



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

ویرایش یازدهم
سال ۲۰۱۰

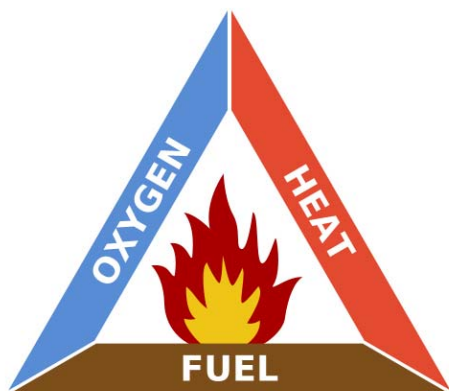
آموزش استاندارد API 610

گفتار دوازدهم: موتورهای الکتریکی ضد انفجار

EX – ELECTRIC MOTORS

محافظت انفجاری

کلیات



در صنایع فرآیندی، بویژه صنایع شیمیایی و پالایشگاهی، گازها، بخارات و رطوبت وجود دارد که وقتی با اکسیژن هوا مخلوط می شوند، ممکن است تشکیل یک مخلوط انفجاری بدهند. تحت شرایط ویژه ممکن است این مخلوط جرقه یا منفجر می شود.

ترکیب و غلظت این مخلوط (راحتی جرقه خوردن) و انرژی منبع جرقه (مانند جرقه الکتریکی یا دمای زیاد یک موتور) تأثیر زیادی بر این موضوع دارد. نتیجه این انفجار، غالباً خرابی دستگاه و تغییر شکل آن و ممکن است حتی مرگ نفرات باشد. به همین دلیل اندازه گیری محافظت انفجاری نیازمند مراجع قانونی است.

بر طبق تعریف، مناطق انفجاری / خطرناک مناطقی هستند که در شرایط عادی عملکرد، مخلوط انفجاری از گازها، بخارات و رطوبت می تواند در مقادیر خطرناکی تشکیل شود. این تعریف هم در محیط های سرپوشیده و هم باز کاربرد دارد.

محافظت انفجاری، شامل محدوده بسیار وسیعی از کاربردها و آیین نامه هایی است که محافظت تجهیزات الکتریکی را در بر می گیرد.

طبقه بندی مناطق انفجاری Area Classification



طبقه بندی مناطق انفجاری – ادامه

استانداردهای امریکایی

استانداردهای اروپایی / امریکایی

Frequency of Occurrence	Division System	Zone System
Continuous	Class I, Division 1	Zone 0
Intermittent Periodically		Zone 1
Abnormal Condition	Class I, Division 2	Zone 2

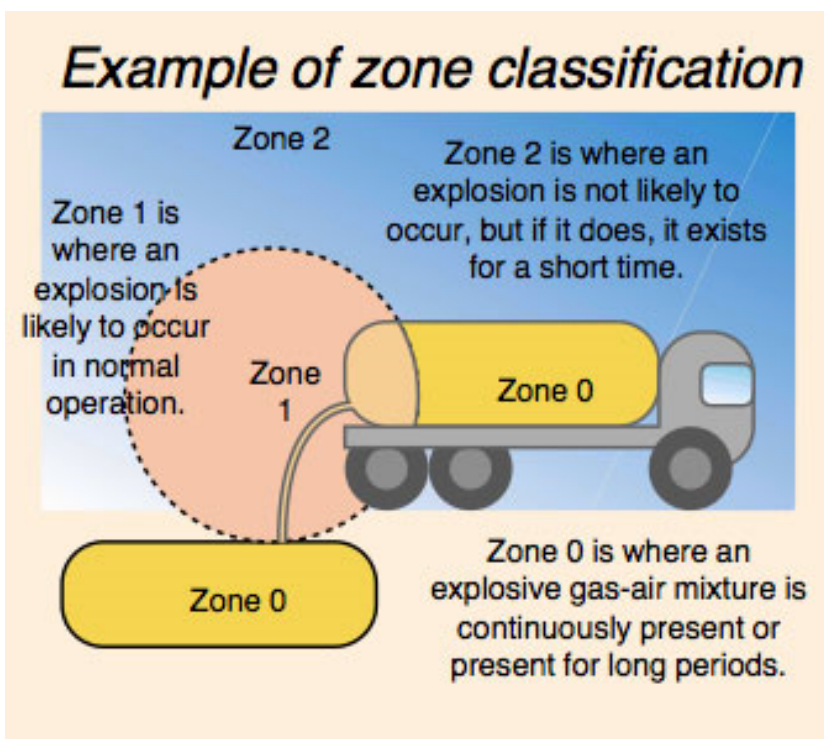
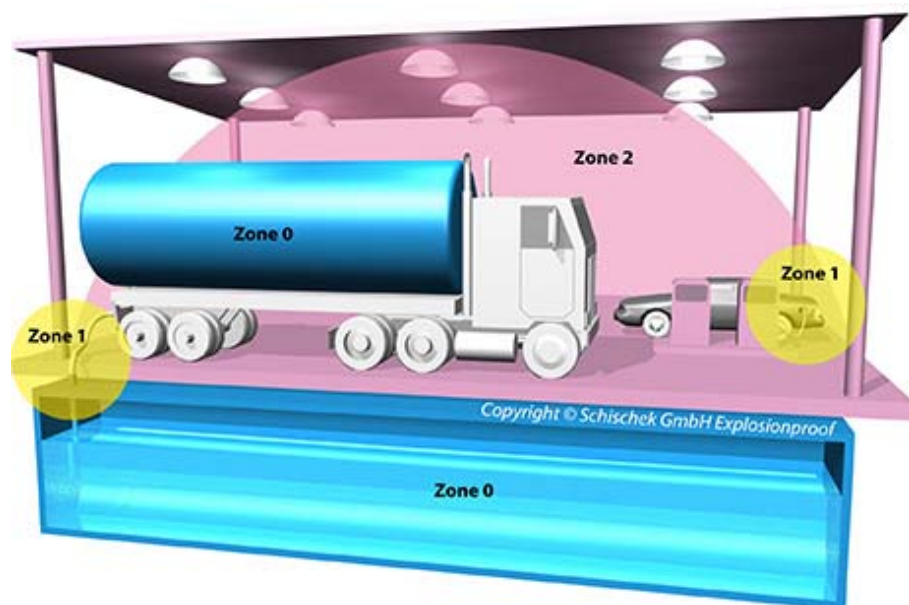
طبقه بندی مناطق انفجاری – ادامه

