



دفتر استاندارد سازی مؤسسه آموزش عالی مهر آیین بندرانزلی با هماهنگی

اداره کل استاندارد گیلان

برگزار می کند:

مجازی

دوره ۵

« ایمنی تجهیزات الکتریکی و انرژی »

بازرسان، مدیران فنی،
کارشناسان آزمایشگاه، پرسنل مشغول
در مشاغل مرتبط با برق و تجهیزات الکتریکی،
دانشجویان و سایر علاقه مندان در حوزه های مرتبط



۳ شهریور ۱۴۰۴

ساعت ۹ صبح

هریله ثبت نام:

با ۲۰٪ تخفیف ویژه

۷۸۰/...



مدرس: جناب آقای مهندس فردین محمودی

• عضو هیات علمی و مدیر گروه برق

✓ استانداردهای ایمنی تجهیزات الکتریکی

✓ ارزیابی ریسک

✓ شناسایی خطرات الکتریکی و روش های کاهش ریسک

✓ ایمنی بازرسان و پرسنل

✓ ایمنی در طراحی سیستم های الکتریکی

✓ بررسی موارد واقعی و یادگیری حوادث گذشته

سرفصل های دوره:



راهنمای ارتباطی

09339467181

<https://mehraeen.ir/>

013-44400271



بناام خدا

جزوه دوره ایمنی تجهیزات الکتریکی و انرژی

مدرس : مهندس فردین محمودی

عضو هیات علمی

استاد دانشگاه

مدیر گروه برق ، الکترونیک و مخابرات

عضو سازمان نظام مهندسی استان گیلان

سرفصل‌های جزوه استانداردهای تجهیزات الکتریکی:

۱. مقدمه‌ای بر استانداردهای الکتریکی
 - اهمیت استانداردها در ایمنی، قابلیت اطمینان و سازگاری تجهیزات.
 - معرفی سازمان‌های استاندارد ساز بین‌المللی (IEC, IEEE, ISO) و ملی (ISIRI) در ایران.
۲. استانداردهای عمومی تجهیزات الکتریکی
 - (IEC 60204) ایمنی ماشین‌آلات - تجهیزات الکتریکی.
 - (IEC 60364) تأسیسات الکتریکی ساختمان‌ها.
 - (IEC 60947) اقطعات فرمان و کنترل الکتریکی کم‌ولتاژ.
۳. استانداردهای ایمنی (Safety Standards)
 - (IEC 61010) ایمنی تجهیزات اندازه‌گیری و آزمایشگاهی.
 - (UL 508A) استاندارد کنترل پنل‌های صنعتی در آمریکا.
 - (IEC 62198) مدیریت ریسک در پروژه‌های الکتریکی.
۴. استانداردهای عملکردی (Performance Standards)
 - (IEC 60034) عملکرد موتورهای الکتریکی.
 - (IEC 62271) تجهیزات سوئیچ‌گیر.
 - (IEEE 519) استاندارد هارمونیک‌ها در سیستم‌های برق.
۵. استانداردهای تجهیزات خاص
 - ترانسفورماتورها. IEC 60076 :
 - کابل‌ها IEC 60502 و IEC 60228.
 - کلیدها و فیوزها IEC 60898: (کلیدهای مینیاتوری) و (IEC 60269) فیوزها.
۶. استانداردهای زیست‌محیطی و آزمون‌ها

- (IEC 60068)آزمون‌های محیطی مانند رطوبت، دما، ضربه.
- RoHS و REACH محدودیت مواد خطرناک.
- ۷. استانداردهای ملی ایران (ISIRI)
- استانداردهای معادل ملی برای (IEC) مثل (ISIRI IEC 60364).
- الزامات خاص بازار ایران (مانند تأییدیه‌های وزارت صنعت).

نکات مهم:

- استانداردها پویا هستند و هر ۳-۵ سال به‌روزرسانی می‌شوند. حتماً از آخرین نسخه استفاده کنید.
- برای طراحی یا فروش تجهیزات در بازار ایران، تطابق با ISIRI الزامی است.
- در پروژه‌های صنعتی، استانداردهای شرکت‌های نفت و گاز (مثل Shell DEP یا IEEE 841) نیز کاربردی هستند.

منابع اصلی آیین‌نامه‌های ایمنی برق در ایران:

مقررات ملی ساختمان (مبحث ۱۳):

موضوع: طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها.

شامل اصول ایمنی، حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، اتصال به زمین و...

آیین‌نامه ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی (مصوب وزارت کار):

آیین‌نامه ایمنی کار با برق (شرکت توانیر):

دستورالعمل‌های فنی برای بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات برق.

منابع بین‌المللی معتبر:

(NFPA 70E) ایمنی الکتریکی در محیط کار:

استاندارد جهانی برای ایمنی پرسنل در معرض خطرات برق.

وبسایت رسمی NFPA

(OSHA Electrical Standards) ایالات متحده:

مجموعه قوانین ایمنی برق در محیط‌های صنعتی.

دست‌رسی به استانداردهای OSHA

نکات مهم برای مطالعه:

حفاظت در برابر برق گرفتگی: سیستم‌های ارتینگ، دیفکت، عایق‌بندی.

کار در ارتفاع با تجهیزات برق: استفاده از لباس‌های عایق، کلاه ایمنی.

برچسب‌گذاری تجهیزات: (Lockout/Tagout) جلوگیری از روشن‌شدن ناگهانی برق.

بازرسی دوره‌ای: تست تجهیزات حفاظتی (مثل دستکش‌های عایق).

مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا"، ضوابط و الزامات ضروری برای تأمین ایمنی کارگران، پیمانکاران و عموم مردم در محل‌های ساختمانی را مشخص می‌کند. هدف اصلی آن پیشگیری از حوادث ناشی از کار و کاهش ریسک‌های موجود در محیط‌های ساختمانی است.

مسئولیت‌ها:

کارفرما: مسئول اصلی تأمین ایمنی کلی کارگاه و هماهنگی بین پیمانکاران است. باید برنامه ایمنی را تهیه و بر اجرای آن نظارت کند.

پیمانکار (مجری): مسئول مستقیم اجرای مقررات ایمنی در محدوده کار خود و حفاظت از کارگران زیرمجموعه‌اش است. باید دستورالعمل‌های ایمنی را به کارگران ابلاغ کند.

ناظر: نظارت بر رعایت مقررات ایمنی توسط پیمانکار را بر عهده دارد و باید تخلفات را گزارش دهد.

کارگر: موظف به رعایت دستورالعمل‌های ایمنی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) و گزارش شرایط ناایمن است.

برنامه‌ریزی و مدیریت ایمنی:

الزام تهیه "برنامه ایمنی، بهداشت و محیط زیست" (HSE) یا حداقل "طرح ایمنی و حفاظت کار" قبل از شروع عملیات ساختمانی.

تعیین مسئول ایمنی در کارگاه‌های بزرگ.

الزام به بازرسی دوره‌ای سایت و تجهیزات توسط مسئولان ذی‌ربط.

ایمنی در عملیات اجرایی:

گودبرداری و خاکبرداری: رعایت شیب ایمنی یا سیستم‌های مهاربندی، جلوگیری از ریزش، حفاظت لبه گودها، علائم هشداردهنده.

