

Introduction To *Barriers*

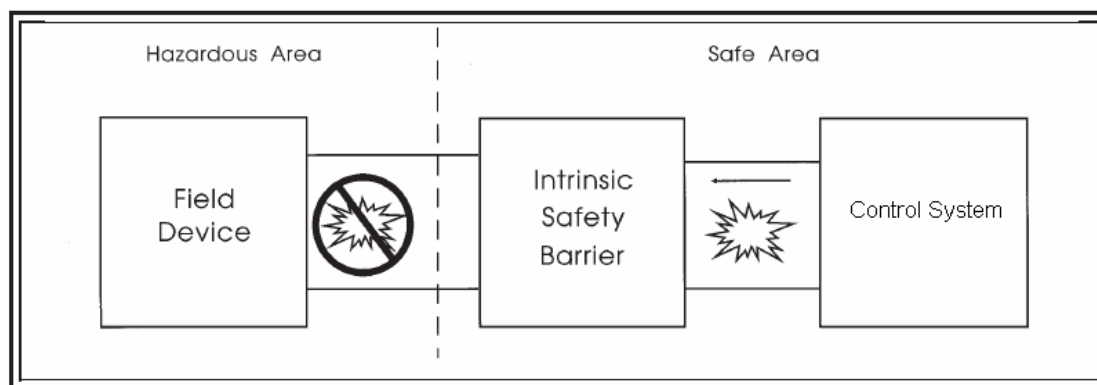
For Intrinsically Safe Circuits

ترجمه و تنظیم: محمد سپهری نیا
کارشناس ابزار دقیق و کنترل
May 2009 / Ordi Behesht 1388



مقدمه

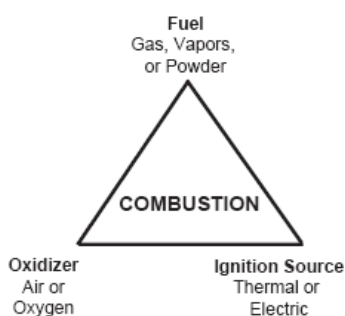
تجهیزات ابزار دقیقی که در مناطق خطر همچون سایتهای نفت، گاز و پتروشیمی، نصب می شوند؛(با توجه به اینکه در این مناطق گازهای قابل انفجار به صورت دائم یا متناوب حضور دارند) لازم است به گونه ای طراحی و ساخته شوند؛ که در زمان بهره برداری در سایت از وقوع انفجار، از طریق آزاد سازی انرژی و یا جرقه در مدارهای آنها و هم چنین گرم شدن سطوح آنها ، در هنگام کار کرد عادی و یا وقوع مشکل، جلوگیری شود. این موضوع بر اساس استاندارد IEC60079-11 و یا استاندارد اروپایی EN50020 بیان شده است؛ تجهیزاتی که طبق این استاندارد طراحی می شوند تاییدیۀ Ex ia (Intrinsically Safe) دریافت می کنند. با توجه به نزدیک بودن تجهیز به منطقه خطر، تجهیزات مطابق استاندارد به گونه ای طراحی می شوند که در محدوده ولتاژ و جریان بسیار پایین کار کنند و هیچ انرژی اضافه ای در سیستم آزاد نگردد. مدارهایی هم که این تجهیزات را به سیستم کنترل وصل می کنند باید دارای این ویژگی ها باشند. سیستمهای کنترل که در منطقه ایمن(Safe Area) نصب شده اند، هیچگونه حفاظتی ندارند و باید به نحوی از انتقال انرژی اضافی آنها به منطقه خطر جلوگیری شود. بدین منظور جهت جداسازی سیستم کنترل از منطقه خطر ، در مسیر سیم کشیهای اتاق کنترل و سایت ، تجهیزاتی به نام Barrier (جدانکننده) قرار می دهند. Barrier میزان انرژی که از سمت سیستم کنترل به تجهیزات سایت انتقال می یابد را در حد ایمن نگه می دارد. و در هنگام وقوع مشکل در مدار از انتقال انرژی اضافی به مدار جلوگیری می کند. مدارهایی که بدین شکل مورد بهره برداری قرار می گیرند را Intrinsic Safe Circuit ، یا مدارهای ذاتاً ایمن می نامند.



در مورد تجهیزات و استاندارد آنها در مبحث قبل به تفصیل صحبت شد.(رجوع شود به مقاله Introduction to Ingress & Explosion Protection For Instruments Install In Petrochemical Plants) ، در این مقاله قصد داریم به بررسی انواع مختلف Barrier ها و نحوه انتخاب و بکار گیری آنها بپردازیم.

مدارهای با ایمنی ذاتی (Intrinsically Safe Circuits)

Intrinsically Safe در حقیقت تکنولوژی کاهش انرژی در مکانهای خطر (Hazardous Area) می باشد، مکانهایی که احتمال انفجار به دلیل آزاد سازی انرژی بصورت گرمایی یا الکتریکی در آنها وجود دارد. شکل شماره 2 مثلث انفجار را نشان می دهد، حضور هم زمان سه عامل سوخت ، هوا و انرژی به میزان مشخص می تواند باعث انفجار شود. در مکانهای پر خطر همچون سایتهای نفت و گاز و پتروشیمی این سه عامل حضور دارند، تجهیزات الکتریکی که جهت نصب در این سایتها ساخته می شوند بر اساس استانداردهای تعریف شده، هر یک به نحوی یکی از این سه عامل را کنترل می کنند. (این موضوع در مقاله قبل به طور مفصل توضیح داده شده است). بر اساس استاندارد IEC60079-11 که به تعریف مدارها و تجهیزات Intrinsically Safe می پردازد، در حقیقت عامل انرژی از این مثلث حذف می شود؛ این انرژی همانطور که در شکل شماره 2 نشان داده شده است می تواند به صورت الکتریکی و یا گرمایی باشد. تجهیزات به گونه ای طراحی می شوند که قادر به آزاد سازی انرژی (گرمایی و یا الکتریکی) به میزانی که باعث انفجار و آتش سوزی شود، نباشند.