Grade of Release	Zone	Flammable Mixture Present
Continuous	0	1000 hours per year or more (10%)
Primary	1	Between 10 and 1000 hours per year or more (0.1% to 10%)
Secondary	2	Less than 10 hours per year (0.01% to 0.1%)
Unclassified	-	Less than 1 hour per year (Less than 0.01%) ^①

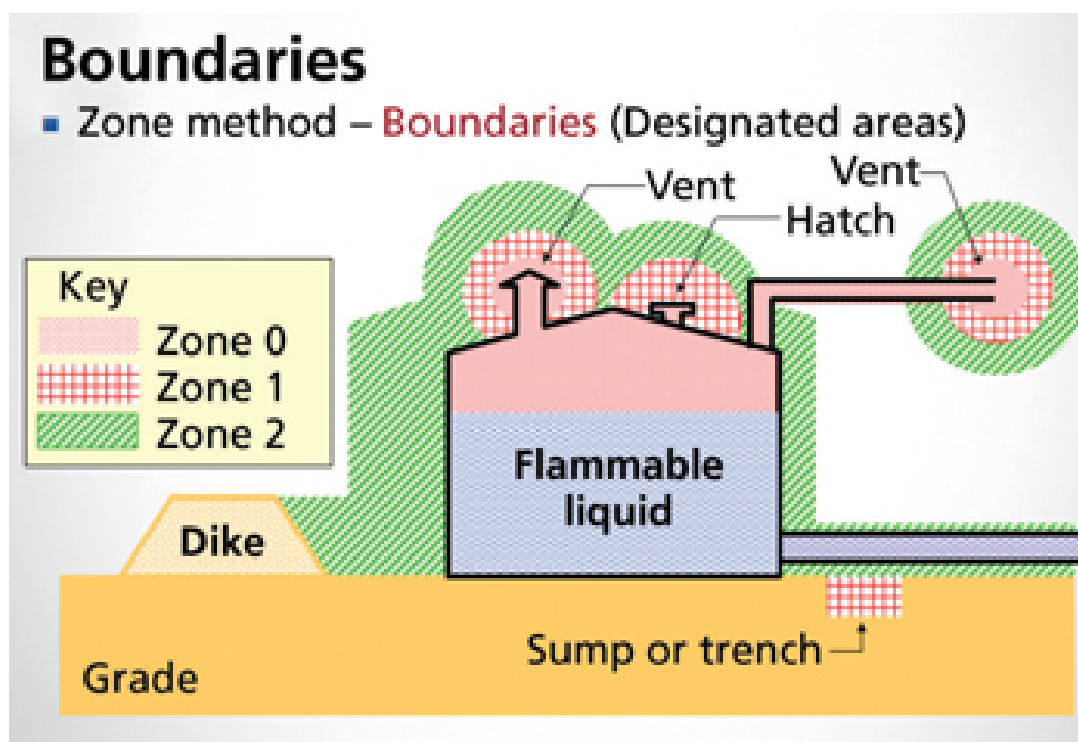
This is a combination of Tables 2 and 3 from API RP505

① The 1-hour per year used in API RP505 is considered to be high by some industry experts. Conservative estimates of this figure should be 0.01 hours per year.