داربست‌ها: طراحی و نصب صحیح توسط افراد صلاحیت‌دار، استفاده از مصالح سالم، بازرسی قبل از استفاده، سکوی کار ایمن، نرده حفاظتی.

کار در ارتفاع: استفاده از کمربند ایمنی و نقطه اتکا مناسب، نردبان‌های ایمن، حفاظت از محل‌های باز (مانند نورگیرها، بازشوها) با نرده یا حفاظ.

جوشکاری و برشکاری: رعایت فاصله ایمنی از مواد قابل اشتعال، وجود کپسول آتش‌نشانی، تهویه مناسب، حفاظت چشم و صورت.

جرثقیل‌ها و ماشین‌آلات سنگین: بازرسی دوره‌ای، گواهینامه اپراتور، علائم هشدار صوتی، محدوده ایمن دور از بار. انبارش مصالح: انبارش ایمن و پایداری دیواره‌های انبار (خصوصاً مصالح فله‌ای)، جلوگیری از ریزش.

حفاظت در برابر سقوط:

نرده‌های حفاظتی: الزامی در لبه سطوح باز، پله‌ها، پل‌های عبور کارگران، سکوهای کار (ارتفاع استاندارد: ۹۰-۱۱۰ سانتی‌متر).

حفاظت موقت: برای بازشوها، نورگیرها و سایر محل‌های خطر سقوط.

تجهیزات حفاظت فردی ضد سقوط (PFAS): الزام استفاده از کمربند ایمنی کامل (Full Body Harness) همراه با لنگر (لنیارد) و نقطه اتکا مناسب در کار در ارتفاع بیش از ۱.۸ متر یا در مکان‌های پرخطر.

تجهیزات حفاظت فردی (PPE):

تأمین و الزام به استفاده از تجهیزات مناسب توسط کارفرما/پیمانکار.

شامل: کلاه ایمنی، کفش ایمنی، دستکش مناسب، عینک ایمنی، ماسک تنفسی (در صورت نیاز)، گوشی حفاظتی، کمربند ایمنی (کار در ارتفاع).

ایمنی برق:

رعایت اصول ایمنی در سیستم‌های موقت برق کارگاه.

حفاظت از تابلوها و کابل‌ها.

استفاده از کلیدهای حفاظت جان (FI/RCD).

جلوگیری از تماس با خطوط برق هوایی.

ایمنی حریق:

وجود کپسول‌های آتش‌نشانی مناسب و قابل دسترس در محل‌های پرخطر و مسیرهای خروج.

ممنوعیت سیگار کشیدن در مناطق خاص.

ذخیره‌سازی ایمن مواد قابل اشتعال و اشتعال‌زا.

مشخص بودن مسیرهای تخلیه اضطراری و خروجی‌ها.

بهداشت و رفاه کارگاه:

تأمین آب آشامیدنی سالم.

ایجاد سرویس‌های بهداشتی مناسب و تمیز.

وجود محل استراحت مناسب برای کارگران.

مدیریت پسماند و زباله‌های ساختمانی.

علائم و هشدارها:

نصب علائم ایمنی واضح (ممنوعیت، اخطار، الزام، کمک‌های اولیه، تخلیه اضطراری) در محل‌های لازم.

ورود و خروج و تردد:

ایمن‌سازی مسیرهای تردد کارگران و عابرین (پل‌های عابر پیاده موقت، حفاظ‌های کنار مسیر).

جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز به کارگاه.

نکته مهم: مبحث ۱۳ به طور مستقیم بر ایمنی حین ساخت تمرکز دارد. الزامات مربوط به ایمنی حریق ساختمان پس از بهره‌برداری عمدتاً در مبحث ۳ (حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق) و ایمنی سازه‌ای در مبحث ۶ (بارهای وارد بر ساختمان) و مبحث ۹ (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه) و مبحث ۱۰ (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی) گنجانده شده‌اند.

هدف نهایی: ایجاد محیطی امن برای کلیه افراد حاضر در کارگاه ساختمانی و پیشگیری از حوادثی مانند سقوط از ارتفاع، برق‌گرفتگی، ریزش، آتش‌سوزی و ... از طریق برنامه‌ریزی، آموزش، نظارت و تجهیزات مناسب.

تجهیزات حفاظت فردی ضد سقوط (PFAS) الزام استفاده از کمربند ایمنی کامل (Full Body Harness) همراه با لنگر (لنیارد) و نقطه اتکا مناسب در کار در ارتفاع بیش از ۱.۸ متر یا در مکان‌های پرخطر.

نکته مهم: مبحث ۱۳ به طور مستقیم بر ایمنی حین ساخت تمرکز دارد. الزامات مربوط به ایمنی حریق ساختمان پس از بهره‌برداری عمدتاً در مبحث ۳ (حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق) و ایمنی سازه‌ای در مبحث ۶ (بارهای وارد بر

ساختمان) و مبحث ۹ (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه) و مبحث ۱۰ (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی) گنجانده شده‌اند.

هدف نهایی: ایجاد محیطی امن برای کلیه افراد حاضر در کارگاه ساختمانی و پیشگیری از حوادثی مانند سقوط از ارتفاع، برق‌گرفتگی، ریزش، آتش‌سوزی و ... از طریق برنامه‌ریزی، آموزش، نظارت و تجهیزات مناسب. جزوه آموزشی شناسایی خطرات الکتریکی

(شامل شوک الکتریکی، قوس الکتریکی و آتش سوز)

هدف: افزایش آگاهی و توانایی شناسایی و پیشگیری از خطرات عمده الکتریکی در محیط کار و زندگی.

۱- شوک الکتریکی (Electric Shock)

تعریف: عبور جریان الکتریکی از بدن انسان یا حیوان.

چگونگی وقوع:

تماس مستقیم با هادی برقدار (سیم لخت، ترمینال بدون عایق).

تماس با تجهیزاتی که به دلیل خرابی (عایق شکسته، اتصال بدنه) برقدار شده‌اند.

تماس غیرمستقیم (مثلاً تماس با بدنه فلزی دستگاه نشسته بر زمین در حین تماس با هادی برقدار).

عوامل مؤثر در شدت آسیب:

مقدار جریان (آمپر): عامل اصلی تعیین کننده آسیب.

مسیر عبور جریان در بدن: مسیرهای عبور از قلب (دست به دست، دست به پا) بسیار خطرناک‌ترند.

مدت زمان تماس: هرچه تماس طولانی‌تر، آسیب شدیدتر.

فرکانس جریان: جریان متناوب (AC) معمولاً خطرناک‌تر از جریان مستقیم (DC) در فرکانس‌های قدرت (۵۰-۶۰ هرتز).

مقاومت بدن: مقاومت پوست خشک و سالم بالا است، اما با رطوبت، عرق، زخم یا سوختگی به شدت کاهش می‌یابد.

اثرات بر بدن:

انقباض عضلانی (عدم توانایی رها کردن منبع برق).

سوختگی داخلی و خارجی (در محل ورود و خروج جریان و مسیر عبور).

اختلال در ریتم قلب (فیبریلاسیون بطنی - کشنده).

ایست تنفسی.

آسیب عصبی.

