



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی مکانیک

## گزارش کارآموزی

عنوان کارآموزی: استاندارد ضد انفجار برای دبی سنج التراسونیک

نام محل کارآموزی: **شرکت فراسنج ابزار**

نام و نام خانوادگی دانشجو: سید احمد نبی پور

شماره دانشجویی: ۸۱۰۶۹۴۳۴۶

نام استاد کارآموزی: دکتر آیتی

تاریخ انجام کارآموزی: ۱۳۹۷/۴/۲۵

## استاندارد ضد انفجار برای دبی سنج التراسونیک

### چکیده

این گزارش شامل سه بخش اصلی می‌باشد:

۱. استاندارد ضد انفجار چیست و چه مفادی دارد؟

در این بخش به معرفی استاندارد ضد انفجار و مفاد های آن می‌پردازیم.

۲. چگونه می‌توان این موارد را در محصول دبی سنج التراسونیک رعایت کرد؟

در این بخش به بررسی راهکار های موجود برای اخذ این استاندارد می‌پردازیم. در ابتدا تمامی راهکارها بیان می‌شود و در نهایت راهکار های قابل اجرا برای این محصول به خصوص مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳. از چه طریقی می‌توان این استاندارد را دریافت کرد؟

در این بخش به بررسی شرکت هایی که می‌توان با مراجعه به آنها این استاندارد را اخذ کرد می‌پردازیم.

## صفحه

## فهرست مطالب

۱	معرفی محل کارآموزی.....	۱
۱	۱,۱ مقدمه.....	۱
۱	۱,۲ تاریخچه.....	۱
۱	۱,۳ مدیران و نمایندگان شرکت.....	۱
۲	۱,۴ زمینه‌های کاری شرکت.....	۲
۲	۱,۵ اهداف شرکت.....	۲
۲	۱,۶ تحقیق و توسعه.....	۲
۳	۲ استاندارد ضد انفجار برای دبی سنج التراسونیک.....	۳
۳	۲,۱ مقدمه.....	۳
۳	۲,۲ استاندارد ضد انفجار.....	۳
۳	۲,۲,۱ استاندارد ضد انفجار چیست؟.....	۳
۴	۲,۲,۲ طبقه بندی کلی استاندارد ضد انفجار.....	۴
۴	۲,۲,۳ طبقه بندی مناطق خطر.....	۴
۵	۲,۲,۳,۱ ناحیه ۰.....	۵
۵	۲,۲,۳,۲ ناحیه ۱.....	۵
۵	۲,۲,۳,۳ ناحیه ۲.....	۵
۵	۲,۲,۴ طبقه بندی نواحی بر اساس نوع گاز.....	۵
۶	2.2.4.1 گروه IIA.....	۶
۷	۲,۲,۴,۲ گروه IIB.....	۷
۷	۲,۲,۴,۳ گروه IIC.....	۷
۸	۲,۲,۵ طبقه بندی درجه حرارت بدنه.....	۸
۹	۲,۲,۶ انواع درجات محافظت معرفی شده توسط IEC.....	۹
۱۰	۲,۲,۶,۱ محافظت نوع d یا بدنه ضد انفجار.....	۱۰
۱۲	۲,۲,۶,۲ محافظت نوع e یا بدنه با ایمنی افزوده.....	۱۲
۱۴	۲,۲,۶,۳ محافظت نوع i یا بدنه ذاتا ایمن.....	۱۴
۱۷	۲,۲,۶,۴ محافظت نوع n یا بدنه غیر آتش زا.....	۱۷
۱۹	۲,۲,۶,۵ محافظت نوع p یا بدنه با فشار داخلی.....	۱۹
۲۱	2.2.6.6 محافظت نوع o یا بدنه غوطه‌ور در روغن.....	۲۱
۲۲	۲,۲,۶,۷ محافظت نوع q بدنه محتوی پودر یا ماسه.....	۲۲
۲۳	۲,۲,۶,۸ محافظت نوع m.....	۲۳
۲۳	۲,۲,۶,۹ محافظت نوع s.....	۲۳
۲۴	۲,۳ نحوه نمایش دادن استاندارد روی محصول.....	۲۴
۲۴	2.3.1 درجه‌ی حفاظت دستگاه.....	۲۴
۲۴	2.3.1.1 درجه‌ی حفاظت Ga.....	۲۴

۲۴.....	درجه‌ی حفاظت Gb.....	۲,۳,۱,۲
۲۴.....	درجه‌ی حفاظت Gc.....	۲,۳,۱,۳
۲۷.....	ترتیب علامت‌گذاری استاندارد ها.....	۲,۳,۲
۲۹.....	2.4 راهکار های مناسب برای محافظت از دستگاه دبی سنج التراسونیک.....	
۲۹.....	شرکت Katronic.....	۲,۴,۱
۲۹.....	مبدل.....	۲,۴,۱,۱
۳۰.....	فرستنده.....	۲,۴,۱,۲
۳۱.....	شرکت fluxim.....	۲,۴,۲
۳۱.....	مبدل.....	۲,۴,۲,۱
۳۱.....	فرستنده.....	۲,۴,۳
۳۲.....	شرکت eesiFlo.....	۲,۴,۴
۳۲.....	مبدل.....	۲,۴,۴,۱
۳۲.....	فرستنده.....	۲,۴,۴,۲
۳۲.....	راهکار اولیه با توجه به محصولات مشابه.....	۲,۴,۵
۳۳.....	حفاظت نوع m برای مبدل التراسونیک (حسگر ها).....	۲,۴,۵,۱
۳۶.....	نتیجه‌گیری و جمع‌بندی بخش مبدل.....	
۳۸.....	حفاظت نوع d برای فرستنده التراسونیک.....	۲,۴,۵,۲
۴۰.....	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فرستنده.....	
۴۱.....	نحوه انتخاب و خرید اتصالات بین فرستنده و مبدل.....	۲,۴,۵,۳
۴۲.....	شرکت‌ها و مؤسسات برای اخذ گواهی‌نامه ضد انفجار.....	۲,۵
۴۳.....	۳ ارزیابی و تحلیل محل کارآموزی و ارائه‌ی پیشنهادات سازنده.....	
۴۴.....	۴ پیوست ها.....	
۴۴.....	۴,۱ استاندارد IP.....	
۴۶.....	۵ مراجع.....	

صفحه	فهرست اشکال
۱۶.....	شکل ۲-۱.....
۲۵.....	شکل ۲-۲.....
۲۶.....	شکل ۲-۳.....
۲۷.....	شکل ۲-۴.....
۳۰.....	شکل ۲-۵.....
۳۰.....	شکل ۲-۶.....
۳۱.....	شکل ۲-۷.....
۳۱.....	شکل ۲-۸.....
۳۲.....	شکل ۲-۹.....
۳۲.....	شکل ۲-۱۰.....
۳۷.....	شکل ۲-۱۱.....
۴۱.....	شکل ۲-۱۲.....

## صفحه

## فهرست جداول

۸ .....	جدول ۲-۱.....
۹ .....	جدول ۲-۲.....
۳۴ .....	جدول ۲-۳.....
۳۵ .....	جدول ۲-۴.....
۴۵ .....	جدول ۴-۱.....

## ۱ معرفی محل کارآموزی

### ۱.۱ مقدمه

شرکت فراسنج ابزار یکی از پیشگامان در تولید محصولات ابزار دقیق می‌باشد. تخصص آنها تولید محصولات دبی سنجی برای مصارف آبی بوده، ولی فقط به این محصولات محدود نشده‌اند و در عرصه های دیگر مانند ارتفاع سنجی، فرستادن اطلاعات به وسیله شبکه بی سیم و .... نیز تجربیات و مهارت های زیادی دارند.

### ۱.۲ تاریخچه

این شرکت از در سال ۱۳۷۴ تاسیس شد. در ابتدا با تولید محصول دبی سنج التراسونیک کار خود را در بازار داخلی آغاز کردند. در سال های اولیه تمرکز خود را روی بهبود دادن این محصول قرار دادند. در سال های بعدی محصول جدیدی را وارد بازار کردند به نام ضخامت سنج التراسونیک که دیگر تولید نمی‌شود. بعد از آن سیستم های دریافت و ارسال اطلاعات را تولید کردند و از سال ۱۳۸۸ با دریافت نمایندگی از شرکت یورومگ<sup>۱</sup> به فروش محصول دبی سنج مغناطیسی پرداخت و در سال ۱۳۹۲ شرکت توانست دبی سنج مغناطیسی تولید خود را روانه بازار کند.

### ۱.۳ مدیران و نمایندگان شرکت

در حال حاضر مدیر عامل شرکت مهندس آرایی و رئیس بخش تحقیق و توسعه دکتر آیتی می‌باشند و رئیس هیئت مدیره دکتر آرایی و اعضای هیئت مدیره آقای پشنگ پور، دکتر ابوالحسنی، مهندس الحسینی و خانم امین منش می‌باشند.

---

<sup>1</sup> Euromag

#### ۱.۴ زمینه‌های کاری شرکت

این شرکت محصولاتی از قبیل دبی سنج التراسونیک، دبی سنج مغناطیسی، دیتالاگر و ... که در صنایع آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند، تولید می‌کند. عمده تولیدات شرکت را دبی سنج التراسونیک، دبی سنج مغناطیسی و دیتالاگر تشکیل می‌دهد.

#### ۱.۵ اهداف شرکت

این شرکت تا کنون فقط در زمینه های دبی سنجی فعالیت داشته ولی در سال های اخیر تلاش بسیاری برای تولید محصولات ارتفاع سنج نیز انجام داده که منجر به تولید نمونه اولیه شده است. لازم به ذکر است که این شرکت در حال تحقیق برای ورود به صنعت نفت و گاز نیز می‌باشد.

#### ۱.۶ تحقیق و توسعه

شرکت دارای یک قسمت تحقیق و توسعه می‌باشد که زیر نظر دکتر آیتی اداره می‌شود. این بخش وظیفه دارد که شرکت را به اهداف آینده‌اش برساند. در حال حاضر این بخش روی ساخت و نهایی کردن محصول ارتفاع سنج و همین طور طراحی جدیدی برای محصول دبی سنج التراسونیک کار می‌کنند.



## ۲ استاندارد ضد انفجار برای دبی سنج التراسونیک

### ۲.۱ مقدمه

در این فصل در ابتدا به معرفی استاندارد ضد انفجار می‌پردازیم و مفاد آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم، سپس راهکارهای مناسب برای ضد انفجار کردن محصول دبی سنج التراسونیک را و در انتها شرکت‌هایی را که می‌توان از آنها این استاندارد را اخذ کرد را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

### ۲.۲ استاندارد ضد انفجار

در این بخش به معرفی استاندارد ضد انفجار می‌پردازیم و مفاد آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

#### ۲.۲.۱ استاندارد ضد انفجار چیست؟

در تمامی پروژه‌های مهندسی استفاده از استاندارد‌های مهندسی یک امر واجب است. اما تعداد استاندارد‌های موجود در دنیا بسیار زیاد بوده و رعایت کردن یا نکردن یک استاندارد در یک پروژه به ماهیت پروژه وابسته است. به طور مثال استاندارد‌هایی که باید در یک پالایشگاه نفتی رعایت شود با استاندارد‌هایی که در شهر بازی باید رعایت شود کاملاً متفاوت می‌باشد.

یکی از استاندارد‌های مهم که در پروژه‌های نفتی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، استاندارد ضد انفجار<sup>۲</sup> می‌باشد. این استاندارد سطح اطمینان یک قطعه را در محیط‌های قابل اشتعال بررسی می‌کند. به طور مثال در محیطی که گاز قابل اشتعال وجود دارد اگر جرقه‌ای ایجاد شود می‌تواند شروع یک حریق را کلید بزند، برای همین تمامی دستگاه‌هایی که در این محیط نصب می‌شوند نباید جرقه تولید کنند. تمامی مواردی که باید در یک محیط قابل اشتعال رعایت شود تا خطری ایجاد نشود تحت قالب استاندارد ضد انفجار بیان شده است.

---

<sup>۲</sup> Explosion proof

در این گزارش ما به بررسی استانداردهای ضد انفجار برای لوازم الکتریکی که توسط شرکت IEC<sup>۳</sup> اروپا تهیه شده است، می پردازیم. شرکت IEC برای لوازم برقی استاندارد تعریف کرده است و بخشی از استانداردهای آن مربوط به استانداردهای ضد انفجار می باشد. البته لازم به ذکر است که استانداردهای دیگری نیز برای ضد انفجار وجود دارد که بدلیل استفاده نشدن در ایران به بررسی کامل آنها نمی پردازیم و فقط به صورت کلی آنها را بررسی می کنیم مانند استاندارد NEC<sup>۴</sup>.

## ۲.۲.۲ طبقه بندی کلی استاندارد ضد انفجار

در استاندارد ضد انفجار محیط را به ۳ منطقه طبقه بندی می کنند. این سه منطقه از نظر درجه خطر با یک دیگر متفاوت هستند. بعد از مشخص شدن درجه خطر یک ناحیه، نوع گاز یا گرد قابل اشتعال را بررسی می کنند و در انتها کلاس دمایی آن ناحیه مشخص می شود که نشان دهنده میزان حساسیت آن ناحیه به دما می باشد.

## ۲.۲.۳ طبقه بندی مناطق خطر

سازمان IEC در نشریه IEC 60079-10 موضوع تقسیم بندی فضاهای خطرناک را فقط برای فضاهایی که در آنها گازها و بخارات قابل اشتعال می تواند موجود باشد منتشر نموده که در صنایع شیمیایی و هیدروکربنی کاربرد خواهد داشت. این همان فضایی است که در NEC تحت عنوان کلاس ۱<sup>۵</sup> مطرح شده است.

