



جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار و امور اجتماعی

معاونت روابط کار

بررسی ایمنی برق

توربین های گازی

مدل GT 10 B



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	مقدمه
۳	چکیده
۴	مشخصات فنی توربینهای گازی GT10 B
۵	فصل اول – دسته‌بندی مولدهای گازی در یک تقسیم‌بندی کلی
۹	۱-۱ ویژگیهای نیروگاههای گازی
۱۱	۱-۲ مزایای نیروگاههای گازی
۱۱	۱-۳ معایب نیروگاههای گازی
۱۲	۱-۴ دلایل رانندمان پایین نیروگاههای گازی
۱۴	۱-۵ مزایای نیروگاههای گازی سیکل بسته
۱۴	۱-۶ معایب نیروگاههای گازی سیکل بسته
۱۵	فصل دوم – زمین کردن
۱۶	۲-۱ زمین کردن حفاظتی
۱۷	۲-۲ زمین کردن الکتریکی
۱۸	فصل سوم – تجهیزات و وسایل الکتریکی برای مناطق در معرض خطر انفجار
۱۹	۳-۱ طبقه‌بندیها (کلاسهای) دمایی
۲۰	۳-۲ حالت‌های حفاظت
۲۳	۳-۳ مناطق (نواحی) در معرض خطر انفجار
۲۸	فصل چهارم – مستندات تصویری مرتبط با برخی مفاد آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی
۴۳	منابع و مراجع

مقدمه

کاربرد روزافزون توربینهای گازی در صنایع مختلف به خصوص در صنایع نفت و گاز برای به حرکت درآوردن پمپهای بزرگ در داخل خطوط لوله نفت و گاز، تأمین انرژی مورد نیاز کارخانجات و مناطق خاص جدا از شبکه و همچنین تولید نیروی برق شبکههای سراسری بسیار چشمگیر و قابل توجه است. لذا با عنایت به محیط قابل انفجار توربینهای گازی و همچنین موارد مشابه که در کارخانهای رنگسازی، معادن زغال سنگ و غیره، تونلهای عمرانی و کارخانهای دارای گازهای قابل انفجار وجود دارد اندازهگیری مقاومت سیستم اتصال به زمین و بررسی سیستم اتصال به زمین و تجهیزات الکتریکی اهمیت ویژه‌ای دارد در این میان انتخاب تجهیزات الکتریکی برای محیطهای قابل انفجار مستلزم شناختن و طبقه‌بندیهای دمایی محیط به لحاظ ماکزیمم دمای سطحی و دمای اشتعال برحسب درجه سانتیگراد، طبقه‌بندی گازهای قابل انفجار و نواحی در معرض خطر انفجار برای تعیین سطح ایمنی مورد نیاز برای تجهیزات الکتریکی نصب شده در فضای گاز و بخار انفجاری میباشد.

چکیده

به منظور ایمنی برق صنایع و معادن مختلفی که با خطر انفجار گازها و بخارات مواجهند و همچنین شفافسازی برخی مواد آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها که مرتبط با محیطهای قابل انفجار میباشد پس از بررسی تجهیزات الکتریکی ضد انفجاری کارگاههای مختلف و بازدید از شرکت تجهیزات توربوکمپرسورسازی، اولین پکیچکننده توربینهای گازی GT10B (۲۵ مگاواتی) در ایران با همکاری شرکت SIEMENS و عکسبرداری و بررسی کابلکشیها و سیمکشیها و تابلوهای برق ضد انفجاری، شستیهای فشاری، گلندها، لامپها، سیستمهای اعلام حریق و کنترل (فرمان) داخل توربینها منتج به طبقه‌بندی گازها و بخارات قابل انفجار و دمای سطحی و دمای اشتعال محیط و نواحی در معرض خطر انفجار و آرایه جداول فصل سوم گردید. در نهایت پس از انتخاب بعضی عکسها و تطبیق آنها با برخی مواد آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها تصاویری که برای اجرای سیستم اتصال به زمین و همبندیها و انتخاب تجهیزات الکتریکی کارآمد و موثر میباشد با عنوان فصل چهارم (مستندات تصویری مرتبط با برخی مفاد آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی) بیان گردیده است.

مشخصات فنی توربینهای GT 10 B

سوخت گاز طبیعی

۵۰/۶۰ HZ

فرکانس

۲۴/۸ MW

توان خروجی

٪۳۴/۲

بازده

۷۷۰۰ RPM

سرعت چرخش توربین

Exhaust gas flow kg/s 80.4

Exhaust gas temperature C° 543

فصل اول

دسته بندی مولدهای گازی در یک تقسیم بندی کلی

بطور کلی این نوع مولدها در یک تقسیم بندی کلی در سه دسته مورد مطالعه قرار می گیرند که ذیلاً بررسی می شوند:

دسته اول، مولدهایی هستند که اصول کار آنها بر پایه طراحی مولدهای بخار استوار است و بر این اساس تحولات لازم در طراحی با توجه به تکنولوژی های ساخت به وجود آمده است. اصولاً این نوع مولدها از نظر وزنی سبک و تجهیزات کمی آنها نسبت به گونه های دیگر بیشتر بوده و معمولاً قدرت های بالای آنها اقتصادی است و بدین جهت قدرت های قابل ساخت در کارخانجات سازنده این نوع مولدها معمولاً از ۳۰ مگاوات بیشتر است. سازندگان این دسته از مولدها عمدتاً زیمنس و **ABB** (براون باوری سابق) هستند. در شبکه های کوچک از این نوع واحدها به عنوان تولید کننده بار پایه و در شبکه های بزرگ به عنوان تولید کننده بار میانی و پیک و حتی اضطراری استفاده می گردد. البته این نوع مولدها در شبکه های بزرگ، ضمن ترکیب با مولدهای بخاری (چرخه های ترکیبی)، می توانند در تولید بار پایه نیز به کار روند.

راندمان این نوع مولدها عموماً در قدرت های بالا بیشتر از واحدهای مشابه می باشد ولی به سبب برخورداری از تجهیزات کمی بیشتر و نتیجتاً هزینه نگهداری و پرسنلی بالاتر، هزینه تولید هر کیلووات آنها با انواع دیگر توربین های گاز، در قدرت های معادل، برابری می کند. این نوع مولدها معمولاً می بایستی در داخل سالن نصب گردند و به سبب سنگین بودن تجهیزات (بالا بودن متوسط

وزنی نسبت به کیلو وات تولیدی) مدت زمان نصب و راه اندازی آنها بیشترین زمان در نوع خود را دارا می باشد .

هزینه سرمایه گذاری ارزی این دسته از مولدهای گازی معادل سایرین می باشد (با احتساب عمر مفید) لیکن هزینه های سرمایه گذاری محلی آن از دیگر انواع توربین گاز بیشتر است .

دسته دوم، از توربین گازها ، توربین های نوع جتی می باشند که عمدتاً در صنایع هوایی کاربرد دارند و بعضاً نیز با اعمال تغییرات جزئی ، به صورت توربین ژنراتور به کار می روند. عمده مشخصه این نوع مولدها در اطاق های احتراق آنها می باشد که از آلیاژهای خاصی ساخته می شوند ضمن اینکه نازل سوخت آنها نیز از نوع مرکب می باشد .

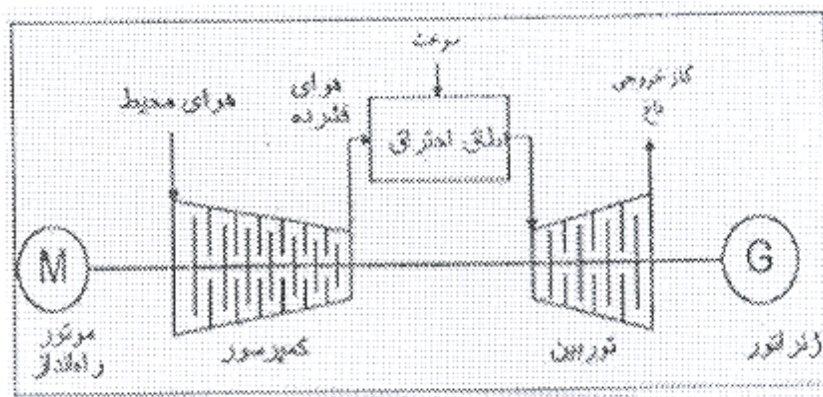
توربین از چند طبقه مجزا از هم تشکیل شده که هر یک دور گردش مخصوص به خود را دارند و بدین سبب به آنها توربین های گازی چند محوره هم گفته می شوند . دور توربینی که برای چرخاندن کمپرسور به کار می رود، به ۴۰ هزار دور در دقیقه هم می رسد . دور توربین کم دور آن معمولاً با دور ژنراتور یکی است و در حقیقت این دو با هم کوپله می باشند .

قیمت تمام شده هر کیلو وات قدرت نصب شده این نوع مولدها ، نسبت به دیگر انواع مولدهای گازی غالباً ۵ تا ۱۰ درصد کمتر می باشد لیکن به سبب تفاوت راندمان و هزینه تعمیر و نگهداری ، قیمت هر کیلو وات انرژی تولیدی آن، گرانتر از دیگر انواع می باشد .

دسته سوم، توربین های گازی صنعتی هستند که تکامل خود را از توربین های جتی آغاز کرده اند لیکن کاملاً از انواع جتی فاصله گرفته اند و تنها خصیصه ای که از جت ها دارند ، تعداد اتاق های احتراق آنهاست.

عمده سازندگان این نوع مولدهای گازی خانواده جنرال الکتریک و خانواده وستینگ هاوس می باشند که هرکدام شامل چند سازنده عمده هستند .

