و کششی و بررسی گسستگی (آزمون کلیواژ) • آزمون هدایت الکتریکی و پیوستگی • آزمون ضربه • آزمون خزش • آزمون‌های محیطی و آزمون‌های پایداری در برابر عوامل مختلف نظیر سرما، گرما، اشعه فرابنفش، رطوبت و مواد شیمیایی و هیدروکربنی
۹	بررسی اتصالات جوشی سامانه همبندی	• به منظور اطمینان از عدم وجود ترک‌های سطحی در اتصالات جوشی دستگاه، لازم است بازرسی ظاهری و همچنین آزمون‌های غیرمخرب جوش نظیر آزمون PT و سایر آزمون‌های مرتبط (در صورت درخواست بازرسی) انجام شود. • ترک در هر ابعاد و اندازه ای مردود می‌باشد. • در صورت وجود اتصالات جوشی، ارائه و تایید دستورالعمل‌های جوشکاری (PQR) الزامی است. • سایر معیارهای پذیرش بر اساس مطابقت با استانداردهای ASTM و ASME و API: • ASME Sec 5 • ASME Sec 8 • ASTM E165

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		• API 1104 • ISO 15614
۱۰	آزمون‌های خوردگی مرتبط با مواد سازنده	• توصیه می‌شود آزمون خوردگی مواد سازنده و پوشش‌های فلزی با توجه به شرایط محیطی منطقه شامل موارد زیر باشد: ➤ آزمون اسپری نمک یا مه نمکی^۱ ➤ آزمون آنالیزهای چرخه‌ای خوردگی^۲ (CCT) ➤ آزمون رطوبت زیاد ➤ آزمون اکسیداسیون ➤ آزمون خوردگی H₂S ➤ آزمون‌های مرتبط با پوشش فلزی نظیر آزمون جرم، چسبندگی و پیوستگی پوشش • انجام کلیه آزمون‌های مرتبط با پوشش فلزی نظیر آزمون جرم پوشش، آزمون چسبندگی پوشش و آزمون پیوستگی پوشش نیز الزامی است. ➤ آزمون جرم پوشش • به منظور تعیین جرم پوشش‌ها از یکی از روش‌های اندازه‌گیری حجم یا اندازه‌گیری وزن استفاده شود. • جرم پوشش‌ها نباید از مقدار مشخص شده در استانداردهای مرتبط کمتر باشد. ➤ آزمون چسبندگی پوشش • یک قطعه بریده‌شده از هر نمونه رشته پوشش‌دار (رشته با روکش فلزی) باید با نرخ کمتر یا مساوی با ۱۵ RPM بصورت مارپیچ، به مقدار حداقل ۸ دور حول یک محور سیلندری پیچیده شود. پس از انجام این فرآیند، پوشش باید با استحکام کافی به رشته چسبیده

¹ Salt Spray Test

² Cyclic Corrosion Testing

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
		باقی بماند و نباید ترک خورده یا توسط سائیدن انگشتان بر روی رشته، از آن جدا شود. ➤ آزمون پیوستگی پوشش - یک قطعه از رشته پوشش باید با مشاهده چشمی مورد ارزیابی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که هیچ خلل یا ناپیوستگی در پوشش موجود نباشد. - پوشش باید هموار بوده و در طول رشته دارای ضخامت کافی باشد.
۱۱	رعایت حداقل فاصله ایمنی هادی دستگاه از بدنه مخزن و تجهیزات فلزی	- به منظور کاهش ریسک وقوع جرقه جانبی^۱ مابین هادی کنارگذر و بدنه یا سایر تجهیزات فلزی نصب شده بر روی سقف مخزن باید حداقل فاصله ایمنی بین هادی کنارگذر دستگاه و بدنه مخزن یا سایر تجهیزات رعایت شود. - معیار پذیرش و حداقل مقدار قابل قبول فاصله ایمنی، براساس محاسبات مندرج در بخش‌های 6.3 و پیوست C استاندارد IEC62305-3 و با لحاظ نمودن سطح حفاظت صاعقه کلاس ۱ و در نظر گرفتن کل طول هادی کنارگذر در محاسبات خواهد بود. - به منظور رعایت ملاحظات ایمنی بیشتر، اکیداً توصیه می‌شود تا حد امکان فاصله ایمنی در کل مسیر حرکت هادی بزرگتر از مقدار محاسبه شده لحاظ شود. - لازم است <u>حداقل فاصله مجاز</u> بین محل اتصال هادی کنارگذر روی سقف متحرک با بدنه مخزن (ناحیه ریم سیل)، ۱ m باشد. - در صورتی که از سامانه هم‌بندی هادی کنارگذر با بازوی متحرک استفاده شده باشد لازم است هنگامی که سقف شناور مخزن در وضعیت حداکثر بوده کابل/لوله احاطه‌کننده کابل با سقف مماس یا هم تماس نبوده و در این حالت نیز حتی‌الامکان، حداقل فاصله ایمنی کابل/لوله احاطه‌کننده کابل از سقف شناور رعایت شود.
۱۲	بررسی تعداد رشته‌های هادی کنارگذر	تعداد رشته‌های هادی باید با مقدار مندرج در برگه مشخصات فنی دستگاه و همچنین الزامات استانداردهای ذکر شده در جدول قبل (ردیف مرتبط) مطابقت داشته باشد.
۱۳	آزمون ضربه دینامیکی بر روی	روش آزمون براساس استاندارد INSO 5525، IEC 60811-1 و یا سایر استانداردهای ذکر شده در جدول قبل (ردیف مرتبط)

¹ Side Flash

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون/استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون/توضیحات
	هادی کنارگذر، بدنه و قطعات نگهدارنده دستگاه و بررسی استحکام آنها	می باشد. • انجام این آزمون در دمای پایین (سرما) الزامی بوده و در دمای محیطی حداکثر نیز توصیه می شود.
۱۴	آزمون سختی سنجی (نفوذ) مواد سازنده	• روش آزمون براساس استاندارد ISO 868, EN ISO 6506, ASTM E10 و/یا سایر استانداردهای مرتبط می باشد.

۸-۵-۵ آزمون های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

در صورتی که از هادی های کنارگذر عایق دار در سامانه هم بندی سقف مخازن شناور استفاده شده باشد، آزمون های غیرالکتریکی جدول زیر نیز (براساس نوع هادی) الزامی است.