سازمان IEC فضاهای خطرناک فوق را بر حسب مقدار مواد قابل اشتعال و زمان تداوم آنها در محوطه های صنعتی به سه منطقه تقسیم کرده و آنها را ناحیه ۶<sup>۶</sup> نامیده است در حالیکه در استانداردهای آمریکایی دو منطقه بنام بخش ۷<sup>۷</sup> مطرح می باشد. تعاریف ناحیه ها به اختصار زیر است.

<sup>3</sup> International Electric Committee

<sup>4</sup> The National Electrical Code

<sup>5</sup> CLASS I

<sup>6</sup> ZONE

<sup>7</sup> DIVISION

## ۲.۲.۳.۱ ناحیه ۸۰

منطقه یا فضایی است که مخلوط گاز و هوای قابل اشتعال در آن فضا دائماً موجود است و یا برای مدت های طولانی وجود دارد. در استانداردهای آمریکایی این چنین فضایی جزو بخش ۹<sup>۱</sup> محسوب می شود.

## ۲.۲.۳.۲ ناحیه ۱

منطقه یا فضایی است که مخلوط گاز و هوای به مقدار قابل اشتعال در شرایط عادی بهره برداری بطور متناوب در آن فضا وجود خواهد داشت. این منطقه نیز طبق استانداردهای آمریکایی بخش ۱ نامیده می شود.

## ۲.۲.۳.۳ ناحیه ۲

منطقه یا فضایی است که در شرایط عادی بهره برداری از تجهیزات، مخلوط گاز و هوا به مقدار قابل اشتعال در آن فضا وجود ندارد و اگر هم به دلیلی بوجود آید، برای مدت کوتاهی تداوم خواهد داشت. این منطقه همان فضایی است که استانداردهای آمریکایی آن را بخش ۱۰<sup>۲</sup> نامیده اند.

سازمان IEC برای فضاهایی که محتوی غبارهای قابل اشتعال هستند از همین تعاریف و همین نحوه نامگذاری استفاده نموده و فقط به شماره ناحیه ها رقم ۲ را اضافه می کند. بنابراین فضاهایی که محتوی غبارهای قابل اشتعال هستند، ناحیه ۲۰، ناحیه ۲۱ و ناحیه ۲۲ نامگذاری شده اند

## ۲.۲.۴ طبقه بندی نواحی بر اساس نوع گاز

طبقه بندی فضای عملیاتی یک واحد فرآیندی به نواحی مختلف، نشان دهنده مقدار و مدت وجود گازهای قابل اشتعال در هر فضا می باشد. نوع گاز موجود در هر ناحیه و در نتیجه انرژی لازم جهت مشتعل شدن آن، متفاوت است و بنابراین، در انتخاب صحیح تجهیزات برقی و ادوات کنترل موثر خواهد بود. به همین دلیل برای هر ناحیه یک تقسیم بندی مجدد بر حسب نوع گاز در آن منطقه نیاز می باشد.

<sup>۸</sup>ZONE 0<sup>۹</sup> DIVISION 1<sup>۱۰</sup>DIVISION 2

این تقسیم بندی مجدد گروه بندی گازها نامیده شده و برای هر ناحیه در نقشه های مربوطه منعکس می گردد.

سازمان IEC گازهای موجود در هر ناحیه از فضاهای صنعتی را به سه گروه با نامهای گروه <sup>۱۱</sup> IIC، گروه <sup>۱۲</sup> IIB و گروه <sup>۱۳</sup> IIA تقسیم بندی می کند. بعلاوه این سه گروه، گازهای موجود در فضاهای معادن زیرزمینی را که معمولاً گاز متان هستند گروه I می نامند. پیشوند I برای گازهایی که در فضاهای زیرزمینی وجود دارند مخصوصاً معادن ذغال سنگ بکار می رود و پیشوند II برای مشخص کردن سایر فضاهای صنعتی که تاسیسات رو زمینی هستند استفاده می شود. این تقسیم بندیها بر حسب انرژی مورد نیاز برای مشتعل شدن گازهای هر گروه انجام پذیرفته که مورد بررسی قرار می گیرند.

#### ۲.۲.۴.۱ گروه IIA

گازهای این گروه شامل اکثر گازهای موجود در تاسیسات نفتی می باشند، عبارتند از گازهایی که برای مشتعل شدن آنها حداقل به ۱۸۰ میکروژول انرژی نیاز خواهد بود و یا بنا به تعریف IEC جهت مشتعل شدن آنها توسط جرقه حاصل از جریان برق، بیش از ۸۰ درصد جریانی که در شرایط یکسان گاز متان را مشتعل می کند نیاز می باشد. این جریان کمینه جریان اشتعال یا MIC<sup>۱۴</sup> نامیده می شود. لیست کامل گازهای این گروه و سایر گروهها در ضمیمه A نشریه IEC 60079-10 مندرج شده است.

گازهای این گروه به اختصار زیر میباشند :

- اکثر هیدروکربن های اشباع شده زنجیره ای و حلقوی (الکانها و سایکلو الکانها )
- پروپیلن
- هیدروکربن های معطر یا آروماتیک مانند بنزن، تالوئن، زایلین و اتیل بنزن
- هیدروکربن های مخلوط که به عنوان سوخت مصرف می شوند مانند بنزین اتوموبیل، نفت سفید، گازوئیل و حلالها
- الکلها مانند متانول، اتانول تانوانول و فنول ها

<sup>11</sup> GROUP II C

<sup>12</sup> GROUP II B

<sup>13</sup> GROUP II A

<sup>14</sup> MINIMUM IGNITION CURRENT

- الدئیدها مانند اسید آلدئید
- استرها بطور اعم
- پاره ای اسیدها مانند اسید استیک
- ترکیبات هالوژنه از قبیل کلرومتان، کلرواتان، بروموبوتان و غیره
- ترکیبات هالوژنه اکسیژن دار از قبیل کلرواتانول
- ترکیبات گوگرددار مانند پروپیل مرکاپتان
- ترکیبات ازت دار مانند آمونیاک و اکثر آمین ها

#### ۲.۲.۴.۲ گروه IIB

گازهای این گروه که بیشتر در کارخانجات پتروشیمی وجود دارند عبارتند از گازهایی که برای مشتعل شدن آنها فقط ۶۰ میکروژول انرژی لازم است و یا برای مشتعل شدن آنها توسط جرقه حاصل از جریان برق، جریانی بین ۴۵ در صد تا ۸۰ در صد جریانی که گاز متان را در شرایط یکسان مشتعل نیاز خواهد بود.

پاره ای از گازهای این گروه عبارتند از :

- هیدروکربن های اشباع نشده از قبیل اتیلن، پروپین و بوتادین
- ترکیبات ازت دار مانند نیترواتان
- ترکیبات اکسیژن دار از قبیل منواکسید کربن، اترها و اکسید اتیلن
- ترکیبات هالوژنه با پیوند دوگانه مانند تترافلوئوراتیلن ( $C_2F_4$ )

#### ۲.۲.۴.۳ گروه IIC

گازهای این گروه گازهایی هستند که توسط ۲۰ میکروژول انرژی یا حرارت مشتعل می شوند و یا برای مشتعل شدن آنها توسط جرقه حاصل از جریان برق، جریانی کمتر از ۴۵ در صد جریانی که گاز متان را در شرایط یکسان مشتعل می کند کافی خواهد بود. گازهای این گروه عبارتند از : هیدروژن، استیلن و دی سولفید کربن.

با توجه به موارد گفته شده هر منطقه بر اساس مدت زمانی که گاز خطرناک در آن وجود دارد به ناحیه هایی تقسیم بندی می شود و بر اساس نوع گاز خطرناکی که در منطقه ممکن است پراکنده شود گاز آن

منطقه طبقه بندی می شود. به طور مثال یک منطقه که جز ناحیه ۰ باشد و گاز آن از نوع IIC، منطقه‌ی به شدت خطرناکی می باشد و نیازمند سطح اطمینان بسیار بالایی می باشد.

### ۲.۲.۵ طبقه بندی درجه حرارت بدنه

حال با دانستن اینکه گاز های یک گروه نیازمند یک مقدار انرژی تقریباً یکسان برای مشتعل شدن هستند، در برابر دمای سطح دستگاه های موجود در منطقه نیز حساسیت یکسانی دارند. به طور مثال اگر دمای سطح یک دستگاه ابزار دقیق که در محیطی نصب شده است که احتمال وجود سولفید کربن زیاد می باشد، نباید از ۸۵ درجه بیشتر شود مگر نه ممکن شروع حریق را کلید بزند. بر این اساس گازها نیازمند یک طبقه بندی دیگر به نام طبقه بندی درجه حرارت بدنه نیاز دارند.

سازمان IEC در نشریه IEC 60079-8-8 بیشترین درجه حرارت مجاز بدنه تجهیزات برقی را به شش گروه تقسیم بندی کرده و با حروف T1 تا T6 علامت گذاری نموده است. حروف مزبور که رده حرارتی<sup>۱۵</sup>، نامیده می شوند بایستی در روی تجهیزات برقی و ادوات کنترل حک گردند.

T1 یعنی هیچ قسمت از بدنه یک دستگاه برقی تحت هر شرایطی اعم از جریان راه اندازی، اضافه جریان های محتمل و یا بوز معایبی از قبیل اتصال کوتاه، از ۴۵۰ درجه سانتیگراد گرمتر نخواهد شد و یا به عبارتی دیگر حداکثر تا ۴۵۰ درجه گرم می شود و به همین ترتیب T2 تا ۳۰۰ درجه، T3 تا ۲۰۰ درجه، T4 تا ۱۳۵ درجه، T5 تا ۱۰۰ درجه و T6 تا ۸۵ درجه. لازم به ذکر است که بر روی محصول بازه دمای کارکرد دستگاه نیز نوشته می شود. بدیهی است که این بازه دما از کلاس دمایی دستگاه بالا تر نمی رود.

#### جدول ۲-۱ طبقه بندی دمایی

TEMPERATURE CLASS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
حداکثر درجه حرارت دستگاه	450C	300C	300C	135C	100C	85C

<sup>15</sup> TEMPERATURE CLASS

جدول ۲-۲ گروه دمایی مجاز برای هر نوع گاز<sup>۱۶</sup>

Subdivisions of gases and vapours						
Gases and vapours			Assignment of gases and vapours accordance to the ignition temperature	Temperature class	Maximum surface temperature of equipment	Permissible temperature classes of equipment
ammonia, methane, ethane, propane	town gas, acrylnitril	hydrogen	> 450 °C	T1	450 °C	T1 to T6
ethyl alcohol, cyclohexane, n-butane	ethylene, ethylene oxide	ethine (acetylene)	> 300 °C ... ≤ 450 °C	T2	300 °C	T2 to T6
gasoline, n-hexane	ethylene glycol, hydrogen sulphide		> 200 °C ... ≤ 300 °C	T3	200 °C	T3 to T6
acetaldehyde	ethyl-ether		> 135 °C ... ≤ 200 °C	T4	135 °C	T4 to T6
			> 100 °C ... ≤ 135 °C	T5	100 °C	T5 to T6
		sulphide of carbon	> 85 °C ... ≤ 100 °C	T6	85 °C	T6

#### ۲.۲.۶ انواع درجات محافظت معرفی شده توسط IEC

سازمان IEC سیستمهای حفاظتی مختلفی را برای بدنه تجهیزات برقی و ادوات کنترل جهت استفاده در فضاهای طبقه بندی شده معرفی نموده است. هر کدام از سیستمهای حفاظتی با حرف خاصی که همراه با Ex بکار می‌روند علامت گذاری شده اند.

در جدول پیوست انواع درجات حفاظت، شماره نشریه IEC که مشخصات دقیق درجه حفاظت را تعریف می‌نماید، نام درجه حفاظت و علامت مشخصه آن طبق استانداردهای IEC نشان داده شده است. همچنین جهت مزید اطلاع شماره استانداردهای اروپایی و آمریکایی و تعدادی از کشورهای صنعتی که معادل استانداردهای IEC هستند در جدول دیگری نشان داده شده است.

انواع درجات حفاظت تعریف شده توسط سازمان IEC عبارتند از :

Exs, Exm, Exq, Exo, Exp, Exn, Exi, Exe, Exd

<sup>۱۶</sup> این بخش از کاتالوگ شرکت بارتک برداشته شده است

## ۲.۲.۶.۱ محافظت نوع d یا بدنه ضد انفجار

درجه حفاظت این نوع بدنه‌ها در IEC 60079-۱ تعریف شده و علامت مشخصه آن Exd می‌باشد. در استاندارد IEC این نوع حفاظت را به نام ضد شعله<sup>۱۷</sup> معرفی کرده‌اند. این نوع بدنه‌ها در استانداردهای آمریکایی ضد انفجار<sup>۱۸</sup> نامگذاری شده‌اند. بدنه چنین دستگاهی معمولاً از فلزهایی مانند چدن، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژ مس و نیکل و غیره ساخته می‌شوند. بدنه ضد انفجار دارای خواص زیر می‌باشد. (در فضاهای محتوی استیلن از کاربرد بدنه مسی به دلیل میل ترکیبی آن با استیلن خودداری می‌شود. اتصالات کابل‌های مسی نیز می‌باید با لعاب مخصوص یا وارنیش پوشانده شوند.)

۱. قدرت تحمل انفجار گاز درون بدنه دستگاه را دارد، بدون اینکه بدنه دستگاه تغییر شکل دهد.