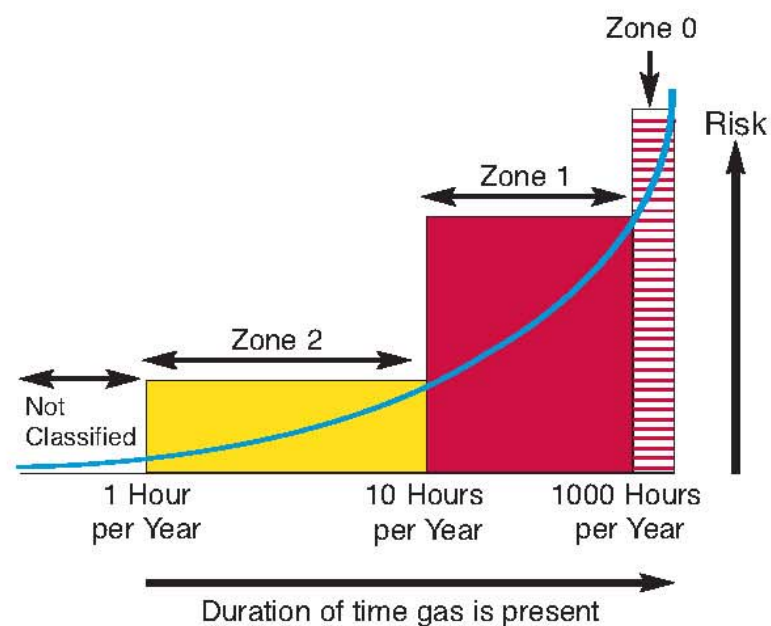
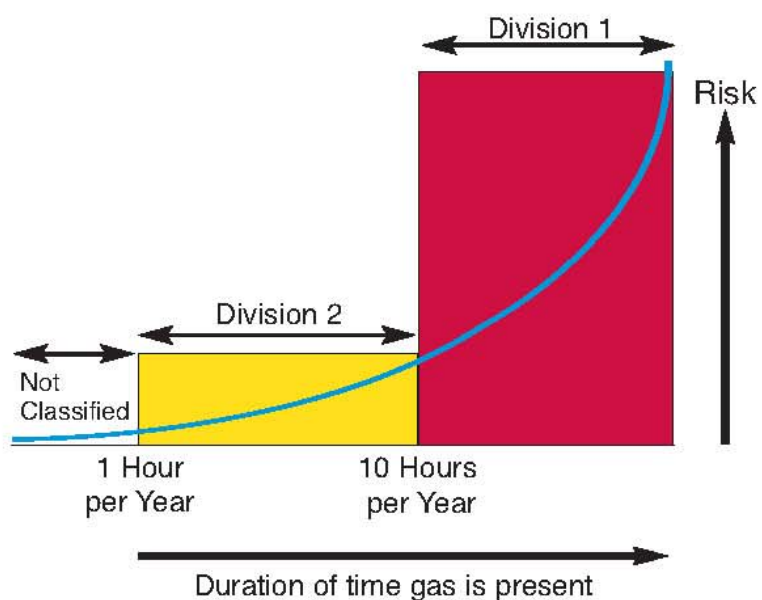
طبقه بندی مناطق انفجاری – ادامه