جدول ۱۰: آزمون های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

آزمون های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل های مرجع
۱	آزمون تعیین خواص مکانیکی و استحکام کششی عایق و روکش های غیر فلزی کابل	مطابقت بر اساس الزامات IEC 60811 و	سامانه های			- IEC 60811-1 - INSO 3569 - IEC 60502

آزمون‌های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
		استانداردهای مرتبط	هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نوعی	
۲	آزمون جمع‌شدگی (آزمون انقباض) عایق و روکش‌های غیر فلزی کابل (Shrinkage test)	حداکثر انقباض قابل قبول ۴٪ و مطابقت نتایج آزمون با نیازهای ذکر شده در جدول روش آزمون	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق PE یا XLPE	FAT	نوعی	- IEC 60811-1 - INSO 3569 - IEC 60502
۳	آزمون مقاومت عایق در برابر ترک (آزمون شوک حرارتی) بر روی عایق و روکش غیرفلزی کابل	تطابق نتایج با نیازهای ارائه شده در بند ۹ استاندارد IEC 60811-3-1	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق PVC	FAT	نوعی	- INSO 5525 - IEC 60811-3

آزمون‌های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
۴	آزمون فشار در دمای بالا (آزمون فشار داغ) بر روی عایق و روکش غیر فلزی کابل	تطابق نتایج با نیازهای ارائه شده در بند ۸ استاندارد IEC 60811-3-1	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق PVC	FAT	نوعی	استاندارد آزمون فشار در دمای بالا • INSO 5525 • IEC 60811-3
۵	آزمون گسترش (انتشار) شعله در کابل (پایداری حرارتی)	تطابق نتایج آن با نیازهای ذکر شده جدول روش آزمون	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق PVC	FAT	نوعی	استاندارد آزمون گسترش شعله در کابل: • INSO 3081 • IEC 60332-1 • IEC 60331
۶	آزمون داغ یا گرما سختی ^۱ بر روی عایق و روکش غیر فلزی کابل	حداکثر افزایش طول تحت بار: ۱۷۵٪	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق PE	FAT	نوعی	استاندارد آزمون گرما سختی • IEC 60811-2

¹ Hot Set Test

آزمون‌های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
		حداکثر افزایش طول مجاز بعد از اعمال سرما: ۱۵٪	یا XLPE			
۷	آزمون خمش در سرما بر روی عایق و روکش غیرفلزی کابل	مطابقت براساس معیارهای مندرج در استاندارد	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نوعی	استاندارد آزمون خمش در سرما بر روی عایق و روکش غیرفلزی IEC 60811-1
۸	اندازه‌گیری ضخامت عایق و روکش‌های عایقی	مطابقت براساس استانداردهای مرتبط (با توجه به سطح مقطع هادی و سطح ولتاژ نامی عایق)	سامانه‌های هم‌بندی با روکش عایق	FAT	نمونه‌ای	- INSO 5525 - IEC 60811-1 - INSO 3569 - IEC 60502
۹	شعاع خمش مجاز کابل یا هادی روکش‌دار سامانه هم‌بندی	حداقل ۱۵ برابر قطر خارجی کابل	سامانه‌های هم‌بندی با	FAT&SAT	نمونه‌ای	- IEC 60287 - IEC 60811 - IEC 60364

آزمون‌های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور						
ردیف	عنوان آزمون	معیار پذیرش	نوع هادی کنارگذر	محل آزمون (FAT/SAT)	نوع آزمون (تک به تک، نمونه‌ای، نوعی)	استانداردها و دستورالعمل‌های مرجع
			روکش عایق			

جدول ۱۱: روش انجام آزمون‌های غیرالکتریکی مرتبط با عایق هادی کنارگذر مخازن سقف شناور

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون / توضیحات
۱	آزمون تعیین خواص مکانیکی و استحکام کششی عایق و روکش‌های غیر فلزی کابل	خواص مکانیکی و استحکام کششی روکش‌های عایقی سامانه هم‌بندی بر اساس استاندارد الزامات IEC 60811 و سایر استانداردهای مرتبط تعیین شود.
۲	آزمون جمع شدگی ^۱ (آزمون انقباض) عایق و روکش‌های غیر فلزی کابل	روش آزمون مطابق استاندارد IEC 60811 و با به‌کار بردن شرایط ذیل صورت گیرد. شرایط لازم برای آزمون: فاصله بین علامت‌ها ۲۰۰ mm، درجه حرارت ۱۳۰ °C، مدت زمان آزمون ۱ ساعت و حداکثر انقباض ۴٪. انجام این آزمون برای عایق سیستم هم‌بندی روکش‌دار (با عایق PE یا XLPE)، الزامی است.
۳	آزمون مقاومت عایق در برابر ترک (شوک حرارتی) بر روی عایق و روکش غیرفلزی کابل	روش آزمون مطابق استاندارد IEC 60811-3-1 صورت گیرد. شرایط لازم برای آزمون: درجه حرارت ۱۵۰ °C و مدت زمان آزمون ۱ ساعت انجام این آزمون برای سیستم هم‌بندی روکش‌دار با عایق PVC، الزامی است ولی برای روکش‌های XLPE الزامی نمی‌باشد.
۴	آزمون فشار در دمای بالا (آزمون فشار داغ) بر روی عایق و روکش غیر فلزی کابل	روش آزمون مطابق استاندارد IEC 60811-3-1 صورت گیرد. شرایط لازم برای آزمون: درجه حرارت ۸۰ °C انجام این آزمون برای سامانه هم‌بندی روکش‌دار با عایق PVC، الزامی است ولی برای روکش‌های XLPE الزامی نمی‌باشد.
۵	آزمون گسترش (انتشار) شعله در کابل	روش آزمون مطابق استاندارد IEC 60811-3-1 صورت گیرد.