۲. قطعات بدنه به طریقی به یکدیگر متصل شده‌اند که نقاط اتصال دارای طول کافی و به هم پیوستگی کافی هستند به طریقی که در صورت وقوع انفجار در داخل دستگاه، شعله و یا گازهای داغ حاصل از انفجار هنگام خروج از بدنه سرد شده و لذا مخلوط گاز و هوای اطراف دستگاه را مشتعل نمی‌کند.

۳. درجه حرارت سطوح خارجی بدنه دستگاه هنگام بهره‌برداری کمتر از درجه حرارتی است که بتواند گازهای موجود در فضای اطراف را مشتعل نماید.

۴. اتصال قطعات مختلف بدنه به یکدیگر توسط پیچ‌های مخصوصی صورت گرفته به طریقی که باز کردن آنها توسط افراد غیر مسئول امکان پذیر نخواهد بود.

طبق دستورالعمل‌های IEC بدنه اینگونه تجهیزات تحت آزمایشات مختلف قرار می‌گیرند، از آن جمله آزمایش انفجار گاز در داخل آنها که عملاً مقاومت دستگاه در مقابل انفجار را اثبات می‌کند. نحوه آزمایش بدین طریق است که داخل دستگاه مورد نظر مثلاً یک موتور نوع Exd از مخلوط گاز و هوا پر می‌شود. موتور مورد آزمایش در داخل یک محفظه بسیار محکم از همان مخلوط گاز و هوا پر شده و به آن

---

<sup>17</sup> FLAMEPROOF

<sup>18</sup> EXPLOSION PROOF



محفظه‌ی انفجار<sup>۱۹</sup> می‌گویند، قرار می‌گیرد. سپس توسط جرقه‌ای که درون موتور ایجاد می‌گردد، گاز داخل موتور مشتعل می‌شود. در این آزمایش شعله و یا گازهای داغ حاصل از اشتعال، هنگام خروج از اتصالات موتور، سرد و کم انرژی می‌شوند و در نتیجه محیط اطراف موتور که حاوی مخلوط گاز و هوا می‌باشد مشتعل نخواهد شد. در داخل محفظه انفجار دوربین مخصوصی تعبیه گردیده است که اتفاقات داخل محفظه را ثبت می‌نماید. در صورتیکه اشتعال گاز در داخل موتور باعث اشتعال گاز در محفظه فوق گردد، موتور مورد آزمایش نمی‌تواند از نوع Exd طبقه بندی شود. گازهای استفاده شده در این آزمایش متفاوت هستند. به همین دلیل بر حسب نوع گاز استفاده شده در آزمایش، مناسب بودن تجهیزات Exd برای گروههای گازی مختلف تعیین، و در روی دستگاه مربوطه، همراه با سایر مشخصات حک می‌گردد. برای آزمایش تجهیزاتی که در معادن بکار می‌روند از مخلوط گاز متان و هوا استفاده می‌شود و چنین دستگاهی Exd I علامت گذاری می‌شود.

برای آزمایش تجهیزاتی که در ناحه ۱ همراه با گاز گروه IIA بکار می‌روند، از مخلوط هوا و گازهای پروپان، بوتان و یا پنتان با درصدهای مختلف استفاده می‌شود و چنین دستگاهی Exd IIA علامت گذاری می‌شود.

برای آزمایش تجهیزاتی که در ناحه ۱ همراه با گاز گروه IIB بکار می‌روند، از مخلوط هوا و گازهای اتیلن، مخلوط ۸۵ درصد هیدروژن و ۱۵ درصد متان و یا اتیل اتر با درصدهای مختلف استفاده می‌شود و چنین دستگاهی Exd IIB علامت گذاری می‌شود.

برای آزمایش تجهیزاتی که در ناحه ۱ همراه با گاز گروه IIC بکار می‌روند، از مخلوط هوا و هیدروژن استفاده می‌شود و چنین دستگاهی Exd IIC علامت گذاری می‌شود.

مقدار گازهای نامبرده فوق و هوا دقیقاً در IEC 60079-1 معین شده است و برای اثبات ضد انفجار بودن دستگاهها، آزمایش های فوق می‌بایست پنج بار تکرار گردند.

---

<sup>19</sup> EXPLOSION CHAMBER

## ۲.۲.۶.۲ محافظت نوع e یا بدنه با ایمنی افزوده

درجه حفاظت این نوع بدنه‌ها در IEC 60079-7 تعریف شده و علامت مشخصه آن Exe می‌باشد. در استاندارد IEC به آن با نام ایمنی افزوده<sup>۲۰</sup> اشاره شده. این نوع بدنه‌ها ابتدا در آلمان مورد استفاده بوده و پس از تایید IEC در اکثر کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار گرفته اند. این نوع درجه حفاظت در آمریکا وجود ندارد و در استانداردهای آمریکایی شناخته شده نیست. بدنه تجهیزات Exe یا فلزی هستند و یا از انواع پلی مرها مانند پلی استر و فایبر گلاس ساخته می‌شوند. به منظور بالا بردن درجه ایمنی اینگونه تجهیزات و در جهت جلوگیری از ازدیاد درجه حرارت و ایجاد جرقه که مسبب اصلی آتش سوزی هستند، نکات خاصی در ساخت تجهیزات Exe طبق دستورالعملهای IEC رعایت می‌شود. پاره ای از این نکات به قرار زیر هستند:

۱. ورود کابل به این نوع تجهیزات به گونه ای طراحی می‌شود که ایمنی بیشتری را تامین نماید، به عنوان مثال بریدگی هادی‌ها در اثر کشش و یا پیچش و تماس با بدنه غیر ممکن است و درجه حرارت کابل در نقطه ورود به دستگاه از ۷۰ درجه سانتیگراد بیشتر نخواهد شد.
۲. اتصالات به گونه ای است که در هنگام بهره برداری از دستگاه به هیچ وجه شل نخواهند شد، بدین منظور پیچ کردن هادی کابلها به ترمینالها برای اتصالات خارجی، و جوش و لحیم کاری یا پیچ برای اتصالات داخلی توصیه شده است. منظور از هادی کابلها عایقی است که دور سیم قرار دارد و از تماس سیم با محیط اطراف جلوگیری می‌کند. این قسمت از سیم که وزن قابل توجهی دارد نیز باید به بدنه دستگاه متصل شود تا باعث شل شدن سیمها نشود.
۳. فاصله قطعات برق دار تا بدنه با حداقل تعریف شده در IEC مطابقت دارد. حداقل این فاصله برای تجهیزات ۲۳۰ ولتی و ۴۰۰ ولتی ۶ میلیمتر، برای تجهیزات ۶ کیلو ولتی ۶۰ میلیمتر و برای تجهیزات ۱۰ کیلو ولتی ۱۰۰ میلیمتر تعریف شده است. همچنین فاصله ای که جریان برق می‌تواند از روی سطح عایقها به بدنه برسد و به آن CREEPAGE DISTANCE می‌گویند با حداقلی که در IEC تعریف شده مطابقت دارد. این قسمت از استاندارد به ما اطمینان می‌دهد که تحت هیچ شرایطی قوس الکتریکی تشکیل نخواهد شد.

---

<sup>20</sup> INCREASED SAFETY

۴. مواد عایق مورد استفاده در اینگونه تجهیزات دارای کیفیت بالا هستند، جاذب رطوبت نیستند و در حرارت تا ۲۰ درجه بیشتر از درجه حرارت دستگاه در زمان بهره برداری آسیب نمی بینند. مقاومت حرارتی مواد عایق بکار رفته نباید به هیچ وجه کمتر از ۸۰ درجه سانتیگراد باشد.

۵. قطر سیم های استفاده شده در سیم پیچها نباید از ۲۵/ میلیمتر کمتر باشد.

۶. عایق بندی سیم پیچها شامل دو لایه است و قطعات سیم پیچی شده بایستی بعد از خشک شدن بطور کامل به صمغ های خاص آغشته گردد.

۷. درجه حرارت هیچ قسمتی از دستگاه، تحت هیچ شرایطی اعم از زمان راه اندازی و یا وضعیت اضافه جریانهای محتمل، از کلاس دمایی معین شده بیشتر نباید بشود. درجه حرارت علامت گذاری شد T1 تا T6 نشان دهنده حداکثر درجه حرارت گرم ترین نقطه دستگاه می باشد، نه فقط درجه حرارت بدنه آن. توجه شود که درجه حرارت تجهیزات روشنایی مطابقت با اصل فوق را نخواهد داشت. فقط بیشترین درجه حرارت سطح خارجی منبع نور، مثلاً "لامپ، بایستی ۵۰ درجه سانتیگراد کمتر از درجه حرارتی باشد که گازهای موجود در محل نصب آن مشتعل می شوند.

۸. بدنه دستگاههای Exe بایستی دارای حفاظت مناسب در برابر ورود اجسام خارجی و آب نیز باشند. بدنه دستگاههایی که درون آنها سیمهای روکش دار بکار رفته باید حداقل <sup>۲۱</sup> IP44 و در صورت وجود سیمهای بدون روکش می باید حداقل IP54 انتخاب شوند. در مورد ماشینهای دوار با توجه به محل نصب آنها از بدنه های با IP پایین تر نیز تحت شرایطی می توان استفاده نمود. با توجه به تعاریف فوق، دستگاه نوع Exe دستگاهی است با کیفیت بالا که به علت رعایت نکات معین شده در IEC 60079-7 ایجاد جرقه نمی کند و درجه حرارت هیچ قسمتی از آن از مقدار تعریف شده T1 تا T6 بیشتر نمی شود و در نتیجه نمی تواند سبب اشتعال گازهای اطراف خود شود. به همین دلیل در علامت گذاری اینگونه تجهیزات نوع گازهای موجود در محل نصب، ذکر نمی گردد. به عنوان مثال Exe II T3 کفایت می کند و درج گروههای گازی IIA و IIB و یا IIC در روی دستگاه ضرورتی ندارد.

در کل تجهیزات نوع Exe دارای قطعات جرقه زا نیستند و همین طور امکان ایجاد شدن جرقه و قوس الکتریکی در این دستگاهها نیز وجود ندارد. این دستگاهها توانایی شروع شعله را ندارند و برای همین

<sup>۲۱</sup> استاندارد IP برای بدنه و قطعات بسته تعریف شده است که در پیوست ۱ به آن اشاره خواهد شد.

ایمن هستند. تفاوت اصلی این بدنه با بدنه نوع d در این است که در بدنه نوع d احتمال ایجاد شدن شعله وجود دارد ولی اگر ایجاد شود به هیچ عنوان باعث شعله ور شدن محیط نمی شود، حال یا شعله نمی تواند به بیرون از محفظه راهی پیدا کند یا اینکه در مسیر خروج آنقدر سرد می شود که دیگر توانایی شروع حریق را ندارد. برای همین این نوع محفظه ها از فلزات محکم ساخته می شوند تا بتوانند فشار ایجاد شده توسط انفجار را تحمل کنند. این بدنه ها دارای تعداد زیادی پیچ می باشند تا بتوانند شعله را خفه کنند برای همین بستن این گونه محفظه ها بسیار مشکل می باشد و باید موارد خاصی در هنگام نصب رعایت شود و بعد از نصب باز کردن این محفظه ها نیز کار بسیار دشواری می باشد. اما در محفظه های نوع e بدلیل نبود ادوات مشتعل کننده، نیازی به محکم کاری بدنه نیست برای همین بدنه این نوع محفظه ها از جنس های سبک که قبلاً ذکر شد ساخته می شوند. معمولاً درب این بدنه ها دارای لولا بوده و به راحتی باز می شوند و برای انجام کار های تعمیراتی بسیار مناسب می باشند. به همین دلیل این نوع بدنه ها معمولاً قیمت پایین تری دارند ولی شرایط طراحی الکترونیکی سخت تری دارند.

تجهیزات نوع Exe بطور کلی قطعه یا اجزا جرقه زا در خود ندارند، بنابراین در صورتی که در یک دستگاه برقی از نوع Exe قطعه ای بکار رفته باشد که جرقه ایجاد نماید مانند کلید قطع و وصل یا رله، قطعه مزبور بایستی از نوع Exd انتخاب شود. این چنین دستگاهی با علامت Exde مشخص می گردد و با توجه به نوع گاز موجود در محل نصب، گروه گازی آن نیز در روی دستگاه علامت گذاری می شود، مثلاً Exde IIA T3

### ۲.۲.۶.۳ محافظت نوع i یا بدنه ذاتا ایمن

ادواتی که هنگام بهره برداری به علت پایین بودن مقدار انرژی تولید شده، ذخیره و یا مصرف شده در آنها به هیچ وجه ایجاد اشتعال نمی کنند، ادوات ذاتا ایمن<sup>۲۲</sup> نامگذاری شده اند. مشخصات فنی اینگونه تجهیزات در نشریه IEC 60079-11 تعریف شده است. بدنه Exi بدنه ای است که محتویات آن شامل اجزا و مداراتی باشد که در هنگام بهره برداری عادی و در شرایط بروز خرابی در آنها، جرقه و یا حرارت ایجاد شده، قادر به اشتعال گازهای محیط اطراف خود نباشد. تجهیزات Exi دارای توان بسیار پایین می باشند و لذا در سیستمهای برق و کنترل ادوات برقی کاربرد چندانی ندارند و بیشتر در سیستمهای

<sup>22</sup> INTRINSIC SAFE

ابزار دقیق و سیستمهای کنترل کننده فرآیند مورد استفاده قرار می گیرند. استاندارد IEC این نوع بدنه ها را به دو دسته تقسیم نموده و آنها را Exia و Exib نامگذاری کرده است.