مرگ.

شناسایی خطر (شوک):

وجود سیم‌ها یا قطعات برقدار بدون عایق یا محافظ.

تجهیزات با بدنه فلزی بدون اتصال به سیم ارت (Earth) یا سیستم ارتینگ معیوب.

استفاده از ابزار یا تجهیزات در محیط‌های مرطوب یا خیس بدون حفاظت مناسب.

تعمیرات برقی بدون قطع برق و قفل/تگ‌اوت. (Lockout/Tagout)

استفاده از نردبان فلزی نزدیک خطوط برق.

کابل‌های فرسوده یا آسیب دیده.

۲- قوس الکتریکی (Electric Arc / Arc Flash)

تعریف: تخلیه ناگهانی و شدید انرژی الکتریکی از طریق هوا بین هادی‌ها یا به زمین، ایجاد کننده نور شدید، حرارت بسیار بالا و فشار انفجاری.

چگونگی وقوع:

اتصال کوتاه بین فازها یا فاز به زمین (ناشی از ابزار فلزی افتاده، گرد و غبار، حشرات، خرابی عایق، خطای انسانی).

اتصال نادرست مدارات.

شکست عایقی در شرایط فشار (ولتاژ) بالا.

خطرات اصلی:

حرارت شدید (تا ۲۰,۰۰۰ درجه سانتیگراد): باعث سوختگی‌های درجه سه عمیق در کسری از ثانیه در فاصله چند متری.

نور شدید (UV/IR): آسیب جدی به چشم (آب مروارید، سوختگی شبکیه).

فشار انفجاری (Blast): پرتاب خرده فلزات مذاب و ذوب شده، پرتاب شخص، آسیب به شنوایی، آسیب ریه.

پرتاب ذرات و بخارات سمی: مواد مذاب (مس، آلومینیوم) و گازهای سمی حاصل از سوختن عایق‌ها.
شناسایی خطر (قوس):

کار بر روی تابلوهای برق و تجهیزات فشار متوسط و قوی.
تعمیرات یا تعویض قطعات در تجهیزات برقدار (حتی ولتاژ پایین).
وجود نشانه‌های جرقه یا قوس کوچک قبلی روی تجهیزات.
نکته مهم: قوس الکتریکی می‌تواند بدون تماس فیزیکی فرد و تنها با نزدیکی به منبع حادثه رخ دهد.

۳- آتش سوزی الکتریکی (Electrical Fire)

تعریف: آتش سوزی ناشی از منبع یا عامل الکتریکی.

علل اصلی ایجاد:

اضافه بار (**Overload**): عبور جریان بیش از حد مجاز از سیم یا کابل (به دلیل طراحی نادرست یا اضافه کردن مصرف کننده زیاد) -> حرارت -> ذوب عایق -> اتصال.

اتصال کوتاه (**Short Circuit**): اتصال مستقیم فاز به نول یا فازها به هم -> جریان بسیار بالا -> جرقه و حرارت شدید -> آتش.

اتصال با مقاومت بالا (**Loose Connection**): اتصالات شل، زنگ زده یا کثیف -> مقاومت الکتریکی بالا -> حرارت موضعی -> ذوب، جرقه -> آتش.

جرقه (**Spark**): ناشی از قطع و وصل بارهای سلفی (موتورها) یا اتصالات معیوب.

الکتریسیته ساکن (**Static Electricity**): تخلیه ناگهانی در محیط‌های حاوی مواد قابل اشتعال (بنزین، گرد و غبار).

تجهیزات معیوب (ترانسفورماتورهای ناشی، لامپ‌های داغ).

شناسایی خطر (آتش سوزی):

بوی سوختگی پلاستیک یا عایق.

دود ناشی از تجهیزات الکتریکی.

کابل‌ها یا پریزهای گرم (حتی داغ).

جرقه‌های متناوب از سیم‌ها یا اتصالات.

فیوزهای مکرراً سوخته یا کلیدهای مکرراً عمل کرده.

پریزها یا سویچ‌های تغییر رنگ داده یا ذوب شده.

استفاده از سیم‌های نازک برای بار زیاد (مثلاً چند راهی پر از وسایل پرمصرف).

انباشت گرد و غبار قابل اشتعال روی تجهیزات الکتریکی.

راهکارهای کلی پیشگیری و ایمنی

قطع برق: (De-Energize) بهترین روش! همیشه قبل از کار، برق را قطع، قفل/تگ‌اوت (LOTO) کنید و با ولت‌متر عدم وجود برق را تأیید کنید.

استفاده از تجهیزات حفاظتی فردی: (PPE)

شوک: دستکش عایق ولتاژ مناسب، کفش عایق، زیرپایی عایق.

قوس: لباس مقاوم در برابر قوس (Arc-Rated)، کلاه صورت (Face Shield) مقاوم در برابر قوس، دستکش لایه‌ای (Leather Protector + Rubber Gloves)، محافظت شنوایی.

آتش: لباس غیرقابل اشتعال (در صورت خطر قوس هم پوشش داده می‌شود).

نگهداری و بازرسی منظم: (Maintenance & Inspection) بررسی سیم‌ها، کابل‌ها، اتصالات، سیستم ارت، عملکرد کلیدها و فیوزها.

طراحی و نصب صحیح: استفاده از سیم‌ها و کابل‌ها با سطح مقطع مناسب، کلیدها و فیوزهای با آمپر صحیح، سیستم ارتینگ مؤثر، حفاظت توسط RCD/GFCI برای جلوگیری از شوک کشنده.

رعایت فاصله ایمنی: (Clearance) به ویژه در کار نزدیک خطوط هوایی برق.

آموزش مستمر: آموزش کارکنان در شناسایی خطرات، روش‌های کار ایمن، استفاده از PPE و کمک‌های اولیه.

برچسب‌گذاری و هشدار: مشخص کردن تابلوها و تجهیزات پرخطر، محدوده خطر قوس.

محیط کار مناسب: تمیز، خشک، و عاری از مواد قابل اشتعال در مجاورت تجهیزات برق.

استفاده از ابزار عایق‌بندی شده و سالم.

نکته حیاتی: در مواجهه با حادثه برق‌گرفتگی، اولین اقدام قطع منبع برق (با کلید یا فیوز) است. هرگز به فردی که در تماس با برق است دست نزنید.

مراحل کلی کاهش ریسک:

شناسایی ریسک: تعیین ریسک‌های بالقوه.

تحلیل ریسک: ارزیابی احتمال وقوع و شدت تأثیر.

اولویت‌بندی ریسک: تمرکز بر ریسک‌های با احتمال/تأثیر بالا.

اجرای استراتژی‌های کاهش.

پایش و بازبینی.

استراتژی‌های اصلی کاهش ریسک:

۱. پرهیز از ریسک (Risk Avoidance)

روش: کنار گذاشتن فعالیت‌ها یا شرایطی که ریسک را ایجاد می‌کنند.

مثال: لغو یک پروژه پرخطر یا عدم ورود به بازارهای ناپایدار.

مزیت: حذف کامل ریسک.

معایب: ممکن است فرصت‌های سودآور را از بین ببرد.

۲. کاهش ریسک (Risk Reduction / Mitigation)

روش: اجرای اقداماتی برای کاهش احتمال وقوع یا کاهش تأثیر منفی ریسک.