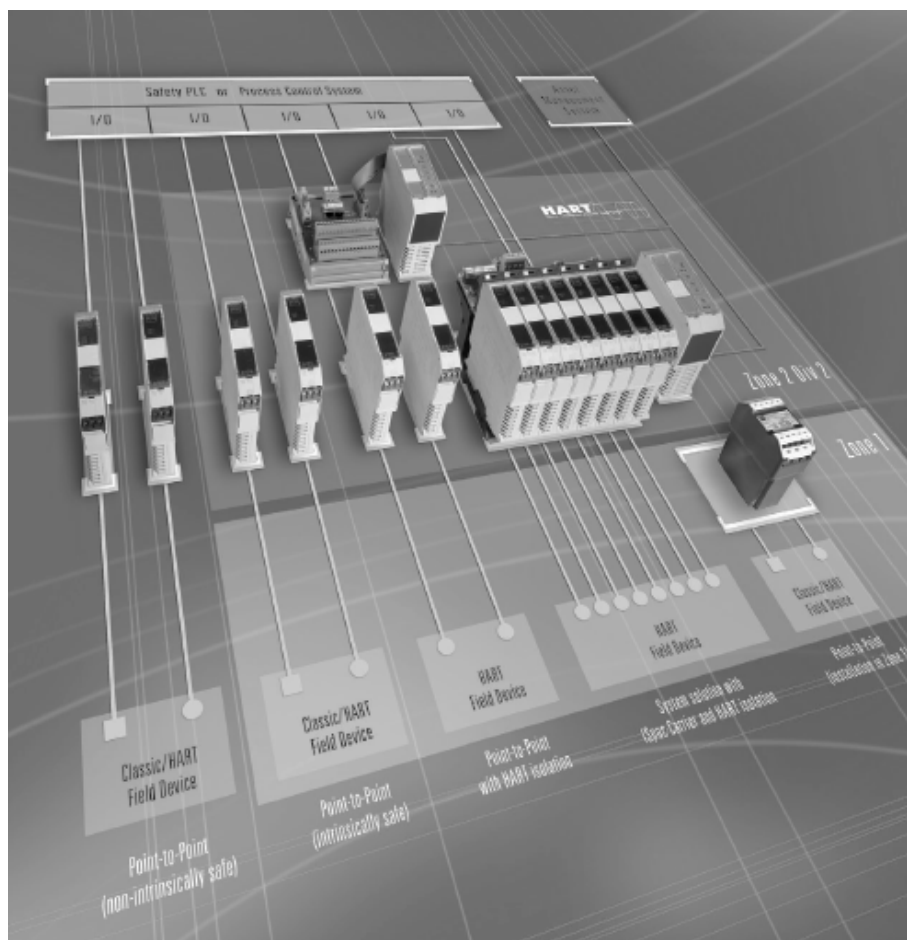
میزان انرژی گرمایی و الکتریکی برای برخی مواد در جدول زیر نشان داده شده است:

Name of Chemical	Minimum Ignition Current (mA)	Ignition Temperature °C
Methane Group I T1	85	595
Ammonia Group IIA T1	-	630
Ethylene Group IIB T2	45	425
Propane Group IIA T1	70	470
Acetylene Group IIC T2	24	305

جدول شماره 1

مدارهای I.S از سه بخش تشکیل می شوند، که این استاندارد باید برای هر سه بخش رعایت شود تا کل مدار ما در ناحیه ایمن قرار گیرد:

- تجهیزاتی که در منطقه خطر نصب می شوند. (Field Instruments)
- سیم کشی ها (Wirings)
- جدا کننده ها (Barriers)



شکل شماره 3

تجهیزات (Field Instruments)

همانطور که گفته شد انرژی لازم جهت انفجار، در محیطهای خطر میتواند از طریق گرمای سطح بیرونی تجهیزات (Surface Temperature)، به محیط منتقل و باعث آتش سوزی شود. تجهیزات شامل مدارهای الکتریکی هستند که این مدارها هنگام کار گرم می شوند، و یا قسمتهای مکانیکی دارند که در اثر حرکت گرما تولید می نمایند، این گرمای تولید شده به سطح خارجی تجهیز منتقل و آن را گرم می کند. همانطور که گفته شد گازهای قابل اشتعال هر یک در دمای مشخصی به انرژی لازم جهت انفجار می رسند، مطابق استاندارد اروپایی EN50014 شش رنج دمایی برای تجهیزات تعریف می شود و تجهیزات به گونه ای ساخته می شوند که در هنگام کار و یا حادثه، دمای آنها بیشتر از این رنج تعریف شده نگردد. این رنج دمایی

به شش گروه از T1 تا T6 تقسیم می شود که در جدول شماره 2 نشان داده شده است. همانطور که در جدول دیده می شود در استاندارد آمریکایی این رنج دمایی با تفکیک بیشتری به کار می رود.

مطابق استاندارد این دما در سطح خارجی تجهیزات اندازه گیری می شود و دیده می شود که هرچه T کد بزرگتر باشد دمای لازم برای انفجار پایین می آید. به عنوان مثال در محیطهایی که گازها و بخارات موجود، در دمای 135 درجه سانتیگراد به انرژی لازم جهت انفجار می رسند، باید تجهیزاتی که در آن محیطها نصب می شوند با رنج دمایی T4 انتخاب شوند، که ماکزیمم دمای سطح آنها در حین کار به 135 درجه سانتیگراد خواهد رسید. در این محیطها تنها مجاز به نصب تجهیزات با رنج دمایی T4 ، T5 و T6 می باشیم.

Maximum Surface Temperature °C	T- Class / Europe	T-Class / USA& Canada
450	T1	T1
300	T2	T2
280		T2A
260		T2B
230		T2C
215		T2D
200	T3	T3
180		T3A
165		T3B
160		T3D
135	T4	T4
120		T4A
100	T5	T5
85	T6	T6

جدول شماره 2

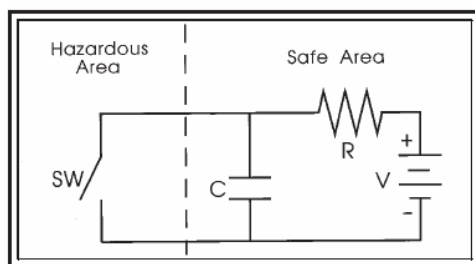
دومین عامل جهت ایجاد انفجار، آزاد سازی انرژی الکتریکی می باشد. این انرژی ممکن است از طریق تخلیه خازنها و سلفهای موجود در مدار و یا با ایجاد جرقه آزاد شود. هر مداری که شامل قطعات ذخیره کننده انرژی همچون سلف و خازن باشد، می تواند این مشکل را بوجود آورد. میزان مقاومت مدار نیز که محدود کننده جریان آن است باید مورد توجه قرار گیرد. تجهیزات ابزار دقیق که در منطقه خطر نصب می شوند نیز شامل اینگونه قطعات هستند که می بایست به گونه ای طراحی شوند که در محدوده مجاز انرژی کار کنند. در ادامه به بررسی تاثیر هر یک از این قطعات بر مدار می پردازیم.