¹ Shrinkage test

ردیف	عنوان آزمون	روش انجام آزمون / استاندارد یا دستورالعمل انجام آزمون / توضیحات
	(پایداری حرارتی)	شرایط لازم برای آزمون: درجه حرارت °C ۲۰۰ و مدت زمان آزمون ۱۰۰ دقیقه انجام این آزمون برای سامانه همبندی روکش دار با عایق PVC، الزامی است ولی برای روکش های XLPE الزامی نمی باشد.
۶	آزمون داغ یا گرما سختی ^۱ بر روی عایق و روکش غیر فلزی کابل	نمونه برداری و روش آزمون مطابق بند ۹ استاندارد IEC 60811-2-1 و با به کار بردن شرایط ذیل صورت گیرد. شرایط لازم برای آزمون: درجه حرارت هوا °C ۲۵۰، زمان بودن زیر بار ۱۵ دقیقه، فشار مکانیکی 20 N/cm^2 انجام این آزمون برای عایق سامانه همبندی روکش دار (با عایق PE یا XLPE)، الزامی است.
۷	آزمون خمش در سرما بر روی عایق و روکش غیرفلزی کابل	روش آزمون مطابق استاندارد IEC 60811-1-4 و یا سایر استانداردهای مرتبط صورت گیرد.
۸	اندازه گیری ضخامت عایق و روکش های غیرفلزی	روش آزمون مطابق با بند ۸ از استاندارد IEC شماره ۱-۱-۶۰۸۱۱ و یا سایر استانداردهای مرتبط صورت گیرد.
۹	شعاع خمش مجاز کابل یا هادی روکش دار سامانه همبندی	• خم های کابل باید به نحوی انجام شود که هیچ نوع خرابی به خود کابل وارد نشود (به خصوص در قسمت لولا). • به جز در موارد خاص که سازنده هادی یا کابل یا سامانه همبندی، شرایط محیطی، مقررات و مشخصه های دیگری را جهت نصب ذکر کرده باشد، حداقل شعاع خمش کابل در هنگام نصب باید حداقل $R=15d$ انتخاب شود. R: حداقل شعاع خمش کابل d: قطر خارجی کابل یا هادی روکش دار سامانه همبندی

¹ Hot Set Test

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

حفاظت کاتدی - خوردگی الکتروشیمیایی و سامانه حفاظت کاتدی مخازن فلزی رو زمینی

الف-۱ خوردگی الکتروشیمیایی

در اثر خوردگی، فلزات به حالت اولیه خود یعنی اکسید فلزی برگشته و خواص فلزی خود را کاملاً از دست می‌دهند.

خوردگی کلی یا یکنواخت: خوردگی کلی رایج‌ترین نوع خوردگی می‌باشد که به‌طور یکنواخت در کل سطح فلزی که در تماس با محیط خورنده قرار دارد اتفاق می‌افتد.

در خوردگی گالوانیک، فلز فعال‌تر (آند) دچار خوردگی شدید شده و فلز یا آلیاژ نجیب‌تر (کاتد)، محافظت می‌شود. بنابراین در خوردگی گالوانیک، چهار بخش مختلف شامل آند (الکتروود منفی)، کاتد (الکتروود مثبت)، الکتروولیت (محیط خورنده، مثل آب و خاک) و اتصال الکتریکی بین آند و کاتد وجود دارد.

منابع اصلی تولیدکننده جریان‌های سرگردان DC عبارتند از:

- سامانه حمل و نقل ریلی برقی DC (مترو برقی)

- خطوط انتقال فشارقوی DC (HVDC)^۱

- سامانه حفاظت کاتدی (جریان نشتی از سامانه حفاظت کاتدی)

- میدان مغناطیسی یا ولتاژ طبیعی زمین (در اثر فعالیت مغناطیسی زمین)

- دستگاه‌های جوشکاری DC

الف-۲ سامانه حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی، حفاظت الکتروشیمیایی فلزات بوسیله کاهش پتانسیل خوردگی آن‌ها به سطحی که در آن سطح، نرخ خوردگی فلزات به‌طور موثری کاهش یابد می‌باشد. حفاظت کاتدی روشی رایج برای کنترل خوردگی در مخازن روسطحی می‌باشد. دو نوع سامانه حفاظت کاتدی با عنوان سامانه حفاظت کاتدی با آندهای فداشونده^۲ (سامانه غیرفعال (پسیو) یا روش گالوانیک) و سامانه حفاظت کاتدی با روش تزریق جریان^۳ (سامانه فعال (اکتیو)) وجود دارند.

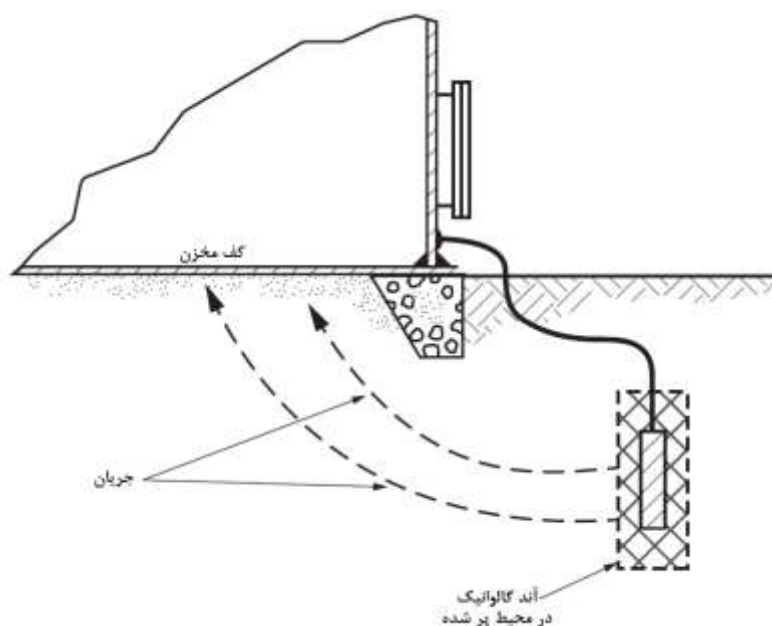
^۱ High Voltage Direct Current

^۲ Sacrificial anodes

^۳ Impressed current

الف-۲-۱ سامانه حفاظت کاتدی گالوانیکی یا آندهای فداشونده

در روش آند فداشونده، تجهیزات فلزی با اتصال به یک فلز فعال تر به عنوان آند، خود نقش کاتد را پیدا می-کنند و در برابر خوردگی حفاظت می-شوند. برای انتخاب درست جنس آندهای فدا شونده، پتانسیل الکترودی فلزات در نظر گرفته شود. فلزاتی مثل منیزیم (Mg)، روی (Zn) و آلومینیم (Al) مناسب برای ایفای نقش آند برای حفاظت سازه‌های فلزی مثل فولاد می‌باشند.