مثال‌ها:

استفاده از فناوری‌های امنیتی برای کاهش ریسک نقض داده‌ها.

آموزش کارکنان برای پیشگیری از خطاهای انسانی.

اجرای پروتکل‌های کنترل کیفیت در تولید.

ایجاد تنوع در سبد سرمایه‌گذاری برای کاهش ریسک مالی.

۳. انتقال ریسک (Risk Transfer)

روش: انتقال مسئولیت ریسک به شخص ثالث.

مثال‌ها:

خرید بیمه (مسئولیت، عمر، دارایی).

برون سپاری فعالیت‌های پرریسک به شرکت‌های متخصص.

استفاده از قراردادهای تضمینی یا شرط عدم مسئولیت.

۴. پذیرش ریسک (Risk Retention / Acceptance)

روش: آگاهانه پذیرفتن ریسک در مواردی که هزینه کاهش آن بیشتر از منافعش است.

مثال: پذیرش ریسک‌های کوچک با تأثیر محدود که مدیریت آن‌ها مقرون به صرفه نیست.

نکته: این استراتژی باید با ایجاد "ذخیره اضطراری (Contingency Reserve)" همراه باشد.

روش‌های عملی برای کاهش ریسک در حوزه‌های مختلف:

الف. در کسب و کار و پروژه‌ها:

تجزیه و تحلیل: SWOT شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها.

برنامه‌ریزی سناریو: آماده‌سازی پاسخ‌ها برای سناریوهای مختلف ("چه می‌شود اگر؟").

افزایش انعطاف‌پذیری: طراحی فرآیندها به گونه‌ای که در برابر شوک‌ها مقاوم باشند.

مدیریت تأمین‌کنندگان: انتخاب چندین تأمین‌کننده برای کاهش وابستگی.

ب. در مالی و سرمایه‌گذاری:

تنوع‌بخشی: (Diversification) توزیع سرمایه در دارایی‌های مختلف (سهام، اوراق قرضه، طلا).

حد ضرر: (Stop-Loss) تعیین آستانه فروش خودکار برای جلوگیری از زیان‌های بزرگ.

تحلیل بنیادی/تکنیکال: ارزیابی دقیق قبل از سرمایه‌گذاری.

ج. در امنیت سایبری:

رمزگذاری داده‌ها. (Encryption)

پشتیبان‌گیری منظم. (Backup)

آموزش آگاهی امنیتی به کارکنان.

استفاده از فایروال و سیستم‌های تشخیص نفوذ.

د. در عملیات و زنجیره تأمین:

انبار کردن موجودی اضطراری. (Safety Stock)

استقرار سیستم‌های پایش بلادرنگ. (Real-time Monitoring)

ایجاد مسیرهای جایگزین برای حمل‌ونقل.

نکات کلیدی برای موفقیت:

پایش مستمر: ریسک‌ها پویا هستند؛ باید دائماً بازبینی شوند.

مشارکت ذینفعان: هماهنگی با تیم‌ها، مشتریان و شرکا.

مستندسازی: ثبت ریسک‌ها و اقدامات کاهش برای بهبود مستمر.

استفاده از ابزارها: نرم‌افزارهای مدیریت ریسک (مانند RiskyProject، SAP Risk Management)

نتیجه‌گیری: کاهش ریسک به معنای حذف کامل خطرات نیست، بلکه مدیریت هوشمندانه منابع برای حداقل‌سازی زبان‌های احتمالی است. ترکیب استراتژی‌های مختلف با توجه به نوع ریسک و اهداف سازمان، کلید موفقیت است.

جزوه آموزشی استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE)

هدف: آشنایی با انواع تجهیزات حفاظت فردی، کاربردها، نحوه استفاده صحیح، محدودیت‌ها و نگهداری آنها برای پیشگیری از صدمات و بیماری‌های ناشی از کار.

مخاطبین: کلیه پرسنلی که در محیط‌های کاری با مخاطرات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی یا ارگونومیک مواجه هستند.

فصل ۱: مقدمه و اهمیت PPE

تعریف PPE: وسایلی که برای محافظت از فرد در برابر مخاطرات سلامتی و ایمنی در محیط کار استفاده می‌شوند.

جایگاه PPE در سلسله مراتب کنترل خطرات:

آخرین خط دفاعی (پس از حذف خطر، جایگزینی، کنترل‌های مهندسی و کنترل‌های اداری).

تاکید PPE: خطر را از بین نمی‌برد، فقط کاربر را در برابر آن محافظت می‌کند.

مسئولیت‌ها:

کارفرما: تامین PPE مناسب، آموزش، تعمیر و جایگزینی.

کارگر: استفاده صحیح و مداوم، گزارش خرابی، نگهداری و تمیز کردن.

فصل ۲: انواع اصلی تجهیزات حفاظت فردی و کاربردها

حفاظت سر: (Head Protection)

کلاه ایمنی: (Hard Hat)

کاربرد: محافظت در برابر ضربه، سقوط اجسام، برخورد با اشیاء ثابت، پاشش مواد، شوک الکتریکی (برخی انواع).

انواع: کلاس A (عایق برق - ولتاژ پایین)، کلاس B (عایق برق - ولتاژ بالا)، کلاس C غیر عایق - ضد ضربه.

نکات استفاده: اندازه مناسب، تنظیم بند زیر چانه، بازرسی منظم برای ترک و آسیب.

حفاظت چشم و صورت: (Eye & Face Protection)

عینک ایمنی: (Safety Glasses) محافظت در برابر ذرات پرتاب شده (تراشه، گردوغبار).

گاگل: (Safety Goggles) محافظت کامل دور چشم در برابر ذرات، پاشش مایعات و بخارات شیمیایی (ضد مه و ضد اسید).

شیلد صورت: (Face Shield) محافظت کامل صورت در برابر پاشش مایعات، ذرات، قوس الکتریکی (جوشکاری).
تذکر: معمولاً به تنهایی کافی نیست و باید همراه عینک یا گاگل استفاده شود.

نکات استفاده: تمیزی عدسی، اندازه مناسب، عدم خراشیدگی، استفاده مداوم در معرض خطر.

حفاظت دستگاه تنفسی: (Respiratory Protection)

انواع:

ماسک‌های فیلتردار - (N95, N99, N100, P2, P3): (Filtering Facepiece - FFP) حفاظت در برابر ذرات (گردوغبار، میست، فیوم، باکتری‌ها، ویروس‌ها).

نیم‌ماسک‌ها: (Half-Mask Respirators) با کارتریج‌های قابل تعویض برای ذرات، گازها و بخارات خاص.

تمام‌ماسک‌ها: (Full-Face Respirators) حفاظت چشم و صورت + تنفس. برای گازها/بخارات و ذرات.

دستگاه‌های تنفسی با هوای فشرده: (SCBA, SAR) برای جوامع کم‌اکسیژن یا غلظت‌های بسیار بالای آلاینده‌ها.

نکات حیاتی: انتخاب بر اساس نوع خطر، تست تناسب (Fit Test)، بازرسی و تعویض فیلتر/کارتریج، تمیز کردن و نگهداری صحیح، آب‌بندی کامل روی صورت.

