Danesh Aria
شرکت دانش آریا (سهامی خاص)

شرکت مهندسی ولکانیک
VOLCANICO.

شرکت دانش آریا نماینده OBO و شرکت ولکانیک ارائه میکنند:

وبینار آشنایی با تداخل های AC,DC در حفاظت کاتدی (نگاهی کاربردی به اسپارک گپ)

- **آشنایی با تجهیزات مجزا کننده DC**
- **آشنایی با PCR و ZEC**
- **آشنایی با اسپارک گپ و کاربرد آن**
- **مقایسه اسپارک گپ با PCR**
- **مقایسه اسپارک گپ با ZEC**
- **انواع اسپارک گپ و نحوه انتخاب رنج**
- **تحمل ولتاژی وجریانی اسپارک گپ**
- **اسپارک گپ ضد انفجار**
- **روش نصب اسپارک گپ بر روی I F**
- **روش نصب اسپارک گپ بر روی I J**

مدرس: آقای مهندس خدایاری

نویسنده کتاب نگاه کاربردی به سیستمهای زمین،
حفاظت صاعقه و شیلدینگ

و مدیر عامل شرکت ولکانیک

شنبه 8 خرداد 1400، ساعت 20

اسپارک گپ مدل OBO EX_ISG_H 350:

WWW.DANESHARIA.IR

Danesh Aria
شرکت دانش آریا (سهامی خاص)

Telfax : 021 28 42 69 52
info@danesharia.ir

جهت خرید اسپارک گپ های OBO مدل EX ISG H 350 با شرکت دانش آریا تماس حاصل نمایید.

دیگر محصولات شرکت دانش آریا :

- ☑ آندهای Anode Mixed Metal Oxide یا MMO : به صورت لوله‌ای ، ریبونی ، وایری
- ☑ انواع آندهای فداشونده آلومینیوم (آلومینیوم-ایندیم-روی)، روی و منیزیم
- ☑ کابل مقاوم به کلر (HMWPE/PVDF) یا کاینار (Kynar)
- ☑ انواع اسپارک گپ ، PC ، PCR

WWW.DANESHARIA.COM

WWW.DANESHARIA.IR

Danesh Aria

شرکت دانش آریا (سهامی خاص)

Telfax : 021 28 42 69 52

info@danesharia.ir

وبینار تخصصی

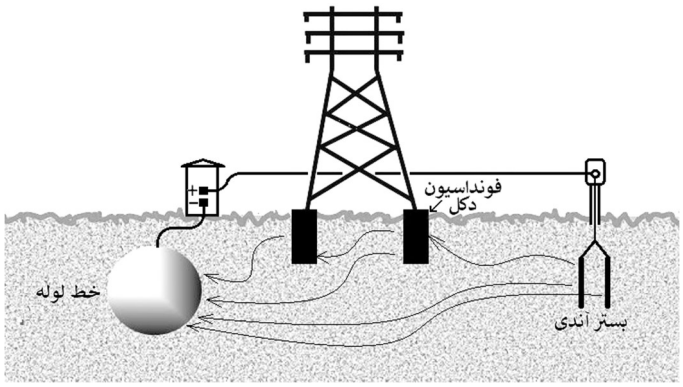
تداخل سیستم زمین با حفاظت کاتدیک
و انتخاب تجهیزات مجزا ساز DC
(DC Dequplers)

ارائه توسط شرکت های ولکانیک و دانش آریا

شرکت مهندسی ولکانیک
VOLCANICo.

Danesh Aria
شرکت دانش آریا (سهامی خاص)

اجزایی از هر دو سیستم زمین و حفاظت کاتدیک، داخل خاک قرار می‌گیرند و زمین نیز خاصیت هدایت الکترولیتی دارد، لذا این دو روی هم اثرات متقابل خواهند داشت. اصلِ وقوع این پدیده، اجتناب ناپذیر است، ولی روش‌هایی جهت مقابله با تبعات آنها وجود دارد. آندها در سیستم حفاظت کاتدیک، داخل خاک قرار می‌گیرند و جریانی موسوم به جریان یونی در داخل خاک از آن‌ها به سمت کاتد (سازهٔ فلزی تحت حفاظت)، جاری خواهد شد. این جریان سرگردان[1] می‌تواند به الکترودهای سیستم زمین و یا فونداسیون مسلح دکل‌های برق و امثالهم آسیب زده و باعث خوردگی آن‌ها شود (شکل ۲-۱۵). منشاء این جریان، سیستم حفاظت کاتدیک است و هر چند مقصود این است که بین آند و کاتد (خط لوله) جاری شود، ولی در مسیرش از الکترودهای زمین درون خاک و فونداسیون دکل‌ها هم عبور کرده و لذا یک جریان سرگردان برای الکترودهای زمین و دکل ها محسوب خواهد شد.



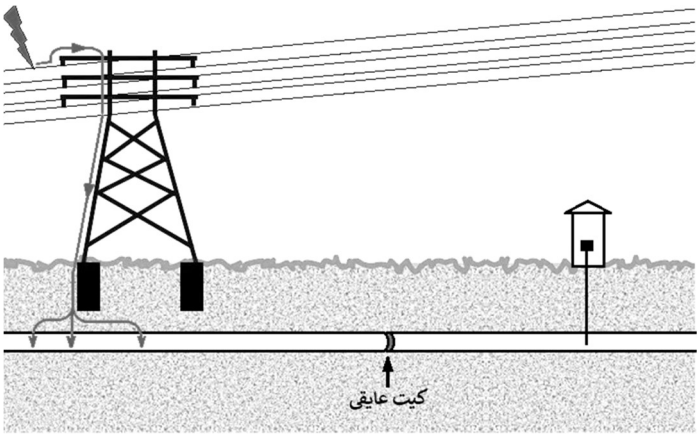
در طراحی حفاظت کاتدیک به روش جریان تزریقی، برای گسیل یون کافی از آندها و پوشش‌دهی و توزیع یکنواخت جریان به همهٔ مناطق کاتد، باید آند یا بسترهای آندی تا حد ممکن دور از لوله نصب شوند. هر چه فاصلهٔ آندها از لوله دورتر باشد، شعاع حفاظت بیش‌تر می‌شود. این حسن در حفاظت کاتدیک، به عنوان یک عیب در سیستم زمین محسوب می‌شود، زیرا جریان حفاظت مسافت زیادی را درون خاک طی می‌کند (گاهی چند کیلومتر) و چه بسا در این بین، الکترودهای زمین، فونداسیون مسلح دکل‌های انتقال و سازه‌های فلزی متعدد دیگری در خاک وجود داشته باشند. این جریان حفاظت کاتدیک که برای لوله نوش‌دارو است، برای این الکترودهای زمین و سازه‌های بتن مسلح مثل سم عمل می‌کند.

مقدار این جریان تزریقی معمولاً زیاد (در حد چند ده تا چند صد آمپر) و مسافت طی شده این جریان درون خاک هم بسیار زیاد می‌باشد. در فصل ۱۱ این کتاب، در مورد مصادیق خوردگی جریان سرگردان توضیحاتی ارائه شده و یکی از مصادیق بارز جریان‌های سرگردان در نیروگاه‌ها و محیط‌های شهری و صنایع بزرگ همین سیستم حفاظت کاتدیک (مخصوصاً نوع جریان تزریقی) معرفی گردید.

---

۱ - Stray Current

متقابلاً، در لحظهٔ وقوع صاعقه، یا اتصالی ناشی از خطای انسانی یا نقص درعایق کابل‌ها، نشت مقره و غیره، جریان زیادی از طریق الکترودهای زمین به خاک سرازیر خواهد شد، که ممکن است به پوشش لوله‌ها و مخازن زیر زمینی، فلنج‌های عایقی و در نهایت به ترانس یکسوکنندهٔ حفاظت کاتدیک آسیب بزند (شکل ۱۵-۳). در این شکل، پس از بروز صاعقه و اصابت به خط انتقال، جریان از طریق الکترود زمین و فونداسیون دکل به خاک وارد شده و آسیب هایی که ذکر شد را روی خط لوله پدید می‌آورد.



۱۵-۳- مرور استانداردها

۵ استاندارد معتبر بین المللی با ویرایش های جدید در حوزه تداخل دو سیستم حفاظت کاتدیک و سیستم زمین وجود دارد :

NACE SP0177-2007
(formerly RP0177)
Item No. 21021

NACE INTERNATIONAL

Standard Practice

Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems

©2018 NACE International, 15835 Park Ten Place, Suite 200, Houston TX 77084, USA. All rights reserved. Reproduction, republication or redistribution of this standard in any form without the express written permission of the publisher is prohibited. Contact NACE International by means of our website www.nace.org, email FirstService@nace.org, or (phone) 281-228-6223 for reprints of this standard.