شکل الف-۱- حفاظت کف مخازن روزمینی به روش سامانه حفاظت کاتدی گالوانیکی یا آندهای فداشونده

مزایای اصلی سامانه حفاظت کاتدی به روش آندهای فداشونده یا حفاظت گالوانیک عبارتند از:

- نیاز نداشتن به منبع تغذیه خارجی (مناسب برای مناطق دوردست و بدون برق)؛
- اثر تداخلی بسیار ناچیز بر سایر سازه‌ها (تولید نشدن جریان سرگردان)؛
- دارای توزیع یکنواخت جریان روی سازه‌های تحت حفاظت؛
- نیاز به حریم کم‌تر؛
- استفاده موثر از جریان حفاظتی.

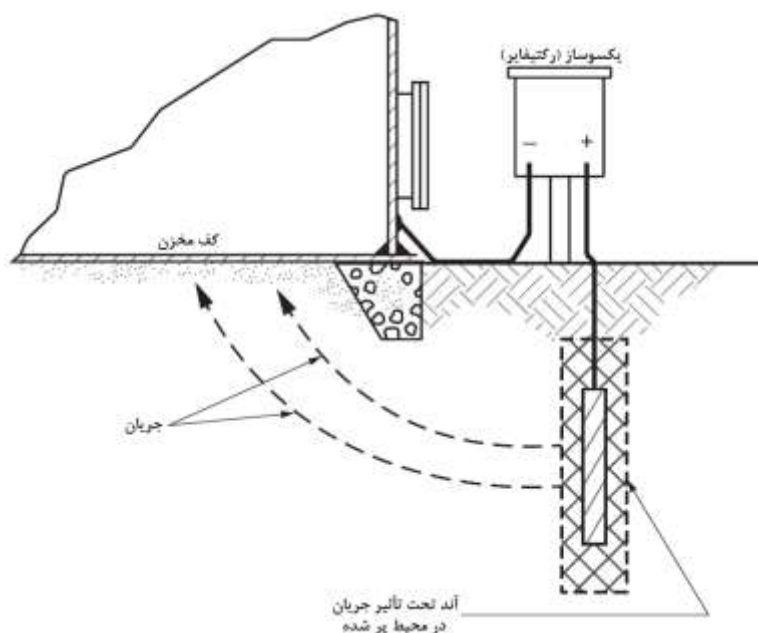
اما معایب اصلی سامانه حفاظت کاتدی به روش آندهای فداشونده عبارتند از:

- دارای ولتاژ محرک ثابت؛
- دارای جریان خروجی کم و ثابت (در حد میلی آمپر)؛
- کاربرد نداشتن برای محیط‌های با مقاومت مخصوص بالا؛

- کاربرد نداشتن برای تجهیزات با پوشش عایقی ضعیف؛
- دارای طول عمر نسبتاً کوتاه (بستگی به جریان بار).

الف-۲-۲ سامانه حفاظت کاتدی تزریق جریان

سامانه‌های حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان از یک منبع خارجی جریان DC (عموماً از یک مجموعه ترانسفورماتور-یکسوساز) برای تامین جریان حفاظت کاتدی استفاده می‌کنند.



شکل الف-۲- حفاظت کف مخازن روزمینی به روش سامانه تزریق جریان

مزایای اصلی سامانه حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان عبارتند از:

- دارای ولتاژ تحریک قابل تنظیم؛
- دارای جریان خروجی بالا و قابل تنظیم (چند ده آمپر)؛
- مناسب برای حفاظت سازه‌های پیچیده و دارای سطح گسترده و وسیع؛
- قابل استفاده برای سازه‌های بدون پوشش و/یا دارای پوشش ضعیف؛
- قابل استفاده برای تمام محیط‌ها (با هر مقاومت مخصوصی).

اما معایب اصلی سامانه حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان عبارتند از:

- نیاز به منبع تغذیه خارجی؛
- نیاز به پایش، بازرسی و نگهداری دقیق دوره‌ای؛

- تولید جریان سرگردان و تداخل روی سایر سازه‌ها؛
- امکان ایجاد حفاظت بیش از حد (تخریب پوشش عایقی)؛
- ایجاد وقفه در حفاظت در اثر نقص و خرابی در سامانه منبع تغذیه.

الف-۲-۳ تجهیزات سامانه حفاظت کاتدی به روش تزریق جریان

الف-۲-۳-۱ منبع جریان DC

عموماً از مجموعه ترانسفورماتور-یکسوساز به عنوان منبع تغذیه DC سامانه حفاظت کاتدی استفاده می‌شود. این منبع شامل مجموعه ترانسفورماتور و یکسوساز می‌باشد. مجموعه ترانسفورماتور-یکسوساز می‌تواند از نوع تک‌فاز یا سه‌فاز، خنک‌شونده با روغن (روغنی) یا با هوا (خشک) و از نوع یکسوساز سیلیکونی یا سلنیومی (برای محیط‌های با دمای بالاتر از 55°C) تولید و به کار گرفته شود.

یکسوسازهای سیلیکونی در کل مناسب‌تر هستند، اما نسبت به اضافه‌ولتاژهای گذرا (صاعقه یا کلیدزنی) بسیار حساس‌تر بوده و بنابراین استفاده از برقگیرهای حفاظتی برای جلوگیری از آسیب به آن‌ها در برابر صاعقه، الزامی است.