حفاظت شنوایی: (Hearing Protection)

گوشی (ایرماف): (Earmuffs) پوشش کامل دور گوش.

قالب گوش (ایرپلاگ): (Earplugs) داخل مجرای گوش (قالبی، یکبار مصرف فومی، قابل شستشو).

نکات استفاده: انتخاب بر اساس سطح نویز - NRR) کاهش رتبه نویز (، استفاده مداوم در محیط پرسروصدا، جایگذاری صحیح (ایرپلاگ)، تمیز کاری (ایرماف و ایرپلاگ قابل شستشو).

حفاظت دست - (Hand Protection) دستکش:

انتخاب بر اساس خطر:

ضد برش: کار با اجسام تیز (شیشه، فلز).

ضد مواد شیمیایی: مقاوم در برابر حلال‌ها، اسیدها، بازها) بر اساس جنس: نیتریل، نیوپرن، وایتون، PVC).

ضد حرارت: کار با اجسام داغ (خواهان، حرارت تابشی).

ضد لرزش: کار با ابزارهای لرزنده.

عایق برق: کار با برق.

ضد باکتری/ویروس: در محیط‌های بهداشتی.

نکات استفاده: سایز مناسب، بازرسی قبل از استفاده (پارگی، سوراخ)، تعویض پس از آلودگی یا آسیب، عدم استفاده در نزدیکی ماشین‌آلات دوار (خطر گیر کردن).

حفاظت پا: (Foot Protection)

کفش ایمنی یا چکمه ایمنی: (Safety Shoes/Boots)

کاربرد: محافظت در برابر سقوط اجسام، بریدگی، سوراخ شدگی کف، سر خوردن، مواد شیمیایی، الکتریسیته ساکن یا شوک الکتریکی.

ویژگی‌ها: پنجه فولادی/کامپوزیتی، زیره ضد سوراخ و ضد لغزش، مقاوم در برابر روغن/مواد شیمیایی، عایق برق.

نکات استفاده: سایز مناسب، بستن صحیح بندها، تعویض کفش فرسوده.

حفاظت بدن: (Body Protection)

لباس کار: (Coveralls) محافظت در برابر گردوغبار، آلودگی‌های جزئی.

پیش‌بند: (Aprons) محافظت در برابر پاشش مواد شیمیایی یا بیولوژیکی (پلاستیکی، لاستیکی).

لباس‌های مقاوم شیمیایی) :سطح (A,B,C,D برای کار با مواد شیمیایی خطرناک.

جلیقه‌های ایمنی با قابلیت دید بالا (High-Visibility Vests) در محیط‌های پرتردد یا کم نور.

لباس‌های مقاوم در برابر حرارت /آتش: برای جوشکاری، کار در دماهای بالا.

نکات استفاده: انتخاب مناسب خطر، اندازه صحیح، تمیز کردن یا تعویض پس از آلودگی، بازرسی منظم.

فصل ۳: ملاحظات کلیدی در استفاده از PPE

ارزیابی خطر: شناسایی دقیق مخاطرات موجود برای انتخاب صحیح PPE.

انتخاب صحیح:

متناسب با خطر خاص.

مناسب برای کاربر (اندازه، راحتی، سازگاری با سایر تجهیزات).

مطابق با استانداردهای معتبر (ANSI, EN, ISIRI) و...)

آموزش کاربران:

نحوه صحیح پوشیدن، تنظیم و درآوردن PPE.

آگاهی از مخاطراتی که PPE در برابر آن محافظت می‌کند و خطراتی که محافظت نمی‌کند.

محدودیت‌های تجهیزات.

نحوه بازرسی، تمیز کردن، نگهداری و تعویض.

استفاده مداوم PPE: باید در تمام مدت حضور در منطقه خطر استفاده شود.

بازرسی منظم: قبل از هر استفاده، تجهیزات را از نظر پارگی، سوراخ شدگی، ترک، فرسودگی، خرابی قطعات و تاریخ

انقضا (فیلترها، کارتریج‌ها) بازرسی کنید.

نگهداری و مراقبت:

تمیز کردن طبق دستورالعمل سازنده (معمولاً پس از هر استفاده).

نگهداری در محل تمیز، خشک و دور از نور مستقیم خورشید و مواد شیمیایی.

تعمیر توسط افراد مجاز یا تعویض در صورت آسیب.

سازگاری تجهیزات: اطمینان از اینکه استفاده همزمان چند PPE (مثل عینک و ماسک تنفسی) کارایی یکدیگر را کاهش نمی‌دهد و روی صورت آب‌بندی مناسب دارند.

رعایت بهداشت فردی: شستن دست‌ها قبل و بعد از استفاده از PPE، به خصوص پس از درآوردن دستکش‌ها.

فصل ۴: محدودیت‌های PPE

محافظت ۱۰۰٪ ارائه نمی‌دهد.

ممکن است باعث ناراحتی، خستگی یا محدودیت حرکت شود.

نیاز به آموزش و تعهد کاربر دارد.

می‌تواند خراب شود یا به درستی استفاده نشود.

جایگزین کنترل‌های مهندسی و اداری نیست.

فصل ۵: جمع‌بندی و نکات کلیدی اجرایی

اولویت همیشه با حذف یا کنترل خطر در منبع است.

PPE آخرین خط دفاع است.

ارزیابی خطر قدم اول برای انتخاب PPE مناسب است.

آموزش نحوه استفاده صحیح و آگاهی از محدودیت‌ها ضروری است.

استفاده مداوم و صحیح کلید موثر بودن PPE است.

بازرسی، نگهداری و تعویض به موقع تجهیزات حیاتی است.

مسئولیت مشترک: کارفرما (تامین و آموزش) + کارگر (استفاده صحیح و گزارش مشکل).

تذکر مهم: این جزوه کلیات را پوشش می‌دهد. حتماً برای اطلاعات دقیق‌تر در مورد تجهیزات خاص و مخاطرات ویژه محیط کار خود، به دستورالعمل‌های شرکت، برگه اطلاعات ایمنی مواد (MSDS/SDS) و استانداردهای ملی (ISIRI) مراجعه کنید و از مسئول ایمنی سایت راهنمایی بخواهید.

شعار ایمنی: "ایمنی اولویت اول است. از خود و همکارانتان با استفاده صحیح از PPE محافظت کنید."

۱. تجهیزات حفاظت فردی (PPE)

- کلاه ایمنی: مقاوم در برابر شوک الکتریکی (کلاس E یا G)
- دستکش عایق: متناسب با ولتاژ کاری (تست شده قبل از هر استفاده).

- کفش ایمنی عایق: دارای عایق الکتریکی و مقاوم در برابر نفوذ آب.
- لباس کار نسوز: در محیط‌های با خطر قوس الکتریکی. (Arc Flash)
- عینک محافظ: برای جلوگیری از جرقه و ذرات.