بدنه های Exia ادواتی هستند که در بهره برداری عادی و یا در صورت بروز دو عیب یا خرابی همزمان، درجه ایمنی خود را حفظ می کنند، بدین معنا که در چنین شرایطی گرما و یا جرقه ایجاد شده، نمی تواند گازهای اطراف خود را مشتعل کند.

بدنه های Exib ادواتی هستند که در بهره برداری عادی و یا در صورت بروز فقط یک عیب یا خرابی درجه ایمنی خود را حفظ می کنند. ملاحظه می شود که بدنه Exia از ایمنی بیشتری برخوردار است و به همین دلیل جهت استفاده در فضا های تقسیم بندی شده در ناحیه ۰ توصیه شده است.

بدنه از نوع Exib را می توان در سایر فضاهای طبقه بندی شده یعنی نواحی ۱ و ۲ بکار برد. نکته بسیار مهم در مورد تجهیزات Exi که آن را متفاوت از سایر درجات حفاظت می کند این است که در صورت استفاده از چنین دستگاهی همراه با سایر ادوات الکتریکی، درجه ایمنی مورد نظر بدون کاربرد ادوات حفاظتی خاص تامین نمی گردد. به عبارتی دیگر بدنه Exi موقعی ذاتا ایمن تلقی می گردد که یا به تنهایی و جدا از بقیه ادوات الکتریکی بکار رود و یا در یک سیستم ایمن قرار گیرد. برای ایمن کردن سیستم، ضروری است دستگاه Exi به طریقی حفاظت شود که تبادل انرژی الکتریکی با سایر ادوات سیستم بطور حساب شده ای محدود گردد.

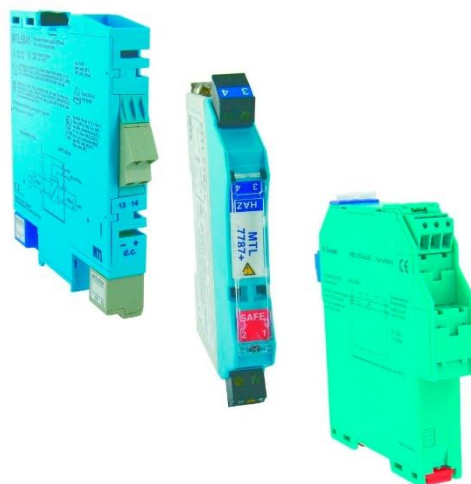
تجهیزات Exi بیشتر در سیستم ابزار دقیق و کنترل فرآیند مورد استفاده قرار می گیرند و طبیعتا با مراکز کنترل مرتبط هستند. تغذیه آنها از مراکز کنترل فرآیند تامین می گردد و خروجی آنها به مراکز کنترل فرآیند متصل می شود. در نتیجه ضروری است که در جهت محدود کردن مقدار انرژی الکتریکی به اینگونه تجهیزات با منظور نمودن معایب محتمل مانند اتصال کوتاه، اتصال به زمین، باز شدن اتصالات، بریدن سیم های داخلی و غیره حفاظت های خاص پیش بینی گردد. با توجه به اینکه کاربرد ادوات حفاظتی فوق الذکر به منظور محدود کردن ورود و خروج انرژی به تجهیزات Exi می باشد، بدیهی است که انرژی ذخیره شده در سیم های ارتباطی نیز می باید در محاسبات منظور گردد.

اگر ظرفیت خازنی سیم های رابط C فرض شود به اندازه  $CV^2/2$  انرژی در سیم ها وجود دارد که این انرژی در جرقه های حاصل از بسته شدن کلیدها یا اتصال کوتاه سیم ها تخلیه می شود. همچنین در صورتیکه اندوکتانس سیم های رابط را L فرض نماییم، به اندازه  $LI^2/2$  انرژی در سیم های رابط ذخیره

است. این انرژی در جرقه حاصل از باز شدن کلیدها و یا پاره شدن سیم‌ها و یا جدا شدن اتصالات، تخلیه می‌گردد.

بنابراین حفاظت کننده ادوات Exi می‌باید با در نظر گرفتن کاپا سیتانس و اندوکتانس سیم‌های متصل به دستگاه مزبور انتخاب شود. تعریف و مشخصات دقیق سیم‌های ارتباطی در IEC 60079-14 آمده است.

ادوات حفاظت کننده که با تجهیزات Exi مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای انواع مختلفی هستند که با نام‌های SAFETY BARRIER و CONTROL BARRIER در مقوله ابزار دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند و در اینجا فقط به آن اشاره می‌شود. ساده‌ترین نوع BARRIER شامل مداری است که از انتقال ولتاژ نامطلوب و یا ارسال جریان ناخواسته به ادوات Exi جلوگیری می‌کند. در شکل ۱-۲ نمونه‌ای از این وسیله دیده می‌شود. این دستگاه شامل یک فیوز و یک مقاومت است که به صورت سری با دستگاه مورد نظر قرار می‌گیرند و یک یا چند دیودزینر که به صورت موازی با دستگاه بسته می‌شوند. در صورتیکه ولتاژ تغذیه از نوع AC باشد، طبیعتاً از دو دیودزینر بدین منظور استفاده می‌شود. برای خرید چنین دستگاهی می‌توان به سایت [برنیکا](#) مراجعه کرد.



شکل ۱-۲ نمونه‌ای از safety barrier

در این مدارهای ساده، در صورت بالا رفتن ولتاژ تغذیه که از اتاق کنترل تامین می‌شود، دیودهای زینر مدار تغذیه را اتصال کوتاه کرده و از اعمال ولتاژ نامطلوب به دستگاه ممانعت می‌کنند. بدیهی است در چنین حالتی فیوز پس از زمان معینی مدار تغذیه را قطع خواهد کرد.

در صورت بروز اتصال کوتاه در درون دستگاه Exi، مقاومت موجود در مدار، مقدار جریان را محدود می‌نماید و در صورت تداوم جریان زیاد، فیوز همه مدار را قطع می‌کند. با توجه به توضیحات فوق تعریف کامل دستگاه‌های با بدنه Exi به قرار زیر می‌باشد :

۱. دستگاه می‌باید توسط ادوات خاصی محافظت شود بطوریکه ورود و خروج انرژی الکتریکی به آن محدود گردد.
۲. انرژی ورودی یا خروجی به ادوات Exi در حدی است که حرارت تولید شده در عملکرد عادی و در شرایط بروز خرابی در دستگاه، قادر به اشتعال گازهای اطراف نمی‌باشد.
۳. جرقه ایجاد شده در شرایط فوق نیز، گازهای اطراف دستگاه را مشتعل نخواهد کرد

#### ۲.۲.۶.۴ محافظت نوع n یا بدنه غیر آتش زا

مواد یا تجهیزاتی که کاربرد آنها آتش‌سوزی بوجود می‌آورند آتش‌زا<sup>۲۳</sup> نامیده می‌شوند و بنابراین تجهیزاتی که به گونه ای طراحی شده اند که کاربرد آنها نمی‌تواند سبب آتش سوزی شوند آتش‌نزا<sup>۲۴</sup> تلقی خواهند شد. مشخصات فنی تجهیزات Exn دقیقاً مطابقت با تعریف فوق دارد، بدین معنی که نمی‌تواند در بهره برداری عادی سبب آتش سوزی شود. این نوع بدنه برای تجهیزات برقی ابتدا در صنایع انگلستان مورد استفاده قرار گرفت و آن را با علامت Exn مشخص نمودند. انتخاب N بزرگ به عنوان مشخصه چنین بدنه ای در استاندارد انگلیسی BS مخصوصاً بکار گرفته شد، با این هدف که با بدنه های تایید شده از طرف سازمان IEC متمایز باشد و ضمناً در صورت پذیرش این نوع بدنه از طرف IEC با مشخصه n کوچک علامت گذاری شود. مشخصات فنی بدنه مزبور پس از آنکه مورد قبول سازمان IEC قرار گرفت در نشریه IEC 60079-15 منتشر و علامت مشخصه Exn جهت نشان دادن این نوع بدنه مقرر گردید. مشخصه n نشان دهنده غیر آتش‌زا می‌باشد. در بعضی مدارک فنی به عنوان بدون جرقه<sup>۲۵</sup> تلقی گردیده که تفسیر مطلوبی نیست زیرا در برخی تجهیزات Exn قطعات جرقه زا نیز وجود دارد.

<sup>23</sup> INCENDIARY

<sup>24</sup> NON – INCENDIARY

<sup>25</sup> NON – SPARKING

تجهیزات Exn، دستگاههایی هستند که در بهره برداری عادی قادر به مشتعل کردن گازهای اطراف خود نیستند و به گونه ای طراحی شده اند که بروز معایبی در آنها که منتهی به اشتعال محیط اطراف نشود. (توجه شود که احتمال بروز اشتعال در شرایط غیر عادی بطور کامل منتفی نگردیده است)

با توجه به اینکه اشتعال به وسیله جرقه و یا ازدیاد درجه حرارت به وقوع می پیوندد، بنابراین بدنه های Exn جرقه ای که بتواند گازهای اطراف را مشتعل کند، ندارند و درجه حرارت از کلاس دمایی معین شده بیشتر نمی شود. به عبارتی دیگر اینگونه تجهیزات یا در خود قطعات قطع و وصل کننده که ایجاد جرقه می کنند، ندارند و یا اگر داشته باشند، قطعات مزبور به گونه ای حفاظت می شوند که مسبب آتش سوزی نباشند.

طریقه حفاظت قطعات جرقه زا به دو طریق صورت می پذیرد:

۱. اینگونه قطعات در محفظه های کاملاً مسدود بدون امکان تماس با گازهای اطراف دستگاه، جاسازی می شوند که در این صورت چنین دستگاهی با Exn C مشخص می گردد. (قطعاتی که در محفظه های کاملاً مسدود قرار دارند می توانند از حفاظت های Exq یا Exm استفاده کنند.
۲. حفاظت قطعات جرقه زا به این گونه است که محفظه مربوطه به طریقی ساخته می شود که ورود و خروج گاز به آن در اثر تغییرات درجه حرارت که اصطلاحاً به آن نفس کشیدن دستگاه می گویند بسیار محدود گردد، تا حدی که گازهای جمع شده در درون دستگاه به اندازه ای نخواهد بود که جرقه بتواند سبب اشتعال شود. IEC اینگونه تجهیزات را ExnR نامیده است.

تجهیزات از نوع Exn در صورتیکه در درون خود قطعات جرقه زا نداشته باشند با علامت ExnA مشخص می گردند. بدنه دستگاههای Exn از نظر حفاظت در مقابل ورود ذرات جامد و آب به داخل آنها، در صورتیکه دارای سیم های روکش دار باشند باید حداقل IP44 و در صورت وجود سیم های بدون روکش می باید IP54 انتخاب شوند. اتصالات در داخل اینگونه تجهیزات همانند تجهیزات Exe می باید به طریقی صورت پذیرد که در هنگام بهره برداری به هیچ وجه شل نشوند. همچنین فاصله قطعات برق دار از بدنه و فاصله ای که جریان برق می تواند از روی سطح عایق ها به بدنه برسد می بایست با حداقلی که در IEC تعریف شده مطابقت داشته باشد. بررسی دقیق مشخصات فنی بدنه های Exn نشان می دهد که تجهیزات مزبور کیفیت هم تراز تجهیزات Exe را ندارند و لذا می توان آنها را پایین تر از تجهیزات Exe طبقه بندی نمود.



نشریه IEC بدنه Exn را ملزم به مناسب بودن برای استفاده در مناطق صنعتی معمولی<sup>۲۶</sup> می‌نماید در حالیکه جهت استفاده اینگونه تجهیزات در ناحیه ۲ از عبارت “MAY BE USED IN ZONE” استفاده می‌کنند.

برای علامت گذاری تجهیزات Exn به علاوه مشخصه های تعریف شده Exn A، Exn C و Exn R سایر پارامترهای مربوط به تجهیزات مناسب برای فضاهای طبقه بندی شده نیز می‌باید در روی دستگاه حک شود، مثلاً Exn A IIA T4 و در اکثر موارد، درج گروههای گازی ضرورتی نخواهد داشت و در نتیجه Exn A II T4 کفایت می‌کند.

در پاره ای از موارد، سازنده اینگونه تجهیزات دستورالعملهای خاصی را جهت نصب و یا بهره برداری اعلام می‌نماید و در نتیجه درجه ایمنی دستگاه تحت شرایط تعریف شده توسط سازمان تضمین می‌گردد. در این صورت به آخر علامت مشخصه دستگاه، حرف X نیز اضافه می‌شود مثلاً Exn II T4X.

#### ۲.۲.۶.۵ محافظت نوع p یا بدنه با فشار داخلی

درجه حفاظت اینگونه تجهیزات در نشریه IEC 60079-2 تعریف شده و علامت مشخصه آن Exp می‌باشد. در استانداردهای آمریکایی بدنه این نوع تجهیزات را PURGED ENCLOSURE می‌نامند.