مدل عمومی کارکرد دسته اول و سوم مولدهای گازی در شکل زیر به تصویر کشیده شده است :

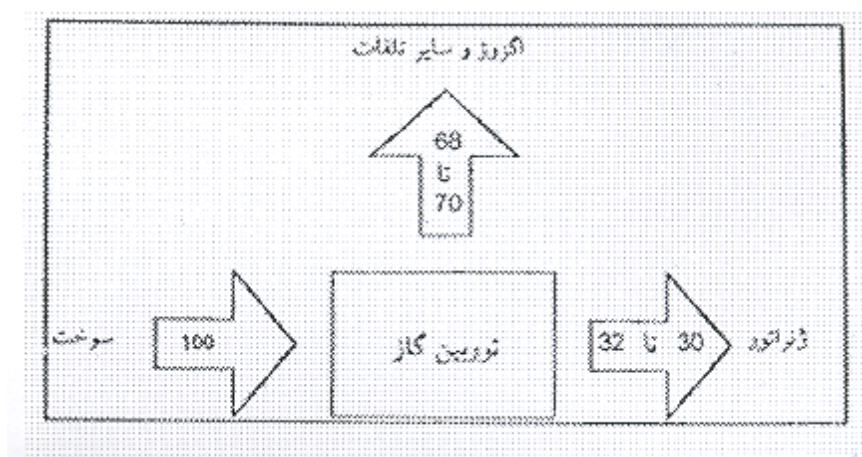


نحوه کارکردهای گازی بدین ترتیب است که کمپرسور در حال گردش با دور زیاد ، هوای محیط را مکیده و فشار آن را به چندین برابر فشار محیط (حدود ۱۰ برابر) می رساند ، ضمن اینکه نسبتاً درجه حرارت آن نیز افزایش می یابد . هوای فشرده شده از کمپرسور خارج و به درون محفظه یا محفظه های احتراق هدایت می شوند . در داخل اتاق احتراق شعله دائمی برقرار است و سوخت (گاز، گازوئیل و یا بعضاً مازوت) نیز با فشار مناسبی به درون آن پاشیده می شود .

سوخت به همراه هوای فشرده در مجاورت شعله ، آتش می گیرد و گاز داغی با حجم زیاد که دمای آن به ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد می رسد تولید می گردد . گاز حاصل که نتیجه یک احتراق کامل بدون تولید دوده است ، به سبب محدودیت های تکنولوژیکی مستقیماً قابل ارسال به توربین نمی باشد و لازم است خنک گردد . این کار توسط هوای اضافی ورودی به اتاق احتراق ، از طریق کمپرسور ، انجام می گیرد .

گاز داغ مناسب از نظر درجه حرارت، وارد توربین شده و بخش اعظم انرژی خود را به صورت انرژی مکانیکی دورانی، به توربین منتقل می کند و خود از طریق اگزوز خارج می گردد. حدود دو سوم ($2/3$) انرژی دورانی حاصله از توربین به مصرف گرداندن کمپرسور، و یک سوم ($1/3$) آن برای گردش ژنراتور به کار می رود. ژنراتوری که یا به صورت مستقیم و یا از طریق جعبه دنده با توربین هم محور و کوپله است، با میدان الکتریکی گردان خود، در استاتور، جریان الکتریسته با ولتاژ از پیش طراحی شده تولید می کند.

شمای حرارتی نیروگاههای گازی در شکل زیر آمده است:



۱-۱) ویژگیهای نیروگاههای گازی

نیروگاه های گازی، کاربردهای ویژه ای دارند.

نیروگاه گازی به نیروگاهی می گویند که بر مبنای سیکل گاز (سیکل برایتون) کار می کند؛ واز سیکل های حرارتی می باشد، یعنی سیال عامل کار یک گاز است. عامل انتقال و تبدیل انرژی گازی است، (مثلا هوا) در نیروگاه های بخار عامل انتقال: بخار مایع می باشد.

نیروگاه گازی دارای توربین گازی است، یعنی با سیکل رایتون کار می کند. ساختمان آن درمجموع ساده است.

۱- کمپرسور: وظیفه فشردن کردن هوا.

۲- اتاق احتراق: وظیفه سوزاندن سوخت درمحفظه.

۳- توربین: وظیفه گرداندن ژنراتور.

کمپرسور به کاررفته در نیروگاه های گازی شبیه توربین است، دارای رتوری است که بر روی این رتور پره متحرک است، هوا به حرکت درآمده و به پره های ساکنی برخورد کرده، در نتیجه جهت حرکت هوا عوض شده و این هوا باز به پره های متحرک برخورد کرده و این سیکل ادامه دارد و در هر عمل هوا فشرده ترمی شود.

کمپرسور مصرف کننده عظیم انرژی است.

هوا فشرده گرم است.

هوای فشرده کمپرسور وارد اتاق احتراق که دارای سوخت گازوئیل است می شود.

چون هوای فشرده شده گرم است و در اتاق احتراق سوخت آتش گرفته و هوا فشرده و داغ می شود.

هوای داغ فشرده کار همان بخارداغ فشرده توربین های بخار را انجام می دهد

هوای داغ فشرده را به توربین می دهیم؛ توربین دارای پره های متحرک و ساکن است.

پره های ثابت چسبیده به استاتور می باشد؛ پره های متحرک چسبیده به رتور می باشد.

حال ژنراتور را می توان به محور وصل کرده و از ترمینال های ژنراتور می توان برق گرفت؛ طول

نیروگاه ممکن است به ۲۰ m برسد.

قدرت نیروگاه های گازی از ۱ Mw و تا بالای ۱۰۰ Mw نیز ساخته می شود.

نحوه راه اندازی و استارت نیروگاه چگونه است؟

در ابتدا نیاز به یک عامل خارجی است تا توربین را به سرعت ۳۰۰۰ دور برساند.

۱-۲) مزایای نیروگاه های گازی:

- ۱- سادگی آن است - تمام آن روی یک شافت سوار است.
 - ۲- ارزان است - چون تجهیزات آن کم است . یکی از عواملی که بر روی راندمان تأثیری گذارد این است که هوای ورودی چه دمایی دارد.
 - ۳- سریع النصب است.
 - ۴- کوچک است . در سکوها ی نفتی که نیاز به برق زیادی می باشد باید از نیروگاه گازی استفاده کرد، تا جای کمتری بگیرد.
 - ۵- احتیاج به آب ندارد. (در سیکل اصلی نیروگاه نیاز به آب نیست) اما در تجهیزات جنبی نیاز به آب است برای خنک کردن هیدروژن به کار رفته جهت سرد کردن ژنراتور در سرعت های بالا.
 - ۶- راه اندازی این نیروگاه سریع است.
 - ۷- پرسنل کم.
- زمانی نیروگاه گازی خاموش است که در اتاق احتراق سوخت نباشد.
- یک نیروگاه بخار را بعد از راه اندازی نباید خاموش کرد.
- اما نیروگاه گازی بدین صورت است که صبح می توان روشن کرد و آخر شب خاموش نمود.
- نیروگاه گازی بسیار مناسب برای بار پیک است و نیروگاه بخار برای بار پیک نامناسب است.

۱-۳) معایب نیروگاه های گازی:

- ۱- آلودگی محیط زیست زیاد است.
- ۲- عمر آن کم است . (فرسودن توربین و کمپوسور)

سوخت مازوت به علت آلودگی بیشتری که نسبت به سوخت گازوئیل دارد، کمتر به کار می رود.

۳- استهلاک زیاد است. (پره توربین ، پره کمپرسور)

۴- راندمان کم است. (مصرف سوخت آن زیاد است) ؛ این نقیصه ای است که کشورهای اروپایی با آن مواجهند.

۱-۴) دلایل راندمان پایین نیروگاههای گازی:

الف (خروج دود با دمای زیاد

ب) حدود ۱/۳ توان توربین صرف کمپرسور می شود. بنابراین در نیروگاه گازی برای استفاده درازمدت اصلاً جایز نیست چرا که هزینه مصرف سوخت گران است.

ج) امکان استفاده از سوخت جامد فراهم نیست. (مانند زغال سنگ) چرا که بلافاصله پره های رتور پر از دود می شود.

نیروگاه های گازی را اگر بخواهیم برای مدت طولانی استفاده کنیم ، هزینه نیروگاه گازی بالا ست. نیروگاه گازی را از جایی استفاده کنند که امکان بهره برداری (زمان بهره برداری) زیر ۲۰۰۰ ساعت باشد.

اگر در نیروگاههای گازی زمان بهره برداری در سال بالای ۲۰۰۰ ساعت باشد و در نیروگاه بخار زمان بهره برداری در سال بالای ۵۰۰۰ ساعت باشد ، از نیروگاه آبی استفاده می شود.

در کشور ما برق عمده مصرفی برق خانگی است (۶۰٪) و حدود ۳۰٪ برق صنعتی است. در نتیجه ۵۰٪ نیروگاه های کشور باید هر شب روشن شود ؛ بنابراین قسمت عمده برق تولیدی ما باید از نوع نیروگاه گازی باشد.

نیروگاه گازی را به دلیل ارزانی در کارخانجات نیز می توان به کاربرد. نیروگاه گازی در نیروگاه اتمی نیز استفاده می شود. هوا جهت سرد کردن رآکتور به کار می رود که در نتیجه هوا داغ و فشرده میشود و در نتیجه به نیروگاه گازی داده و برق مصرفی نیروگاه اتمی را تأمین می کنند.

در نیروگاه های گازی جهت افزایش راندمان روش هایی را اتخاذ می کنند.

۱- دود خروجی، هوای ورودی به اتاق را گرم می کند. (سیکل پیچیده ترشده اما راندمان بالا می رود) حالت اول: دود با هوا به ورودی کمپرسور کنار یکدیگر قرار داده در این صورت راندمان تجهیزات به شدت افت می کند.