۲. اصول کار ایمن با برق

- قطع منبع تغذیه: (De-energization)
 - پیش از هر کار، برق مدار را کاملاً قطع و با تستر سه فاز عدم وجود ولتاژ را تأیید کنید.
 - از سیستم قفل/برچسب (LOTO) استفاده کنید تا دستگاه تصادفاً روشن نشود.
- کار روی برق دار (فقط در شرایط ضروری):
 - با مجوز کتبی و رعایت فاصله ایمنی.
 - استفاده از ابزارهای عایق‌بندی شده. (Insulated Tools)
- فاصله ایمنی: (Safe Distance)
 - رعایت حداقل فاصله از قطعات برقدار (مطابق استانداردهای ملی).

۳. اقدامات پیشگیرانه برای تجهیزات

- نگهداری دوره‌ای: بازرسی سیم‌ها، کابل‌ها، فیوزها و کلیدها.
- سیستم ارتینگ: (Earthing) اطمینان از اتصال صحیح تجهیزات به زمین.
- نصب دستگاه‌های حفاظتی:
 - RCCB/ELCB (برای قطع خودکار در برابر نشتی جریان)
 - فیوز و کلید مینیاتوری مناسب با ظرفیت مدار.
- محافظت در برابر قوس الکتریکی: (Arc Flash)
 - محاسبه سطح خطر و استفاده از PPE متناسب.

۴. محیط کار ایمن

- علائم هشداردهنده: نصب تابلو "خطر برق گرفتگی" در محل های پرخطر.
- نگهداری فضای کار:
 - خشک کردن سطوح مرطوب.
 - پرهیز از انباشت مواد قابل اشتعال نزدیک تابلوها.
- دسترسی محدود: ممانعت از ورود افراد غیرمجاز به اتاق های برق.

۵. اقدامات اضطراری

- در برق گرفتگی:
 - قطع فوری برق با کلید اصلی بدون تماس مستقیم با مصدوم.
 - استفاده از وسیله عایق (چوب خشک، دستکش) برای جدا کردن مصدوم.
 - تماس با اورژانس (۱۲۵) و اجرای CPR در صورت نیاز.
- آتش سوزی الکتریکی:
 - استفاده از کپسول آتشنشانی CO_2 یا پودر خشک (هرگز از آب استفاده نشود.!).

۶. آموزش و فرهنگ ایمنی

- دوره های آموزشی منظم: آشنایی با ریسک ها، روش های LOTO و کمک های اولیه.
- گزارش دهی حوادث: ثبت هرگونه حادثه یا شرایط ناایمن.
- بازرسی مستمر: بررسی محیط کار توسط مسئول ایمنی.

نکات حیاتی:

- "یک دست کار کنید:" در نزدیکی برق‌دار، یک دست را در جیب بگذارید تا جریان از قلب عبور نکند.
 - پرهیز از فلزات: عدم استفاده از ساعت، انگشتر یا ابزار فلزی در محیط‌های برق‌دار.
 - تست ابزار: اطمینان از سلامت مولتی‌متر، فازمتر و سایر ابزار پیش از استفاده.
- ✓ پایبندی به این پروتکل‌ها جان شما و همکارانتان را نجات می‌دهد!

منابع معتبر:

- استاندارد (OSHA 29 CFR 1910.331-335 ایمنی برق).
 - استاندارد ملی ایران (SIRI 2348 ایمنی در برق).
 - دستورالعمل‌های (NFPA 70E محافظت در برابر قوس الکتریکی).
- در صورت نیاز به جزوه تفصیلی با تصاویر آموزشی، اطلاع دهید!
- جزوه مدیریت شرایط اضطراری شوک الکتریکی
- هدف: آشنایی با اقدامات سریع و صحیح در مواجهه با مصدوم برق‌گرفتگی برای نجات جان و کاهش آسیب‌ها.
- مخاطبان: پرسنل برق، امدادگران، کارکنان صنایع، عموم مردم (به ویژه در محیط‌های دارای ریسک برق).

بخش ۱: شناخت خطر و اقدامات اولیه حیاتی

۱. درک خطر (خطر اول: شما نباشید!):

- برق‌گرفتگی یک فوریت پزشکی تهدیدکننده حیات است.
- هرگز مستقیماً مصدوم در تماس با منبع برق را لمس نکنید. جریان برق می‌تواند به شما منتقل شود.
- منبع برق می‌تواند جریان متناوب (AC) یا مستقیم (DC) با ولتاژ بالا یا پایین باشد. همه خطرناک هستند.

○ پدیده "چسبیدن" (Let-Go Effect) در جریان AC ، انقباض عضلات ممکن است باعث شود مصدوم نتواند منبع را رها کند.

۲. قطع منبع برق (اولین و حیاتی‌ترین اقدام):

○ اولویت اول: قطع جریان برق از منبع.

○ روش‌ها:

- فیوز یا کلید اصلی: سریعاً مدار مربوطه یا کلید اصلی (کنتور) را قطع کنید.
- کشیدن دوشاخه: اگر ایمن و قابل دسترس است، دوشاخه را از پریز بکشید (مراقب سیم‌های لخت باشید).
- استفاده از وسایل عایق: اگر قطع منبع ممکن نیست، فقط با استفاده از ابزارهای کاملاً عایق و خشک (مثل چوب خشک، پلاستیک سفت) مصدوم را از تماس با منبع جدا کنید. هرگز از فلز یا مواد مرطوب استفاده نکنید.

○ توجه: در برق فشار قوی (مثل دکل‌ها، پست‌ها) به هیچ وجه نزدیک نشوید و فقط نیروهای متخصص اقدام کنند.

۳. درخواست کمک (همزمان یا بلافاصله بعد از قطع برق):

- با شماره اورژانس (مثلاً ۱۱۵ در ایران، ۱۱۲ در اروپا) تماس بگیرید.
- اطلاعات دقیق بدهید: "برق گرفتگی"، "مصدوم بیهوش/هوشیار"، "منبع برق قطع شده/نشده"، "موقعیت دقیق".

بخش ۲: ارزیابی مصدوم و کمک‌های اولیه

۱. ارزیابی ایمنی محل (بعد از قطع برق):

○ اطمینان حاصل کنید که خطری مانند آتش‌سوزی، سقوط اجسام، یا تجهیزات ناپایدار وجود ندارد.

○ مراقب سیم‌های قطع شده یا آویزان باشید.

۲. ارزیابی سطح هوشیاری و تنفس مصدوم:

- به آرامی شانه‌های مصدوم را تکان دهید و با صدای بلند بپرسید: "حالتان خوب است؟"
- اگر پاسخ داد (هوشیار):
 - آرامش خود را حفظ کنید و مصدوم را آرام کنید.
 - او را حرکت ندهید (ممکنست آسیب ستون فقرات داشته باشد).
 - محل ورود و خروج جریان برق را بررسی کنید (معمولاً سوختگی‌های عمیق و مشخص).
 - سایر آسیب‌های احتمالی (سقوط، پرتاب شدن) را چک کنید.
 - به مصدوم اجازه ندهید بلند شود یا راه برود.
 - منتظر اورژانس بمانید و علائم حیاتی (تنفس، هوشیاری) را مرتب چک کنید.
 - در صورت امکان، محل سوختگی را با گاز استریل خشک یا پارچه تمیز بپوشانید (از یخ، کره، پماد استفاده نکنید).
- اگر پاسخ نداد (بی‌هوش):
 - فوراً راه تنفسی را بررسی کنید: سر را به آرامی به عقب خم کنید و چانه را بالا ببرید (مانور Head-Tilt-Chin-Lift) دهان را نگاه کنید و هرگونه انسداد (غذا، دندان مصنوعی) را بردارید.
 - تنفس را بررسی کنید: (Look, Listen, Feel) به حرکت قفسه سینه نگاه کنید، صدای تنفس را گوش دهید، جریان هوا را روی گونه خود احساس کنید (حدود ۱۰ ثانیه).
 - اگر نفس می‌کشد (تنفس طبیعی دارد):
 - او را در وضعیت ریکآوری (بیمار بی‌هوش) قرار دهید (به پهلو، سر کمی به عقب).
 - مرتباً تنفس و سطح هوشیاری را چک کنید.
 - منتظر اورژانس بمانید.