ایده این نوع محافظت این است که آنقدر فشار داخل یک دستگاه را زیاد کنیم تا بجای ورود گاز خطرناک به داخل دستگاه، گازی که خطری ندارد دائماً از دستگاه خارج شود. در اینگونه بدنه ها، از ورود گازهای قابل اشتعال به داخل بدنه تجهیزات برقی توسط بالا بردن فشار داخلی جلوگیری می‌شود. فضای داخل اینگونه بدنه ها، توسط هوا و یا یک گاز خنثی مانند نیتروژن تحت فشار نگهداشته می‌شود. در بعضی از موارد هوا را از فاصله ای که مطمئن هستند که دیگر با گاز خطرناک مخلوط نیست به داخل دستگاه پمپ می‌کنند. فشار داخلی اینگونه تجهیزات طبق پیشنهاد سازمان IEC می‌باید به اندازه ۰/۵ میلی بار ( ۵ میلیمتر آب ) بیشتر از فشار بیرون دستگاه باشد که در نتیجه گازهای اطراف به داخل آن راه نیابد. ایجاد فشار داخلی می‌تواند توسط برقراری یک جریان دائمی از هوا و یا گاز خنثی انجام پذیرد. مثلاً می‌توان بدین منظور یک سیستم هواساز در نظر گرفت که هوای تامین شده از یک فضای ایمن را به درون دستگاه یا فضای مورد نظر بدمد که در این صورت خروج هوا از درزها بایستی به اندازه ای باشد که فشار داخلی را در حداقل مورد نظر نگهدارد.

<sup>26</sup> NORMAL INDUSTRIAL USE

از این سیستم می‌توان برای ایمن کردن تابلوهای برق و حتی برای ایمن کردن فضای پست های برق یا اتاق های کنترل استفاده نمود.

بدنه تابلوها و یا سایر تجهیزات برقی که به این طریق ایمن می‌شوند، از نظر حفاظت در مقابل ورود ذرات جامد و آب به داخل می‌باید حداقل IP 40 انتخاب گردند. بدین ترتیب، عملاً یک محفظه تحت فشار ایجاد می‌گردد که فشار داخلی آن می‌باید بطور دائم بیشتر از فشار هوای اطراف نگهداشته شود. به این منظور ضروری است ادوات هشدار دهنده لازم تعبیه گردند که در صورت افت فشار داخلی، تجهیزات برقی را قطع برقی را قطع نمایند و یا بهره بردار از وضعیت امر آگاه سازد.

## ۲.۲.۶.۶ محافظت نوع o یا بدنه غوطه‌ور در روغن

بدنه های محتوی روغن در IEC 60079-6 تعریف شده و علامت مشخصه آن Exo می‌باشد. در اینگونه تجهیزات کلیه ادوات الکتریکی و یا قسمتی از آنها در داخل محفظه ای پر از روغن قرار می‌گیرند و در نتیجه جرقه و یا حرارت ایجاد شده در ادوات مزبور، گازهای قابل اشتعال در بالای سطح روغن و یا در خارج بدنه دستگاه را مشتعل نخواهد کرد.

طبق پیشنهاد IEC درجه حرارت روغن در اینگونه تجهیزات تحت هیچ شرایطی نباید از ۱۱۵ درجه سانتیگراد تجاوز نماید و درجه حرارت سطح روغن و یا قسمت هایی از دستگاه که در تماس با گازهای قابل اشتعال هستند نباید از کلاس دمایی معین شده بیشتر شود.

کلیه ادوات جرقه زا می‌باید درون روغن مستقر گردند به طریقی که حداقل ۲۵ میلیمتر پایین تر از سطح روغن قرار گیرند. ترانسفورماتورهایی که کاملاً مسدود<sup>۲۷</sup> هستند نمونه ای از بدنه های محتوی روغن هستند که در صورت رعایت شرایط مندرج در IEC 60079-6 می‌توانند گواهی تایید به عنوان دستگاه Exo دریافت کنند و در نتیجه در فضاهای طبقه بندی شده از نوع ناحیه ۲ قابل استفاده خواهند بود.

انبساط روغن در ترانسفورماتورهای کاملاً مسدود به دو طریق کنترل می‌شود. رادیاتورهای یک نوع از این ترانسفورماتورها به گونه ای ساخته می‌شوند که در اثر انبساط روغن ازدیاد حجم پیدا می‌کنند. نوع دیگری از ترانسفورماتورهای کاملاً مسدود وجود دارد که در آنها فضای بالای سطح روغن از گاز ازت پر شده و این گاز در اثر انبساط روغن فشرده می‌شود و فضای لازم جهت ازدیاد حجم روغن را به وجود می‌آورد. کاربرد این نوع ترانسفورماتورها در فضاهای طبقه بندی شده ناحیه ۲ ارجح خواهد بود. (در صورتیکه کلیه قطعات بدنه این نوع ترانسفورماتورها توسط جوشکاری به یکدیگر متصل شده باشند به آنها HERMETICALLY SEALED می‌گویند.)

نشریه IEC ترانسفورماتورهای دارای مخزن انبساط را نیز تحت شرایطی به عنوان دستگاه Exo می‌پذیرد که در این صورت به علاوه شرایط فوق الذکر در مورد درجه حرارت روغن، مخزن ترانسفورماتور نیز می‌باید مجهز به رله بوخهلتز<sup>۲۸</sup> باشد که در صورت بروز اتصال کوتاه در داخل آن، مدار تغذیه ترانسفورماتور قطع گردد.

<sup>27</sup> SEALED<sup>28</sup> Buchholz relay

طبق IEC 60079-6-6 کلیدهای مدارشکن و یا راه اندازهای موتور که از روغن پر شده و عمل قطع و وصل جریان برق در درون روغن صورت می‌پذیرد، در صورت رعایت شرایط مندرج در IEC می‌توانند Exo طبقه بندی شوند ولی با توجه به اینکه اینگونه تجهیزات معمولاً دارای میکروسوئیچ های کمکی هستند که ممکن است در درون روغن قرار نگیرند، بنابراین کاربرد اینگونه ادوات در فضاهای طبقه بندی شده ناحیه ۲ بدون دریافت گواهی از سازمانهای تایید کننده به عنوان بدنه Exo توصیه نمی‌گردد.

#### ۲.۲.۶.۷ محافظت نوع q بدنه محتوی پودر یا ماسه

این نوع بدنه در IEC 60079-5 تعریف شده و با علامت Exq مشخص گردیده است. IEC اینگونه ادوات را محتوی ماسه<sup>۲۹</sup> نامگذاری کرده است، ولی هر پودری که همانند ماسه بتواند جرقه ایجاد شده در قطعات نصب شده در اینگونه بدنه‌ها را به طریقی احاطه کند که سبب اشتعال گازهای اطراف نشود قابل استفاده خواهد بود.

پودری که در نشریه IEC به آن اشاره شده پودر کوارتز است با مشخصات و دانه بندی معین ( قطر بین ۲۵۰ میکرون تا ۱/۶ میلیمتر ). به همین دلیل علامت مشخصه اینگونه تجهیزات حرف q از کلمه QUARTZ برداشته شده است.

در بازار صنعتی، ادوات موجود از این قبیل معمولاً از همان پودر کوارتز پر می‌شوند، پاره ای مدارک فنی این نوع بدنه‌ها را پر شده از پودر<sup>۳۰</sup> می‌نامند. بدنه اینگونه ادوات از نظر حفاظت در مقابل ورود ذرات جامد و آب به داخل آنها می‌باید حداقل IP 54 انتخاب گردند و فاصله قطعات برق دار از یکدیگر و از بدنه دستگاه نباید از آنچه که IEC معین کرده است کمتر باشد. بعنوان مثال برای ولتاژ سه فاز ۴۰۰ ولت فاصله بین فازها ۱۵ میلیمتر و فاصله بین هر فاز تا بدنه حداقل ۲۰ میلیمتر معین شده است ( برای سایر ولتاژها به IEC 60079-5 مراجعه شود )

این نوع بدنه‌ها مناسب ادواتی هستند از قبیل جعبه های اتصال مربوط به سیمهای گرمکن، قطعات الکترونیکی مانند خازن‌ها و راه انداز لامپ های گازی<sup>۳۱</sup> و فیوزهای حفاظتی که فضای داخل آنها از پودر کوارتز پر می‌شود و در نتیجه فضای خالی بین ذرات کوارتز که احتمالاً ممکن است توسط گازهای

<sup>29</sup> SAND – FILLED

<sup>30</sup> POWDER FILLED

<sup>31</sup> BALLAST

مشتعل شونده پر شود به قدری کم است که جرقه حاصل از سوختن فیوز یا قطعه الکترونیکی و یا اتصال کوتاه در جعبه اتصال، شعله ای به وجود نمی آورد و در نتیجه سبب اشتعال گازهای خارج از بدنه نمی گردد. واضح است که اینگونه بدنه ها برای تجهیزاتی که قطعات متحرک دارند مانند کلیدهای قطع و وصل قابل استفاده نخواهند بود.

#### ۲.۲.۶.۸ محافظت نوع m

بدنه این نوع ادوات در نشریه IEC 60079-18 تعریف شده. در این روش، قطعاتی که جرقه و یا حرارت حاصل از عملکرد آنها در حالت عادی بهره برداری و یا بروز اتصال کوتاه، ممکن است سبب اشتعال گازهای اطراف شود در داخل محفظه ای جاسازی شده و محفظه مزبور از صمغ های خاصی پر شده و کاملاً مسدود می گردد. مشخصات فنی صمغ های قابل استفاده در نشریه IEC مندرج است (چسب دوقلوهای موجود، دو نوع صمغ هستند که از ترکیب آنها ماده سخت و غیر قابل نفوذی بوجود می آید).

با این روش ورود گاز به داخل اینگونه بدنه ها به هیچ وجه امکان پذیر نخواهد بود و جرقه ایجاد شده در اثر سوختن قطعات و یا بروز اتصال کوتاه در داخل آنها، به دلیل عدم تماس با محیط اطراف، گازهای موجود در خارج بدنه را مشتعل نخواهد کرد. این سیستم ایمن سازی، در پاره ای مدارک فنی تحت عنوان ENCAPSULATION نیز مطرح گردیده است. روش مزبور بیشتر برای ایمن کردن قطعات الکترونیکی مانند مقاومت ها، خازن ها، سلف ها، فیوزها، مدارهای چاپی و همچنین میکروسوئیچ ها، رله ها و سایر ادوات کنترل و اندازه گیری بکار می رود.

#### ۲.۲.۶.۹ محافظت نوع s

ادواتی با مشخصه Exs یا SPECIAL ENCLOSURE در بازار صنعتی موجود نیست و تاکنون نشریه ای از طرف IEC در این مورد منتشر نشده است.

به منظور بازگذاشتن مسیر تحقیق و نوآوری، این علامت مشخصه برای ابداعات آینده پیش بینی شده است. تجهیزاتی که با هیچ یک از بدنه های تعریف شده توسط سازمان IEC مطابقت نداشته باشد و برای کاربرد خاصی طراحی و ساخته شود، در صورتیکه توسط سازمانهای تایید کننده اینگونه تجهیزات برای استفاده در منطقه خاصی تایید گردند، با مشخصه Exs علامت گذاری می شوند. گواهی های دریافتی از سازمانهای مربوطه معمولاً شرایط استفاده از چنین تجهیزاتی را معین می نمایند.

### ۲.۳ نحوه نمایش دادن استاندارد روی محصول

بعد از دانستن انواع محافظت، حال می‌توان به بررسی نحوه خواندن مشخصات ضد انفجار یک محصول پرداخت.

#### ۲.۳.۱ درجه‌ی حفاظت دستگاه<sup>۳۲</sup>

دستگاه‌های ضد انفجار دارای نوعی دیگر از طبقه بندی به نام درجه‌ی حفاظت دستگاه می‌باشند. در این نوع دسته بندی حساسیت و میزان اهمیت یک دستگاه از نظر خطر بررسی می‌شود. به طور مثال اگر یک فضا دارای بخارات بنزین باشد و یک فضا دارای بخارات دیزل باشد، بی شک فضای اول از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و دستگاه‌هایی که در این فضا نصب می‌شوند باید از استاندارد‌های بالاتری برخوردار باشند.

این نوع طبقه بندی جدا از طبقه بندی‌های قبلی نیست بلکه نوعی دیگر از طبقه بندی می‌باشد. این نوع طبقه بندی به ۳ دسته برای گازها تقسیم شده است (برای گردوغبار فقط حرف اول G به D تبدیل می‌شود)

##### ۲.۳.۱.۱ درجه‌ی حفاظت Ga

دستگاه‌های با درجه حفاظت خیلی بالا که به همین دلیل دارای میزان اطمینان خیلی بالا می‌باشند.

##### ۲.۳.۱.۲ درجه‌ی حفاظت Gb

دستگاه‌های با درجه حفاظت بالا که به همین دلیل دارای میزان اطمینان بالا می‌باشند.

##### ۲.۳.۱.۳ درجه‌ی حفاظت Gc

دستگاه‌های با درجه حفاظت عادی که به همین دلیل دارای میزان اطمینان عادی می‌باشند.

<sup>32</sup> Equipment protection level (EPL)




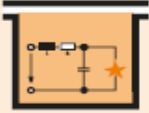




حال هر یک از محیطها نیازمند درجه حفاظت خاصی می‌باشند و هر یک از روش های محافظت نیز می‌توانند نوع خاصی از درجه حفاظت را به ارمغان بیاورند. مشخص است که درجه محافظت Ga برای ناحیه ۱ می‌باشد و بقیه نواحی نیز به همین ترتیب مطابق با شکل ۲-۱ می‌باشند.

Zone classification and equipment protection levels (EPL)			
Flammable materials	Temporary behaviour of explosive atmosphere	Classification of hazardous areas	Permissible EPL as defined in IEC 60079-0
gases vapours	is present continuously or for long periods or frequently	Zone 0	Ga
	arises in normal operation occasionally	Zone 1	Gb or Ga
	is not likely to arise in normal operation, or if it does, will persist for a short time only	Zone 2	Gc or Gb or Ga

شکل ۲-۲ رابطه‌ی بین ناحیه و درجه محافظت<sup>۳۳</sup>

در شکل ۲-۲ درجه محافظت هر یک از انواع محافظت‌ها بیان شده است.