NACE SP21424-2018
Item No. 21424
Approved 2017 Dec

Alternating Current Corrosion on Cathodically Protected Pipelines: Risk Assessment, Mitigation, and Monitoring

BS EN 15280:2013

BSI Standards Publication

Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines applicable to cathodically protected pipelines

BS EN 50443:2011

BSI Standards Publication

Effects of electromagnetic interference on pipelines caused by high voltage a.c. electric traction systems and/or high voltage a.c. power supply systems

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 18086

First edition
2015-06-01

Corrosion of metals and alloys — Determination of AC corrosion — Protection criteria

متن مطالب استاندارد ISO 18086-2015حدود ۹۰٪ شبیه استاندارد BS-EN15280-2013 است ، پیوست های A تا H استاندارد ISO18086 نکات تازه و جالبی دارد .

استاندارد NACE SP0177 عمدتا در خصوص مشکلات ایمنی القای AC صحبت کرده و مطلب خاصی در مورد خوردگیAC ندارد ، موضوعات استاندارد NACE SP21424 بر عکس

درخصوص مشکلات ایمنی القای AC بحثی نکرده و موضوع را به NACE 177 ارجاع داده است .

راهکارهایی که جهت مقابله با خوردگی در استاندارد BS EN 50443 ارائه شده، برای لوله های تحت حفاظت کاتدیک نیست (مثلا توصیه ارتینگ مستقیم لوله) و نباید راهکارهای آنرا برای لوله های تحت حفاظت بکارگیریم

دسته‌بندی تداخل‌های سیستم زمین و حفاظت کاتدی

سیستم زمین و حفاظت کاتدی در سه حالت امکان تداخل و برهم کنش[1] دارند. **حالت اول** تداخل خطوط برق فشارقوی زمینی و هوایی با خطوط لولهٔ دارای حفاظت کاتدیک است. به عبارت دیگر القای ولتاژ خطوط هوایی و زمینی برق روی خطوط لولهٔ روزمینی یا زیرزمینی نفت و گاز، که امروزه به یکی از دغدغه‌های مهم طراحان و بهره‌برداران خطوط لوله تبدیل شده است. راه‌کارهای مقابله با این اثرات را "فرونشانی AC " می‌گویند.

نزدیکی و مجاورت خطوط انتقال برق و خطوط لوله از ابعاد گوناگون به ویژه بُعد اقتصادی، فوائد بسیار دارد. مهم‌ترین آن‌ها عبارت از یک جاده سرویس مشترک می‌باشد. این امر آن قدر اهمیت دارد که امروزه بعضی از پژوهشگران را بر آن داشته است که به نوعی به "بزرگراه انرژی" جهت استفادهٔ مشترک کلیهٔ تاسیسات خدماتی مانند خطوط انتقال برق، گاز، نفت، آب و غیره بیندیشند. اما چنین مسیر مشترکی مضراتی هم دارد. مثلاً :

۱- جریان خطوط انتقال برق از طریق اتصال زمین دکل‌ها، به نقاط فلزی یا خلل و فرج پوشش خط لوله منتقل خواهد شد (انتقال جریان از طریق الکترود زمین)

۲- جریان AC عبوری از خطوط انتقال برق با ایجاد یک میدان مغناطیسی، ولتاژی روی خط لوله القاء خواهند کرد.

۳- تغییرات جریان خطوط انتقال برق (به دلیل تغییر بار مصرفی) باعث ازدیاد القای ولتاژ و جریان القایی روی خط لوله خواهند شد.

۴- درصورت وقوع خطای اتصال زمین یا اتصال کوتاه فاز به فاز، اثراتی که به دامنهٔ جریان خط وابسته‌اند، به دلیل بالارفتن شدید جریان، چندین برابر افزایش خواهند یافت.

۵- رعد و برق می‌تواند موجب خطای اتصال زمین شده و جریان ورودی به زمین را دفعتاً چندین برابر افزایش دهد. لذا اثرات گرادیان آن بر خط لوله نیز افزایش می‌یابد.

۶- در مورد خطوط لولهٔ روزمینیِ در حال ساخت ، میدان الکتریکی اطراف هادی‌های فشارقوی روی دستگاه‌های سایشی (مانند ماشین‌های مخصوص اجرای پوشش لوله) سبب القای زیادی خواهد شد و گاهی با ایجاد جرقه‌ای کوچک، باعث تخلیهٔ الکتریکی و به دنبال آن، آتش سوزی و انفجار می‌گردد.

۷- درحین تعویض قسمتی از خط لوله، خطر ایجاد قوس الکتریکی بین لوله و زمین، در اثر تزویج خازنی وجود خواهد داشت.

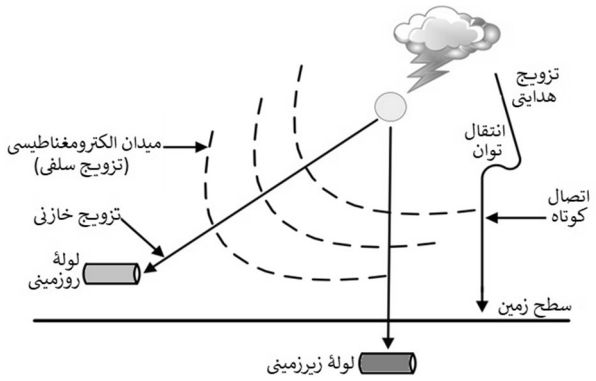
۸- برای خطوط لولهٔ دارای حفاظت کاتدیک، جریان‌های سرگردان ناشی از تزویج هدایتی، موجب تضعیف عمل‌کرد حفاظت کاتدی لوله و دربعضی شرایط موجب خوردگی AC خواهند شد.

شکل (۱۵-۷) سه تزویج هدایتی، سلفی و خازنی روی لوله‌های روزمینی و زیرزمینی را در هنگام برخورد صاعقه نشان می‌دهد.

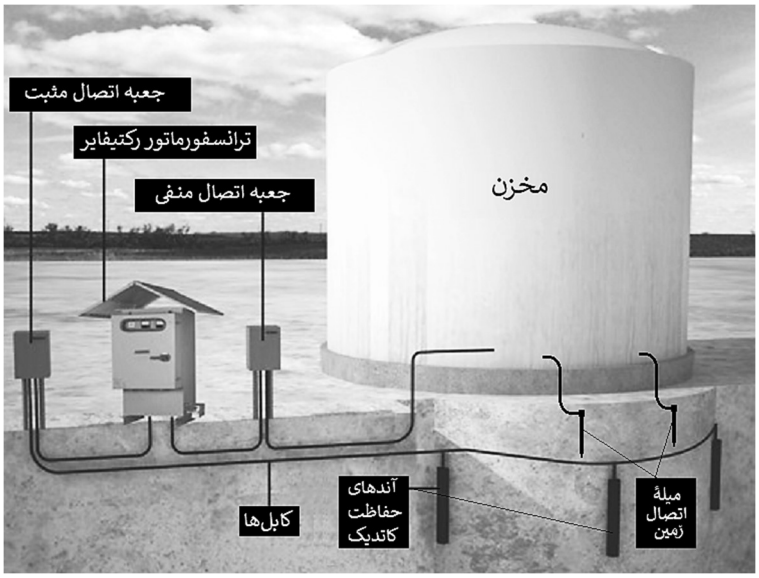
---

۱ - Interaction

حالت دوم تداخل سیستم زمین و حفاظت کاتدیک، در واحدها و پلنت‌های بزرگ و دارای خطوط لوله و خطوط برق زیاد و متراکم مثل نیروگاه، پتروشیمی و پالایشگاه است. به این پدیده، تزاحم و برهم‌کنش بین سیستم‌های حفاظت کاتدی و سیستم زمین می‌گویند. مثلاً در شکل ۱۵-۸ برای این‌که کف مخزن روزمینیِ درون پالایشگاه یا نیروگاه، خورده نشود، تحت حفاظت کاتدی است و بخاطر تخلیهٔ ایمن صاعقه و بارهای ساکن، زمین هم شده است. این دو سیستم، درون خاک، روی هم تاثیراتی گذاشته‌اند که به نفع هیچ‌کدامشان نیست!