▪ اگر نفس نمی‌کشد یا نفس‌های غیرطبیعی (گاسپینگ) می‌زند:

فوراً با اورژانس تماس بگیرید (اگر قبلاً انجام نشده).

شروع فوری احیای قلبی ریوی: (CPR)

دست‌ها را وسط قفسه سینه (روی استخوان جناغ) قرار دهید.

با عمق حداقل ۵-۶ سانتی‌متر و سرعت ۱۰۰-۱۲۰ فشار در دقیقه، فشارهای قوی و سریع وارد کنید ("Stayin' Alive" ریتم خوبی دارد).

بعد از هر ۳۰ فشار قفسه سینه، ۲ تنفس مصنوعی بدهید (سر را به عقب خم کنید، بینی را بگیرید، دهان خود را روی دهان مصدوم بگذارید و به اندازه کافی بدمید تا قفسه سینه بالا بیاید). اگر مهارت یا امکانات تنفس مصنوعی ندارید، فقط ماساژ قلبی را ادامه دهید. (Hands-Only CPR)

ادامه CPR تا: رسیدن اورژانس، خسته شدن شدید، یا برگشتن تنفس طبیعی مصدوم.

اگر دستگاه شوک خودکار خارجی (AED) در دسترس است:

فوراً آن را روشن کنید و دستورالعمل‌های صوتی/تصویری آن را دنبال کنید.

پدها را روی سینه برهنه مصدوم طبق تصاویر بچسبانید.

مطمئن شوید کسی مصدوم را لمس نمی‌کند. دستگاه شوک را (در صورت نیاز) اعمال کنید.

بلافاصله بعد از شوک، CPR را از سر بگیرید مگر اینکه دستگاه دستور دهد توقف کنید.

مراقبت از سوختگی‌ها:

پس از تثبیت وضعیت حیاتی (هوشیاری، تنفس، گردش خون).

○ محل سوختگی را با گاز استریل خشک یا پارچه تمیز و غیر پرزدار بپوشانید.

○ از انجام این کارها شدیداً خودداری کنید:

▪ یخ زدن مستقیم روی سوختگی

▪ استفاده از کره، خمیر دندان، روغن، پماد (غیر از موارد تجویز پزشک)

▪ ترکاندن تاول‌ها

▪ کندن لباس‌های چسبیده به محل سوختگی

۳. مراقبت از سایر آسیب‌ها:

- مصدوم ممکن است به دلیل انقباض عضلات یا پرتاب شدن، دچار شکستگی استخوان‌ها، دررفتگی یا آسیب به ستون فقرات شده باشد.
- تا حد امکان مصدوم را بی‌حرکت نگه دارید، مگر اینکه در خطر فوری (مثل آتش) باشد.
- در صورت امکان از آتل‌بندی برای اندام آسیب دیده استفاده کنید.

بخش ۳: اقدامات پس از بحران و پیشگیری

۱. پس از رسیدن اورژانس:

- تمام اطلاعات را به پرسنل پزشکی منتقل کنید: زمان حادثه، مدت تماس با برق (اگر می‌دانید)، ولتاژ احتمالی، اقدامات انجام شده (قطع برق، CPR، استفاده از AED).
- محل ورود و خروج جریان را نشان دهید.

۲. پیشگیری (کلید اصلی):

- قفل/برچسب (Lockout/Tagout) حتماً از پروتکل‌های قفل کردن و برچسب زدن منابع انرژی هنگام کار بر روی تجهیزات الکتریکی استفاده کنید.
- تجهیزات حفاظت فردی (PPE) استفاده از دستکش‌های عایق برق، کفش ایمنی عایق، فرش لاستیکی در محیط‌های پرخطر.
- آموزش: آموزش منظم کارکنان در مورد خطرات برق، روش‌های کار ایمن و کمک‌های اولیه شوک الکتریکی.
- نگهداری: نگهداری منظم سیستم‌ها و تجهیزات الکتریکی.
- محیط کار: تمیز و خشک نگه داشتن محیط کار الکتریکی. استفاده از GFCI (قطع کننده جریان نشتی زمین) در محیط‌های مرطوب.

- احتیاط عمومی: عدم دستکاری پریزها و سیم‌های برق با دست خیس، دور نگه داشتن کودکان، استفاده از وسایل برق با سیم سالم.

نکات کلیدی برای به خاطر سپردن

- اول ایمنی خودتان: هرگز بدون قطع برق مصدوم را لمس نکنید.
- قطع برق = نجات جان: سریعترین راه قطع منبع برق را بیابید و اجرا کنید.
- درخواست کمک: همزمان یا بلافاصله بعد از قطع برق با اورژانس تماس بگیرید.
- احیای قلبی ریوی (CPR): حیاتی‌ترین مهارت برای نجات مصدوم بی‌هوش بدون تنفس.
- AED: اگر در دسترس است، فوراً از آن استفاده کنید.
- پیشگیری: بهترین درمان است. همیشه بر روی رعایت نکات ایمنی و آموزش تأکید کنید.

منابع برای مطالعه بیشتر:

- استانداردهای ایمنی برق (مثل OSHA ، NFPA 70E)
 - دوره‌های کمک‌های اولیه و CPR معتبر (هلال احمر، سازمان‌های آتش‌نشانی)
 - کتاب‌های راهنمای کمک‌های اولیه
- این جزوه یک راهنمای کلی است. شرکت در دوره‌های عملی کمک‌های اولیه و CPR برای کسب مهارت کافی ضروری است.

مبانی قطع جریان الکتریکی

هنگام قطع جریان (به‌خصوص جریان‌های بالا)، قوس الکتریکی تشکیل می‌شود که باید به سرعت خاموش شود تا تجهیزات آسیب نبینند. روش‌های قطع جریان بر اساس مکانیزم خاموش کردن قوس دسته‌بندی می‌شوند.

روش‌های اصلی قطع جریان الکتریکی

۱. کلیدهای مکانیکی (Circuit Breakers)

روش استفاده از هوای فشرده: (Air Blast)

با دمیدن هوای فشرده به محل قوس، یون‌های داغ پراکنده و قوس خاموش می‌شود.

کاربرد: پست‌های فشارقوی.

روش خلأ: (Vacuum)

در محفظه خلأ، قوس به دلیل نبود مولکول‌های هوا سریع خاموش می‌شود.

کاربرد: سیستم‌های فشار متوسط (تا ۳۵ کیلوولت).

روش گاز: SF₆ (Sulfur Hexafluoride)

گاز SF₆ عایق قوی است و قوس را خنک و خاموش می‌کند.