الف-۲-۳-۲ آندهای تزریق جریان

بر خلاف آندهای فداشونده، آندهای سامانه تزریق جریان وظیفه تولید جریان حفاظتی را ندارند بلکه صرفاً به عنوان آندهای کمکی استفاده می‌شوند. رایج‌ترین آندهای تزریق جریان که برای حفاظت مخازن استفاده می‌شود عبارتند از:

- آند چدن پرسیلیس (HSCI)؛

- آند اکسید فلز مرکب (MMO)؛

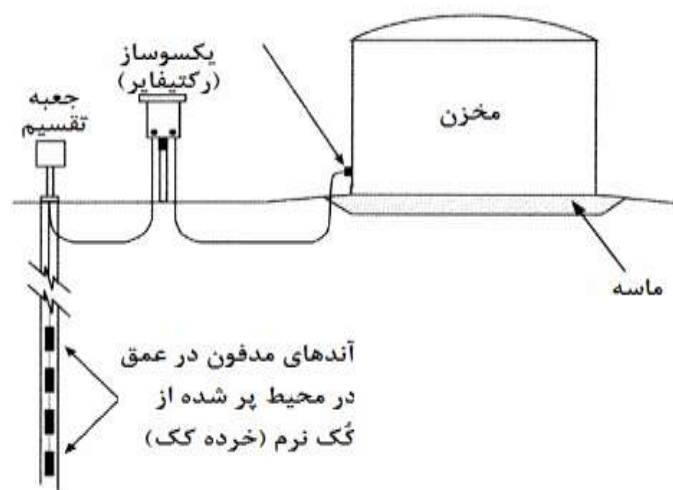
- آند گرافیتی.

الف-۲-۳-۳ انواع بستر آندی سامانه حفاظت کاتدی مخازن

الف-۲-۳-۳-۱ بستر آندی دور

در بستر آندی دور، جریان لازم برای حفاظت مخازن از یک نقطه یا چندین نقطه واقع در فاصله دور از مخازن (زمین دور) تامین می‌شود. بستر آندی دور می‌تواند از نوع بستر سطحی (افقی یا عمودی) و یا بستر عمیق یا چاهی باشد. هنگامی که محدودیت فاصله وجود داشته باشد استفاده از بستر چاهی عمیق، مناسب می‌باشد. اگر جداسازی مخازن از دیگر سازه‌ها ممکن باشد بستر آندی عمودی بهتر از بستر افقی می‌باشد. از بستر دور برای حفاظت همزمان چند مخزن با ابعاد مختلف (در محوطه مخازن) استفاده می‌شود.

از بستر دور می‌توان برای مخازن موجود و مخازن جدید (در حال احداث) استفاده نمود. ساختار کلی یک بستر آندی دور مطابق شکل زیر می‌باشد.



شکل الف-۳- حفاظت مخازن به روش استفاده از بستر آندی دور (بستر چاهی)

الف-۲-۳-۲ بستر آندی نزدیک

بستر آندی نزدیک هم با آندهای فدا شونده و هم با روش تزریق جریان (ICCP) که در آن آندها در نزدیکی مخزن نصب می‌شوند قابل استفاده می‌باشد. بستر آندی نزدیک برای مخازن روزمینی می‌تواند به روش‌های زیر انجام شود:

- نصب آندها در کف مخازن (فقط برای مخازن جدید و مخازن موجود در حال نصب کف داخلی دوم)؛

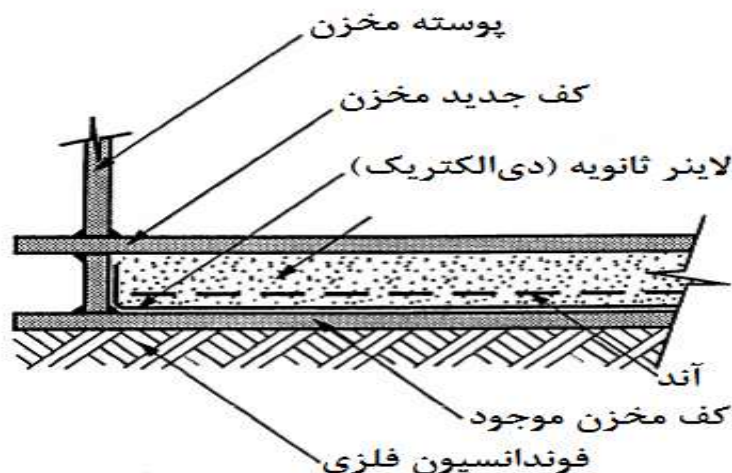
- نصب آندها بصورت یک حلقه در اطراف مخازن.

الف-۲-۳-۲-۱ بستر آندی در زیر کف مخازن (نصب آند مستقیماً در زیر کف مخزن)

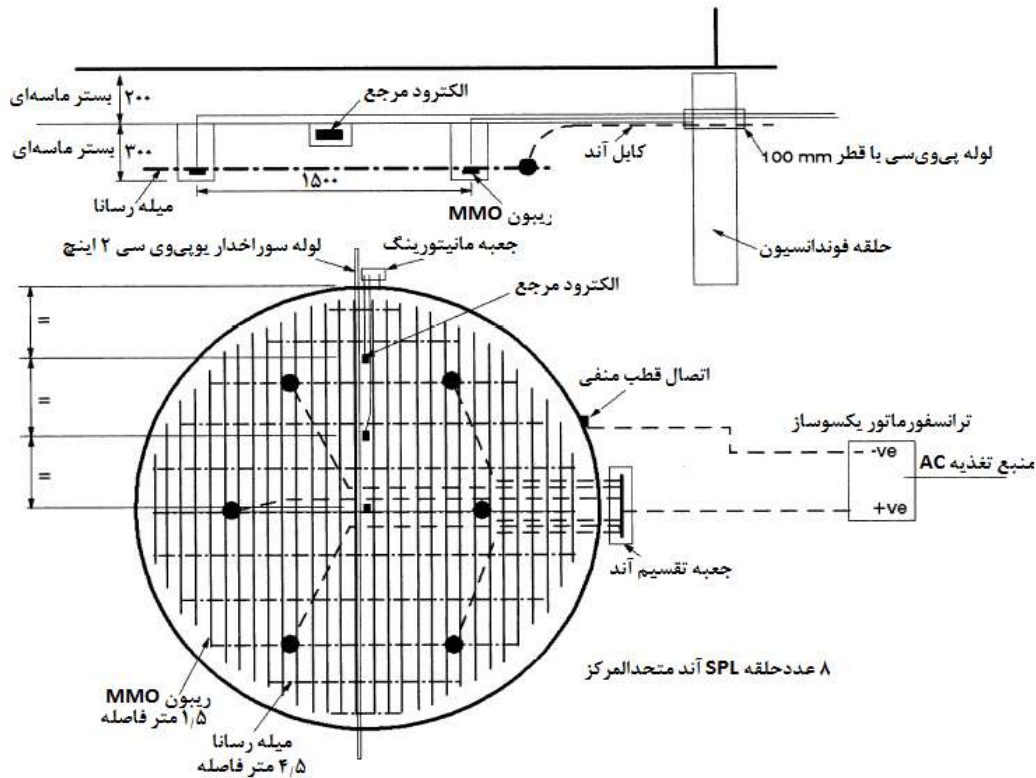
این نوع بستر روش رایجی برای حفاظت کف مخازن جدید و یا کف جدید مخازن (مخازن قدیمی با کف جدید روی کف قبلی) می‌باشد. در این روش آندهای تزریق جریان نواری یا سیمی شکل MMO در داخل فضای بین دو کف جدید و قدیم (برای مخازن قدیمی با کف جدید) و یا بین کف مخازن جدید و بستر زیرین آن (داخل فونداسیون مخزن) نصب می‌شوند. بستر کف مخازن از لایه عایقی پلی اتیلن (لایه ژئوممبران) و شن تمیز تشکیل می‌شود و آندهای نواری در داخل آن قرار می‌گیرند. آندهای MMO می‌توانند در زیر کف مخازن به شکل مشبک، حلقوی یا مارپیچ^۱ نصب شوند.