<sup>۳۳</sup> این عکس مربوط به کاتالوگ شرکت بارتک می باشد.

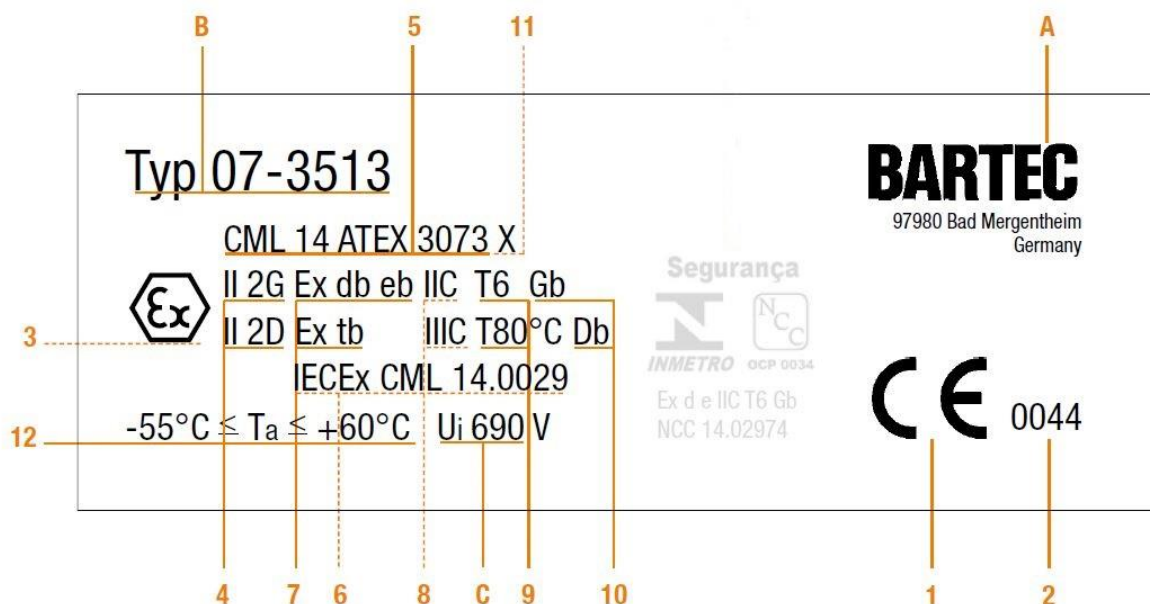
Type of protection	Symbols	Marking in accordance with the equipment protection level		
		a = very high level of protection	b = high level of protection	c = enhanced level of protection
general requirements		-	-	-
flameproof enclosure		-	Ex d      Ex db*	-
increased safety		-	Ex e      Ex eb*	Ex ec
protection by enclosure		Ex ta	Ex tb	Ex tc
intrinsic safety		Ex ia	Ex ib	Ex ic
pressurization		-	Ex px      Ex pxb* Ex py      Ex pyb*	Ex pz      Ex pzc*
encapsulation		Ex ma	Ex mb	Ex mc
oil immersion		-	Ex o      Ex ob*	-
powder filling		-	Ex q      Ex qb*	-
"n" type of protection		-	-	Ex nA Ex nC Ex nR

شکل ۲-۳ درجه محافظت هر یک از محافظت‌ها<sup>۳۴</sup><sup>۳۴</sup> این شکل نیز مربوط به کاتالوگ شرکت بارنک می باشد.



## ۲.۳.۲ ترتیب علامت گذاری استاندارد ها

ترتیب علامت گذاری استاندارد های IECx با توجه به شکل ۲-۳ بررسی می شود.



شکل ۲-۴ نمونه ای از یک علامت گذاری شرکت بارتک

A. علامت تجاری شرکت سازنده دستگاه

B. نوع شماره دستگاه تولید شده

C. اطلاعات اضافه برای دستگاه های صنعتی

۱. علامت استاندارد اروپا

۲. شماره مشخصه شرکت گواهی دهنده

۳. علامت ضد انفجار (مشخص کننده نوع استاندارد)

۴. گروه دستگاه

۵. گواهی تست از نوع EU<sup>۳۵</sup>

۶. گواهی تکمیلی<sup>۳۶</sup>

۷. نوع محافظت

<sup>35</sup> EU-type examination certification

<sup>36</sup> Certificate of Compliance (COC)

- در بعضی از موارد مانند اینجا از نماد db و eb استفاده می‌شود. این نوع نماد گزاری نه تنها شامل نوع محافظت می‌باشد بلکه شامل درجه حفاظت نیز می‌باشد. بعضی از محافظت‌ها مانند نوع m دارای زیر گروه های ma, mb و mc می‌باشند که هر کدام برای درجه حفاظت خاصی معتبر می‌باشند (شکل ۲-۲)، ولی بعضی از محافظت‌ها مانند نوع d دارای یک چنین زیر گروه هایی نمی‌باشند برای همین برای مشخص کردن درجه حفاظت نوع محافظت حرف دوم درجه حفاظت را بعد از نوع حفاظت می‌آوردند. به طور مثال Ex d IIB T3 Gb و Ex db IIB T3 یکی هستند. دیده می‌شود که درجه حفاظت در نوع محافظت آورده شده است. همین طور اگر تعداد محافظت‌ها بیشتر از یکی باشند، درجه حفاظت در تمامی نوع های حفاظت آورده می‌شود. به طور مثال Ex edqm IIC T4 Gb و Ex ebdbqmb IIC T4 یکی می‌باشند.

۸. گروه گازی

۹. کلاس دمایی

۱۰. درجه حفاظت

۱۱. دارا بودن از شرایط خاص به هنگام نصب

- به هنگام نصب این گونه از دستگاه‌ها باید استاندارد های نصب خاصی را رعایت کرد. به طور مثال "این دستگاه باید به نحوی خاصی نصب شود"

۱۲. دمای کاری دستگاه

## ۲.۴ راهکار های مناسب برای محافظت از دستگاه دبی سنج التراسونیک

در این بخش به بررسی راهکار های پیشنهادی برای ضد انفجار کردن دستگاه التراسونیک پرداخته می‌شود. در ابتدا محصولات مشابه بررسی و سپس راهکار مناسب بیان می‌شود.

### ۲.۴.۱ شرکت Katronic

این شرکت یکی از عرضه کننده های لوازم ابزار دقیق است که در کشور انگلستان قرار دارد و نزدیک به ۲۰ سال سابقه دارد. یکی از محصولات این شرکت، دبی سنج التراسونیک ضد حریق می‌باشد. این شرکت ۳ نوع از این محصول را تولید می‌کند با نام های KATflow 150, KATflow 200 و KATflow170. مورد آخر یک نوع التراسونیک روی لوله<sup>۳۷</sup> می‌باشد که در این بخش این مدل یعنی KATflow 170 مورد بررسی قرار می‌گیرد.

همان طور که می‌دانید، یک دبی سنج التراسونیک از ۲ بخش مبدل<sup>۳۸</sup> و فرستنده<sup>۳۹</sup> تشکیل شده است. مبدل وظیفه‌ی دریافت کردن مقدار دبی و تبدیل آن به پالس های الکتریکی را بر عهده دارد. فرستنده نیز وظیفه‌ی نمایش و تحلیل پالس های مبدل را بر عهده دارد. حال به بررسی مشخصات هر یک می‌پردازیم.

#### ۲.۴.۱.۱ مبدل

این قسمت شامل بخشی است که کریستال التراسونیک وجود دارد و بر روی لوله کار گذاشته می‌شود.

<sup>37</sup> Clamp on

<sup>38</sup> transducer

<sup>39</sup> transmitter

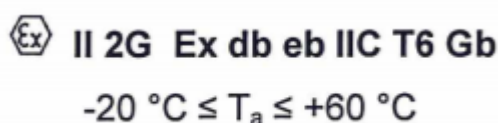


شکل ۲-۵ بخش مربوط به مبدل از گواهی اخذ شده محصول شرکت کاترونیک

همان طور که در شکل ۲-۱ مشخص است، در این محصول خاص شرکت کاترونیک از محافظت نوع mb استفاده کرده است که نوعی محافظت با صمغ می باشد. در داخل محفظه ی کریستال التراسونیک نوعی صمغ یا رزین می ریزند که باعث می شود از محیط اطراف ایزوله شود. در استاندارد IEC60079-18 درباره اینکه چه نوع هایی از رزین تحت غالب mb بیان می شود، توضیحاتی داده شده است. همین طور تست هایی که روی این مواد انجام می شوند.

#### ۲.۴.۱.۲ فرستنده

این قسمت شامل بخشی است که تمامی مدارات الکتریکی در آن قرار دارند. این قسمت از دستگاه دارای استاندارد های خاصی می باشد که در محصول خاص به شرح زیر است.



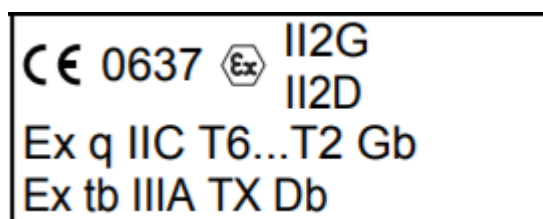
شکل ۲-۶ بخش مربوط به فرستنده از گواهی اخذ شده محصول شرکت کاترونیک

همان طور که دیده می شود این قسمت محصول دارای محافظت از نوع db و eb می باشند. لازم به ذکر است که این محصول برای کلاس دمایی T6 و کلاس گاز IIC طراحی شده است.

## ۲.۴.۲ شرکت fluxim

این شرکت یکی از پیشگامان در عرصه دبی سنج های التراسونیک می باشد و تجربیات بسیاری در این زمینه دارا می باشد. محصولی که از این شرکت مورد بررسی قرار می گیرد مدل fluxus 808 می باشد که محصولی ضد حریق می باشد. اطلاعات این محصول به شرح زیر است.

### ۲.۴.۲.۱ مبدل

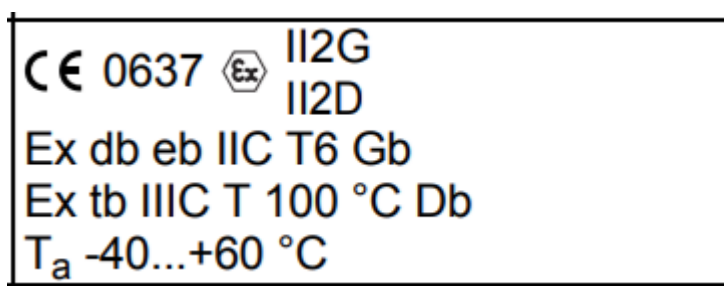


شکل ۲-۷ بخش مربوط به مبدل از گواهی اخذ شده محصول شرکت فلاکسیم

همان گونه که در شکل ۲-۳ مشخص است، در این محصول بجای استفاده از محافظت نوع m از نوع q استفاده شده است. همان طور که قبلاً گفته شد، در استاندارد نوع q بجای پر کردن محفظه از صمغ یا رزین، محفظه از پودر یا ماسه پر می شود.

### ۲.۴.۳ فرستنده

اطلاعات مربوط به فرستنده مطابق با شکل زیر می باشد:



شکل ۲-۸ بخش مربوط به فرستنده از گواهی اخذ شده محصول شرکت فلاکسیم

همان طور که دیده می شود این قسمت محصول دارای محافظت از نوع db و eb می باشند که همانند محصول KATflow170 می باشد.

#### ۲.۴.۴ شرکت eesiFlo

این شرکت یک شرکت سنگاپوری می باشد که در زمینه ابزار دقیق کار می کند. یکی از محصولات آنها به نام EESIFLO Sonalok X80LP دارای مجوز های atex می باشد که آن را مورد بررسی قرار می دهیم.

##### ۲.۴.۴.۱ مبدل

اطلاعات مربوط به مبدل به شرح زیر می باشد:

IP 68 (Encapsulated) suitable for ATEX  
Zone 1,2

شکل ۹-۲ بخش مربوط به مبدل از گواهی اخذ شده محصول شرکت اسیفلو

همان طور که در شکل ۵-۲ مشخص است، در این قسمت از محصول از محافظت نوع m استفاده شده است.

##### ۲.۴.۴.۲ فرستنده

اطلاعات مربوط به فرستنده به شرح زیر می باشد:

Ex II 2G Ex de IIB T4 T<sub>a</sub> -20°C ... +60°C

شکل ۱۰-۲ بخش مربوط به فرستنده از گواهی اخذ شده محصول شرکت اسیفلو

همان طور که در شکل ۶-۲ مشخص است، در این قسمت از محصول از محافظت نوع de استفاده شده است. لازم به ذکر است که این محصول دارای کلاس دمایی T4 بوده و کلاس گازی آن IIB می باشد که به نیاز شرکت نفت بسیار نزدیک می باشد.

#### ۲.۴.۵ راهکار اولیه با توجه به محصولات مشابه

با توجه به محصولات مشابه می توان این نتیجه را گرفت که برای شروع، محافظت نوع m و d به ترتیب برای مبدل و فرستنده مناسب می باشند که دور از ذهن نیز نمی باشد. در محافظت نوع m از انواع رزین ها (به همراه ادتو و یا بدون آن) برای پر کردن محفظه استفاده می شود. همان طور که می دانیم در حال حاضر شرکت از همین روش برای ساخت مبدل های التراسونیک استفاده می کند که با کمی تغییرات در

نحوه انجام این کار و نکات دیگر می‌توان قسمت مبدل محصول را ضد انفجار کرد. در قسمت ۲,۴,۵,۱ به بررسی حفاظت نوع m بیشتر پرداخته می‌شود.