حالت دوم: با روش ذیل راندمان ۱ الی ۲ درصد قابل افزایش است: (هوای ورودی به اتاق احتراق گرم می شود)

۲- استفاده از توربین های دو مرحله ای:

زیاد شدن راندمان مستلزم مخارج و صرف هزینه نیز می باشد.

استفاده از کمپرسور دو مرحله ای هر چه دمای ورودی کمپرسور پایین تر باشد؛ راندمان بیشتر است. با این روش دمای ورودی کمپرسور به طور مصنوعی پایین نگه داشته می شود در مرحله L_p به دلیل بالا رفتن فشار هوا گرم می شود که از کولر استفاده می کنند؛ آب سرد بر روی لوله فشار هوا ریخته و هوا را خنک کرده آب گرم می شود و خارج می شود.

بالاترین راندمان چیزی در حدود ۳۵٪ است که نیروگاه دارای کمپرسور دو مرحله ای توربین دو مرحله ای و پیش گرم کن می باشد.

نیروگاه گازی به این معنا نیست که سوخت آن گاز است ، بلکه توربین آن گازی است و سوخت آن مایع است یا گازوئیل است که اکثرا گازوئیل است.

در کشور ما به دلیل زیاد بودن سوخت گازوئیل ، نیروگاه گازی با سوخت گازوئیل به کار میرود و مرسوم است اما در کشورهای اروپایی به دلیل زیاد بودن سوخت جامد، نیروگاه گازی به نحو دیگری طراحی شده که با سوخت جامد کار می کند ، به این نیروگاه ها ، نیروگاه گازی سیکل بسته می گویند. هوای داغ ناشی از احتراق را داخل گرم کن می چرخانیم و بعد هوا را بیرون می فرستیم. ملاحظه می شود که هوای داغ ناشی از احتراق داخل توربین می شود . لذا می توان از سوخت جامد استفاده کرد که این نوع ساده ترین نوع نیروگاه گازی سیکل بسته می باشد.

۱-۵) مزایای نیروگاه های گازی سیکل بسته:

- ۱- امکان استفاده از سوخت جامد فراهم می شود.
- ۲- عمر زیاد (خوردگی پره ها کم است)
- ۳- چون سیکل بسته است ، لذا ضرورت ندارد که فشار هوای خروجی توربین ۱ Atm باشد، پس میتوان سطح کار فشار هوا را بالا برد، به جای ۱ Atm از ۱۰ Atm که چون هوای فشرده تر شده ، جای کمتری گرفته و حجم کمپرسور و توربین در نهایت کوچک ترمی شود.

۱-۶) معایب نیروگاه های گازی سیکل بسته:

- ۱- راندمان در مقایسه با سیکل باز کمتر است . ۴ الی ۵ درصد راندمان کاهش می یابد.
- ۲- هزینه زیاد است.
- در سوخت مایع نیروگاه های گازی سیکل بسته ، اجازه داریم توربین را دو قسمتی بسازیم.

فصل دوم

زمین کردن:

در تمامی تأسیسات الکتریکی، به خصوص تأسیسات فشار قوی، زمین کردن یکی از مهمترین و اساسیترین اقدامی است که برای رفاه و سلامتی و اصولاً ادامه زندگی اشخاصی که به نحوی با این پستها در تماس هستند و حتی خارج از پست در رفت و آمد میباشند انجام میگردد.

در تأسیسات برقی دو نوع زمین کردن وجود دارد که ما یکی را زمین کردن حفاظتی و دیگری را زمین کردن الکتریکی مینامیم.

۲-۱) زمین کردن حفاظتی:

زمین کردن حفاظتی عبارتست از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم (فلز به فلز) با مدار الکتریکی قرار ندارند. این زمین کردن به خصوص برای حفاظت اشخاص در مقابل اختلاف سطح تماس بکار برده میشود. بدین منظور در پستهای فشار قوی باید تمام قسمتهای فلزی که در نزدیکی و همسایگی با فشار قوی قرار گرفتهاند و امکان تماس عمدی یا سهوی با آنها موجود است، به تأسیسات زمینی که برای این منظور احداث شده است متصل و مرتبط گردند. این قسمتها عبارتند از ستونها و پایههای فلزی، دربها و نردههای فلزی، قسمتهای فلزی در دسترس تمام دستگاههای اندازهگیری، ایزولاتورها، مقرهای عبور، به خصوص قسمتهای فلزی که برای کار کردن با دستگاه باید آنها را لمس کرد و در دست گرفت، مثل چرخهای فرمان انواع و اقسام تنظیمکنندهها و رگولاتورها، دسته کلیدها و غیره. زیرا در این قسمتها در اثر عبور جریان خیلی کم

نیز عضلات دست به طوری منقبض میشود که باز کردن و رهایی پیدا کردن از آن غیر ممکن و محال به نظر میرسد.

۲-۲) زمین کردن الکتریکی:

زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه‌ای از دستگاه‌های الکتریکی و ادوات برقی که جزیی از مدار الکتریکی میباشند مثل زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچی ترانسفورماتور و یا ژنراتور و یا زمین کردن سیم وسط یا سیم مشترک دو ژنراتور جریان دایم سری شده زمین کردن الکتریکی دستگاهها به خاطر کار صحیح دستگاهها و جلوگیری از ازدیاد فشار الکتریکی فازهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازها با زمین میباشد.

فصل سوم

تجهیزات و وسایل الکتریکی برای مناطق در معرض خطر انفجار

۳-۱) طبقه بندیها (کلاسهای) دمایی

طبقه بندی براساس ماکزیمم دمای سطحی است که عبارتست از بالاترین دمایی که تحت نامطلوبترین شرایط برای تمام یا بخشی از سطح یک قطعه تجهیزات الکتریکی اتفاق میافتد و میتواند باعث آغاز یک انفجار در محیط انفجارپذیر اطراف باشد.

گروه اول: دماهای پایینتر از 150°C یا پایینتر از 450°C درجه سانتیگراد بر طبق میزان تجمع غبار کربن

در ماده

گروه دوم: تجهیزات باید طبقه بندی و علامتگذاری شوند.

- ترجیحاً با طبقه دمایی (طبقه بندی T)

- تعریف شده با دمای سطحی، یا

- در صورت لزوم، محدود به کارهای احتراقپذیر معین از غبار که برای آن طراحی شدهاند (و در نتیجه

علامتگذاری شوند)

دمای اشتعال (۱) بر حسب درجه سانتیگراد	ماکزیمم دمای سطحی (۲) بر حسب درجه سانتیگراد	طبقه (کلاس) دمایی
> ۴۵۰	۴۵۰	T۱
> ۳۰۰	۳۰۰	T۲
> ۲۰۰	۲۰۰	T۳
> ۱۳۵	۱۳۵	T۴
> ۱۰۰	۱۰۰	T۵
> ۸۵	۸۵	T۶

(۲) برای غبار معین، دمای سطحی ماکزیمم باید شناخته شده و سازگار باشد. برای جلوگیری از اشتعال

در محیطهای غبار آلود، ماکزیمم دمای سطحی باید محدود شود و آنها باید کمتر از کوچکترین مقدار

دو حالت زیر باشد:

- در $\frac{2}{3}$ دمای خود اشتعالی غبار مورد نظر

- در دمای خود اشتعالی یک لایه غبار به ضخامت ۵ میلیمتر در دمای کمتر از 75°C

۳-۲) (روشهای) حالت‌های حفاظت

علامت روش	ناحیه کاربرد			تعریف
	۰	۱	۲	
"d"		۰	۰	ترکیباتی که میتوانند در یک اتمسفر انفجاری، مشتعل شوند، درون یک جعبه که در برابر فشار یک انفجار داخلی یک مخلوط انفجارپذیر مقاومت میکند و از انتقال این انفجار به فضای انفجارپذیری که جعبه در آن قرار دارد جلوگیری میکند.
"e"		۰	۰	به منظور جلوگیری از احتمال دماهای بیش از حد مجاز و پدید آمدن قوسها یا جرقهها درون و بالای قسمت خارجی ماده الکتریکی که در شرایط عادی نباید تولید شود، با درجه ایمنی بالا، اندازگیری میکند.
"ia" "ib"	۰	۰	۰	مداری که در آن هیچ جرقه یا اثر حرارتی ناشی از شرایط آزمون(در حالت عملکردهای عادی و در مواقع بروز یک عیب) قادر به ایجاد اشتعال یک فضای معین انفجاری نیست.
"m"		۰	۰	حالت حفاظت که در آن اجزایی که میتوانند باعث اشتعال یک محیط انفجاری به دلیل جرقه با حرارت بالا شوند، در محفظه‌های محصورند به طوری که فضای انفجاری نمیتواند مشتعل شود.
"n"			۰	حالت حفاظت اعمال شده به تجهیزات الکتریکی به طوری که در حالت عملکرد عادی و تحت شرایط غیر عادی مشخص، فضای انفجاری اطراف، مشتعل نشود، پنج گروه ماده وجود دارند: بدون تولید جرقه (nA)، همراه با تولید جرقه (nc)، پوشیده شده با هواگیری محدود (nR)، انرژی محدود (nL) و نواحی با فشار داخلی ساده شده بالا (بیش از حد مجاز) (np)
"o"		۰	۰	تجهیزات الکتریکی داخل روغن (نفت)
"p"		۰	۰	فشار بیش از حد مجاز داخلی نگهداری شده در محیط با گاز محافظ خنثی
"q"		۰	۰	جعبه پر از ماده غبار

۳-۳) طبقه‌بندی گازها به نسبت میزان انفجار:

گروه ۱: تجهیزات الکتریکی برای معادن با گاز معدنی (کار در معادن زیرزمینی و نواحی از تأسیسات آن

در سطح زمین)

گروه ۲: تجهیزات الکتریکی برای محلهایی با محیطهای انفجاری غیر از معادن با گاز معدنی (صنایع

سطح زمین)

برای (حالتهای) روشهای حفاظت "d" و "i" گروه ۲ به زیر گروههای IIC و IIB و IIA تقسیم

میشود. مواد معین شده با علامت IIB برای کاربردهای مورد نیاز توسط مواد گروه IIA است. همچنین

IIC برای IIA و IIB است.