^۱ Serpentine configuration

مزیت اصلی این نوع بستر آندی، توزیع یکسان و یکنواخت جریان حفاظت در کف مخازن می‌باشد. همچنین وقتی که آندها به کف مخازن نزدیک باشند دیگر نشت جریان حفاظت بداخل سایر سازه‌ها یا بداخل شبکه زمین وجود نخواهد داشت. البته ممکن است بخشی از جریان حفاظت کاتدی بداخل میلگردهای فونداسیون مخازن نفوذ کند.

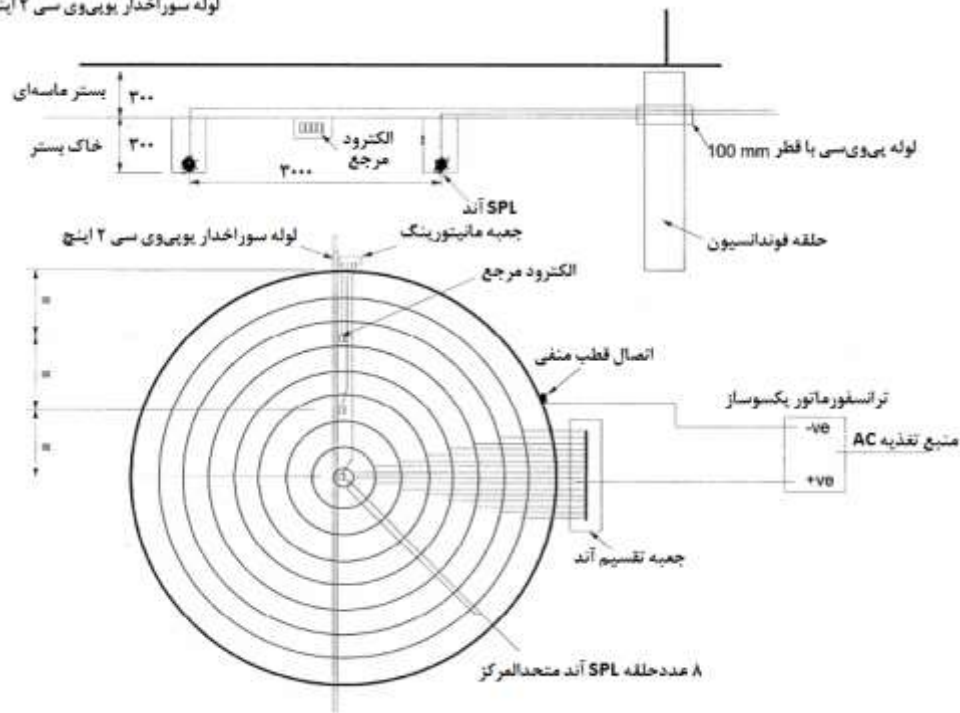


شکل الف-۴- بستر آندی در کف مخازن (بستر آندی بین کف قدیم و کف جدید)

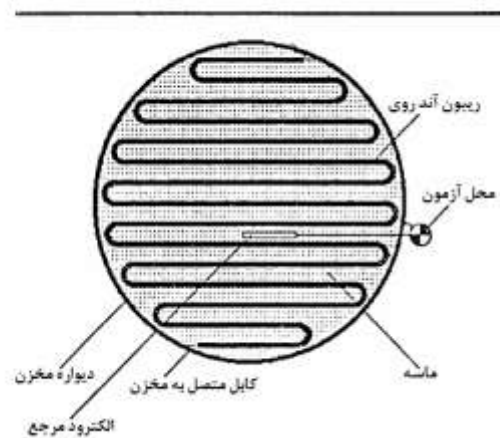


شکل الف-۵- بستر آندی در کف مخازن (بستر مشبک داخل فونداسیون)

لوله سوراخدار یوپی‌وی سی ۲ اینچ



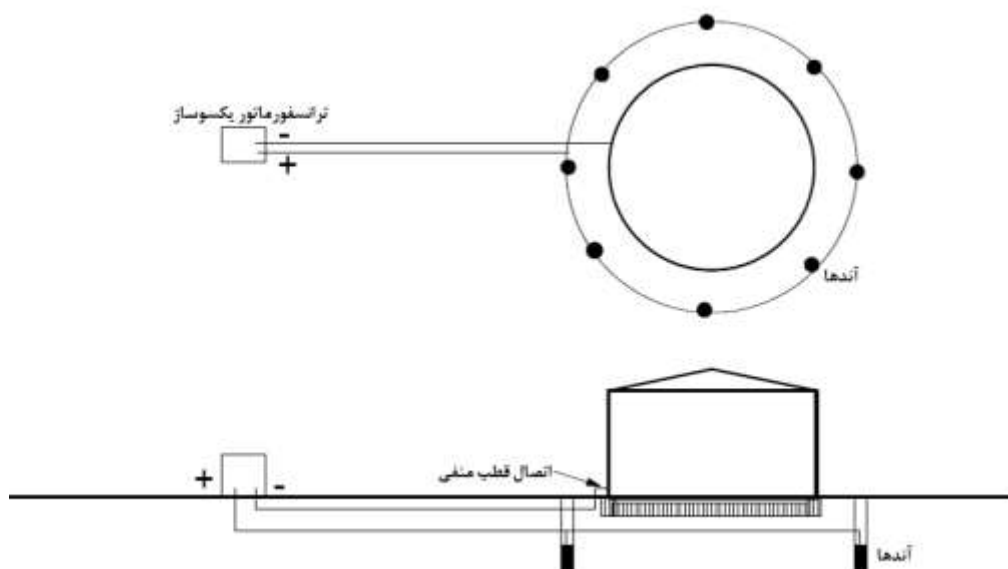
شکل الف-۶- بستر آندی در کف مخازن (بستر حلقوی هم مرکز داخل فونداسیون)