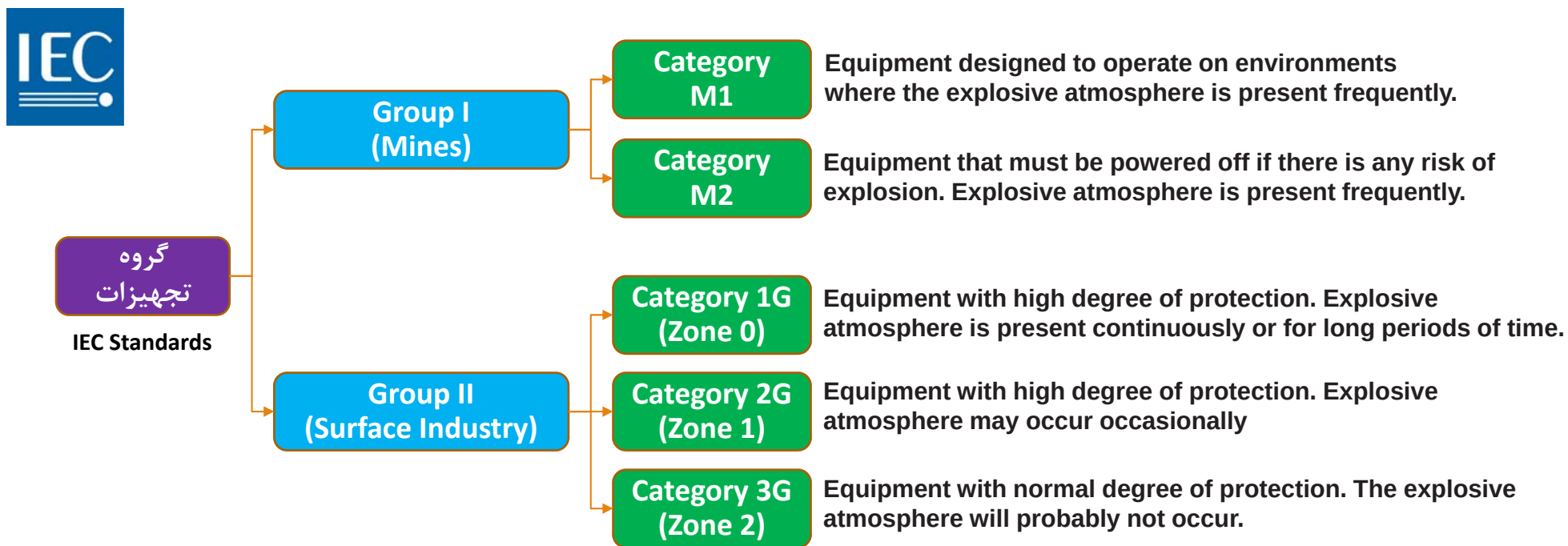
طبقه بندی مناطق انفجاری – ادامه



طبقه بندی مناطق انفجاری – ادامه

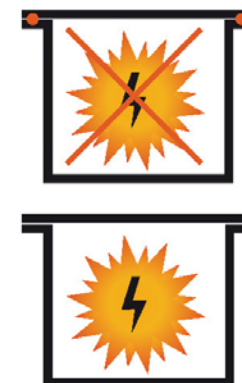


گروه و رده بندی تجهیزات ضد انفجاری



Protection Concepts مفاهيم حفاظت

Type of Protection	Code	Cty	Class	Division/ Zone	Standard	Basic Concept of Protection
General Requirements	AEx Ex	US CA US CA	Class I Class I Class I Class I	Division 1 & 2	FM 3600 ISA 60079-0 CSA 60079-0	
Increased Safety	AExe Exe	US CA	Class I Class I	Zone I Zone I	ISA 60079-7 CSA E60079-7	No arcs, sparks or hot surfaces
Non Sparking	AEx nA EX nA	US CA	Class I Class I	Zone 2 Zone 2	ISA 60079-15 CSA E60079-15	
Flame Proof	AEx d Exd	US CA	Class I Class I	Zone 1 Zone 1	ISA 60079-1 CSA 60079-1	Contain the explosion and extinguish the flame



گروه های گازی – Gas Group – اروپایی



Sub-Group Classification for Gases of Explosive Atmospheres:

GROUPS	Underground Explosive Atmospheres	Equipment manufactured for underground operation mines	I	Methane may be present (firedamp)
	Other Explosive Atmosphere	Equipment manufactured for other types of industry (surface industry), being subdivided based on the characteristics of the materials present	IIA	acetone, ammonia, benzene, butane, butanol, alcohol butylic, ethane, ethanol, acetate of ethyl, gasoline, heptanes, hexanes, natural gas, methanol, naphtha, propane, propanol, toluene, esthirene, solvents in general
			IIB	acetaldeide, cyclopropane, diethylic ether, ethene, monoxide of carbon
			IIC	acetylene, butadiene, oxide of ethene, hydrogen, oxide ofpropylene, gases containing over 30% of hydrogen

کلاس دمایی Temperature Class

Gas	Temperature
Methane	580°C
Hydrogen	560°C
Propane	493°C
Ethylene	425°C
Acetylene	305°C
Naphtha	290°C
Carbon disulphide	102°C

Auto ignition Temperature

- مخلوط های گازی انفجاری در صورتی که در مجاورت سطوح داغ و منبع گرما به مدت طولانی قرار بگیرند، در دماهای کمتر از دمای خود احتراقی Auto ignition شعله ور شوند.

حرارت (منبع گرما) باعث فعال سازی واکنش های احتراق می شود.

کلاس دمایی – Temperature Class – ادامه

Class of Temperature (C)		Maximum motor surface temperature (C)	Ignition temperature of the explosive mixture (C)
EN / IEC 60079-0	NEC		
T1	T1	450	>450
T2	T2	300	>300
	T2A	280	>280
	T2B	260	>260
	T2C	230	>230
T3	T2D	215	>215
	T3	200	>200
	T3A	180	>180
	T3B	165	>165
T4	T3C	160	>160
	T4	135	>135
T5	T4A	120	>120
	T5	100	>100
T6	T6	85	>85

TEMPERATURE CLASSIFICATION			
Max. Surface Temperature	IEC - Group II	NEC 505	NEC 500 CEC
450° C (842° F)	T1	T1	T1
300° C (572° F)	T2	T2	T2
280° C (536° F)			T2A
260° C (500° F)			T2B
230° C (446° F)			T2C
215° C (419° F)			T2D
200° C (392° F)	T3	T3	T3
180° C (356° F)			T3A
165° C (329° F)			T3B
160° C (320° F)			T3C
135° C (275° F)	T4	T4	T4
120° C (248° F)			T4A
100° C (212° F)	T5	T5	T5
85° C (185° F)	T6	T6	T6

کلاس دمایی Temperature Class – ادامه

Classification of gases and vapours in explosion groups and temperature classes						
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
I	Methane					
II A	Acetone Ethane Ethylacetate Ammonia Benzol Acetic acid Carbon monoxide Methanol Propane Toluene	Ethylalcohol I-amyl acetate n-butane n-butylalcohol	Petrol Diesel fuel Aviation fuel Heating oils n-hexane	Acetaldehyde Ethylether		
II B	Town gas (lamp gas)	Ethylen				
II C	Hydrogen	Acetylene				Carbon disulphide

محیط انفجاری می تواند به سادگی بوسیله گرمای ایجاد شده در شرایط عادی تجهیزات الکتریکی، مشتعل شود. برای جلوگیری از آن، دمای سطح دستگاه باید از دمای احتراق محیط انفجاری کمتر نگه داشته شود. دمای احتراق اتمسفر انفجاری کمترین دمای سطحی است که منجر به احتراق مخلوط در تماس با آن می گردد.

دمای احتراق مایعات و بخارات مطابق استاندارد EN 50 014 تعریف می شود و به کلاس های دمای T1 تا T6 طبقه بندی می شود.