شکل (۱۵-۷) : نمایش سه تزویج هدایتی، سلفی و خازنی روی لوله‌های روزمینی و زیرزمینی



شکل (۱۵-۸) : تاثیر متقابل سیستم زمین و حفاظت کاتدیک در یک مخزن

وجود سیستم زمین باعث می‌شود جریان حفاظت کاتدی به خوبی به تمام مناطق درکف مخزن نرسد (این پدیده را در حفاظت کاتدیک، شیلدینگ می‌گویند)، یعنی سیستم زمین در بعضی مناطق یک شیلد (سپر) نامطلوب در مقابل جریان حفاظت کاتدی ایجاد کرده است. اگر یکسوکنندهٔ حفاظت کاتدی بنا به دلایلی قطع شود، بین الکترودهای زمین (اگر مسی باشند) و کف مخزن، پیل تشکیل می شود و بخش‌هایی از کف مخزن دچار خوردگی گالوانیک خواهد شد. میزان این تداخل ها به چیدمان آندها و جنس الکترودها و هادیهای زمین وابسته است.

از منظری دیگر، کافی است اتصال یکی از الکترودهای زمین با مخزن، به صورت موقت یادائم قطع شود. در این صورت ظرف چند روز، این میله زمین دچار خوردگی جریان سرگردان ناشی از جریان حفاظت کاتدی خواهد شد. اگر با هدف عمل‌کرد مناسب فرآیند حفاظت کاتدیک، لوله‌های ورودی وخروجی مخزن توسط اتصالات عایقی به صورت الکتریکی ایزوله شده باشند، در لحظهٔ اصابت صاعقه، این ناپیوستگی الکتریکی باعث وقوع جرقه درطرفین اتصال یا اتصالات عایقی خواهد شد. این جرقه، می‌تواند موجب صدمه به اتصالات گران‌قیمت عایقی گردد و هم گاهی موجب آسیب جانی به شخصی که دوطرف اتصال عایقی را لمس کرده، یا اگر اتصال عایقی در پالایشگاه‌ها در مناطق مستعد انفجار[۳] نصب شده باشد، باعث انفجار گردد.

حالت سوم، تداخل خطوط مترو و قطاربرقی روی خطوط لولهٔ مجاور[۴] است. این مورد نیز با توسعهٔ زیرساخت‌های شهری و مترو به یک چالش جدی تبدیل شده است. خطوط لولهٔ زیرزمینی گاز و آب که نزدیکی خطوط ریلی برقی DC و یا حتی AC (با شدت کم‌تر) اجرا شده‌اند، در معرض خوردگیِ جریان سرگردان خواهند بود.

در این حالت، جریان سرگردان همان جریان خط ریلی است که قاعدتاً باید از مسیر ریل برگردد، ولی بخشی از آن از ریل به زمین سرازیر شده و روی خط لوله می‌رود. این سهم جریان، پس از طی مسیری روی لوله، در نزدیکی ایستگاه برق مترو، ناچاراً به ریل برمی‌گردد. آن بخش از لوله که از آن جریان خارج می‌شود، به منطقهٔ تخلیه[۵] معروف است و ناحیه‌ای که جریان مترو وارد خط لوله می‌گردد، منطقهٔ برداشت[۶] نامیده می‌شود. در مناطق تخلیهٔ جریان سرگردان به الکترولیت (خاک) خوردگی لوله رخ می‌دهد، ولی در مناطق برداشت جریان مشکلی روی لوله ایجاد نمی‌شود (شکل ۱۵-۹).

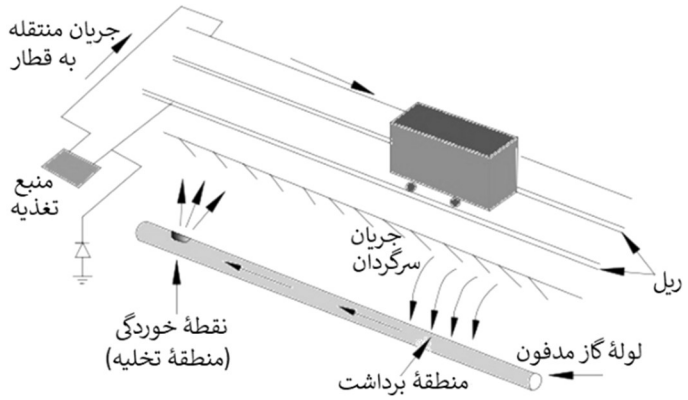
---

۱ - Hazardous area

۲ - Electrified Railway & Subway Interferences

۳ - Discharge points

۴ - Pick Up points



شکل (۱۵-۹) : مناطق تخلیه و برداشت جریان سرگردان در روی لوله ، خوردگی در مناطق برداشت رخ می دهد

راه‌کارهای مقابله با تداخل‌ها و جریان‌های سرگردان

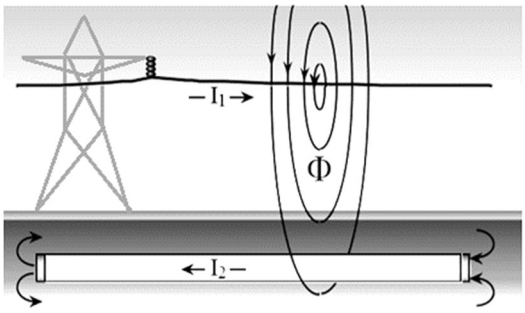
۱۵-۵-۱- بررسی مشکلات القای خط برق روی لوله مجاور

دو نوع تداخل و اثر سوء ناشی از القای خطوط هوایی و زمینی برق روی خطوط لولهٔ زیر زمینی وجود دارد :

الف- تداخل گذرا و کوتاه مدت ناشی از اتصال کوتاه در خط یا مشکلات موردی ایزولاسیون مقره‌ها در خطوط هوایی

ب- تداخل طولانی مدت یا دائمی ناشی از القای الکترومغناطیسی خط هوایی روی لوله در حالت سرویس‌دهی معمولی خط برق؛ در این حالت ولتاژ القایی بیش از ۵۰ ولت روی لوله مشکلات برق‌گرفتگی و ایمنی ایجاد می‌کند. ضمن آن‌که ولتاژهای القایی دائمی خیلی کم‌تر از این مقدار (در حد ۵ ولت) نیز ممکن است خطر خوردگی لوله‌های استراتژیک انتقال گاز یا نفت را در پی داشته باشند، به خصوص در مکان‌هایی که مشکلی در پوشش لوله وجود دارد.

در شکل ۱۵-۱۰، هادی خط هوایی که جریان I1 از آن می‌گذرد، روی خط لوله مجاور خود، جریان I2 را القاء می‌کند. باید دقت داشت این جریان درحالتی روی لوله القاء شده که خبری از اتصالی یا صاعقه هم نیست. بالا رفتن پتانسیل‌های تماسی و گامی درنزدیکی خط لوله و خوردگی ناشی از جریان متناوب[۱]دو عارضه عمدهٔ ناشی از القای خطوط برق روی خطوط نفت و گاز می‌باشند (شکل ۱۵-۱۱).



شکل (۱۵-۱۰) : مشکل القای خط برق روی لولهٔ مجاور

۱ - AC Corrosion

تشخیص و اثرات جریان AC و صاعقه

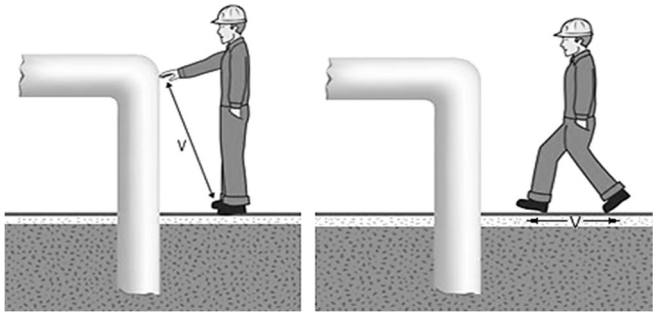
فصل سوم استاندارد NACE SP 0177 به سه سازوکار ممکن برای تزویج و سوارشدن ولتاژ روی خط لوله اشاره کرده که عبارتند از:

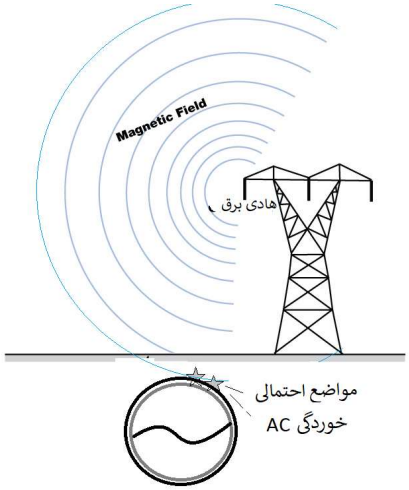
الف- تزویج[۸]مقاومتی (الکترولیتی یا گالوانیک هم گفته می‌شود)

ب- تزویج سلفی ناشی از میدان مغناطیسی

ج- تزویج خازنی ناشی از میدان الکتریکی

این صورت‌های مختلف تزویج، در شکل ۱۵-۱۲ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از شکل می‌توان پی‌برد، در تزویج مقاومتی خبری از میدان (الکتریکی یا مغناطیسی) نیست و القا به آن معنا وجود ندارد ولی عبارت عامِ تزویج یا تداخل به آن نیز اطلاق می‌شود.