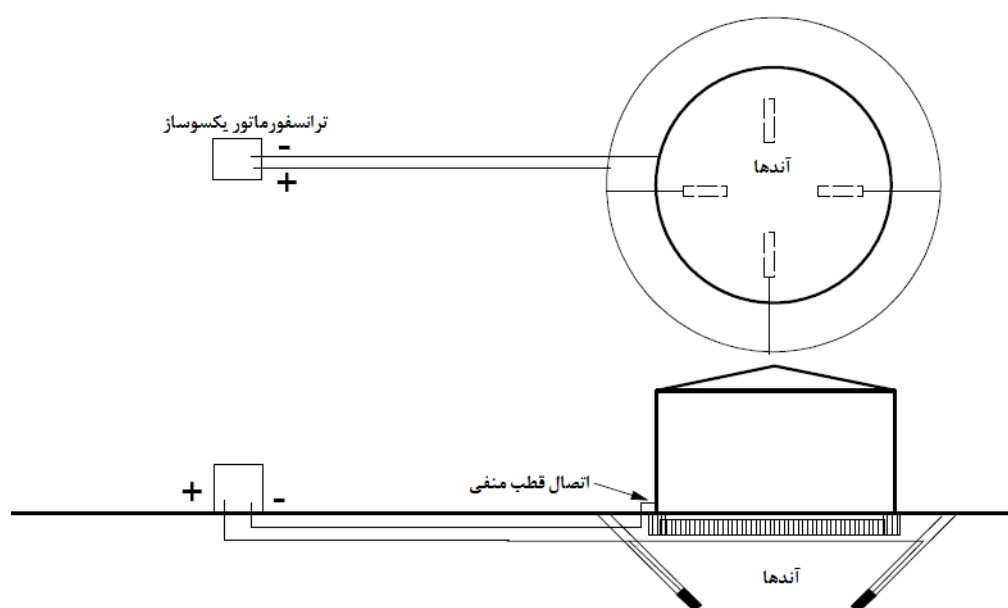
شکل الف-۷- بستر آندی در کف مخازن (بستر مارپیچی داخل فونداسیون)

الف-۲-۳-۳-۲-۲ بستر عمودی آندها در اطراف یا زیر مخازن

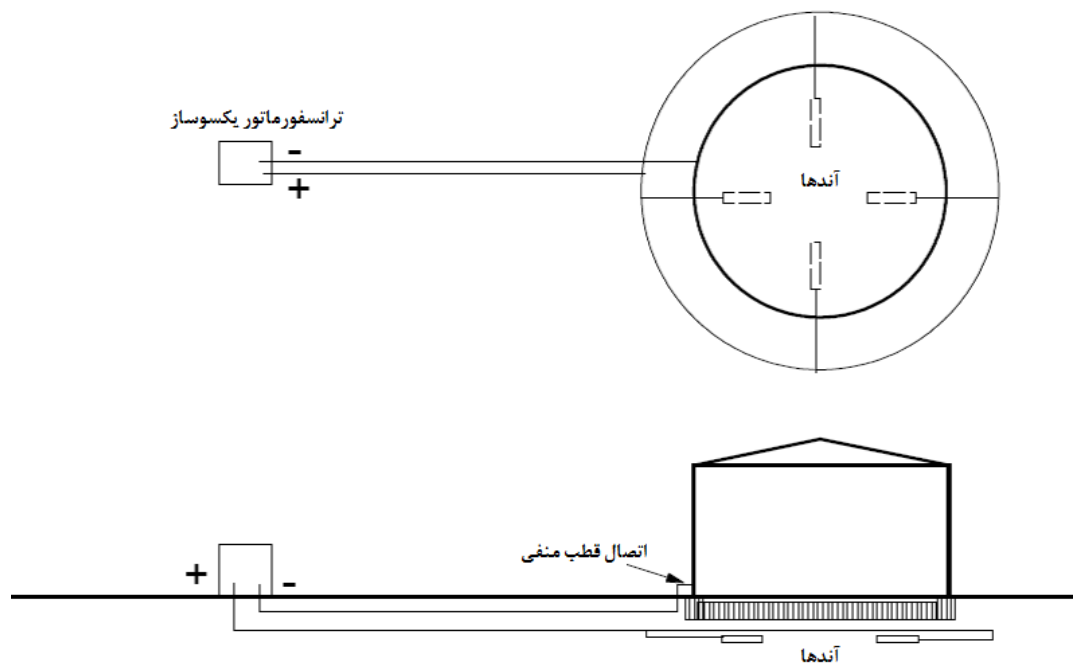
در این سامانه اگر از بستر دور استفاده شود توزیع جریان بهتری در کف مخازن ایجاد خواهد شد و در نتیجه حفاظت بهتر انجام می‌شود. اما این روش باعث نشت جریان به داخل سازه‌های دیگر و شبکه زمین که در نزدیکی مخازن و اطراف آن‌ها قرار دارند می‌شود. همچنین آندها می‌توانند در زیر مخازن (بصورت بستر نزدیک) نصب شوند. این روش باعث نزدیک‌تر شدن آندها به کف مخازن و پخش جریان در کل کف مخازن و در نتیجه حفاظت بهتر مرکز کف مخازن می‌شود.