برای حالت "d"، زیر گروهها براساس ماکزیمم Opening تجربی ایمنی (MOSE) و برای حالت "i"

براساس جریان اشتعال مینیمم (MIC) تقسیمبندی میشوند.

تجهیزات الکتریکی IIB میتوانند برای استفاده با یک گاز در گروه IIC معین شوند. در اینجا تعریف با

استفاده از یک فرمول شیمیایی یا نام گاز انجام میشود. (به عنوان مثال: $EExd\ IIB + H_2$).

طبقه بندی گازهای قابل اشتعال

گروهها		گازها	دمای اشتعال (C°) (1)	کلاسهای دمایی					
I		متان (گاز معدنی)		T1	T2	T3	T4	T5	T6
II	A	استون	۵۴۰	۰					
		اسید استیک	۴۸۵	۰					
		آمونیم	۶۳۰	۰					
		اتان	۵۱۵	۰					
		متیل کلراید	۵۵۶	۰					
		متان	۵۹۵	۰					
		منواکسیدکربن	۶۰۵	۰					
		پروپان	۶۷۰	۰					
	A	n- بوتان	۳۶۵		۰				
		n- بوتیل	۳۷۰		۰				
	A	سولفید هیدروژن	۲۷۰			۰			
		n- هگزان	۲۴۰			۰			
	A	استیک آلدئید	۱۴۰				۰		
		اتیل اتر	۱۷۰				۰		
	A	اتیل نیترات	۹۰						۰
	B	اتیلن	۴۲۵		۰				
		اکسید اتیلن	۴۲۹-۴۴۰		۰				
	C	استیلن (C ₂ H ₂)	۳۰۵		۰				
		سولفیدکربن (CS _۲)	۱۰۲						۰
		هیدروژن (H ₂)	۵۶۰	۰					

(۱) دمای یک سطح سخت که از آن یک اشتعال مخلوط گازی میتواند اتفاق بیفتد.

دمای اشتعال مخلوط گازی همیشه باید بالاتر از ماکزیمم دمای سطح باشد. در عمل،

محدوده های (۱۰ تا ۲۰ درصد) بین دمای اشتعال و دمای علامتگذاری وجود دارد.

برای یک ابر گازی، عموماً بین ۳۰۰ و ۷۰۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته میشود برای یک لایه

غبار این مقدار به طور مشخص پایینتر و حدود ۱۵۰ الی ۳۵۰ درجه سلسیوس است. اشتعال یک

لایه میتواند تا یک انفجار گاز بالا برود. این اطلاعات باید برای حفاظت در نظر گرفته شوند.

۳-۳) مناطق (نواحی) در معرض خطر انفجار:

طبقه بندی برحسب منطقه برای تعیین سطح ایمنی مورد نیاز برای تجهیزات الکتریکی نصب شده

در فضای گاز و بخار انفجاری مورد استفاده قرار میگیرد.

به دلیل موفقیت این مدیریت، این روش برای غبار نیز اعمال شده است.

استانداردهای EN1127-1 و CEI 61241-3 1997 طبقه بندی را به سه ناحیه تعریف میکند.

تعریف ناحیه در معرض خطر انفجار

دو هدف برای طبقه بندی نواحی در یک سیستم تأسیسات وجود دارد:

- تعیین گروههایی که تجهیزات در نواحی تعیین شده مورد استفاده قرار میگیرند، در شرایطی که

این مناطق برای گازها، بخارات یا ابر و یا غبار مناسب هستند.

- طبقه بندی ناحیه خطرناک به منظور پرهیز از منابع اشتعال و انتخاب صحیح تجهیزات الکتریکی

و غیر الکتریکی. این مناطق باید در زمان حضور یک فضای انفجاری غبار آلود گازی تعیین شوند.

گروه ۱: تجهیزات الکتریکی برای معادن با گاز معدنی

گروه ۲: تجهیزات الکتریکی برای مناطقی با محیط انفجاری غیر از معادن با گاز معدنی.

ناحیه	گروهها	حضور فضای انفجاری
(ایده گروه): تجهیزات گروه II		
ناحیه ۰	گروه 1G (G نشانگر گاز است)	پی در پی و دائمی
ناحیه ۲۰	گروه 1D (G نشانگر غبار است)	یا در طی دورههای زمانی طولانی
ناحیه ۱ منطقه ۲۱ Zona 21	گروه 2G (یا گروه 1G در صورت نیاز) گروه 2D (یا گروه 1G در صورت نیاز)	متناوب در طول یک سرویس عادی (احتمالاً)
ناحیه ۲	گروه 3G (یا گروههای 1G یا 2G در صورت نیاز)	به ندرت یا برای دورههای زمانی کوتاه (در طول سرویسهای عادی هرگز)
ناحیه ۲۲	گروه 3D (یا گروههای 1D یا 2D در صورت نیاز)	

گروهها	حضور محیطهای انفجاری
(معادن): تجهیزات گروه I	
گروه M1	وجود گاز متان و غبار
گروه M2	خطر وجود گاز متان و غبار

طبقه‌بندی تأسیسات مسئولیت کاربر است. همه تجهیزات باید طبقه‌بندی شوند و باید انحصاراً با در نظر گرفتن تفاوت‌های بین هر یک از آنها رفتار شوند.

کاربر باید به طور جداگانه نواحی در معرض خطر انفجار گاز یا بخار و نواحی در معرض خطر از یک انفجار غبار را مورد بررسی و مطالعه قرار دهد.

ناحیه در معرض خطر انفجار کدام است؟

برای وقوع یک انفجار سه عامل باید برقرار شوند:

۱- اکسیژن هوا = همواره موجود است.

۲- ماده احتراق‌پذیر (منفجره) شامل (گاز، بخارات، ابرها یا غبار)

۳- منبع اشتعال: تأسیسات یا تجهیزات الکتریکی و یا هر منبع گرمای دیگر

به منظور تولید یک انفجار، نیازی به جرقه یا شعله نیست. افزایش دمای سطحی قطعات از تجهیزات نیز می‌تواند باعث یک انفجار شود، در صورتی که از دمای اشتعال یک گاز در محیط تجاوز کند.

منظور از یک محیط انفجاری چیست؟

محیطی است که در پی عیوب در تأسیسات نظیر نشت، شکاف‌های درون کانالها، تغییرات حرارتی و

غیره به احتمال زیاد منفجر می‌شود (خطر بالقوه وجود دارد)

منظور از یک فضای انفجاری گازی یا غبارآلود چیست؟

محیطی است متشکل از مخلوطی از هوا، در شرایط جوی و مواد اشتعال‌پذیر به شکل گاز، بخارات، ابرها

یا غبار که در آن بعد از اشتعال، احتراق در مخلوط نسوخته گسترش می‌یابد.

تفاوت اساسی بین یک محیط گازی و یک محیط غبارآلود چیست؟

جرم حجمی تفاوت اساسی بین این دو محیط است. جرم گازها و بخارات در حدود هزار برابر کمتر از

غبار است. گازها به روش همرفت یا به روش نفوذ (دیفیوژن) در هوا پخش میشوند. غبار بسیار

سنگینتر است و تمایلی به لایه نشانی دارد.

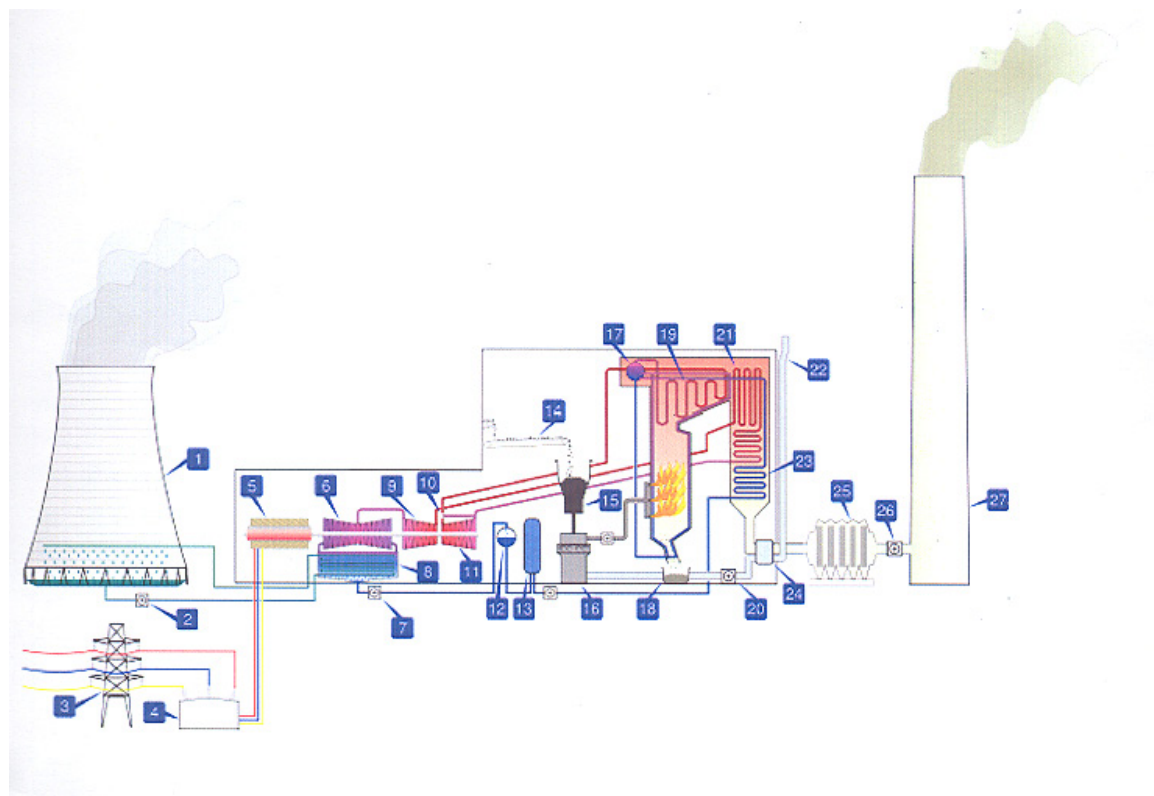
منظور از طبیعت ویژه یک محیط غبار آلود انفجاری چیست؟