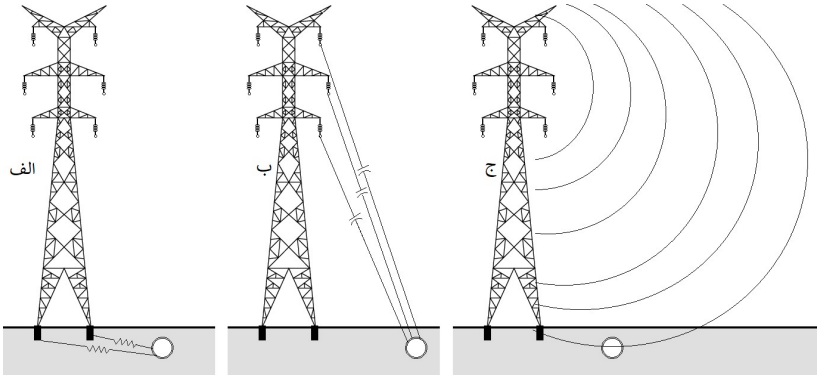


۲ - Coupling

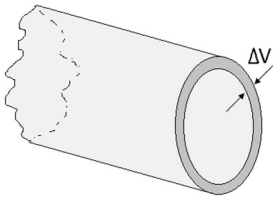
الف- تزویج مقاومتی[۹]

نمونه‌ای از تزویج مقاومتی، حالتی است که به خاطر نشت مقره، جریانی از هادی به طرف دکل و از آن‌جا به فونداسیون و زمین هدایت می‌شود، یا در صورت اصابت صاعقه به سیم گارد بالای دکل، جریان به طرف زمین هدایت شده، به سمت لوله رفته و موجب افزایش پتانسیل آن می‌گردد. این تزویج را در بعضی مراجع، تزویج هدایتی هم گفته‌اند.

یکی از اثرات زیان‌بار تزویج مقاومتی این است که لولهٔ زیرزمینی که طبعاً دارای پوششی با خاصیت عایقی الکتریکی خوبی است احتمالاً بر اثر عبور جریان ناشی از تزویج مقاومتی، ولتاژ زیادی را در مقطع خود دریافت کرده (شکل ۱۵-۱۳) و این ولتاژ موجب آسیب به پوشش آن شود. گرچه خطرات جانی و شوک به اپراتور خط لوله، در این نوع تزویج وجود دارد، ولی همان‌طور که در ادامه بیان خواهد شد، شدت آن به اندازهٔ تزویج سلفی نیست.



شکل (۱۵-۱۲) : انواع تزویج، (الف): مقاومتی، (ب): خازنی، (ج): سلفی



شکل (۱۵-۱۳) : ولتاژ ایجاد شده روی ضخامت پوشش لوله در اثر تزویج هدایتی

۱ - Resistive Coupling

۲ - Conductive Coupling

عوامل تاثیر گذارروی تزویج مقاومتی (گالوانیک) به شرح زیرند :

۱. جریان اتصال کوتاه خط انتقال

۲ . طول و نوع سیم گارد

۳. ابعاد فونداسیون و زمین دکل

۴. مقاومت مخصوص خاک محل

۵. فاصلهٔ بین تصویر هادی‌های خط بر زمین، تا لوله

نکات مربوط به تزویج مقاومتی را می‌توان به صورت زیر جمع بندی کرد :

- تماس با لوله در لحظهٔ اتصال کوتاه خط فشارقوی هوایی یا زمینی خطر جانی دارد.
- خوردگی AC روی لوله، ناشی از این نوع تداخل درحد صفر است. ولی درعوض آسیب به پوشش لوله‌های مدفون در لحظات گذرا و در اثر جریان‌های زیاد قابل توجه است. یعنی براثر این نوع تداخل و تزویج، فلز لوله خورده نمی‌شود، بلکه پوشش لوله آسیب می‌بیند ولی چون به طور غیرمستقیم درطول زمان، پوشش لوله ضعیف شده است، فلز آن هم دچار خوردگی خواهد شد.
- تزویج مقاومتی عمدتاً به صورت لحظه‌ای و گذرا می‌باشد. نوعی از آن که در حالت دائمی ناشی از نشت مقره است، در صورت نگهداری مناسب خط هوایی و مقره‌شویی و یا تقویت سیستم زمین دکل‌ها قابل چشم پوشی است، یا دست‌کم نسبت به تزویج سلفی در اولویت دوم است. تقویت سیستم زمین دکل ها به عبارتی ، پایین آوردن مقاومت یا امپدانس سیستم زمین دکل ها، اولا با توجه به مباحث انتهای فصل ۱۳ ، منجر به کاهش احتمال قوس برگشتی در هنگام صاعقه ، وپایین بردن احتمال خطر پتانسیل های گام و تماس برای شخص و دام اطراف دکل خواهد شد و ثانیا با توجه به رابطه (۱) ارائه شده دراین فصل، باعث افزایش فاصله مجاز یا حریم دو همسایه (حفاظت کاتدی و سیستم زمین) خواهد شد .

ب- تزویج خازنی[۱]

این تزویج بخاطر وجود خازن‌های مَجازی نسبتاً بزرگی است که بین هادی‌های شبکهٔ هوایی و لوله تشکیل می‌شوند. هادی یا هادی‌های خط فشارقوی به عنوان یک جوشنِ خازن، لوله به عنوان جوشن دوم و هوا به عنوان الکترولیت این خازن‌ها عمل خواهند کرد. چهار عامل تاثیرگذار در تزویج خازنی عبارتند از :

۱. سایز لوله

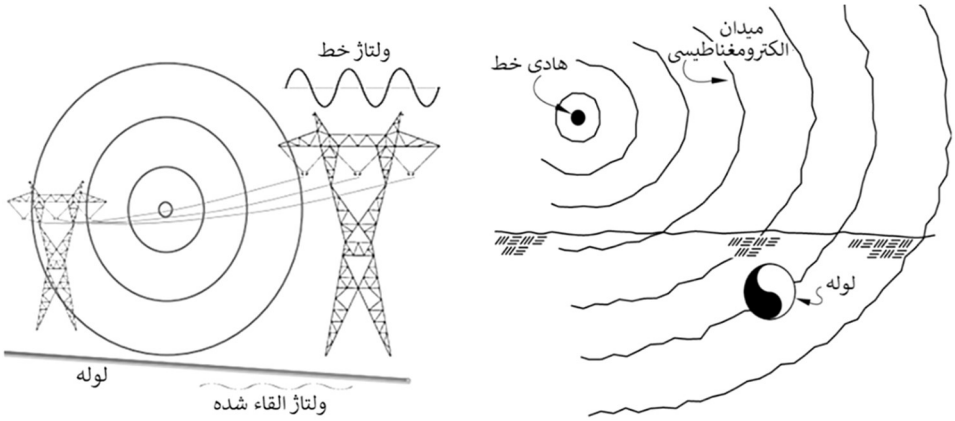
۲. فاصلهٔ لوله تا سیم ها

۳. ولتاژ خط برق

۴. چیدمان و تعداد مدار سیم‌های هوایی

۱ – Capacitive coupling

تزویج یا تداخل سلفی، ناشی از میدان مغناطیسی اطراف خطوط هوایی یا زمینی برق است. شکل ۱۵-۱۷ میدان مغناطیسی شکل گرفته دور هادی‌های برق را نشان می‌دهد که خط لوله را قطع نموده و روی آن ولتاژی القاء می‌نماید. این میدان، می‌تواند تا کیلومترها روی لولهٔ پوشش‌دار بماند، یعنی پتانسیل لوله نسبت به زمین، که قبل از القاء درحد صفر بوده ممکن است به چند ده یا چند صد ولت برسد.



شکل (۱۵-۱۷) : تزویج سلفی از هادیهای برق فشارقوی روی لوله زیر زمینی یا روزمینی

هشت عامل تاثیر گذار بر شدت تزویج سلفی عبارت‌اند از :

۱. فاصلهٔ بین خط فشارقوی و سازه (خط لوله یا مخزن)

۲. اندازهٔ جریان عبوری از خط برق و مسافتی که این دو (خط برق و خط لوله) در حریم و همسایگی هم به طور موازی حرکت می‌کنند.