برای بخش فرستنده نیز با دانستن اینکه بدنه های نوع e معمولاً ساده تر و ارزان تر هستند میل به ساخت فرستنده با حفاظت نوع e بیشتر می‌باشد اما برای استفاده کردن از بدنه نوع e می‌بایست نکات الکتریکی زیادی را مد نظر قرار بدهیم که این یعنی تغییرات زیاد در معماری مدارات الکتریکی و همین طور قطعات الکتریکی مورد استفاده. با دانستن اینکه شرکت در ابتدای مسیر برای ضد انفجار کردن محصولاتی می‌باشد، بهتر است از بدنه نوع d استفاده کند و در آینده به بررسی بدنه نوع e پردازد. مزیت بدنه نوع d این است که به دلیل اینکه امکان ورود گاز خطرناک به داخل آن وجود ندارد (اگر هم اتفاق بیافتد و شعله در داخل بدنه شکل بگیرد، شعله ای به خارج از بدنه راه پیدا نمی‌کند)، شما می‌توانید در بدنه های نوع d از هرگونه قطعات الکتریکی استفاده کنید. در بخش ۲,۴,۵,۲ به بررسی بیشتر و دقیق تر حفاظت نوع d می‌پردازیم.

#### ۲.۴.۵.۱ حفاظت نوع m برای مبدل التراسونیک (حسگر ها)

بر اساس IEC60079-18 نکات زیر در مورد حفاظت نوع m می‌بایست رعایت شود:

۱. تمامی اطلاعات ماده پر شده باید گزارش شود. (مواردی که باید گفته شود در IEC60079-18 ویرایش سوم 2009-05 بخش ۵,۲ آمده است)
۲. اگر ماده قرار است در مجاورت رطوبت قرار بگیرد باید تست هایی که در بخش ۴,۸,۱,۱ آمده است را پاس کند.
۳. دمای هیچ یک از قسمت های دستگاه نباید به صمغ آسیبی برساند.
۴. بدنه ای که کریستال التراسونیک را در بر می‌گیرد باید بخش ۸ از ویرایش پنجم 2007-10 استاندارد IEC60079-0 را رعایت کند. در این بخش گفته می‌شود که مثلاً برای بدنه‌ی مبدلی که قرار است در ناحیه کار کند که گاز گروه ۲ در آن وجود دارد، نباید بیشتر از ۷,۵ درصد منیزیم و تیتانیوم در ساخت آن استفاده شده باشد.

<sup>۴۰</sup> تمامی بخش هایی که از این به بعد در این قسمت به آنها ارجا داده می‌شود مربوط به استاندارد در IEC60079-18 ویرایش سوم 2009-05 می‌باشد

۵. برای درجه حفاظت نوع mb فاصله بین ۲ قطعه حامل جریان که بین آن‌ها توسط رزین یا فیلر پر شده است نباید کمتر از ۰,۵ میلی متر باشد. اطلاعات مربوط به فاصله در جدول ۲-۳ آمده است. همچنین می‌توان در بخش ۱,۴,۲,۷ استاندارد IEC60079-18 نیز پیدا کرد. همچنین برای اطمینان از درست بودن فاصله‌ها باید قطعات به صورت مکانیکی ثابت شوند تا از ثابت ماندن فاصله‌ها به هنگام ریختن رزین مطمئن شویم.

جدول ۲-۳ فاصله بین قطعات بر اساس درجه حفاظت در استاندارد IEC

Voltage $U$ r.m.s. or d.c. (see note) V	Minimum distance mm		
	"ma"	"mb "	"mc "
$\leq 32$	0,5	0,5	0,2
$\leq 63$	0,5	0,5	0,3
$\leq 400$	1	1	0,6
$\leq 500$	1,5	1,5	0,8
$\leq 630$	2	2	0,9
$\leq 1\ 000$	2,5	2,5	1,7
$\leq 1\ 600$	-	4	4
$\leq 3\ 200$	-	7	7
$\leq 6\ 300$	-	12	12
$\leq 10\ 000$	-	20	20

NOTE Voltages shown are derived from IEC 60664-1. For all voltages, the actual voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %. This is based on the rationalisation of supply voltages given in Table F.3b of IEC 60664-1.

۶. تمامی رزین باید خالی از هرگونه حباب باشد و مجموع تمامی فضای خالی داخل رزین کمتر از ۱۰۰۰۰۰ میلی متر مکعب باشد (برای درجه حفاظت نوع ma کمتر از ۱۰۰۰۰۰ میلی متر مکعب باشد)

۷. ضخامت دیواره ای که فضای خالی را در بر گرفته است باید بر اساس جدول زیر باشد. فضای خالی یعنی حجمی که در داخل صمغ به صورت عمودی خالی و یا نیمه خالی (پر شده توسط قطعات خاص) می‌باشد.



## جدول ۲-۴ ضخامت دیواره بر اساس درجه حفاظت در استاندارد IEC

Level of protection	Minimum thickness of compound adjacent to free space to:	Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$	Free space $> 1 \text{ mm}^3 \leq 10 \text{ mm}^3$	Free space $> 10 \text{ mm}^3 \leq 100 \text{ mm}^3$
"ma"	Free space or free surface	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
	Non-metallic or metal enclosure with adhesion	3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>	3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>  (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
	Non-metallic or metal enclosure without adhesion	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
"mb"	Free space or free surface	1 mm	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)

Level of protection	Minimum thickness of compound adjacent to free space to:	Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$	Free space $> 1 \text{ mm}^3 \leq 10 \text{ mm}^3$	Free space $> 10 \text{ mm}^3 \leq 100 \text{ mm}^3$
	Non-metallic or metal enclosure with adhesion	1 mm (enclosure + compound)	3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>	3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>  (pressure test in accordance with 8.2.6)
	Non-metallic or metal enclosure without adhesion	1 mm	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)
"mc "	Free space or free surface	1 mm	1 mm	3 mm
	Non-metallic or metal enclosure with adhesion	1 mm (enclosure + compound)	1 mm (enclosure + compound)	3 mm (enclosure + compound) See note
	Non-metallic or metal enclosure without adhesion	1 mm	1 mm	3 mm

<sup>a</sup> Wall thickness of the enclosure  $\geq 1 \text{ mm}$ .

NOTE The thickness of the materials quoted in this table does not imply compliance with other mechanical tests required by IEC 60079-0.

۸. ضخامت لایه‌ی رزینی که قطعات الکتریکی را می‌پوشاند باید مطابق با بخش ۷,۴,۱ در استاندارد IEC باشد.

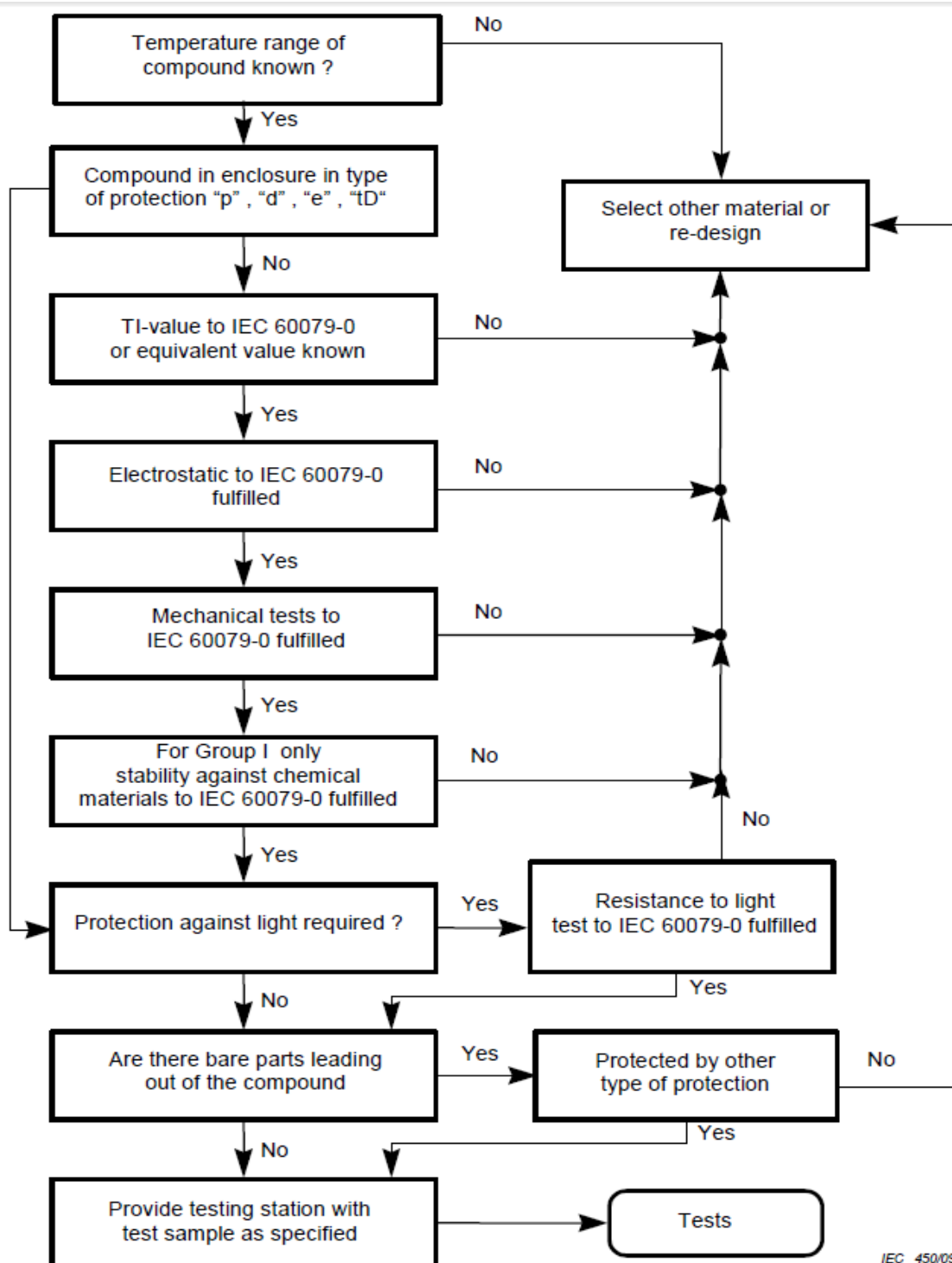
۹. اتصالات وارد شده برای (سیم‌ها، گلند و غیره) به داخل رزین باید طوری طراحی شود که با استاندارد IP مغایرت نداشته باشد.

۱۰. اتصال سیم به رزین باید طوری باشد که بتواند تست ۸,۲,۵ که تست کشش سیم می‌باشد را پاس کند. در این تست سیم را در بدترین جهت ممکنه (جهتی که بیشترین احتمال خرابی را دارد) می‌کشند. نیروی کشش بستگی دارد به قطر یا وزن سیم. در حالت کلی یا با ۲۰ برابر قطر سیم به میلی متر سیم را می‌کشند و یا ۵۰ برابر وزن سیم به کیلوگرم.

۱۱. اگر قطعه‌ای داخل صمغ نتواند در مقابل خطاهایی که ممکن است به هر دلیلی در داخل دستگاه شکل بگیرد، مقاومت نشان دهد و دمای قسمتی از دستگاه از کلاس دمایی یا دمای مجاز کارکرد دستگاه بالاتر رود، باید قبل یا داخل حفاظت نوع m، از وسایل حفاظت کننده برقی استفاده شود و با بخش ۷,۹ استاندارد IEC همخوانی داشته باشد. در این قسمت ۲ نوع استفاده از وسایل حفاظت کننده برقی (مانند فیوز ها) بررسی می‌شود. در نوع اول وسیله‌ی حفاظت کننده خارج از حفاظت نوع m قرار دارد که وظیفه‌اش محدود کردن جریان می‌باشد، به طوری که از بالا رفتن دمای نواحی مختلف دستگاه جلوگیری کند. این وسیله از ورود جریان بالا در مواقع خاص مانند نویز و نوسان در ولتاژ ورودی، جلوگیری می‌کند تا از گرم شدن دستگاه جلوگیری کند. در نوع دوم وسیله‌ی حفاظت کننده داخل حفاظت نوع m قرار می‌گیرد که در این حالت باید از درست قرار گرفتن این وسیله در داخل حفاظت نوع m مطمئن شد. به طور مثال اگر قطعه دارای قسمت های مکانیکی می‌باشد، صمغ نباید موجب نقص فنی در داخل این قطعه شود. این اطمینان یا توسط سازنده به وسیله‌ی یک گزارش به سازمان تست کننده داده می‌شود و یا اینکه توسط سازمان تست کننده تست می‌شود.

#### نتیجه گیری و جمع بندی بخش مبدل

با توجه به موارد ذکر شده می‌توان از چارت زیر برای بهبود درک روند طراحی کردن این بخش از دستگاه استفاده کرد. در شکل ۱۰-۲ روند کلی طراحی و انتخاب یک صمغ مناسب و نکاتی که باید در حین کار مد نظر داشت را در چارت کلی آورده است. با توجه به گام هایی در این چارت بیان شده می‌توان یک طراحی ۰ تا ۱۰۰ انجام داد. قسمت هایی را که نیاز است برای محصول رعایت شود در بخش ۱,۴,۵,۲ ذکر شده است و مواردی که در چارت دیده می‌شود ولی در قسمت قبل بیان نشده برای محصول مبدل التراسونیک مورد نیاز نمی‌باشد.