• مدارهای خازنی

خازنهای موجود در مدار با یک ولتاژ معین که متناسب با اندازه آنها می باشد، شارژ می شوند، این ولتاژ در هنگام تخلیه می تواند به صورت یک جرقه در محیط ظاهر گردد. همانطور که در شکل شماره 4 مشاهده می کنید اگر کلید باز شود خازن با

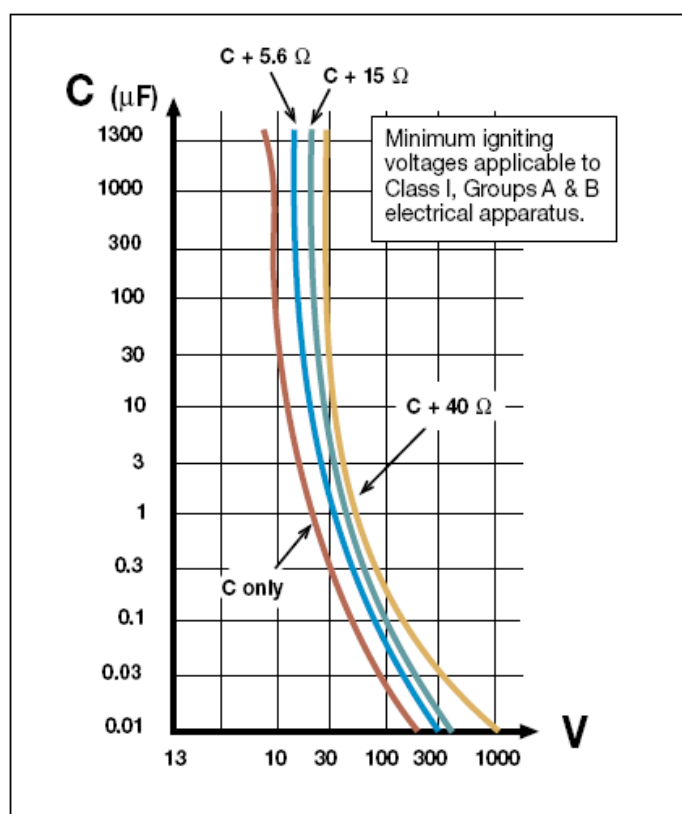
ولتاژ V شارژ خواهد شد و انرژی به اندازه $\left(\frac{1}{2}\right)CV^2$ در آن ذخیره خواهد شد. و در این هنگام اگر کلید بسته شود جرقه در

مدار از طریق آزاد سازی این انرژی ایجاد خواهد شد. این حالت مانند ایجاد یک اتصال کوتاه در کابل کشی ها می باشد.



شکل شماره 4

میزان انرژی که در این لحظه آزاد می شود بر اساس نمودارهایی که از تست مدارات خازنی- مقاومتی به دست می آید قابل محاسبه است. در هنگام ساخت تجهیزات Intrinsicly Safe می بایست مطابق این نمودار، میزان خازن مدار طوری طراحی گردد که انرژی آزاد شده آن در هنگام دشارژ باعث انفجار نگردد. یک نمونه این نمودارها در شکل شماره 5 آورده شده است.



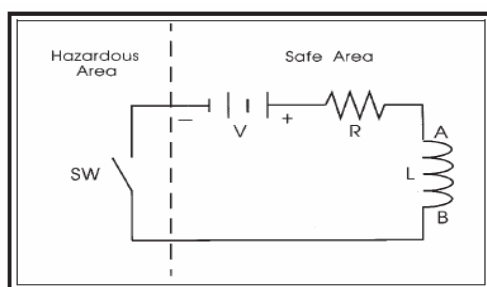
شکل شماره 5 (Capacitance Circuits Graph for Gas Group A&B)

• مدارهای سلفی

انرژی ذخیره شده در سلفها هم می تواند به صورت انرژی لازم جهت انفجار در محیط آزاد شود. همانطور که در شکل شماره 6

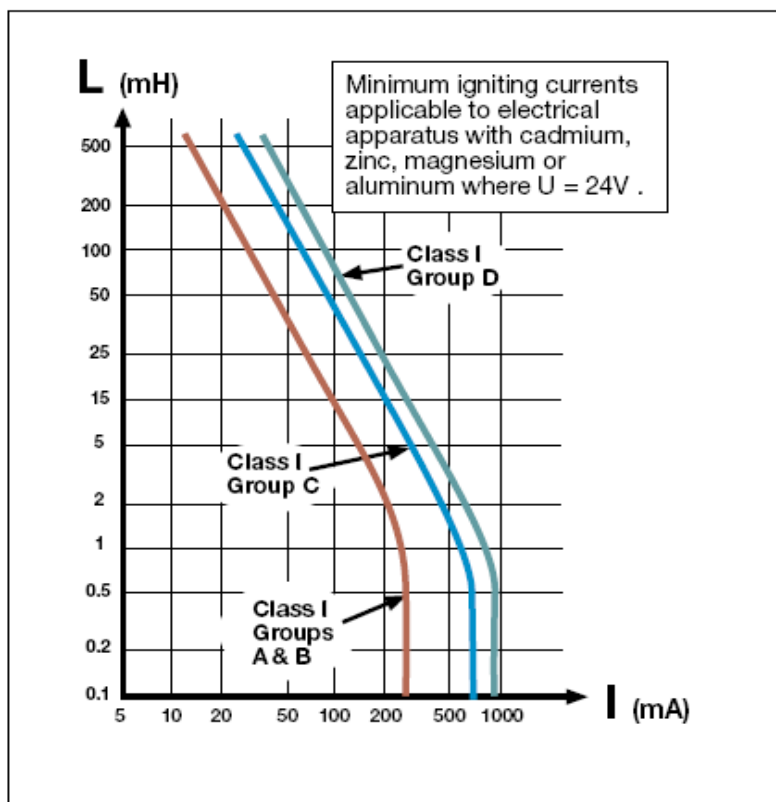
مشاهده می کنید، اگر کلید بسته شود سلف با انرژی $\left(\frac{1}{2}\right)LI^2$ شارژ خواهد شد، در این لحظه که سلف شارژ شده اگر کلید باز

شود انرژی آن دفعتا می خواهد تخلیه گردد که این می تواند در مدار ایجاد جرقه کند. این انرژی بسته به اندازه سلف می تواند خیلی بزرگ باشد. این حالت مانند این است که کابل کشی های ما دفعتا قطع گردد.