۳. تغییر آرایش فازهای خط انتقال فشارقوی در مسیر (ترانسپوزه بودن)

۴. تعادل جریان در فازهای خط

۵. نوع هادی محافظ (شیلد یا گارد) در بالای دکل

۶. مقاومت پوشش سازه (لوله)

۷. زمین شدن یا زمین نشدن لوله

۸. مقاومت مخصوص عمق‌های مختلف خاک تا عمق استقرار لوله

استاندارد **NACE SP 0177** علاوه بر عواملی که پیش‌تر برای حالت دائمی ذکر شد، سه پدیدهٔ گذرای زیر را نیز به عنوان عوامل بروز تداخل روی خط لوله نام برده است:

- صاعقه
- اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی (سوئیچینگ)
- اتصال کوتاه

در لحظه وقوع خطای فاز به زمین، پتانسیل سازه‌های اطراف محل وقوع اتصال کوتاه نسبت به زمین دور بالا می‌رود. این پدیده موجب آسیب به تجهیزات ابزاردقیق لوله، پوشش لوله و احتمالاً خطرات جانی خواهد شد. برخورد صاعقه به سیم گارد، هادی‌های فاز، راس دکل یا حتی به زمین اطراف آن نیز شرایطی مانند اتصال کوتاه روی خط ایجاد نموده و احتمالاً ولتاژ بیش‌تری روی لوله ایجاد می‌کنند. اضافه ولتاژها (سرج ها)ی ناشی از کلیدزنی و سایر حالت‌های گذرا[۲] مثل ورود و خروج بارهای سلفی بزرگ به مدار، راه‌اندازی یک واحد پرمصرف کارخانهٔ فولاد و... باعث افزایش لحظه‌ای جریان و نتیجتاً افزایش تزویج سلفی و خازنی روی سازه‌های مجاور خواهد شد.

جمع بندی تزویج سلفی که بیش‌ترین اثرات سوء تداخلی را روی خط لوله دارد به صورت زیر است :

- **تزویج سلفی خط هوایی انتقال نیرو، هم در حالت گذرا و هم درحالت دائمی وجود دارد**
- **تزویج سلفی روی خطوط لولهٔ روزمینی و زیر زمینی وجود دارد**
- **تزویج سلفی موجب خوردگی AC روی لوله خواهد شد**

گرچه القای ولتاژ AC روی خطوط لولهٔ روزمینی نیز وجود دارد، ولی چون این لوله‌ها حفاظت کاتدیک ندارند، به راحتی می‌توان آن‌ها را زمین کرد و چون داخل الکترولیت (خاک) نیستند، خوردگی AC هم ندارند. بنابراین بیش‌ترین اثرات تداخل خطوط هوایی، بر آن دسته از لوله‌ها و سازه‌های زیرزمینی است که دارای پوشش هستند. این لوله‌ها را نباید زمین کرد، چون این‌کار باعث می‌شود، ولتاژ حفاظت کاتدیک که به عنوان لایهٔ پلاریزه‌کننده و به مثابه سپر در برابر بروز خوردگی عمل می‌کند، از بین برود و لذا اصلاً عاقلانه نیست.

خطرات ناشی از القاء و تداخل در حالت‌های گذرا و یا دائمی را می‌توان با برداشت از استاندارد NACE SP 0177 به صورت جدول ۱۵-۱ نشان داد.

جدول (۱۵-۱): خطرات ناشی از القاء و تداخل در حالت‌های گذرا و یا دائمی

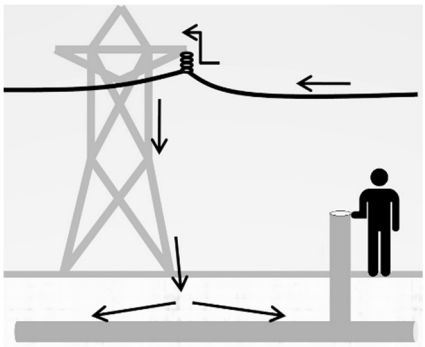
حالت و شرایط گذرا (اتصال کوتاه و صاعقه)	حالت دائمی
ایمنی و خطر شوک در اشخاص	ایمنی و خطر شوک
ایجاد تنش روی پوشش لوله	خوردگی AC
خطر جرقه روی لوله و تجهیزات الکترونیکی و ابزاردقیق متصل به آن	

[۲] - Switching Surges or Other Transients

هر دو حالت گذرا و دائمی خطوط انتقال نیرو می‌توانند مشکلات ایمنی روی خطوط لوله ایجاد کنند، زیرا در حالت اول مقدار ولتاژ دریافتی توسط اپراتور خط لوله زیاد است (گرچه در زمان کمی آنرا دریافت می‌کند) و درحالت دوم، زمان دریافت القاء تداوم دارد، گرچه شدت آن به اندازهٔ حالت اتصال کوتاه نیست. نباید فراموش کرد که بیش‌ترین خطر در حالت دائمی و گذرا روی لوله‌های با پوشش با کیفیت تر ایجاد می‌شود، یعنی القاء روی لوله‌ای که زمین نشده است و در نتیجه می‌تواند برای اپراتور درتماس با لوله خطرآفرین باشد.

۱۵-۵-۳- خطرات شوک الکتریکی برای اپراتور

از نظر استاندارد **NACE SP 0177** دریافت ولتاژ تماسی AC بالای ۱۵ ولت موجب بروز شوک‌های خطرناک روی انسان خواهد شد. همان‌طور که اشاره گردید، هردو حالت القای گذرا و دائمی روی خط می‌توانند موجب شوک به اپراتور شوند (شکل ۱۵-۱۹). در سایر استانداردهای تخصصی برق مانند IEC 60364، ولتاژ ۵۰ ولت را حداکثر ولتاژ خطرناک برای انسان دانسته‌اند، این‌که در استاندارد NACE SP 0177 ولتاژ پایین‌تری معرفی شده، شاید برای این است که اپراتورهای خطوط لوله که در مجاورت خطوط فشارقوی کار می‌کنند، تجهیزات کافی ایمنی و اطلاعات تخصصی در زمینهٔ خطرات برق ندارند و گاهی محیط کار آنها مملو از رطوبت می‌باشد (شکل ۱۵-۲۰). لذا استاندارد، حد محافظه‌کارانه‌تری را انتخاب کرده است. البته در ادامه پی خواهیم برد که این معیار برای مشخص‌کردن احتمال خوردگی روی لوله ناشی از القای ولتاژ AC نیز استفاده می‌شود.



شکل (۱۵-۱۹): هردو حالت القای گذرا و دائمی روی خط می‌توانند موجب شوک به اپراتور شوند

شکل (۱۵-۲۰): نمایی از یک کریدور انرژی، محیط کاری خطرناک و مستعد شوک برای کارگران خط لوله در مجاورت خطوط فشارقوی

۱۵-۵-۴- آسیب به پوشش لوله

تقریباً تمامی لوله‌های زیرزمینی دارای پوشش عایقی هستند و این پوشش بر اثر تخلیهٔ صاعقه در خطوط هوایی نزدیک آن‌ها، در معرض آسیب است. هر دو سازوکار تزویج مقاومتی و القایی می‌توانند سبب تنش ولتاژی یا در اصطلاح رایج برق موجب "شکست عایقی" شوند. محدودهٔ مجاز تنش ولتاژی در پوشش لوله‌های نفت و گاز، در اثر مجاورت با خطوط برق
فشارقوی و تخلیهٔ صاعقه به نوع و جنس پوشش ربط دارد. استاندارد **NACE SP 0177** این محدوده را در جدول ۱۵-۲ متناسب با نوع پوشش، تعیین کرده است.

جدول (۱۵-۲) : محدودهٔ مجاز تنش ولتاژی در پوشش لوله‌های نفت و گاز

نوع پوشش	حداکثر تنش ولتاژ مجاز (kV)
قیر	۱ – ۱/۲
قطران ذغالسنگ یا آسفالت	۳
3PE[۱۵] یا 2PE[۱۴] یا FBE[۱۳]	۳ - ۵

یک مشکل دیگر که به دلیل القای خط فشارقوی روی لولهٔ دارای حفاظت کاتدی معمول می‌باشد، این است که چون طبق اصل جمع آثار، ولتاژ DC حفاظت کاتدی و ولتاژ AC القائی، روی لوله جمع می‌شوند، قرائت و پایش ولتاژ حفاظت کاتدیک، یا به سختی انجام می‌شود (زیرا ولت‌متر نوسان زیاد دارد) یا اگر هم قابل قرائت باشد، به خاطر این‌که ولتاژ AC قابلیت قطبیت زدایی (دی‌پلاریزاسیون) دارد، ولتاژ لوله به صورت کاذب و معمولاً مثبت‌تر از مقدار واقعی خوانده می‌شود.