محیطی است که چهار شرط با همدیگر و به طور همزمان را دارا باشد:

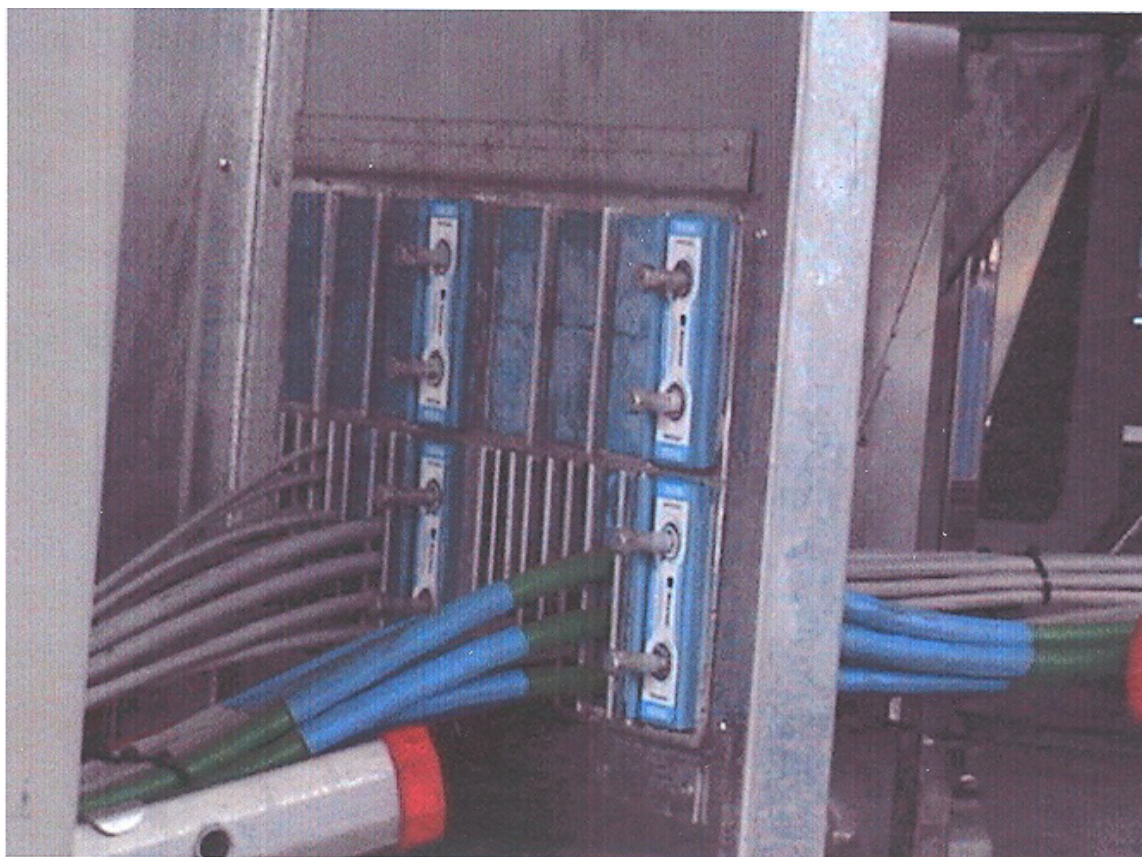
- غبار باید اشتعالپذیر باشد (معمولاً سایز دانه های غبار کمتر از $0/3$ میلیمتر باشد)
- محیط باید دربرگیرنده یک عامل انفجاری (معمولاً اکسیژن حتی در مقادیر بسیار کم) باشد.
- غبار باید در سوسپانسیون باشد (انفجار حاصل یک انفجار بسیار سریع غبار در اکسیژن هوا است).
- تراکم غبار باید در حوزه انفجاری باشد (به عنوان یک قانون عمومی، محدوده های پایینتر خاصیت انفجاری در حدود 50 گرم بر متر مکعب است).

فصل چهارم

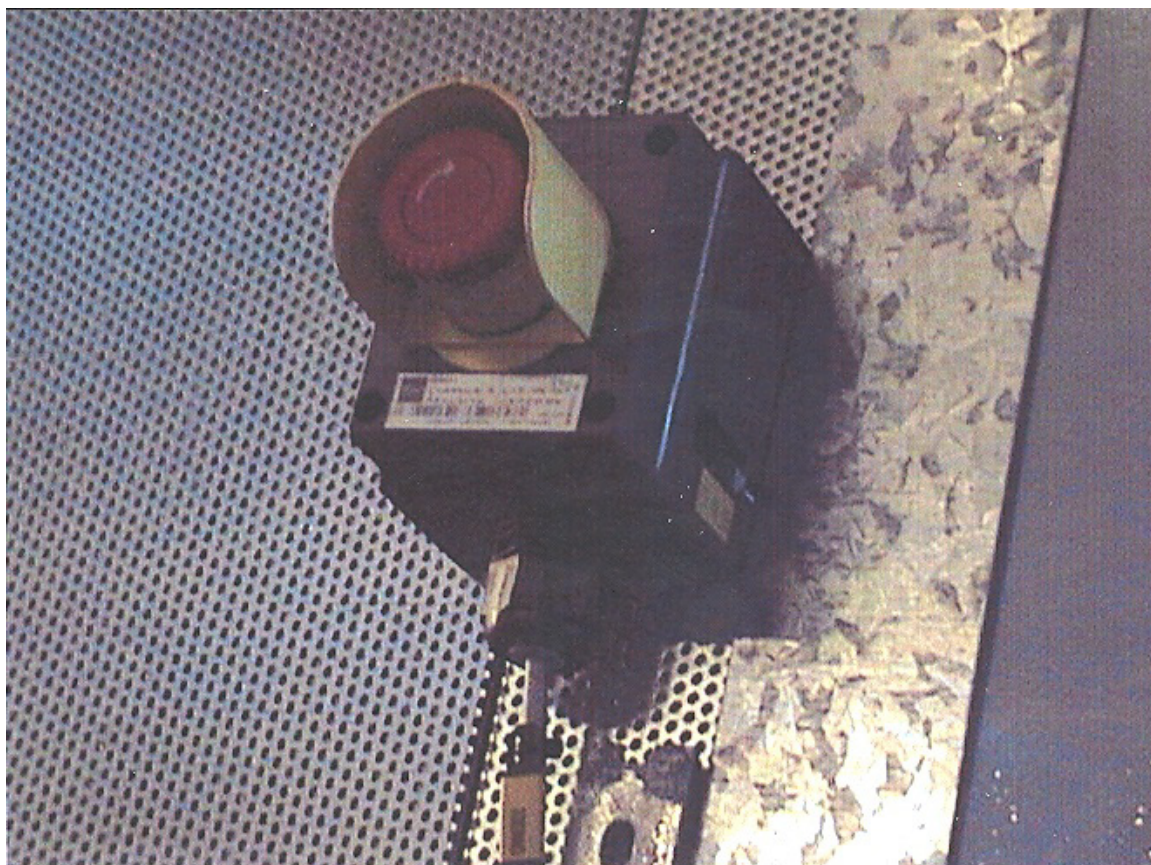
مستندات تصویری مرتبط با برخی مفاد آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی



تجهیزات ضد انفجاری
(ماده ۶ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها)



شستی فشاری از نوع ضد انفجاری
(ماده ۱۰ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها)