شکل شماره 6

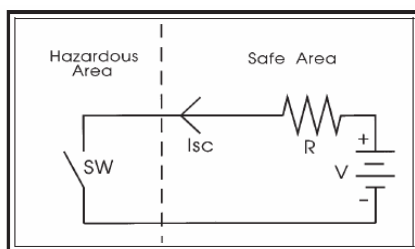
انرژی که در این لحظه آزاد می شود بر اساس نمودارهایی که از تست مدارات سلفی - مقاومتی به دست می آید قابل دستیابی است. در هنگام ساخت تجهیزات Intrinsically Safe می بایست مطابق این نمودارها میزان سلف مدار طوری طراحی گردد که انرژی آزاد شده آن در هنگام دشارژ باعث انفجار نگردد. یک نمونه این نمودارها در شکل شماره 7 آورده شده، این نمودار در شرایطی که ولتاژ مدار 24V می باشد، رسم شده است.



شکل شماره 7 (Inductance Circuit Graph)

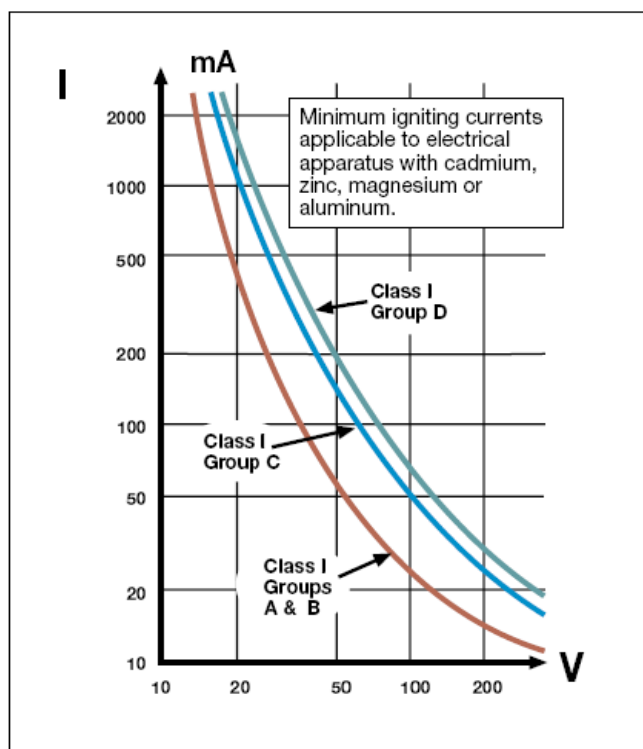
• مدارهای مقاومتی

میزان مقاومت مدار همانگونه که در شکل شماره 8 ملاحظه می کنید، تعیین کننده جریان اتصال کوتاه مدار (Isc) است. این جریان در ماکزیمم ولتاژ، که ولتاژ مدار باز (Voc) می باشد اندازه گیری می شود. میزان مقاومت در حقیقت محدود کننده جریان مدار است. و این جریان باید از کمترین مقدار لازم جهت وقوع انفجار (Minimum Ignition Current) در یک منطقه کوچکتر باشد.



شکل شماره 8

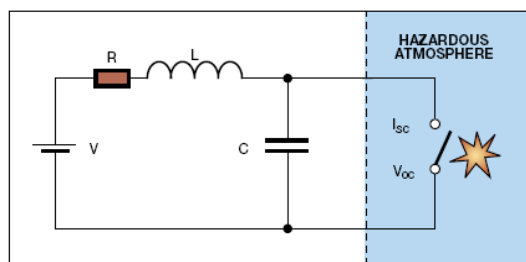
نمودار میزان ولتاژ-جریان گاهای مختلف برای مدارهای مقاومتی هم قابل دستیابی است. در هنگام ساخت تجهیزات و برقراری مدارهای Intrinsically Safe می بایست مطابق این نمودار میزان مقاومت مدار طوری تعیین گردد که میزان ولتاژ مدار باز، و جریان اتصال کوتاه آن در محدوده ایمن قرار گیرد. نمودار Voc و Isc، که بر اساس میزان مقاومت مدار رسم شده، در شکل شماره 9 آورده شده است.



شکل شماره 9 (Ignition Curve – Resistance)

نمودار شکل 9 نشان می دهد که هر چه ولتاژ اتصال کوتاه کم شود مقدار جریان اتصال کوتاه می تواند افزایش یابد اگر بخواهیم که تجهیزات ابزاردقیقی ما در همه مکانها قابل نصب باشند محدوده ولتاژ 20-30 ولت و جریان 100-125mA مطابق نمودار مناسب خواهد بود.

در مدارهای فوق تاثیر هریک از این قطعات را به طور جداگانه در نظر گرفتیم ، در مدارهای واقعی همه قطعات همزمان با هم حضور دارند مانند شکل شماره 10 ، که باید با توجه به تاثیر هر قطعه، مدار را به گونه ای طراحی کنیم که میزان انرژی آن از حداقل انرژی لازم جهت انفجار در یک منطقه کمتر شود.