۱۵-۵-۵- راه‌کارهای مقابله با تداخل و تزویج در استاندارد **NACE SP 0177**
راه‌کارهای ۹ گانه مقابله با تداخل در فصل ۴ استاندارد به شرح ذیل پیشنهاد شده اند:

۱. صفحه‌های کنترل گرادیان پتانسیل
۲. زمین‌کردن مستقل سازه

۱ - Fusion bonded epoxy
۲ - 2 Layer Poly Ethylene
۳ - 3 Layer Poly Ethylene

۳. سیم‌های کنترل گرادیان پتانسیل، سیستم زمین یک‌پارچه، شیلدهای اتصال کوتاه

۴. هم‌بندی و اتصالِ زمینِ خط انتقال برق به خط لوله

۵. نصب آندهای پراکنده

۶. استفاده از لولهٔ غلافی اطراف لولهٔ اصلی

۷. نصب اتصالات عایقی روی خط لوله

۸. به‌کارگیری تجهیزات مجزاکنندهٔ DC مثل پلاریزاسیون‌سل شیمیایی، پلاریزاسیون‌سل الکترونیکی، الکترود زمین زینک یا ZEC[۱۶]، و سایر تجهیزات مشابه

۹. استفاده از تجهیزات حفاظت در برابر اضافه ولتاژ

از این ۹ راه‌کار، موارد ۱ تا ۴ کاملاً مرتبط با سیستم زمین هستند و ردیف‌های ۸ و ۹ نیز تلویحاً به یک سیستم زمین مناسب نیاز دارند. در ادامه به همهٔ این موارد اشاراتی خواهدشد.

۱۵-۵-۵-۵- تجهیزات مجزاکنندهٔ DC

فصل چهارم از NACE SP 0177 به راه‌کار مرسوم‌تر و عملی‌تری برای مشکلات فوق‌الذکر ، یعنی استفاده از تجهیزات مجزاکنندهٔ DC اشاره دارد. اساس کار این گونه تجهیزات چنین است که به طریقی ولتاژ AC القایی را به زمین منتقل کنند، ولی ولتاژ حفاظت DC را نگه داشته و به زمین منتقل ننمایند. مثلاً در تصویر سمت چپ شکل ۳۰-۱۵، لوله مستقیماً به زمین وصل نشده، بلکه این کار توسط یک خازن و دو دیود انجام شده تا جریان متناوب حتماً به زمین منتقل شده، ولتاژ AC روی لوله صفر شود، ولی در عین حال جریان DC حفاظت کاتدیک به زمین راه نیابد (یک خازن بزرگ در مقابل AC اتصال کوتاه و در برابر DC مدار باز است). دیودها نیز در حالتی که میزان ولتاژ AC القایی روی لوله خیلی زیاد نیست و درحد صفر است، ولی خازن به خاطر ولتاژ DC روی لوله شارژ شده استفاده می‌شوند تا پتانسیل DC اندازه‌گیری شده بین لوله و زمین، به طور کاذب بالاتر یا پایین‌تر از مقدار واقعی (بسته به پلاریتهٔ شارژ خازن) نشان داده نشود.

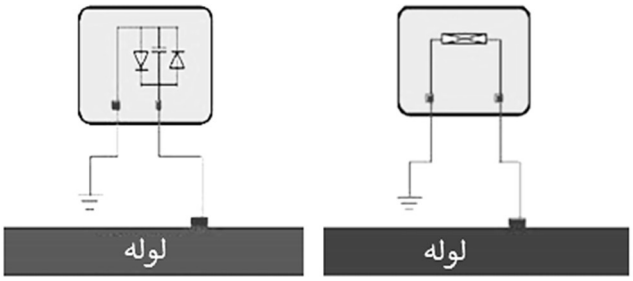
تجهیزات موسوم به مجزاکنندهٔ DC شامل پلاریزاسیون‌سل الکترولیتی (PC)، پلاریزاسیون‌سل الکترونیکی (PCR)، سل‌های آلومینیوم[۱۷]سل‌های روی، اسپارک‌گپ و دیودهای زنر (و حتی دیودهای معمولی) می‌باشند. برای نمونه در شکل ۱۵-۳۱ لوله مستقیم به زمین وصل نشده، بلکه توسط یک اسپارک گپ زمین شده تا ولتاژهای AC و حتی DC بیش از حد روی لوله نمانده و زمین شوند؛ ولی ولتاژ DC حفاظت کاتدیک که در حد ۶۰۰ میلی ولت تا نهایتا ۲/۵ ولت

---

۱ - Zinc Earthing Cell

۱ - Aluminum Cell

است، زمین نشود.تصویر سمت‌راست شکل ۱۵-۳۰ نیز شماتیک اتصال لوله به زمین، توسط اسپارک گپ را نشان می‌دهد.



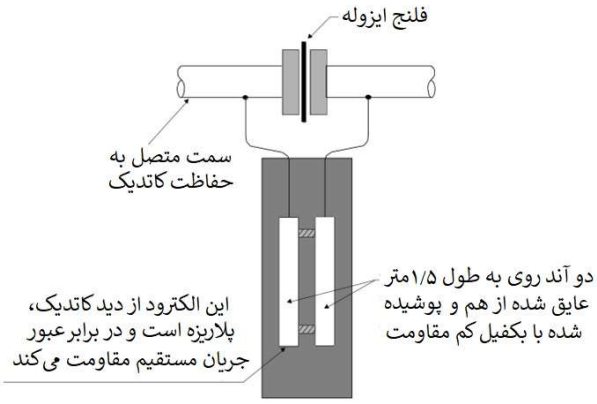
شکل (۱۵-۳۰) : استفاده از تجهیزات مجزاکنندهٔ DC سمت چپ ترکیب خازن و دیود، سمت راست اسپارگپ

از آن‌جا که حداکثر پتانسیل DC حفاظتی که روی لوله ظاهر می‌شود ۲/۵ولت است، اسپارک‌گپ این سطح ولتاژ را به زمین وصل نکرده و نگه می‌دارد که اتفاقی مطلوب است؛ ولی مشکل آن است که ولتاژهای AC کم‌تر از مقدار نامی خود را نیز نگه می‌دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از اسپارک‌گپ به عنوان یک مجزاکنندهٔ DC کیفیت و کارائی لازم را ندارد.

شکل (۱۵-۳۱): **استفاده از اسپارک گپ به عنوان یک مجزاکنندهٔ DC**

از سل زمینِ روی (اختصاراً ZEC) در NACE SP 0177 به نام سل الکترولیتی زمین نام برده شده است. به خاطر آن که این سل داخل خاک (الکترولیت) تعبیه می‌شود کلمهٔ الکترولیت در نام آن آمده و نباید با پلاریزاسیون‌سل الکترولیتی که توضیح آن در ادامه خواهد آمد، اشتباه شود. ZEC درحقیقت یک الکترود زمین است و وظیفهٔ حفاظت انسان در حال تماس هم‌زمان با طرفین لوله عایق شده و یا حفاظت خود اتصال عایقی را به عهده دارد. ولی چون روی

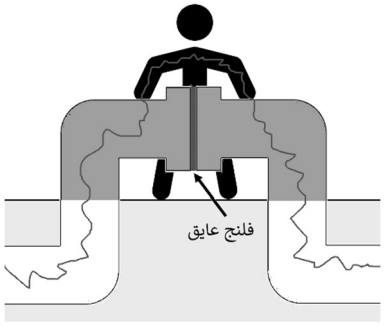
لوله حفاظت کاتدی نصب می‌گردد (و نباید از جنس مس یا فولاد باشد تا موجب پایین آوردن پتانسیل حفاظت شود)، الکترودهای زمین از جنس روی ساخته شده‌اند تا هم به عنوان الکترود زمین و هم به عنوان آند فداشونده عمل کنند (شکل ۱۵-۳۲).