سطوح محافظت تجهیزات EPL



Zone	EPL Marking
0	Ga
1	Ga or Gb
2	Ga or Gb or Gc

Equipment protection levels (EPL)

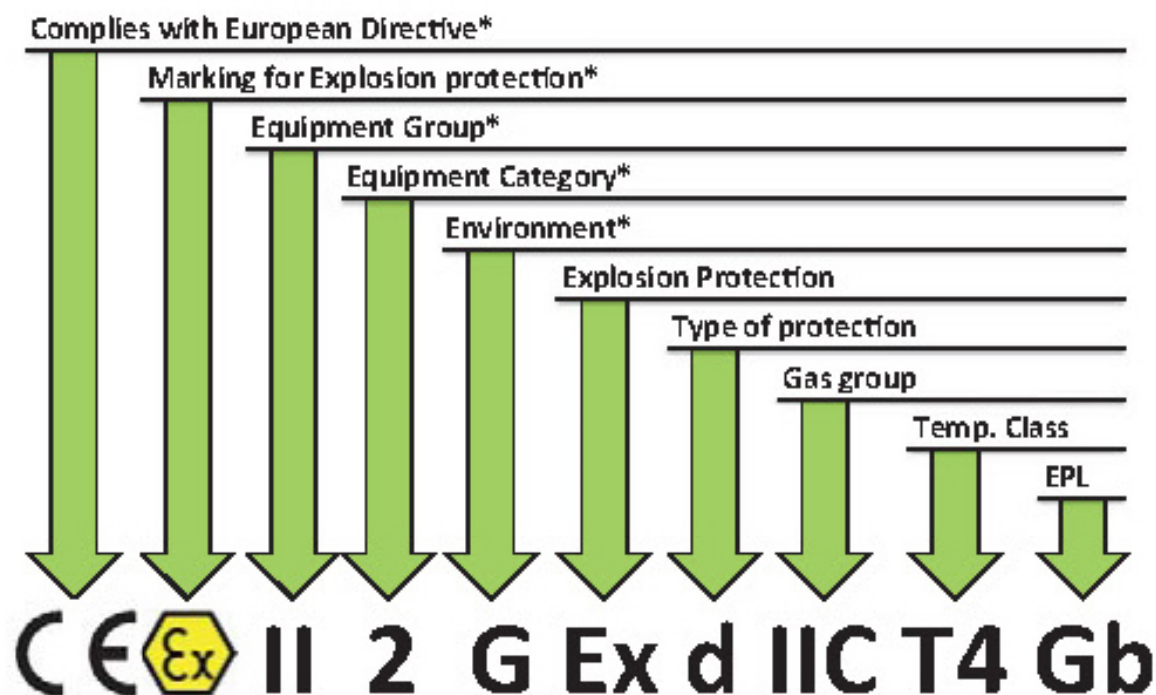
– استاندارد IEC 60079-14 یک راه دیگری برای توصیف نواحی انفجاری Zone مشخص می کند.

– EPL برای یکسان سازی ارزیابی ریسک نواحی انفجاری به کار می رود.

– موتورهای EEx n فقط در Zone 2 استفاده می شوند و موتورهای EEx d یا EEx e هم در Zone 1 و هم در Zone 2 قابل استفاده هستند. الکتروموتورهای ضد انفجار استاندارد در Zone 0 قابل استفاده نمی باشند.

Type of protection	Code	Standards	EPL
Flame proof enclosures	d	IEC 60079-1	Gb
Increased safety	e	IEC 60079-7	
Non Sparking	n	IEC 60079-15	Gc

نامگذاری تجهیزات ضد انفجار – IEC



نامگذاری تجهیزات ضد انفجار – NEC

NORTH AMERICA

Typical North American Marking	
NEC®500	NEC®505
Class I, Division 1, Groups A&B T4	Class I, Zone 0, AEx ia IIC T4
↑ Hazard Class ↑ Area Classification ↑ Gas Group ↑ Temperature Class	↑ Hazard Class ↑ Area Classification ↑ Protection Concept Code ↑ Gas Group ↑ Temperature Class
	Approved to US Standards

حفاظت انفجاری Ex nA – ضد جرقه

Zone 2



یک موتور Ex nA



- برای موتورهای Ex nA II، ریسک قوس الکتریکی و جرقه و سطوح داغ در طول عملکرد در شرایط نرمال با طراحی مناسب موتور جلوگیری شده است.

- موتورهای Ex nA نیازی به گواهینامه تایید شخص ثالث ندارند و اظهار سازنده کفایت می کند.

- محفظه های این موتورها مشابه موتورهای Safe Area از نوع TEFC می باشد.

- کلاس دمایی این موتورها T3 می باشد.

حفاظت انفجاری Ex e – ایمنی افزایش یافته

Zone 1,2



- ایده این نوع محافظت در برابر انفجار اجتناب از تولید جرقه ها و قوس های الکتریکی و افزایش دمای غیر مجاز موتور با اضافه کردن یک سری از اندازه گیری ها است تا هیچگونه امکان جرقه در وهله اول نباشد. بعلاوه، یک وسیله پایش مناسب همیشه مورد نیاز است تا حتی در شرایط خرابی (مانند روتور قفل شده) از هرگونه جرقه جلوگیری کند. به همین منظور به آن موتورهای با ایمنی افزایش یافته Increased safety می گویند.