شکل شماره 10

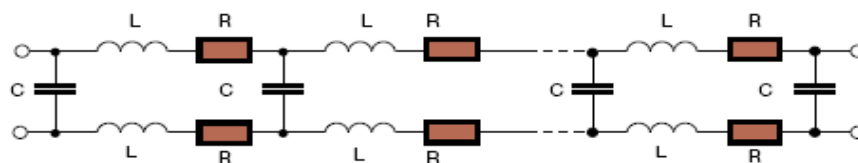
بر اساس آنچه تا کنون توضیح داده شد تجهیزات به دو گروه تقسیم می شوند:

- **Simple** : تجهیزاتی که قطعه ذخیره کننده انرژی در آنها وجود ندارد و یا اگر موجود باشد توان ذخیره انرژی بیش از 1.2V یا 20 میلی وات (یا 100 میلی آمپر) را ندارد. مانند: کنتاکتها، ترموکوپلها، مقاوتها و RTD ها. این تجهیزات نیاز به تاییدیه I.S ندارند، و بوسیله Barrier ها به سیستم کنترل متصل می شوند در اینصورت کل مدار در مجموعه Intrinsically Safe Circuit قرار می گیرد.
- **Complex** : تجهیزاتی که قطعه ذخیره کننده انرژی در آنها وجود دارد، و انرژی ذخیره شده در آنها به حدی می رسد که در صورت آزادسازی در مدار و یا وقوع جرقه ایجاد اشتعال نماید. مانند: ترانسمیترها و I/P ها Transducer ها Converters ، پراکسی سوییچ ها و Solenoid Valve ها. این تجهیزات نیاز به تاییدیه I.S دارند. و برای اینکه موفق به اخذ تاییدیه شوند باید مقدار ماکزیمم ولتاژ و جریان کاری ، و مقدار سلف و خازن ورودی هر تجهیز (V_i, I_i, C_i, L_i) توسط سازنده آن مشخص گردد؛ که این مقادیر باید با نمودارهای مربوطه که برای مناطق و گازهای مختلف رسم می شود مطابقت داشته باشد. چنانچه این تجهیزات در مداری که بیشتر از این ولتاژ و جریان به آنها اعمال شده است نصب شوند، ممکن است باعث وقوع انفجار گردند. مقدار سلف و خازن داخلی تجهیز هم مشخص می کند که تجهیز چقدر توان ذخیره انرژی را خواهد داشت.

کابل کشی ها

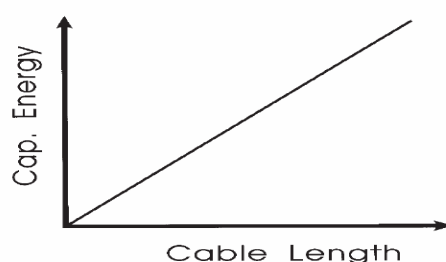
کابلها به عنوان منابع ذخیره کننده انرژی شناخته می شوند و مطابق شکل شماره 11 هم خاصیت سلفی دارند و هم خاصیت خازنی، هم چنین میزان مقاومت آنها نیز بر کل مقاومت مدار و جریان آن تاثیر گذار خواهد بود. مقادیر این پارامترها به نحوی با

طول کابل متناسب می باشد. با توجه به اینکه تجهیزات با کابلهایی از سایت به Barrier ها و از آنجا به سیستم کنترل متصل می شوند باید میزان سلف، خازن و مقاومت کابلها نیز در محاسبات مدارهای Intrinsically Safe در نظر گرفته شود.



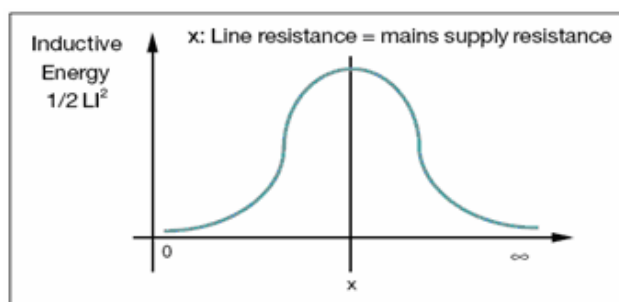
شکل شماره 11 (شماتیک مدار معادل یک کابل در مدار)

رابطه انرژی خازنی کابل، با طول آن در شکل شماره 12 نشان داده شده است، همانطور که می بینید این انرژی با افزایش طول کابل افزایش می یابد.



شکل شماره 12

در مورد مقدار انرژی سلفی کابل با طول آن، نمودار شکل شماره 13 را ببینید. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است این انرژی با افزایش طول کابل کاهش می یابد. در توجیه این مساله می توان گفت؛ مقدار انرژی که یک سلف می تواند ذخیره کند برابر است با $\left(\frac{1}{2}LI^2\right)$ که I میزان جریانی است که در کابل برقرار می باشد که متناسب با مقدار مقاومت کابل است. با توجه به اینکه با افزایش طول کابل مقدار مقاومت آن افزایش می یابد، و مقدار جریان نیز کاهش، در نتیجه میزان انرژی ذخیره شده در سلف کابل کاهش خواهد یافت که در نمودار به خوبی مشخص می باشد. انرژی در نقطه ای ماکزیمم خواهد شد که مقاومت کابل با مقاومت منبع برابر باشد.



شکل شماره 13

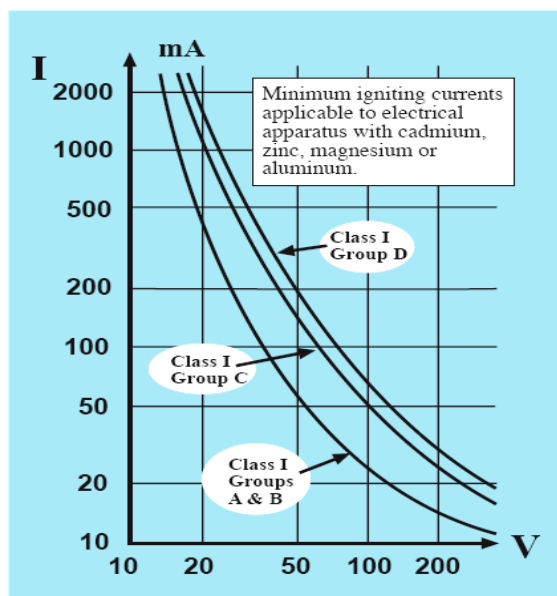
مقدار خازن کابل با C_{CABLE} و بر حسب PF/ft نشان داده می شود، مقدار سلف کابل نیز با L_{CABLE} و بر حسب $\mu H/ft$ و یا در استاندارد اروپایی با رابطه L/R و بر حسب $\mu H/\Omega$ بیان می شود. در انتها با ارایه چند مثال تاثیر هر یک از پارامترهای کابل بر مدار را بررسی خواهیم کرد.

Barrier ها

Barrier ها ما بین سیستم کنترل و تجهیزات سایت نصب می شوند و از انتقال انرژی اضافی سیستم کنترل به منطقه خطر (Hazardous Area) جلوگیری می کنند این انرژی می تواند از یک منبع تغذیه آزاد شود و یا در یک خازن یا سلف ذخیره شده باشد. مدارهای Intrinsicly Safe طوری طراحی می شوند که در شرایط نرمال ، انرژی مدار در حد ایمن باشد؛ و در صورت وقوع مشکل Barrier ها از مدار محافظت کرده و انرژی آنها کمتر از حد لازم برای انفجار قرار می دهند.