شکل (۱۵-۳۲) : ساختار ZEC

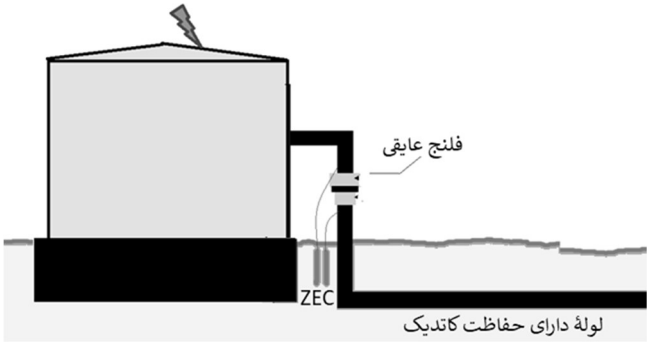
همان‌طور که درفصل ۱۴ هم اشاره شد، در خطوط لولهٔ دارای حفاظت کاتدیک، در مرزهای روزمینی و زیرزمینی لوله‌ها، به خاطر این‌که جریان حفاظت هدر نرود، از اتصالات عایقی استفاده می‌شود. اتصال عایقی برای طراح حفاظت کاتدی فرصت است، ولی برای طراح سیستم‌زمین و صاعقه‌گیر، تهدید محسوب می‌گردد، زیرا پیوستگی اتصالات و به طور مشخص لوله را از بین می‌برد. این عدم پیوستگی (یا به نوعی ایزولاسیون الکتریکی)، هم می‌تواند موجب آسیب و جراحت به بهره‌برداری که هم‌زمان دو طرف اتصال عایقی را لمس کرده، بشود (شکل ۱۵-۳۳) و هم می‌تواند به تخریب اتصال عایقی بیانجامد. زیرا اگر فرضاً این اتصال عایقی روی لوله‌ای نصب شده باشد که از مخزن به سمت زیرِ زمین هدایت می‌شود، در صورت اصابت صاعقه به مخزن، جریان از چندین مسیر به زمین هدایت می‌گردد، که یکی از این مسیرها سیستم زمین مخزن است و دیگری می‌تواند خط یا خطوط لولهٔ متصل به آن باشد. حال اگر خطوط لوله توسط اتصالات عایقی (ijها)[۸] به صورت الکتریکی عایق شده باشند، در برابر عبور جریان صاعقه ممکن است تاب نیاورده و به دلیل نقص ایزولاسیون آسیب ببینند. مشکل سوم، نصب اتصالات عایقی برای واحد ایمنی است، به این صورت که اگر اتصالات عایقی نصب شده روی لوله، در اطراف مخازن مستعد انفجار[۹] قرار گرفته باشند، در هنگام وقوع اتصالی یا صاعقه، با توضیحاتی که در بالا گفته شد جریان اتصالی به فلنج‌های عایقی می‌رسد. چون مسیر الکتریکی پیوسته نیست و عایق است، یک قوس ایجاد گردیده و از واشر عایقی یا فاصله هوایی بین اتصال عایقی رد می‌شود. وقوع این قوس الکتریکی در مناطق و زون های خطر می‌تواند سبب آتش‌سوزی شود.

۱ - Insulating Joints
۲ - Hazardous Area



شکل (۱۵-۳۳) : اختلاف پتانسیل خطرناک در طرفین فلنج عایق

خلاصه این‌که کاربرد اصلی ZEC جهت نصب درطرفین اتصال عایقی و به نوعی بای‌پس کردن آن در هنگام اتصالی و صاعقه است ، تا جریان صاعقه به جای عبورِ با زحمت و دردسر از اتصال عایقی، از طریق ZEC به زمین هدایت شود (شکل ۱۵-۳۴). ضمن آن‌که ZEC جهت محافظت بهره‌بردار هنگام لمس هم‌زمان دوطرف اتصال عایقی نیز موثر است. جنس آن از روی است و لذا روی پتانسیل حفاظت کاتدیک در بخش زیر زمینی لوله نیز اثرات نامطلوب ندارد.



شکل (۱۵-۳۴): نمونه‌ای از کاربرد ZEC

۱۵-۵-۵-۶- تجهیزات محافظ اضافه ولتاژ (سرج ارسترها)

سرج‌ارستر وسیله‌ای الکترونیکی است که مقاومت بالایی در برابر ولتاژهای DC و امپدانس بالایی در برابر ولتاژهای AC معمولی دارد، ولی همین مقاومت یا امپدانس در برابر ولتاژهای بالای ناگهانی(ولتاژهای القایی ناشی از صاعقه) به شدت پایین می‌آید. نوعی از این وسیله که کاربرد اصلی آن در حفاظت ثانویه می‌باشد، انواع سرج ارسترهایی است که در فصل ۸ کتاب ، معرفی شدند. در این‌جا انواعی از آن‌ها که در خوردگی و حفاظت کاتدیک رایج‌اند مورد بحث قرار می‌گیرند.

انواع مختلف سرج ارسترها عبارت‌اند از:

۱. پرشده با گاز[۱](تقریباً شبیه به برق‌گیرهای فشارقوی)

۲. تخلیهٔ سطحی[۲](اسپارک‌گپ جزو این دسته است)

۳. وریستورها یا VDRها[۳]که المان‌هایی نیمه‌هادی هستند و مقاومت آن‌ها با افزایش ولتاژ دوسرشان کاهش می‌یابد.

---

۱ - Gas Filled

۲ - Surface Discharge

۳ - voltage-dependent resistor

۴. دیودهای زنر که در بایاس مثبت مانند یک دیود معمولی هدایت می‌کنند و در بایاس منفی مخالف تا ولتاژ خاصی مقاومت آن‌ها بسیار بالاست و اجازه عبور جریان را نمی‌دهند ولی از این مقدار به بعد، مقاومتشان به شدت پایین می‌آید و اتصال کوتاه می‌شوند.

هر یک از انواع سرج‌ارسترها دارای قابلیت عبور جریان اتصال کوتاه متفاوتی هستند. در مورد لوله‌های زیرزمینی که ولتاژ متناوب می‌گیرند، نگرانی عمده این است که آیا بعد از وقوع اتصالی و القای ولتاژ زیاد روی لوله، سرج‌ارستر می‌تواند با حداقل تلفات و گرما ولتاژ ناخواسته را به زمین منتقل کند؟ انواع شماره دو و سه قادر به انجام این کار هستند، ولی شماره ۱و۴ قابلیت عبور جریان زیاد را در شرایط گذرا ندارند.

دو نوع وریستور در بازار موجود است: اکسید فلزی[۱](MOV) و کربید سیلیسیم[۲](SiC). نوع MOV برای محافظت تجهیزات الکترونیکی مناسب‌تر است و تنوع دامنهٔ ولتاژ شکست و جریان بیش‌تری هم دارد. سرج ارسترهایی که در صنعت حفاظت کاتدی استفاده می‌شوند، بهتر است، دارای سازوکار اسپارک‌گپ بوده و به نوعی ایزوله‌کننده ولتاژهای زیاد هم باشند. البته گاهی در بعضی کاربردهای خاص از نوع وریستوری هم استفاده می‌شود.

اسپارک‌گپ‌ها فقط وقتی ولتاژ بین خط لوله و زمین از ۲۵۰ ولت بالاتر رود عمل می‌کنند (اصطلاحاً تریگر می‌شوند). لذا برای حفاظت خط لوله در برابر اتصالی‌ها و تداخل‌های گذرا مناسب هستند. پلاریزاسیون سل‌ها و ارسترهای دیودی قابلیت مقابله با تداخل‌های کوتاه مدت و طولانی مدت و دائمی را دارند.

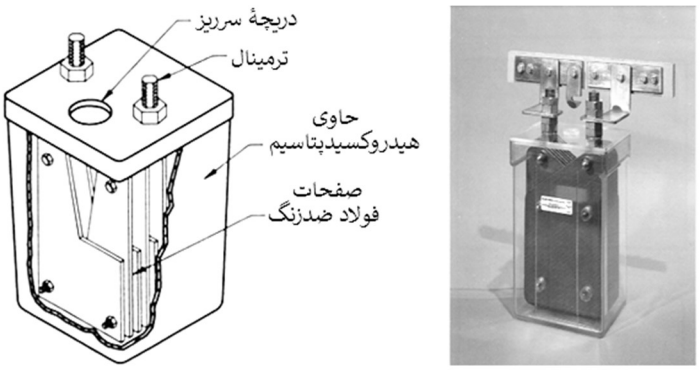
۵-۵-۱۵-۷- مجزاکننده‌هایDC از نوع شیمیایی (الکترولیتی) و حالت‌جامد (الکترونیکی)

مجزاکننده‌های DC تجهیزاتی الکترونیکی هستند که درمقابل ولتاژهای DC معمولی مقاومت بالایی دارند ولی در برابر ولتاژهای AC چه زیاد و چه کم، امپدانس کمی داشته و اتصال کوتاه می‌شوند. فرق آن‌ها با سرج‌ارستر در این است که سرج ارسترها کلاً ولتاژهای پایین‌تر از مقدارنامی خود (چه متناوب و چه مستقیم) را به زمین عبور نمی‌دهند ولی مجزاسازها فقط AC را هر مقدار کم یا زیاد باشد به زمین هدایت می کنند و اجازه عبور جریان DC هر مقدار که باشد را به زمین نمی دهند .. اصول عملکرد مجزاکنندهٔ DC تقریباً مشابه خازن در مهندسی برق است.