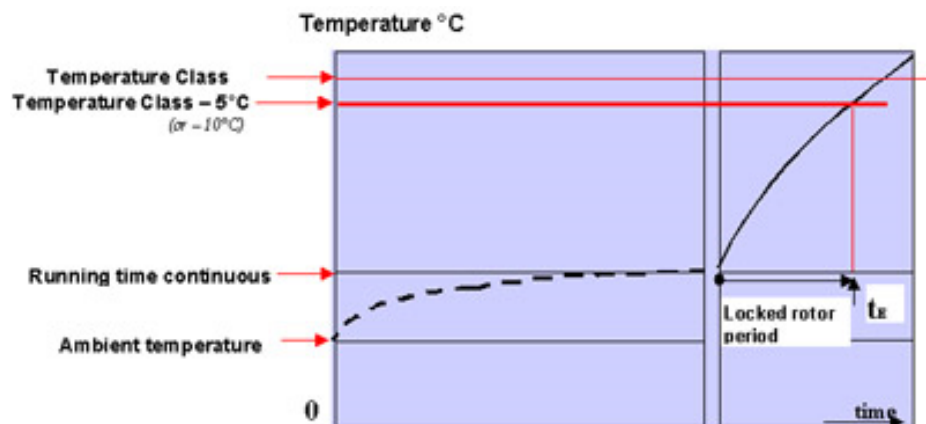
حفاظت انفجاری Ex e – ایمنی افزایش یافته

- در این موتورها گازهای انفجاری بدون هرگونه ریسک انفجار به داخل موتور نفوذ می کنند چرا که:

* تمامی قطعات داخل موتور از کلاس دمایی که موتور برای آن تأیید شده است، فراتر نمی رود.

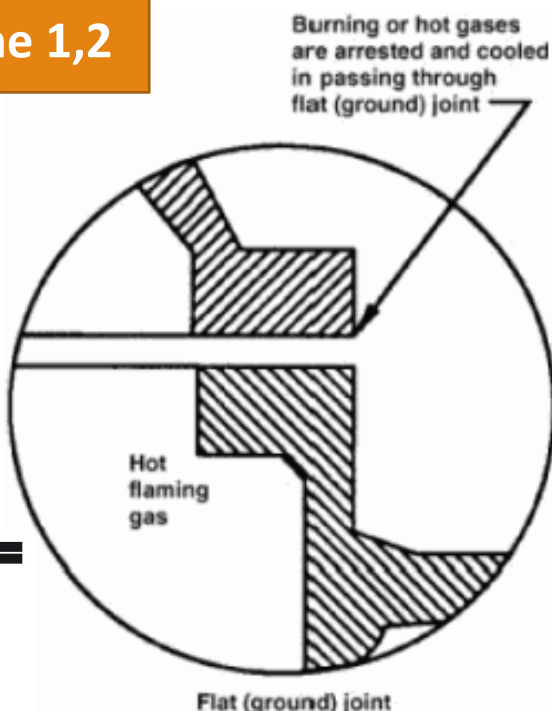
* در شرایط غیر عادی، موتور قبل از اینکه دمای داخل به کلاس دمایی موتور برسد، خاموش می شود.

* هیچگونه ریسکی در تمامی جرقه های اتفاق افتاده به خاطر متریال انتخاب شده برای قطعات مربوطه و طراحی ویژه اتصالات و لقی های قطعات در حرکت، وجود ندارد.



حفاظت انفجاری Ex d – ضد انفجار

Zone 1,2



- نوعی از محافظت انفجاری است که در آن قطعات داخلی تجهیز که امکان دارد در محیط های انفجاری آتش بگیرند، توسط یک پوسته که توانایی استقامت فشاری در برابر انفجار داخلی را دارد و اجازه نمی دهد انفجار به بیرون سرایت کند، محافظت می شود.

- در واقع پوسته باید توانایی استقامت در برابر فشار انفجار را داشته باشد.

- حفاظت Ex d اجازه نمی دهد که انفجار داخلی به محیط بیرون انتشار یابد. بدین منظور منافذ و پرداخت اتصالات باید توسط سازنده کنترل و در حد استاندارد باشد تا حجم تبادل گازها بین داخل و خارج موتور کمینه شود.

حفاظت انفجاری Ex d – ضد انفجار – ادامه

- خصوصیات اصلی موتورهای Ex d به شرح ذیل می باشد:

* فریم، ترمینال باکس و درپوش های تقویت شده

* سطوح تماس افزایش داده شده بین قطعات موتور

* لقی کاهش داده شده بین محور موتور و فضای خالی بلبرینگ ها

برای اجتناب از انتقال جرقه ها و تبادل با محیط بیرون

* تمامی قطعات (فریم ها، درپوش ها، ترمینال باکس و درپوش ترمینال

باکس) تحت تست فشار در کارخانه سازنده قرار می گیرند.