**نمونه تابلوی برق ضد انفجاری مجهز به سیم ارت
(ماده ۱۰ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها)**

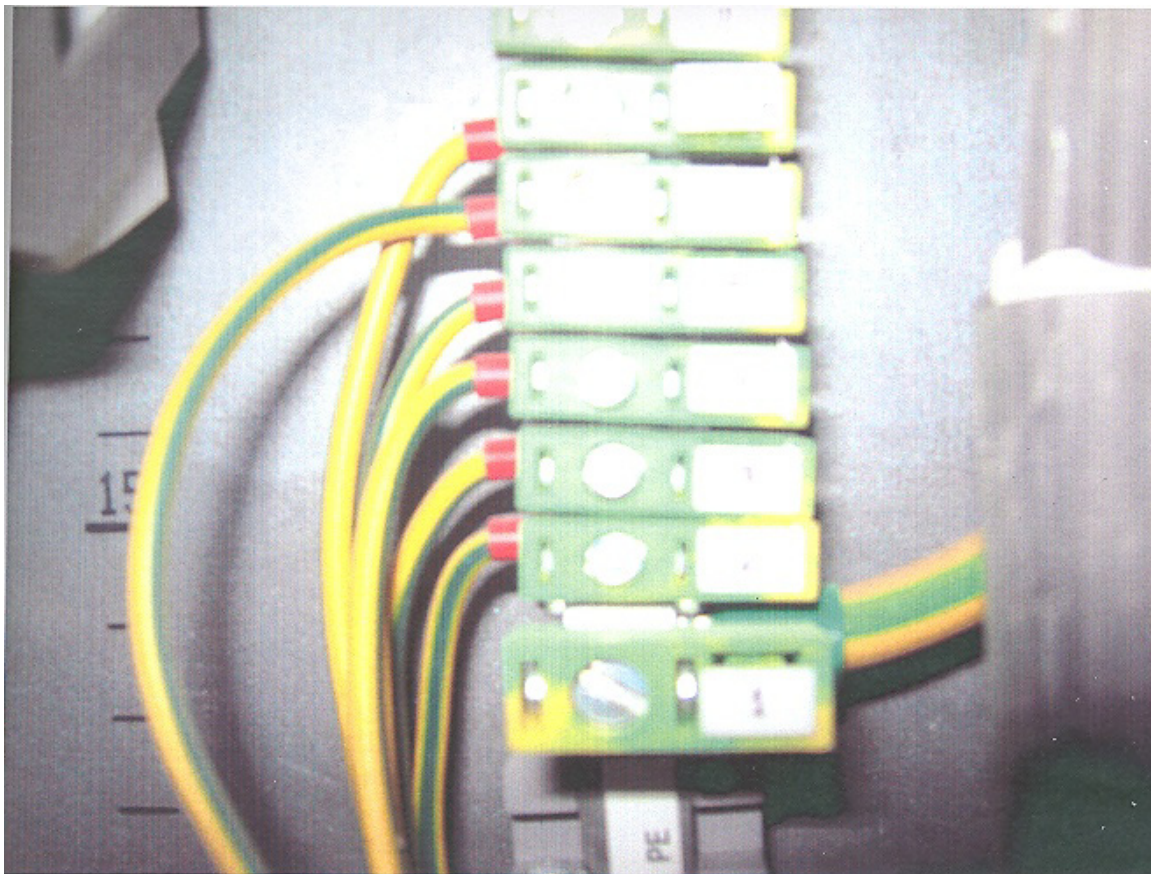


رنگ استاندارد سیم ارت (سبز - زرد) (سبز) (زرد)

رنگ سیم فاز: قرمز یا مشکی یا قهوه‌ای

رنگ سیم نول: آبی

ماده ۳۵ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها

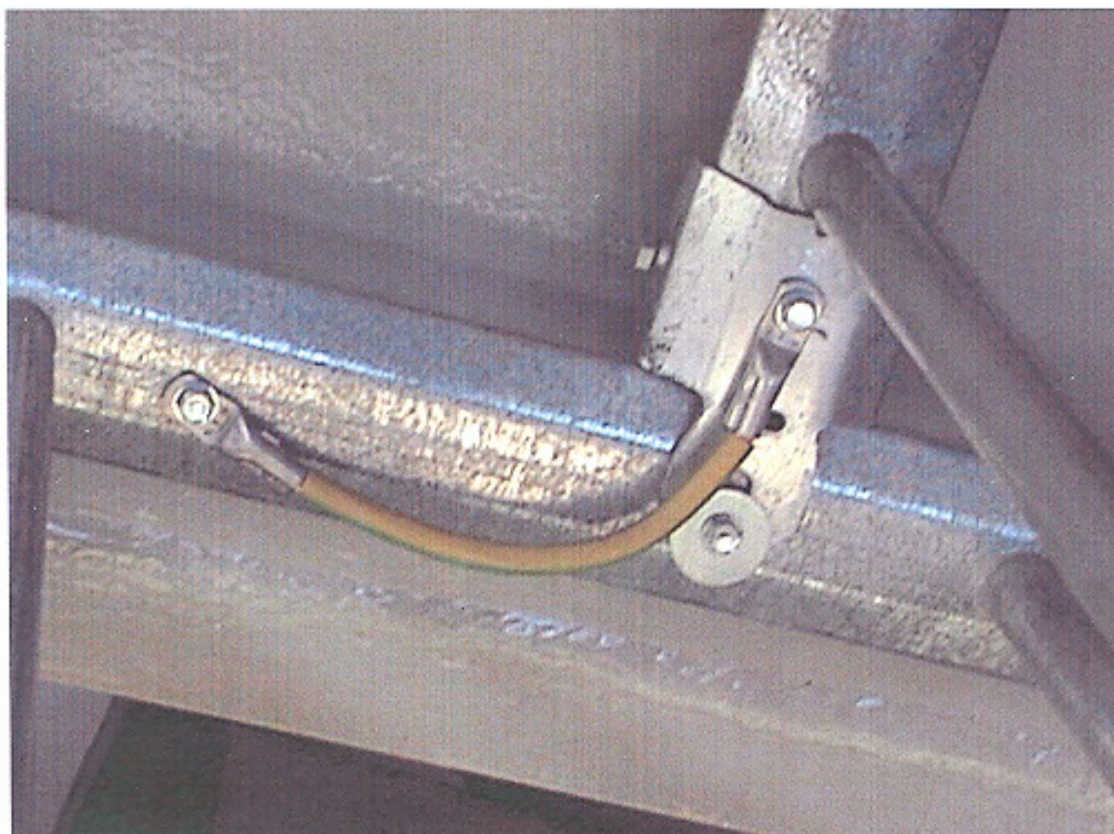


نوع اتصال الکتریکی

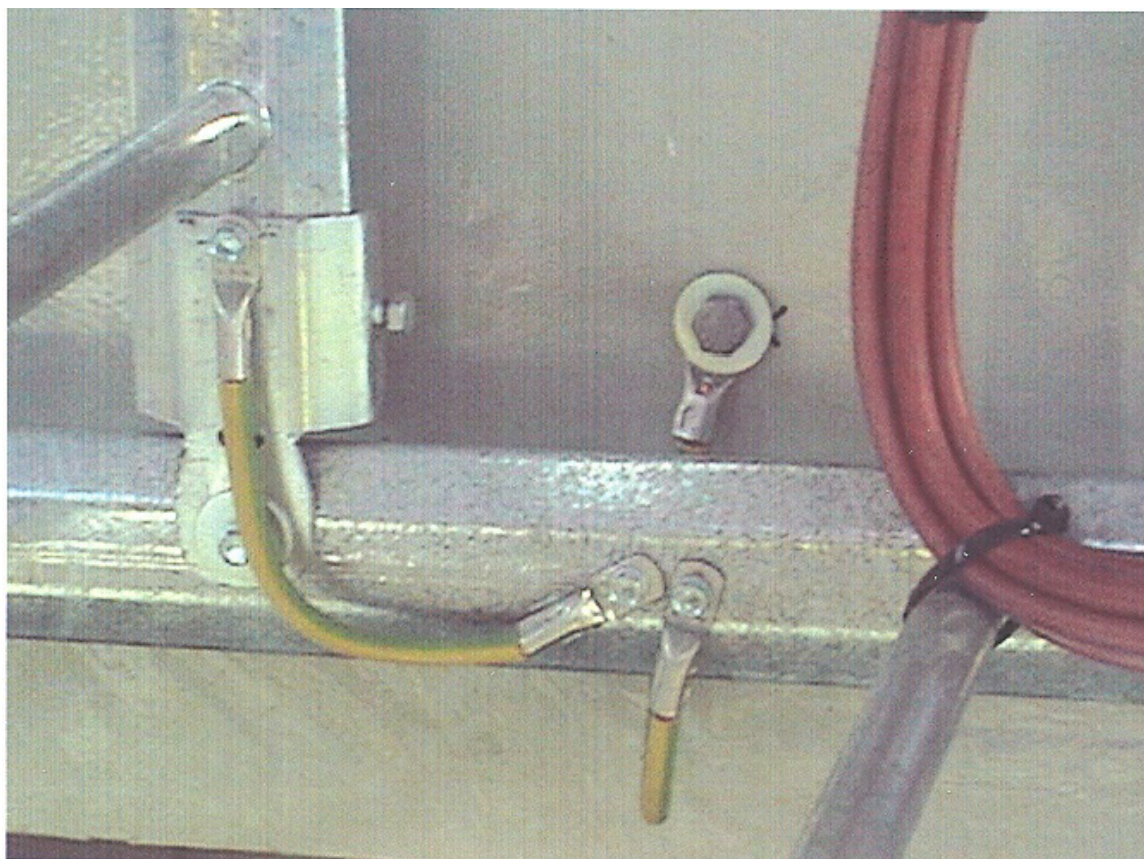
*** اتصال الکتریکی برای همبندی هادیهای بیگانه و بدنههای هادی و میبایست با سیم ارت صورت**

پذیرد(اتصال چند هادی بیگانه به وسیله پیچ و مهره بدون سیم ارت برای همبندی کافی نیست).