شکل ۱۱-۲ چارت روند طراحی توصیه شده توسط استاندارد IEC60079-18

## ۲.۴.۵.۲ حفاظت نوع d برای فرستنده التراسونیک

همان طور که در قسمت قبل گفته شد، استفاده از بدنه نوع d از مزایای زیادی برخوردار می‌باشد ولی معایبی نیز دارد. اولین مشکل این بدنه‌ها قیمتی است که نسبت به بدنه های نوع e دارند. این بدنه های به دلیل اینکه باید کاملاً فشار انفجار را در خود نگهدارند، به هنگام ساخت بایستی موارد زیادی را رعایت کنند که باعث بالا رفتن قیمت این بدنه‌ها می‌شود.

دومین و مهم ترین مشکل این بدنه های سختی باز کردن آن‌ها می‌باشد. به دلیل اینکه در این نوع بدنه‌ها شعله باید به طور کامل مهار شود، در فاصله های مشخصی درب بدنه به دیواره ی بدنه پیچ شود. هر یک از پیچ‌ها باید با ممان خاصی بسته شود که در اطلاعات محصول آمده است. به هنگام باز کردن نیز دستور العمل خاصی باید رعایت شود که تنها توسط افراد خاص امکان پذیر می‌باشد. برای همین باز و بست کردن درب این نوع بدنه‌ها بسیار کار سختی می‌باشد که این مسئله مشکلات زیادی را به وجود می‌آورد. به طور مثال از دکمه های موجود در دبی سنج التراسونیک نمی‌توان استفاده کرد. برای اینکه بتوان از این قابلیت (تنظیم دستگاه) استفاده کنیم باید از خودکار های مغناطیسی و یا از دستگاه های کنترل کننده از طریق امواج استفاده کنیم که این یعنی اضافه کردن مدارات الکتریکی و همین طور هزینه بیشتر. در مورد خودکار های مغناطیسی فقط بحث ساخت مدارات الکتریکی آن مطرح می‌باشد ولی در مورد کنترل کننده های موجی بحث ضد انفجار کردن خود کنترل کننده نیز مطرح می‌باشد. البته بعضی از جعبه های نوع d دارای دکمه نیز هستند که آن‌ها نیز برای شرایط دستگاه ما مناسب اند اما باید معماری مدارات الکتریکی طوری عوض شود که دکمه‌ها و نمایشگر در جایگاه درست خود باشند. بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از خودکار مغناطیسی و بدنه نوع d برای شروع فعالیت های نفتی به صرفه ترین حالت ممکنه می‌باشد. به دلیل اینکه تنها تغییراتی که دستگاه نیاز دارد تا برای صنایع نفتی آماده شود به شرح زیر می‌باشد:

- اضافه کردن مدارات الکتریکی مورد نیاز برای خودکار مغناطیسی
- تغییر دادن ابعاد و معماری مدارات الکتریکی برای همخوانی داشتن با بدنه ی خریداری

شده

اما اگر شرکت بخواهد به دنبال بدنه نوع d به همراه کنترل کننده ی موجی برود اصلاً به صرفه نبوده به این دلیل که تنها شرکت های خواص و بسیار غول پیکر در حال حاضر چنین دستگاه هایی را تولید

می‌کنند. این برای شرکت فراسنج که می‌خواهد تازه وارد عرصه‌ی نفت و گاز وارد شود اصلاً مناسب نمی‌باشد.

اگر شرکت بخواهد از بدنه نوع e استفاده کند می‌بایست موارد زیر را مد نظر بگیرد:

- ابتدا تمامی قطعاتی را که تولید جرقه می‌کنند را یا باید حذف کند و یا اینکه در محافظت نوع d قرارشان بدهد و یا اینکه نوع محافظت شده آنها را استفاده کند.
- سپس مواردی را که در محافظت نوع e در IEC60079-7 ویرایش چهارم 2006-07 بخش های ۴ و ۵،۵ آمده را در مدارات الکتریکی لحاظ کنند. این بخش شامل موارد محافظتی مانند نحوه محافظت از سیم پیچ ها، فاصله بین قطعات برای اتصال کوتاه نکردن، مقدار جریان و ولتاژی که دستگاه باید بتواند تحمل کند و ... می‌باشد. این یعنی طراحی مجدد و کامل قسمت الکتریکی دستگاه.
- همخوانی داشتن طرح با بدنه خریداری شده نوع e.

تمامی این کارها چون باید توسط خود شرکت انجام بگیرد یعنی هزینه برای شرکت و منطقی نبودن طرح. این طرح های برای آینده ی شرکت بسیار مناسب می‌باشند ولی برای شروع توصیه نمی‌شود. لازم به ذکر است که درب بدنه های نوع e را نیز نمی‌توانید دائماً باز و بسته کنید و برای استفاده از دکمه های روی آن بایستی بر روی بدنه دکمه قرار دهید ولی مواردی که باید برای قرار دادن دکمه‌ها رعایت کنید کمتر بوده و به همین دلیل ارزان تر می‌باشد.

اگر استفاده از بدنه نوع d و خودکار مغناطیسی مد نظر باشد می‌توانید از بدنه های زیر استفاده کنید. این بدنه‌ها نمونه های خارجی هستند که در بعضی از موارد وارد کننده های ایرانی این‌ها را به داخل ایران وارد می‌کنند.

#### ۱. سایت [رسام صنعت](#)

یکی از وارد کننده های محصولات ضد انفجار می‌باشد. یکی از محصولات این شرکت، بدنه های ضد انفجار می‌باشد. البته بدنه هایی که وارد می‌کند با بدنه ای که مد نظر شرکت می‌باشد بسیار متفاوت بوده و اصلاً توسعه نمی‌شود.

#### ۲. سایت [پارس کنترل سپاهان](#)

این شرکت نیز از وارد کنندگان و تامین کنندگان ابزار آلات و تجهیزات ضد انفجار می‌باشد و

یکی از محصولات این شرکت بدنه ضد انفجار می باشد که مانند سایت رسام صنعت مناسب کار برای شرکت نمی باشد.

### ۳. سایت [xdirect](#)

این شرکت یکی از تولید کننده های بدنه های محافظت شده از نوع d می باشد که بدنه های آن شبیه به بدنه های فعلی دبی سنج می باشد. در ۳ سایز مختلف ساخته می شود که توسط خریدار انتخاب می گردد.

### ۴. سایت [adalet](#)

یکی دیگر از تولید کنندگان بدنه های محافظت شده از نوع d برای ابزار دقیق<sup>۴۱</sup> می باشد. این شرکت نیز بدنه ها را با تنوع بسیار زیادی تولید می کند.

با بررسی های انجام شده می توان با مراجعه به شرکت های کنترل سپاهان و رسام برای وارد کردن محصولات شرکت های خارجی ذکر شده نیز اقدام کرد.

### جمع بندی و نتیجه گیری فرستنده

با توجه به موارد ذکر شده تهیه بدنه ی نوع d برای شروع بسیار به صرفه تر بوده ولی برای آینده شرکت مناسب نمی باشد و شرکت می بایست به سمت استفاده از بدنه های نوع e حرکت کند. همین طور استفاده از خودکار های مغناطیسی بهترین و راحت ترین کار برای آزاد کردن استفاده از امکانات دستگاه بدون دسترسی به دکمه های آن، می باشد. بدنه های نوع d نیز در انواع مختلفی ساخته می شوند که باید مدلی انتخاب شود که نزدیک ترین طرح را به طرح فعلی دستگاه دارا می باشد.

شرکت نفت در حال حاضر التراسونیک هایی را خریداری می کنند که هم مبدل آن ها و هم فرستنده آنها دارای استاندارد IIB Gb T4 ناحیه ۱ باشند. شرکت نیز می بایست تولید التراسونیک هایی را که استاندارد ذکر شده را دارا می باشند، هدف قرار دهد.

در ادامه به بررسی نحوه انتخاب اتصالات رابط بین فرستنده و گیرنده می پردازیم.

<sup>41</sup> Explosion proof instrument enclosure

## ۲.۴.۵.۳ نحوه انتخاب و خرید اتصالات بین فرستنده و مبدل

بر روی بدنه استفاده از گلند سیم اجباری می‌باشد. گلند نوعی اتصال می‌باشد که اجازه ورود سیم را به داخل جعبه‌ی محافظت شده می‌دهد، به نحوی که نوع حفاظت جعبه دچار مشکل نشود. در شکل ۱۱-۲ یک نمونه از گلند ضد انفجار نوع d دیده می‌شود.



شکل ۱۲-۲ نمونه ای از گلند ضد انفجار

برای وارد شدن سیم‌های مبدل التراسونیک به داخل بدنه‌ی فرستنده می‌بایست از گلند‌های نوع d استفاده کرد. این نوع گلند‌ها برای بدنه‌های نوع d طراحی شده است و اگر بر روی بدنه‌های نوع d قرار داده شود، مشکلی برای بدنه و نوع محافظت آن ایجاد نمی‌کند. نوع گلند مناسب برای محصول این شرکت باید حداقل استاندارد IIB d Gb را داشته باشد. این محصول را می‌توان از شرکت‌های زیر تامین کرد:

۱. شرکت [پارس کنترل سپاهان](#)

این شرکت تامین کننده تجهیزات الکتریکی نیز می‌باشد که در قسمت قبل به آن اشاره شد

۲. شرکت [ماشین سازی شمال](#)

این شرکت در زمینه تولید محصولات ضد انفجار تجربه دارد و محصولاتی مانند جعبه ترمینال، گلند و غیره تولید می‌کند. این شرکت گلند‌های ضد انفجار نوع d را در سایزهای مختلف تولید می‌کند و می‌توان بعد از انتخاب بدنه‌ی فرستنده گلند مورد نیاز را انتخاب کرد.

## ۲.۵ شرکت‌ها و مؤسسات برای اخذ گواهینامه ضد انفجار

تنها شرکتی که می‌توان به آن برای اخذ کردن گواهی ضد انفجار در ایران مراجعه کرد شرکت [اپیل](#)<sup>۴۲</sup> می‌باشد. این شرکت خود اجازه اهدای گواهی را از طرف atex ندارد، ولی آزمایشگاه این شرکت زیر نظر یکی از سازمان‌های مورد اعتماد atex تایید شده و اجازه انجام آزمایشات را دارا می‌باشد. با مراجعه به سایت اپیل که در مراجع ذکر شده است، می‌توان فرم درخواست را پر کرده و برای بررسی ارسال شود. این شرکت بعد از انجام آزمایشات مربوطه نتایج را برای بررسی و اهداء گواهینامه به شرکت زیر نظر atex ارسال می‌کند و سپس اطلاعات محصول را در سایت اپیل بارگزاری می‌کند.

---

<sup>42</sup> EEPIL



### ۳ ارزیابی و تحلیل محل کارآموزی و ارائه‌ی پیشنهادات سازنده

## ۴ پیوست ها

### ۴.۱ استاندارد IP<sup>۴۳</sup>

استاندارد IP یا محافظت از ورود، استاندارد است که توانایی حفاظت بدنه از تجهیزات داخل آن در مقابل عوامل خارجی مانند آب و گرد و خاک را بررسی می کند. در جدول ۴-۱ این استاندارد به صورت کامل بررسی شده است. در حالت کلی عدد اول این استاندارد مربوط به توانایی ورود گرد و غبار به داخل بدنه می باشد. از عدد ۱ شروع می شود که نشان دهنده توانایی ورود اجسام بزرگ مانند دست به داخل بدنه می باشد و به عدد ۶ ختم می شود، که نشان دهنده عدم توانایی ورود هیچ گونه غبار می باشد. عدد دوم نیز مربوط به توانایی ورود آب به داخل بدنه می باشد که از عدد ۱ شروع می شود و به عدد ۸ ختم می شود که نشان دهنده عدم ورود آب به داخل بدنه حتی زیر فشار و برای مدت زمان طولانی می باشد.

---

<sup>43</sup> Ingress Protection

جدول ۴-۱

## SOLID OBJECT

1	Protected against a solid object greater than 50mm such as a hand.
2	Protected against a solid object greater than 12.5mm such as a finger.
3	Protected against a solid object greater than 2.5mm such as a screwdriver.
4	Protected against a solid object greater than 1mm such as a wire.
5	Dust protected. Limited ingress of dust permitted. Will not interfere with operation of the equipment.
6	Dust tight. No ingress of dust.

## MOISTURE

1	Protected against vertical falling drops of water. Limited ingress permitted.
2	Protected against vertical falling drops of water with enclosure tilted up to 15 degrees from the vertical. Limited ingress permitted.
3	Protected against sprays of water up to 60 degrees from the vertical. Limited ingress permitted.
4	Protected against water splashes from all directions. Limited ingress permitted.
5	Protected against jets of water. Limited ingress permitted.
6	Protected against powerful jets of water. Limited ingress permitted.
7	Watertight against the effects of immersion in water between 15cm and 1m for 30 minutes.
8	Watertight against the effects of immersion in water under pressure for long periods.

IP 65  
Ingress protection

## ۵ مراجع

" .adalet." from <https://www.adalet.com>.

" .Bartec company." from [www.bartec-group.com](http://www.bartec-group.com).

" .eepil." from [www.eepil.ir](http://www.eepil.ir).

" .eesfilo company." from <http://www.eesiflo.com>.

" .fluxus." from <https://www.flexim.com>.

" .Iran explosion proof ". from <https://explosionproof.ir>.

" .katronic." from <https://katronic.com>.

" .xdirect." from <https://www.exdirect.biz>.

" .برنیکا." from <https://www.bornika.ir>.

" .پارس کنترل سپاهان." from <https://10sanat.com>.

" .رسام صنعت." from <http://zoneex.ir>.

" .ماشین سازی شمال." from <http://www.shomal.com>.