حفاظت انفجاری Ex d – ضد انفجار – ادامه



یک موتور Ex na

- به منظور تعریف خطرات در نتیجه گازهای انفجاری (در مقایسه با سایر درجه های حفاظت)، اضافه بر دمای جرقه، لازم است تا قابلیت عبور آتش جرقه داخل فضای خالی باریک در محفظه موتور مشخص شود. این موضوع با طبقه بندی گازها در گروه های انفجاری IIA ، IIB و IIC درک می شود.

در واقع علت آنکه برای موتورهای با حفاظت انفجاری Ex e و Ex na گروه های گازی تعریف نمی شود این است که در این موتورها از تولید جرقه و قوس الکتریکی یا دماهای بالا و غیر مجاز در موتور جلوگیری و اجتناب می گردد و لذا اساسا دیگر نیازی به تعریف گروه های گازی ندارند.

حفاظت انفجاری Ex de – ضد انفجار

Zone 1,2



$Ex\ de = Ex\ d + Ex\ e$

- موتورهای Ex de با موتورهای Ex d تنها در ساختمان ترمینال ها و ترمینال باکس می باشد. ترمینال باکس با ایمنی افزایش یافته Increased safety از هرگونه منبع جرقه که ممکن است اتفاق بیفتد مانند جرقه ها، دمای بالای غیرمجاز و نظایر آن، جلوگیری می شود.

- خصوصیات اصلی این موتورها به شرح زیر می باشد:

- * اجزا ترمینال باکس به علاوه کابل های اتصال باید به طور محکم بسته شوند (اجازه حرکت نداشته باشند).
- * پوش های ترمینال ویژه برای اجتناب از قوس های الکتریکی و جرقه ها و فواصل هوا و سطح بیشتر بین اجزا رسانا
- * اتصال زمین دوگانه باید فراهم شود (یکی برای فریم موتور و یکی برای داخل ترمینال باکس)

- کاربرد این موتورها مانند موتورهای Ex d می باشند.

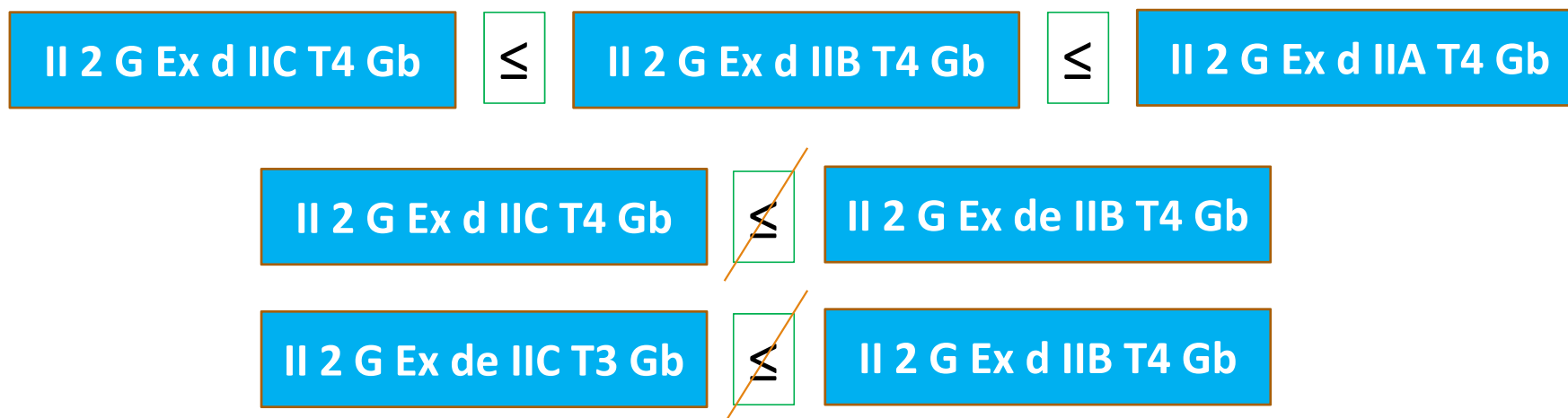
مقایسه محافظت های انفجاری

- در ناحیه Zone 1، کلاس حفاظتی Ex de قوی تر از Ex d و قوی تر از Ex e می باشد. یعنی به جای کلاس حفاظتی Ex e می توان کلاس حفاظتی Ex de انتخاب کرد. اما نمی توان به جای Ex e کلاس محافظتی Ex d انتخاب کرد (قابل مقایسه با هم نیستند).

II 2 G Ex de IIC T4 Gb	≤	II 2 G Ex d IIC T4 Gb
II 2 G Ex de IIC T4 Gb	≤	II 2 G Ex e II T3 Gb
II 2 G Ex d IIC T4 Gb	≤	II 2 G Ex e II T3 Gb

مقایسه محافظت های انفجاری – ادامه

- تمامی موتورهای IIC قوی تر از IIB و قوی تر از IIA می باشند (به شرطی که سایر علایم برابر باشند).



مقایسه محافظت های انفجاری – ادامه

– تمامی موتورهای II 2 G را می توان به جای II 3 G استفاده کرد. یعنی موتورهای ناحیه ۱ را می توان در ناحیه ۲ استفاده کرد (به شرط آنکه کلاس دمایی یکسان یا قوی تری نیز داشته باشند).

II 2 G Ex e II T3 Gb

≤

II 3 G Ex nA II T3 Gc

– کلاس دمایی T4 قوی تر از کلاس دمایی T3 می باشد.