ماده ۳۷ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها



نوع اتصال الکتریکی

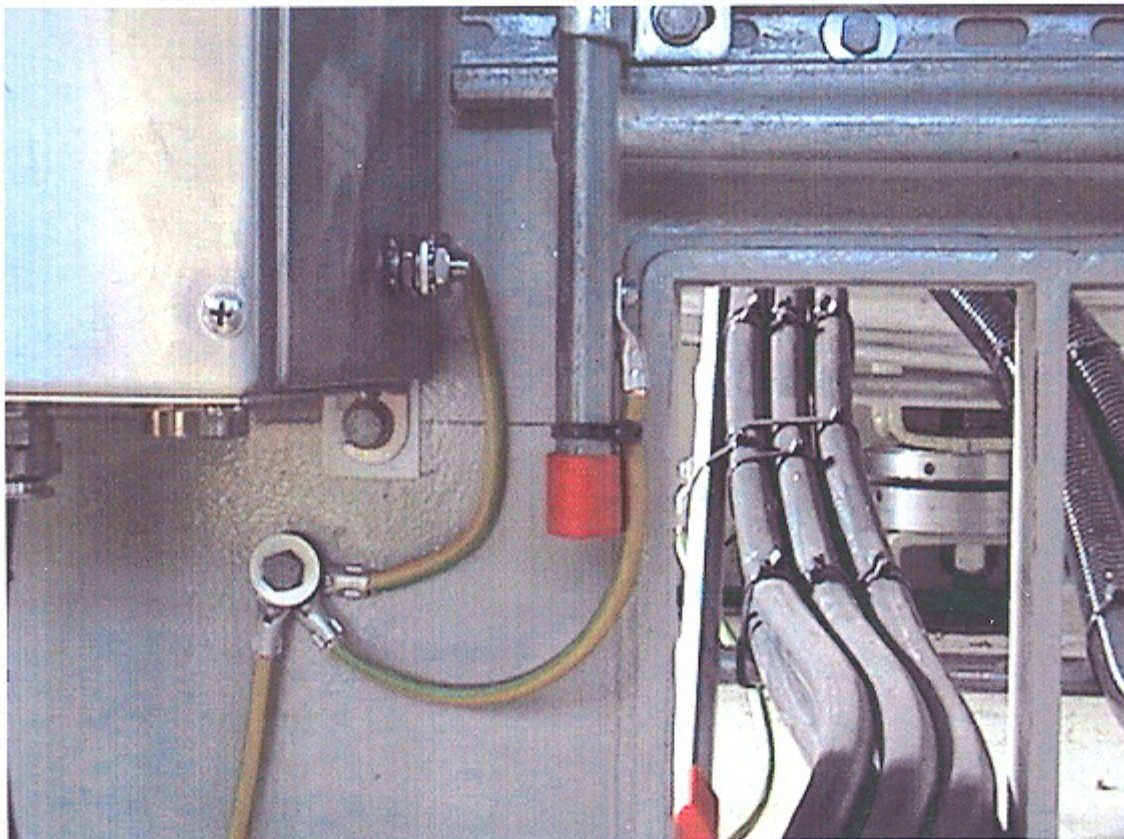


همبندی تأسیسات الکتریکی

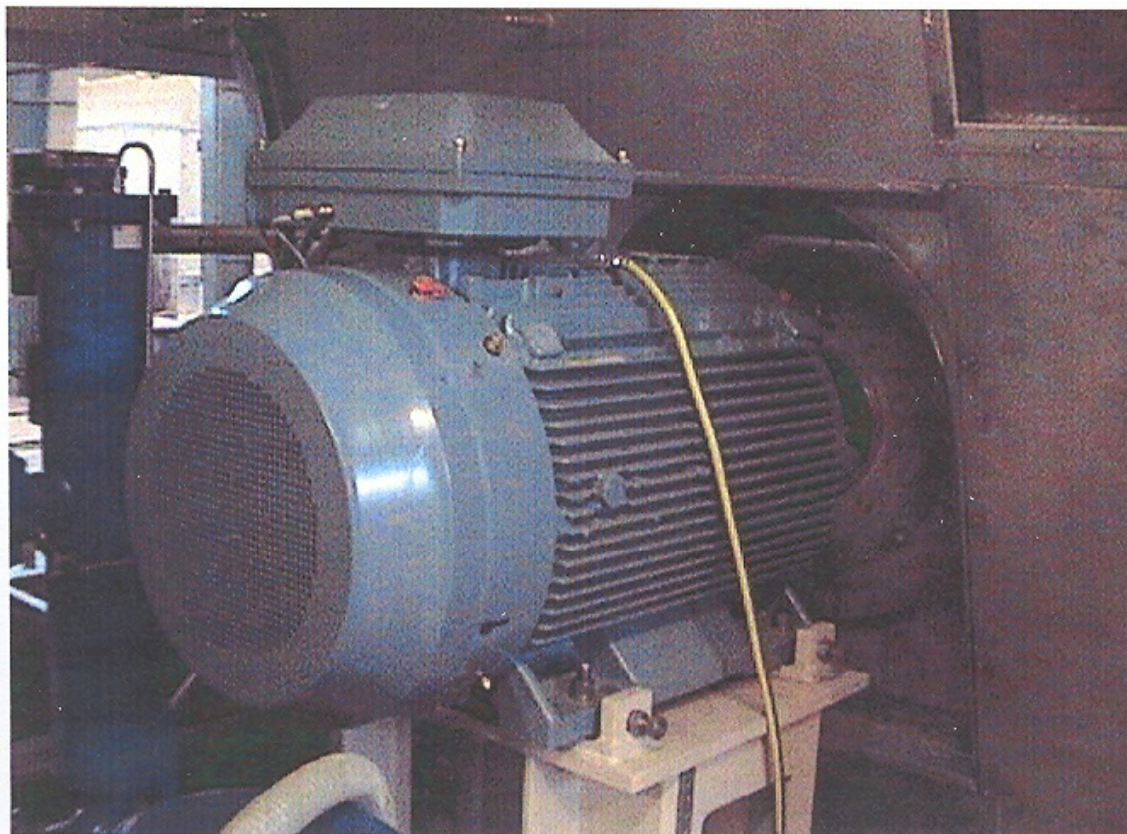
***بدنه های هادی و بدنه فلزی تابلوهای برق و مسیر عبور برق (سینی و نردبان و...) میبایست به سیم ارت**

متصل شوند.

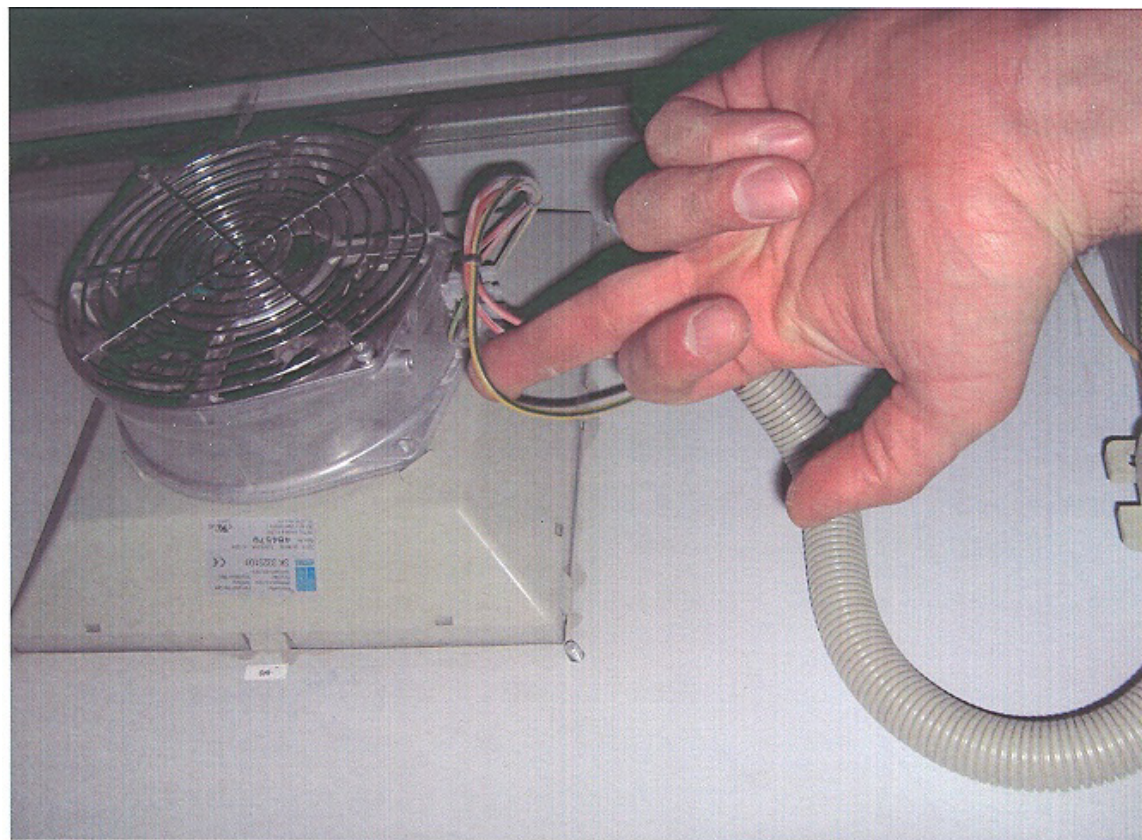
ماده ۴۰ و ۴۱ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها



**کلیه تجهیزات الکتریکی از جمله الکتروموتورها میبایست به سیم ارت مجهز گردند.
ماده ۳۱ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها**