Barrier ها به سه طریق انرژی مدار را در حد مورد نظر حفظ می کنند، به کمک یک مقاومت (R_{Lim}) جریان مدار را در حد جریان اتصال کوتاه محدود می کنند ؛ و به کمک دو عدد دیود زنر که به طور موازی قرار گرفته اند - تا در صورت سوختن یکی از آنها دومی کار حفاظت را انجام دهد- ولتاژ مدار را در حد ولتاژ مدار باز پایین نگه می دارند، در مرحله سوم به وسیله یک فیوز، در صورتیکه دیود زنر بسوزد، وارد عمل شده و مدار را متوقف می کند؛ و اجازه شارژ انرژی اضافی به تجهیزات نصب شده در منطقه خطر را نمی دهد.

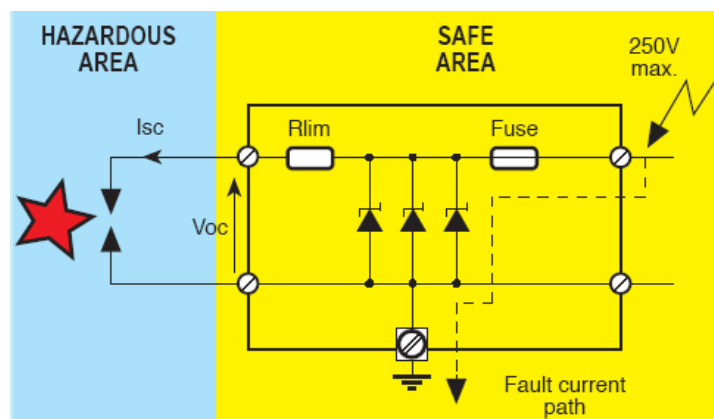
ولتاژ و جریان لازم جهت محدود کردن انرژی انفجار از روی منحنی های مقاومت، خازن - مقاومت و سلف - مقاومت قابل محاسبه می باشند. در شکل شماره 14 نمودار مقاومت برای گازهای قابل انفجار رسم شده است به عنوان مثال یک مدار با ولتاژ 30V و جریان 150mA اگر در Gas Group A نصب شود می تواند باعث انفجار شود لذا میزان مقاومت این مدار باید به گونه ای طراحی شود که میزان جریان کمتر از این مقدار گردد. مدارات I.S همیشه این انرژی را در سطحی پایین تر از این نمودار قرار می دهند.



شکل شماره 14

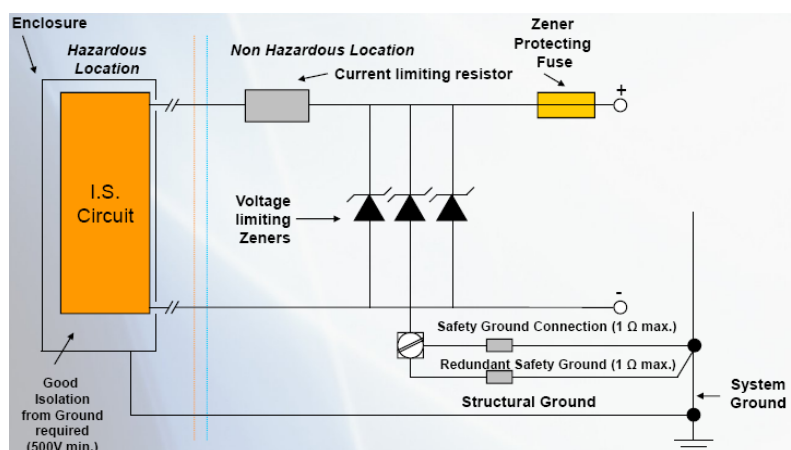
انواع Barrier ها

1) **Zener Barrier**: معروف به Barrier های پسیو می باشند که نیاز به تغذیه ندارند. به وسیله مقاومت جریان مدار را در حد مجاز نگه می دارند و به کمک دیود زنر ولتاژ مدار را در حد رضایت بخش حفظ می کنند. در دو مدل موجود می باشند با دو دیود زنر موازی (Ex ib) مخصوص نصب در مدار تجهیزات نصب شده در Zone 1,2 و یا با سه دیود زنر موازی (Ex ia)، و با حفاظت بیشتر مخصوص نصب در مدار تجهیزات نصب شده در Zone 0. شماتیک این مدل در شکل شماره 15 نشان داده شده است.



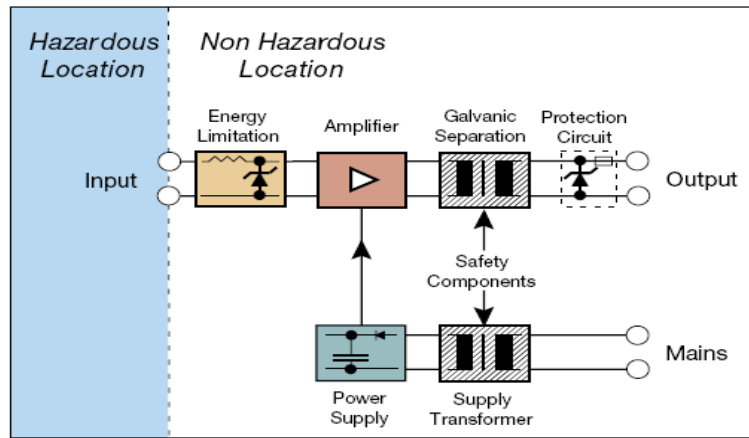
شکل شماره 15 (Zener Barrier Circuit)

در این Barrier ها ولتاژ اضافی از طریق زنر به زمین منتقل می شود. لذا نیاز به اتصال زمین دارند. مقدار مقاومت زمین باید در حد 1 اهم باشد و Barrier باید مستقیماً به زمین وصل شود. در شکل شماره 16 نحوه اتصال به زمین یک Zener Barrier نشان داده شده است.



شکل شماره 14 (Zener Barrier Ground Circuit)

2) **Isolated Barrier**: بوسیله ترانس، رله و یا اپتوکوپلر سیستم کنترل را از مدار ایزوله می کنند. نیاز به تغذیه دارند و تجهیز تغذیه خود را از طریق Barrier تامین می کند اما به زمین نیاز ندارند. معروف به Active Barrier می باشند. شماتیک این مدل در شکل شماره 17 نشان داده شده است.