کاربرد: کلیدهای فشارقوی (بالای ۷۲ کیلوولت).

۲. فیوزها (Fuses)

با ذوب شدن سیم حرارتی در اثر جریان بیش‌ازحد، مدار باز می‌شود.

انواع: فیوزهای کاردی، (HRC فیوزهای با ظرفیت قطع بالا).

۳. کلیدهای الکترونیکی (Solid-State Circuit Breakers)

با استفاده از نیم‌هادی‌های قدرت (مثل IGBT یا Thyristor) جریان در چند میکروثانیه قطع می‌شود.

مزایا: سرعت بالا، عمر طولانی، بدون قوس الکتریکی.

کاربرد: سیستم‌های DC، منابع تجدیدپذیر.

۴. کلیدهای ترکیبی (Hybrid Circuit Breakers)

ترکیبی از کلید مکانیکی و الکترونیکی برای قطع جریان‌های بسیار بالا.

مناسب برای سیستم‌های HVDC و دیتاسنترها.

فاکتورهای کلیدی در انتخاب روش قطع

ولتاژ نامی (LV, MV, HV, EHV)

جریان قطع مورد نیاز (بر حسب kA)

سرعت قطع (زمان عملکرد)

محیط عملیاتی (دما، رطوبت، آلودگی)

هزینه و قابلیت اطمینان

چالش‌های مدرن در قطع جریان

قطع جریان در سیستم‌های DC به دلیل نبود نقطه صفر جریان.

قطع جریان اتصال کوتاه در ریز شبکه‌ها و منابع تجدیدپذیر.

توسعه کلیدهای ابررسانا. (Superconducting Fault Current Limiters)

منابع پیشنهادی برای مطالعه عمیق‌تر

کتاب‌ها:

Sunil S. Rao توسط Switchgear and Protection

C. L. Wadhwa توسط Electrical Power Systems

استانداردها:

(IEC 62271 استاندارد کلیدهای فشارقوی)

(IEEE C37.04 استاندارد عملکرد کلیدهای قدرت (مقالات: جستجوی کلیدواژه‌های:

Arc quenching methods

Hybrid HVDC circuit breakers

اگر به جزوه فارسی یا اسلایدهای آموزشی نیاز دارید، پیشنهاد می‌کنم منابع زیر را برر

مفاهیم کلیدی که باید پوشش داده شوند:

اصول حفاظت در برابر برق‌گرفتگی:

روش‌های جداسازی الکتریکی، استفاده از ترانسفورماتور ایزوله.

سیستم‌های TN-S، TT، IT و انتخاب نوع سیستم زمین.

طراحی سیستم زمین: (Earthing)

محاسبه مقاومت زمین، پتانسیل تماس (Touch Potential)، مواد الکتروود.

حفاظت در برابر اضافه جریان:

انتخاب فیوز، کلید مینیاتوری (MCB)، کلید نشتی جریان (RCD/ELCB).

حفاظت در برابر ولتاژ تماسی:

استفاده از ترانسفورماتور ایمن (Safety Transformer).

استانداردهای رنگ‌بندی سیم‌ها و نشانه‌گذاری تابلوها.

ابزارهای طراحی ایمن:

نرم‌افزار ETAP یا CYME برای شبیه‌سازی اتصال کوتاه و حفاظت.

نرم‌افزار AutoCAD Electrical برای ترسیم نقشه‌های ایمن.

پاسخ فوری به حادثه

طمینان از امنیت محل حادثه (قطع برق، ایزوله کردن تجهیزات، کمک‌های اولیه).

حفظ صحنه حادثه برای جمع‌آوری شواهد (عدم جابجایی تجهیزات یا پاک‌سازی تا زمان بررسی).

تشکیل تیم بررسی

شامل متخصصان برق، ایمنی، سرپرستان و گاه نمایندگان کارگری.

تیم باید بی‌طرف و آموزش‌دیده در روش‌های تحلیل ریشه‌ای (Root Cause Analysis) باشد.

جمع‌آوری شواهد

مستندات: گزارش‌های تعمیرات، دستورالعمل‌های عملیاتی، گواهی‌نامه‌های پرسنل.

شواهد فیزیکی: عکس‌ها، نمونه‌های آسیب‌دیده (کابل‌ها، تجهیزات حفاظتی).

مصاحبه با شاهدان: ثبت دقیق مشاهدات بدون جهت‌گیری.

تجزیه و تحلیل علل

علل مستقیم: نقص فنی (مثلاً اتصال کوتاه)، خطای انسانی (عدم رعایت پروتکل‌های قفل-تگ).

علل ریشه‌ای:

نقص در آموزش پرسنل.

طراحی نایمن تجهیزات.

عدم نظارت کافی یا فرهنگ ایمنی ضعیف.

نقص در رویه‌های تعمیر و نگهداری (مثلاً تست نشدن کلیدهای محافظ جان).

تدوین گزارش نهایی

توصیف حادثه، علل شناسایی شده، و توصیه‌های اصلاحی (مثلاً نصب تجهیزات حفاظتی جدید، بازنگری دوره‌های آموزشی).

پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی

رفع علل ریشه‌ای در اسرع وقت.

نظارت بر اثربخشی تغییرات (مثلاً کاهش حوادث مشابه پس از آموزش).

به‌اشتراک‌گذاری نتایج

اطلاع‌رسانی به تمام پرسنل برای یادگیری سازمانی.

ثبت در پایگاه داده حوادث برای تحلیل‌های آتی.

نکات کلیدی در حوادث برقی

شایع‌ترین علل حوادث:

کار بر روی تجهیزات برقدار بدون تجهیزات حفاظتی.

عدم استفاده از سیستم قفل-تگ. (LOTO)

نقص در سیستم‌های اتصال به زمین (ارتینگ).

استفاده از تجهیزات معیوب (مثل کابل‌های فرسوده).

راهکارهای پیشگیرانه:

اجرای دوره‌های آموزش عملی ایمنی الکتریکی سالانه.

بازرسی منظم تجهیزات حفاظتی (کلیدهای RCCB ، دستکش‌های عایق).
به‌روزرسانی دستورالعمل‌های کاری مطابق با استانداردهایی مانند NFPA 70E یا OSHA.

مثال عملی (تحلیل یک حادثه فرضی)

حادثه: برق‌گرفتگی کارگر در اثر تماس با تابلو برق.

تحلیل:

علت مستقیم: قطع نشدن برق پیش از کار (عدم اجرای LOTO).

علت ریشه‌ای:

آموزش ناکافی پرسنل در مورد پروتکل‌های LOTO.

نظارت ضعیف سرپرست کارگاه.

توصیه‌ها:

الزامی کردن گواهی‌نامه LOTO برای پرسنل فنی.

نصب سیستم‌های هشدار دهنده روی تابلوها.

استانداردهای مرجع

(OSHA 29 CFR 1910.331-335 ایمنی الکتریکی در محیط کار).

مقررات ایمنی ایران: آیین‌نامه حفاظت فنی در کارگاه‌های برق (مصوب وزارت کار).

استاندارد: ISIRI 8563 مدیریت ریسک و ارزیابی آن در سیستم‌های برقی.