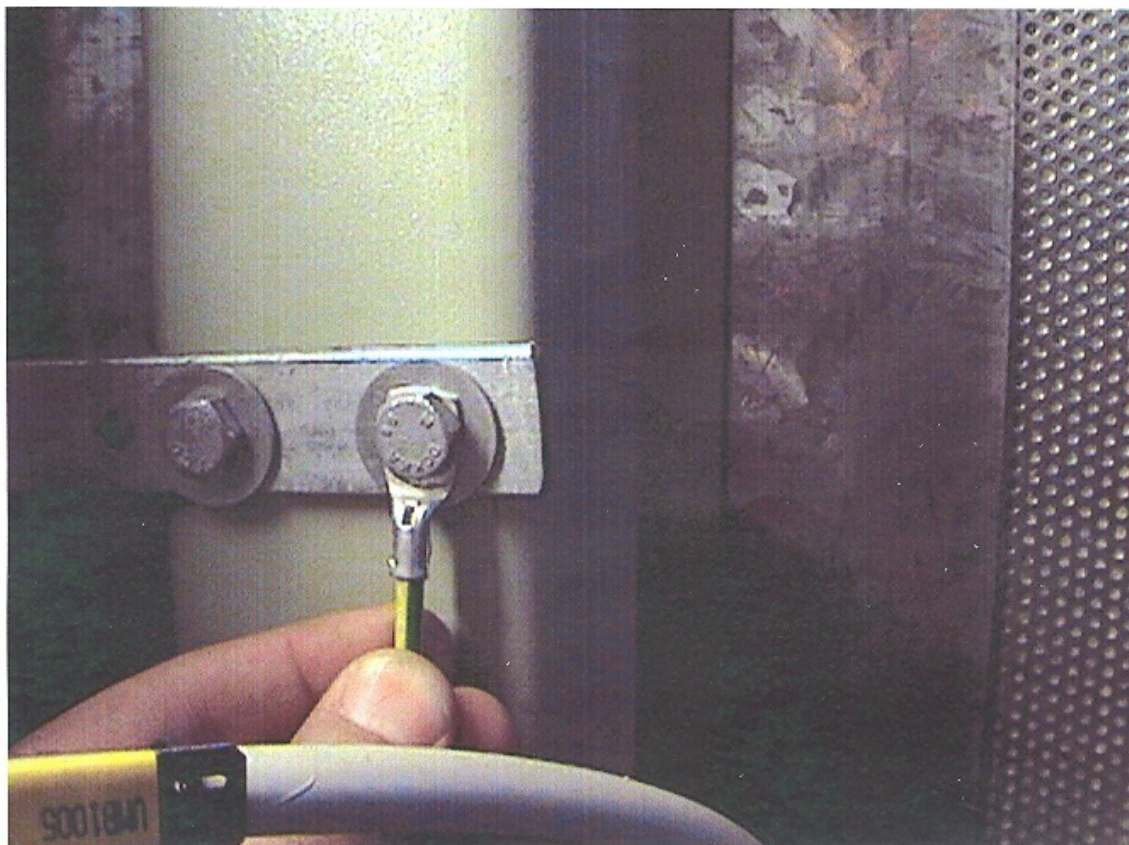


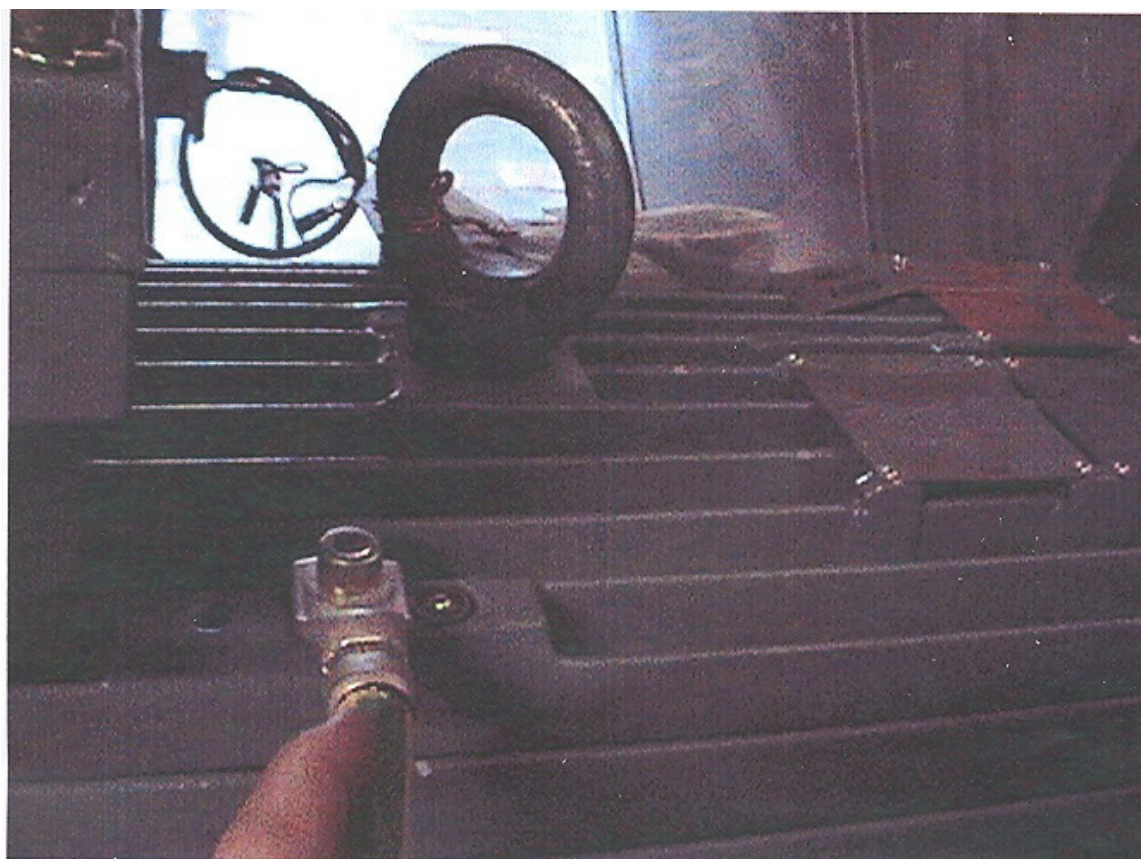
**کلیه تجهیزات الکتریکی از جمله هواکشها و فنها میبایست به سیم ارت مجهز گردند.
ماده ۳۱ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها**



اتصالات میبایست محکم و مطمئن باشد.

ماده ۳۳ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها

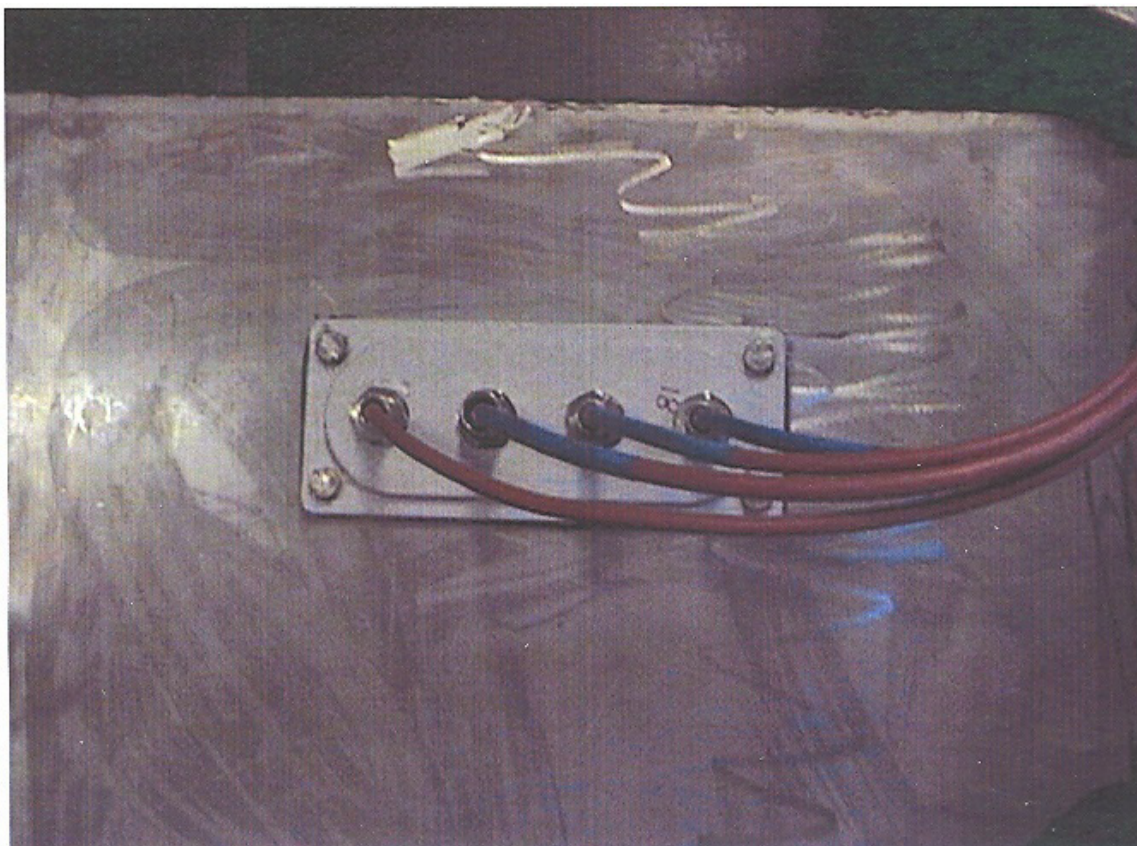




**سیمکشی در کارگاه میبایست به صورت منظم صورت پذیرد.
ماده ۲۴ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها**



**استفاده از گلندهای لاستیکی (غلاف ضد جرقه) برای جلوگیری از صدمه دیدن کابلها (از نوع ضد انفجاری) .
ماده ۵۱ از آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها**



منابع و مراجع:

- ۱- «آییننامه سیستم اتصال به زمین»، مصوب ۱۳۸۵.
- ۲- «آییننامه حفاظتی تأسیسات الکتریکی در کارگاهها»، مصوب ۱۳۸۶.
- ۳- سایت خبری وزارت نیرو- نیروگاه گازی کرمان.
- ۴- سلطانی، مسعود، «تجهیزات نیروگاه»، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.
- ۵- مقررات ملی ساختمان، مبحث سیزدهم، «طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها» نشر توسعه ایران، ۱۳۸۲.
- ۶- موسسیان، آلدیک، «راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها» نشر توسعه ایران، ۱۳۸۲.