شکل شماره 17 (Active Barrier Circuit)

احتیاجات مدارهای Intrinsically Safe

- 1- یک موازنه مثبت باید بین ناحیه ایمن و ناحیه خطر وجود داشته باشد به طوری که انرژی از ناحیه خطر به ناحیه ایمن منتقل نگردد.
- 2- تجهیزات باید مناسب نصب در منطقه خطر مورد نظر باشند.
- 3- تجهیزات Complex باید تاییدیه های I.S را اخذ نموده باشند. و هم چنین مقادیر I_i, C_i, L_i, V_i هر تجهیز مشخص باشد.
- 4- کابل کشی های مربوط به این مدارها باید در یک مسیر جداگانه قرار گیرند و از بقیه کابل کشی ها جدا شوند. هم چنین باید با رنگ و کد دهی کاملاً مشخص گردند. کابل های I.S معمولاً به رنگ آبی روشن می باشند.
- 5- Barrier ها باید تاییدیه های I.S داشته باشند.
- 6- در نهایت باید شرایط زیر در مدار برقرار باشد: اولاً ماکزیمم جریانی که تجهیز نیاز دارد کوچکتر از کل جریانی باشد که Barrier می تواند به مدار تزریق کند. و در مورد ولتاژ هم این اصل صدق می کند.

$$I_{TOTAL} (\text{Barrier}) \leq I_{MAX} (\text{Field Device})$$

$$V_{TOTAL} (\text{Barrier}) \leq V_{MAX} (\text{Field Device})$$

دوماً، باید رابطه زیر بین سلف و خازن تجهیزات برقرار باشد:

$$\text{Capacitance} + \text{Capacitance} \leq \text{Capacitance}$$

(Field Device) (Field Wiring) (I.S. Barrier Max)

$$\text{Inductance} + \text{Inductance} \leq \text{Inductance}$$

(Field Device) (Field Wiring) (I.S. Barrier Max)

ماکزیمم سلف و خازن قابل اتصال به هر Barrier در کاتولگ آن قید می گردد، مقادیر سلف و خازن تجهیزات نیز بر روی هر تجهیز نوشته شده است، مقادیر خازن و سلف سیم های رابط هم در مشخصات آنها قید می شود.



شکل شماره 18

در انتخاب Barrier ها باید به شرایط لازم برای مدارهای Intrinsically Safe توجه داشته باشیم ؛ این شرایط را یکبار دیگر مرور می کنیم:

در کاتالوگ Barrierها آیتم های زیر به تفکیک مشخص می باشند:

- V_{MAX} : ماکزیمم ولتاژ مجازی که در ناحیه ایمن می تواند وجود داشته باشد. ولتاژ ورودی Barrier را مشخص می کند.
- V_{OC} : ولتاژ مدار باز، بیشترین ولتاژی که در صورت وقوع اشکال در مدار می تواند به ناحیه خطر منتقل شود.
- I_{SC} : ماکزیمم جریان اتصال کوتاه، که در صورت وقوع اشکال در مدار می تواند به ناحیه خطر منتقل شود.
- P_o : ماکزیمم توانی که Barrier می تواند ارسال کند.
- C_o : ماکزیمم مجاز مقدار خازنی که می توان به خروجی Barrier متصل نمود.
- L_o : ماکزیمم مجاز مقدار سلفی که می توان به خروجی Barrier متصل نمود.
- L_o/R_o : ماکزیمم مجاز نسبت L/R
- R_{OUT} : مقاومت خروجی Barrier
- R_{MAX} : کل مقاومت موجود بین ورودی و خروجی Barrier، که در حقیقت مقاومت داخلی آن است.

برای تجهیزات نیز آیتمهای زیر مشخص می گردد:

- V_i : ماکزیمم ولتاژ مدار باز مجاز
- I_i : ماکزیمم جریان اتصال کوتاه مجاز
- P_i : ماکزیمم توان مجاز
- C_i : ماکزیمم مقدار خازن داخلی تجهیز
- L_i : ماکزیمم مقدار سلف داخلی تجهیز

برای کابل نیز پارامترهای زیر مشخص می باشد:

- C_c و L_c و R_c/L_c

با توجه به پارامترهای فوق باید در هر مدار Intrinsicly Safe شرایط زیر برقرار باشد:

• $V_{oc} \leq V_i$	Example : $(V_{oc} = 30V) / (V_i = 30V)$	OK
• $I_{sc} \leq I_i$: $(I_o = 100mA) / (I_i = 125mA)$	OK
• $P_o \leq P_i$: $(P_o = 0.75W) / (P_i = 0.90W)$	OK
• $C_o \geq C_i + (C_c \times L_{CABLE})$: $(C_o = 100\mu F) / (50\mu F + 20\mu F)$	OK
• $L_o \geq L_i + (L_c \times L_{CABLE})$: $(L_o = 0.7mH) / (0.1mH + 0.4mH)$	OK
• $L_o/R_o \leq L_c/R_c$: $(170 mH/\Omega) / (20 mH/\Omega)$	OK

در ادامه به ذکر چند مثال می پردازیم.

مثال اول :

تجهیز با مشخصات زیر را در نظر بگیرید:

Ex Certificated: Class1 Division1 Gas Group C T4

$V_i : 35V$

$I_i : 110mA$

سیستم کنترل با مشخصه ($V_{LOOP} = 24V$) می باشد.

برای انتخاب Barrier جهت این تجهیز با مشخصات فوق، ابتدا باید Barrier دارای تاییدیه Class1 Division1

Gas Group C باشد و در مرحله بعد باید شروط زیر برقرار گردد:

$$V_{LOOP} \text{ (Control System)} \leq V_{Max} \text{ (Barrier)}$$

$$V_{OC} \text{ (Barrier)} \leq V_i \text{ (Field Device)}$$

$$I_{SC} \text{ (Barrier)} \leq I_i \text{ (Field Device)}$$

به عنوان نمونه می توانیم Barrier با مشخصات زیر را برای این مدار انتخاب کنیم:

$$V_{Max} = 25V$$

$$V_{OC} = 31V$$

$$I_{SC} = 90mA$$

در شرایط عادی بیشترین ولتاژی که از طریق Barrier به سمت تجهیز می رود 25V خواهد بود در شرایط وقوع مشکل در مدار،

ماکزیمم ولتاژی که به تجهیز میرسد 31V خواهد بود که مطابق مشخصات، تجهیز هم چنان در شرایط Safe عمل خواهد کرد.