شکل الف-۸- بستر آنودی در اطراف مخازن (بستر عمودی)



شکل الف-۹- بستر آنودی در زیر مخازن (بستر مایل و بیرون فونداسیون)

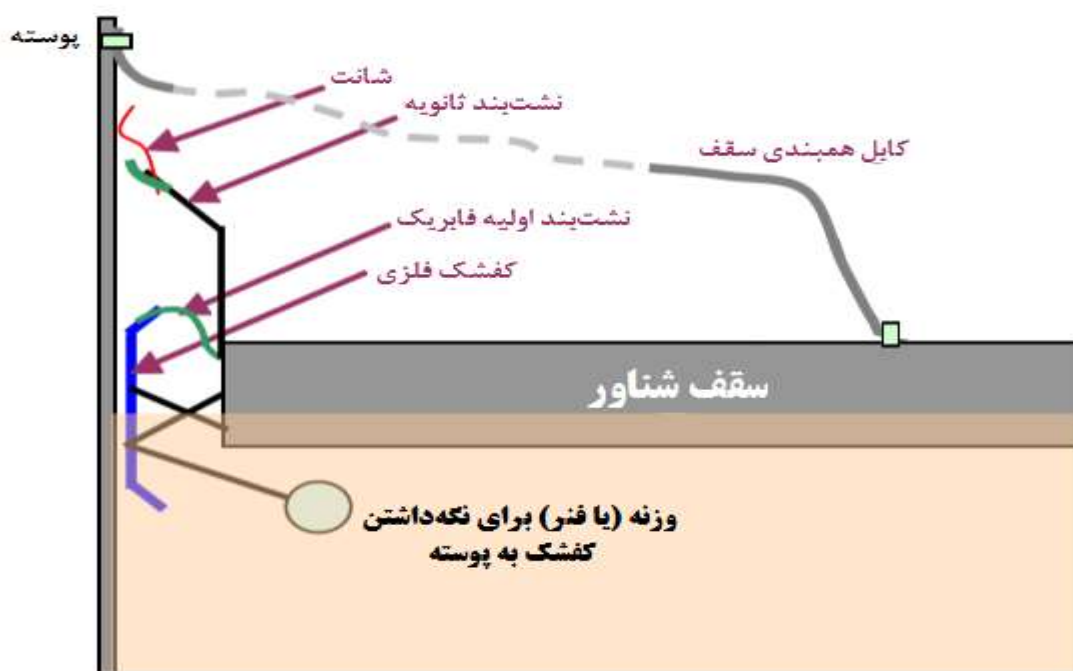


شکل الف-۱۰- بستر آندی در زیر مخازن (بستر افقی و بیرون فونداسیون)

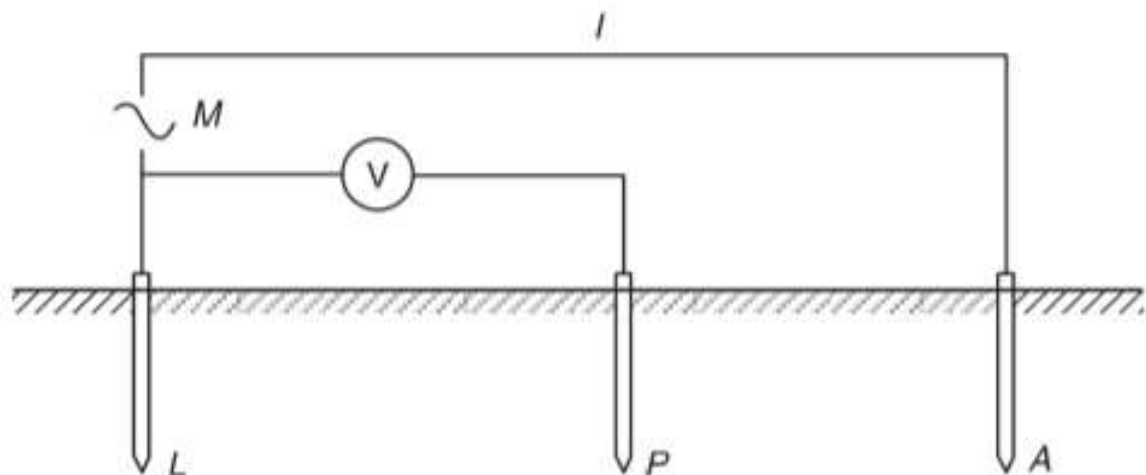
پیوست ب

(آگاهی دهنده)

اتصالات و اندازه گیری



شکل ب-۱- شکل شماتیکی نحوه نصب و هادی همبندی و اتصال لغزشی مربوط به همبندی سقف شناور با جداره مخزن



شکل ب-۲- اندازه گیری مقاومت زمین به روش افت پتانسیل سه نقطه‌ای (NFPA 780)

کتابنامه

- ۱- مشخصات فنی عمومی و اجرایی کابل‌ها در پست فشار قوی، فصل سوم: آزمون‌های مورد نیاز، صفحه ۵۲ (نشریه شماره ۲-۴۵۲).
- ۲- مشخصات فنی عمومی و اجرایی هادی‌های خطوط نیرو، صفحه ۸۲ (نشریه شماره ۲-۴۲۷).
- ۳- مشخصات فنی عمومی و اجرایی هادی‌های خطوط نیرو، فصل پنجم: الزامات و آزمون‌ها (نشریه شماره ۲-۴۲۷).
- ۴- دستورالعمل حفاظت در برابر صاعقه-نظام مهندسی (جدول ۷-صفحه ۳۷).
- ۵- کتاب نکات کاربردی سامانه زمین و هم‌بندی- گروه مولفین- صفحه ۱۶۱.
- ۶- مشخصات فنی عمومی و اجرایی هادی‌های خطوط نیرو، فصل پنجم: الزامات و آزمون‌ها، صفحه ۱۱۳ (نشریه شماره ۲-۴۲۷).
- ۷- دستورالعمل بازرسی سامانه زمین- شرکت ملی گاز ایران (IGS-E-EL-007).
- ۸- دستورالعمل بازرسی فنی کالا- شرکت انتقال گاز ایران.
- ۹- روش اجرایی بازرسی فنی کالا- شرکت ملی نفت ایران.
- ۱۰- اسناد فنی تجهیزات سامانه زمین و حفاظت در برابر صاعقه پالایشگاه‌های گاز پارس جنوبی و پارسیان.
- 11- razichemical.com
- 12- drchemical.ir
- 13- alanglue.com
- 14- imenroll.ir