II 2 G Ex de IIB T4 Gb

≤

II 2 G Ex de IIB T3 Gb

مقایسه محافظت های انفجاری – ادامه

– مثال:

II 2 G Ex de IIB T4 Gb

≤

II 2 G Ex d IIB T3 Gb

II 2 G Ex d IIB T3 Gb

≤

II 3 G Ex nA II T3 Gc

II 2 G Ex de IIB T4 Gb

≤

II 2 G Ex e II T4 Gb

II 2 G Ex d IIB T4 Gb

~~≤~~

II 2 G Ex e II T4 Gb

محافظت های انفجاری متداول برای موتورها

II 3 G Ex nA II T3 Gc

II 2 G Ex e II T3 Gb

II 2 G Ex d IIB T4 Gb

II 2 G Ex d IIC T4 Gb

II 2 G Ex de IIB T4 Gb

II 2 G Ex de IIC T4 Gb

- به طور استاندارد، تمامی کلاس های انفجاری ممکن مطابق با استاندارد IEC توسط سازندگان موتور ساخته و انبار نمی شود.

- معمولاً سازنده ها به دلیل اجتناب از تنوع بیش از حد در تولیدات و کاهش هزینه های تمام شده، برخی از کلاس های متداول انفجاری را به صورت روتین تولید می کنند و برای انتخاب کلاس انفجاری به غیر از تولیدات روتین، می توان کلاس انفجاری قوی تر ولی روتین را انتخاب کرد.

جداول فنی (سایز فریم 90 تا 355) Ex e II –

400 V/3ph/50 Hz

IP 55

TEFC

II 2 G Ex e II T1 – T3 Gb

Frame size	3000 rpm		1500 rpm		1000 rpm	
	Rated kW for temperature class					
	T1, T2	T3	T1, T2	T3	T1, T2	T3
90 S	1.3	1.3	1	1	0.65	0.65
90 L	1.85	1.85	1.35	1.35	0.95	0.95
100 L	2.5	2.5	2	2	1.3	1.3
			2.5	2.5		
112 M	3.3	3.3	3.6	3.6	1.9	1.9
132 S	4.6	4.6	5	5	2.6	2.6
	6.5	5.5				
132 M			6.8	6.8	3.5	3.5
					4.8	4.8
160 M	9.5	7.5	10	10	6.6	6.6
	13	10				
160 L	16	12.5	13.5	13.5	9.7	9.7
180 M	19	15	17	15		
180 L			20	17.5	13.2	13.2
200 L	25	20	27	24	16.5	16.5
	31	24			20	20

Frame size	3000 rpm		1500 rpm		1000 rpm	
	Rated kW for temperature class					
	T1, T2	T3	T1, T2	T3	T1, T2	T3
225 S			33	30		
225 M	38	28	40	36	27	27
250 M	47	36	50	44	33	33
280 S	64	47	68	58	40	40
280 M	76	58	80	70	50	46
315 S	95	68	100	84	68	64
315 M	112	80	120	100	82	76
315 L	135	100	135	115	98	92
	165	125	165	135	120	110
315	200	150	200	170	175	160
	255	190	245	215	215	200
355	300	220	275	240	275	250
	335	258	315	275	340	315
	400	300	400	350		

جداول فنی (سایز فریم 80 تا 315) – Ex d(e)

400 V/3ph/50 Hz

IP 55

TEFC

II 2 G Ex d(e) IIA, IIB, IIC T1 – T4 Gb

Frame size	3000 rpm	1500 rpm	1000 rpm	750 rpm
	Rated kW for temperature class T1 to T4			
80	0.75	0.55	0.37	
	1.1	0.75	0.55	
90 L	1.5	1.1	0.75	0.37
	2.2	1.5	1.1	0.55
100 L	3	2.2	1.5	0.75
		3		1.1
112 M	4	4	2.2	1.5
132 S	5.5	5.5	3	2.2
	7.5	7.5		
132 M			4	3
			5.5	
160 M	11	11	7.5	4
	15			5.5
160 L	18.5	15	11	7.5

Frame size	3000 rpm	1500 rpm	1000 rpm	750 rpm
	Rated kW for temperature class T1 to T4			
180 M	22	18.5		
180 L		22	15	11
200 L	30	30	18.5	15
	37		22	
225 S	45	37		18.5
225 M		45	30	22
250 M	55	55	37	30
280 S	75	75	45	37
280 M	90	90	55	45
315 S	110	110	75	55
315 M	132	132	90	75
	160	160	110	90
			132	110
			160	132
315 L	200	200	160	132

جداول فنی (سایز فریم 355 تا 450) – Ex d(e)

400 V/3ph/50 Hz

IP 55

TEFC

II 2 G Ex d(e) IIA, IIB, IIC T1 – T4 Gb

Frame size	3000 rpm	1500 rpm	1000 rpm	750 rpm
	Rated kW for temperature class T1 to T4			
355 M	250	225	200	160
355 L	315	250	250	200
		280		
		315		
400 S	355	355	280	250
400 M	400	400	315	280
400 L		450	355	315
450 M	450	500	400	355
450 L	500	560	450	400
	560	630	500	450