ماکزیمم جریانی که می تواند به سمت تجهیز برود 90mA می باشد، که همچنان در شرایط ایمن قرار خواهد داشت.

در مثال فوق تنها به ولتاژ و جریان مدار توجه داشتیم اما یک مساله دیگر که باید مورد توجه قرار گیرد سلف و خازن موجود در

مدار است. به بررسی یک مثال دیگر می پردازیم و اثر سلف و خازن مدار را در نظر می گیریم :

مثال دوم:

در مثال قبل اگر برای تجهیز مقدار سلف و خازن به قرار زیر باشند

$$C_i = 0.2 \mu F$$

$$L_i = 2.1 mH$$

برای کابل‌های رابط نیز مقادیر زیر معلوم می باشد:

$$C_{CABLE} = 40\text{pF/ft}$$

$$L_{CABLE} = 0.3 \mu\text{H/ft}$$

$$R_{CABLE} = 12 \Omega/1000 \text{ ft}$$

برای انتخاب Barrier باید دو شرط زیر نیز برقرار باشد:

$$C_i + C_{CABLE} \leq C_o$$

$$L_i + L_{CABLE} \leq L_o$$

اگر فرض کنیم که Barrier انتخابی ما دارای مقادیر زیر باشد:

$$C_o = 0.4 \mu\text{F}$$

$$L_o = 2.9 \text{ mH}$$

باید ماکزیمم مقدار سلف و خازن کابلها و ماکزیمم طول آنها را حساب کنیم:

$$C_{CABLE} = C_o - C_i = 0.4 - 0.2 = 0.2 \mu\text{F Max} \rightarrow \text{Cable Length} = 0.2 / 40 = 5000 \text{ ft Max}$$

$$L_{CABLE} = L_o - L_i = 2.9 - 2.1 = 0.8 \text{ mH Max} \rightarrow \text{Cable Length} = 0.8 / 0.3 = 2667 \text{ ft Max}$$

در این حالت ماکزیمم طول کابل نباید از 2667 فوت بیشتر گردد. البته این نکته قابل ذکر است که در طراحی باید طول کابل را ابتدا مشخص نمود و سپس به انتخاب تجهیزات دیگر اقدام کرد تا مبادا به مشکل برخورد کنیم. در استاندارد اروپایی برای هر تجهیز مشخصه L/R تعیین می گردد و برای کابلها نیز این مشخصه داده می شود. در این استاندارد اگر مقدار L/R کابل از مقدار L/R تجهیز کمتر باشد، از تاثیر سلف بر مدار صرف نظر خواهد گردید.

در مثال بعد تاثیر مقدار مقاومت بر مدار را بررسی می نماییم:

مثال سوم:

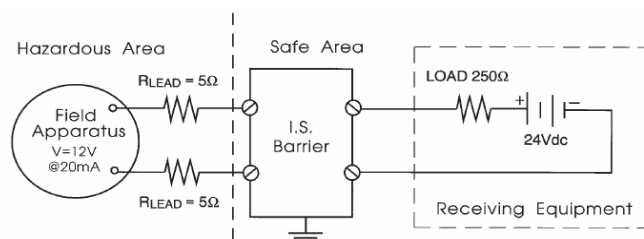
در استفاده از Barrier ها این موضوع را باید مد نظر قرار دهیم که افت ولتاژ روی مقاومت موجود در مسیر Barrier نباید در ارسال سیگنال از سوی تجهیز به سیستم کنترل، مشکلی ایجاد نماید. به مثال زیر توجه نمایید:
یک تجهیز با مشخصات زیر را در نظر بگیرید:

$$V_{(\text{Field Device})} = 12\text{V}$$

$$\text{Signal} = 4\text{-}20\text{mA}$$

$$R_{(\text{Field Device})} = 600\Omega$$

مقدار ولتاژ سیستم کنترل نیز برابر 24V است. ($V_{\text{LOOP}}=24\text{V}$)



شکل شماره 19

$$R_{\text{Loop}}: 24V / 20mA = 1200\Omega$$

$$R_{\text{Field Device}}: 12V / 20mA = 600\Omega$$

مقاومت کل مسیر باید 1200 اهم باشد. مقاومت سیستم کنترل و کابلها نیز مطابق شکل شماره 19 ، مشخص می باشد:

$$R_{\text{Load}} = 250\Omega$$

$$R_{\text{Wire}} = 10\Omega$$

مقاومت داخلی Barrier برابر خواهد بود با:

$$R_{\text{Max for Barrier}} = 1200 - (600 + 250 + 10) = 340\Omega$$

پس مقاومت موجود در Barrier نباید بیشتر از 340 اهم شود اگر مقاومت آن بیشتر از این مقداری که محاسبه شد باشد کل

سیگنال ارسالی از تجهیز به سیستم کنترل نخواهد رسید. به عنوان مثال اگر مقاومت Barrier برابر 500 اهم باشد آنگاه داریم:

$$I_{\text{Device}} = 24V / (600 + 250 + 10 + 500) = 17.6mA$$

در انتخاب Barrier علاوه بر شرایط فوق باید به نکات دیگری نیز توجه داشت، مشخصات تجهیز باید به درستی بررسی شود

سیگنال مورد نظر ما دیجیتال است یا آنالوگ، تجهیز ما چند سیمه است دو سیمه، سه سیمه و یا چهار سیمه. سایت نیز باید به

درستی بررسی شود و مشخص گردد که از نظر منطقه خطر و گازهای قابل اشتعال در چه گروهی قرار می گیرد.

References:

1. Engineer's Guide for Intrinsic Safety, from PEPPERL+FUCHS
2. How to choose a 4-20mA Isolators, from www.acromag.com
3. Design of Intrinsically Safe Systems, from www.mtl-inst.com
4. The art of Intrinsic Safety, from www.ronan.com
5. Intrinsic Safety Circuit Design, from www.omega.com
6. Intrinsic Safety Basic Principles
7. Application Note for Isolators, from www.acromag.com
8. Installation & Inspection of I.S apparatus, from www.mtl-inst.com
9. Why Choose Intrinsic Safety, from www.mtl-inst.com