---

۱ - Metal Oxide Varistor

۲ - Silicon Carbide

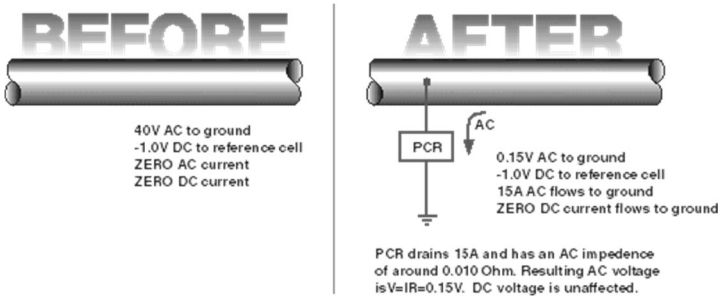


شکل (۱۵-۳۵) : پلاریزاسیون‌سل الکترولیتی

پلاریزاسیون سل الکترولیتی[۱] (**PC**) یکی از قدیمی‌ترین تجهیزات جداکننده محسوب می‌شود که شامل چند صفحهٔ فولاد ضدزنگ غوطه‌ور در یک الکترولیت (معمولاً هیدروکسید پتاسیم) است. مشخصهٔ الکتریکی آن عبارت از مقاومت بالا در برابر ولتاژهای DC و امپدانس پایین در برابر ولتاژهای AC است (شکل ۱۵-۳۵). پلاریزاسیون سل الکترولیتی دارای مشکلاتی از جمله بخارشدن هیدروکسیدپتاسیم (KOH) و نیاز به شارژ مجدد آن و هم‌چنین احتمال خوردگی صفحه‌های فولادی در شرایطی است که جریان دائمی AC از آن‌ها بگذرد. ضمن آن‌که اگر غلظت KOH کم شده و رقیق گردد، یا سطح آن به خاطر تبخیر پایین رود، محلول باقیمانده گرم شده و احتمال جوش آوردن آن در شرایطی که باری از آن عبور نمی‌کند وجود دارد.

در هنگام عبور جریان اتصالی، تجمع گاز زیاد در PC مشکل‌ساز خواهد شد. زیرا اکسیژن در سمت آند و هیدروژن در سمت صفحه‌های کاتد تجمع می‌کند، که در جریان‌های اتصالی بالا خطر انفجار پلاریزاسیون‌سل را به همراه دارد. با توجه به مشکلات پلاریزاسیون‌سل الکترولیتی، بهتر است کاربرد آن را محدود کرده و حتی الامکان به جای آن از پلاریزاسیون سل الکترونیکی یا PCR استفاده شود.

PCR جایگزین الکترونیکی پلاریزاسیون سل الکترولیتی است و معایب آن‌را ندارد؛ فقط قیمتش گران‌تر از PC است. یک مثال عددی جهت مشخص شدن میزان تاثیر PCR ، که توسط یکی از سازندگان تهیه گردیده، در شکل (۱۵-۳۶) نقل شده است. قبل از نصب PCR روی لوله ۴۰ ولت AC القا شده و چون لوله تحت حفاظت کاتدیک است، پتانسیل DC لوله نسبت به زمین هم ۱- ولت است. از آن‌جا که لوله پوشش‌دار است، میزان جریان‌های AC و DC از لوله به طرف زمین هم صفرند (سمت چپ).

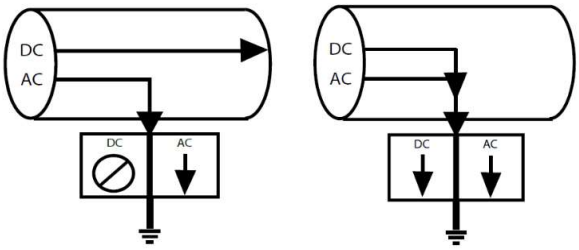


شکل (۱۵-۳۶) : مثال عددی برای نشان دادن تاثیر PCR

۱ - Electrolytic Polarization Cell

وجود ولتاژ AC نزدیک ۴۰ ولت روی لوله، هم احتمال پتانسیل تماس خطرناک برای بهره‌بردار را در پی دارد و هم ممکن است در نقاط خرابی پوشش، موجب خوردگی AC شود. با وصل PCR به این لوله، مانند شکل سمت راست، ولتاژ AC به شدت پایین آمده و به ۰/۱۵ ولت می‌رسد، بدون این‌که ولتاژ DC روی لوله تغییر کند. این همان هدفی است که از نصب PCR دنبال می‌شود.

جهت درک بهتر عمل‌کرد PCR در حالت‌های دائمی و گذرا (اتصال کوتاه) می‌توان به شکل ۱۵-۳۷ رجوع کرد. در تصویر سمت چپ که مربوط به حالت پایدار یا نرمال خط هوایی است و اتصالی و صاعقه رخ نداده، جریان DC حق عبور ندارد، ولی جریان AC به سمت زمین عبور می‌کند، لذا ولتاژ AC روی خط به حداقل می‌رسد. در شکل سمت چپ که مربوط به حالت گذرا می‌باشد، مولفه‌های DC وAC ولتاژهای القایی روی لوله (ناشی از اتصالی و حتی ولتاژ کاتدیک) از طریق PCR زمین می‌شوند. این حالت عمل‌کرد تنها چند میلی‌ثانیه طول می‌کشد و پس از رفع اتصالی، مجدداً شرایط نرمال شده و شکل سمت چپ حاکم خواهد شد. به عبارتی PCR در شرایط عادی نقش خازن و در هنگام صاعقه، نقش سرج ارستر را ایفا کرد که این مطلوب ترین حالت فرونشانی AC است.



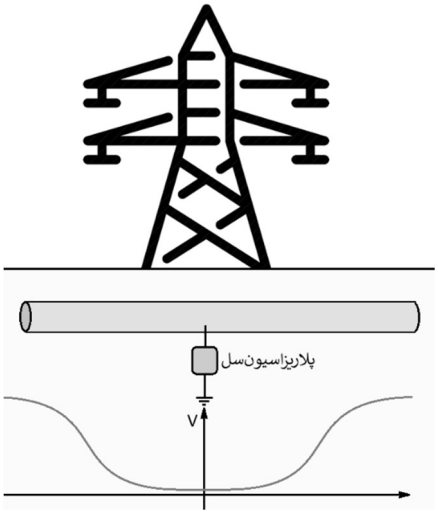
شکل(۱۵-۳۷) : عمل‌کرد PCR در حالت‌های دائمی و گذرا

به منحنی پتانسیل متناوب القایی روی لوله در شکل ۱۵-۳۸ توجه کنید. این پتانسیل به علت زمین‌کردن لوله با یک مجزاکنندهٔ DC در نزدیکی لوله، به حداقل رسیده است. اگر چنان‌چه توازی خط لوله با خط فشارقوی ادامه داشته باشد، مانند منحنی هرچه از محل زمین شده توسط PCR دور شویم باز ولتاژ القایی بالاخواهد رفت و نیاز به نصب مجزا کننده بعدی خواهد بود. سرج‌ارسترها و پلاریزاسیون‌سل‌های نصب شده در مناطق مستعد انفجار و اشتعال، بایستی از نوع ضد انفجار باشند یا داخل باکس‌های Ex قرار گیرند.

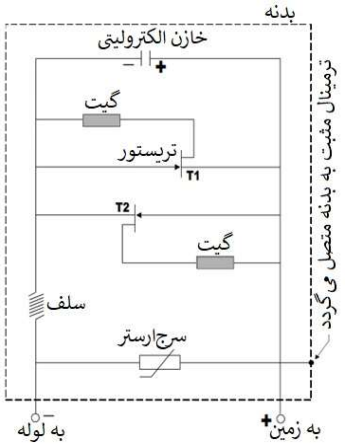
در سال‌های اخیر مجزا سازهای dc دیگری با نامISP[۲۶] نیز به بازار عرضه شده‌اند که می‌توانند جایگزین PCR شوند. همان‌طور که در شکل ۱۵-۳۹ نشان داده شده، این وسیله دارای سه مدار مجزا، شامل یک سرج‌ارستر برای عبور جریان‌های گذرای صاعقه، یک خازن الکترولیتی برای عبور جریان دائمی AC و دومدار تریستوری برای عبور دادن جریان‌های اتصالی AC می‌باشد. یک سلف نیز جهت جلوگیری از نفوذ جریان شدید صاعقه به سمت تریستورها و خازن پیش‌بینی شده است. اندوکتانس سلف در مقابل هر عامل فرکانس بالا، افزایش یافته و مانع عبور جریان آن به سمت

۱ - Isolation Surge Protector (ISP)

تجهیزات الکترونیکی یعنی مدارهای دوم و سوم شده و باعث می‌گردد جریان صاعقه فقط از سرج‌ارستر بگذرد. ISP از لحاظ ساختار و قطعات شبیه PCR است فقط دیودهای ظرفیت بالای آن با تریستورها جایگزین شده‌اند.



شکل (۱۵-۳۸) : تاثیر پلاریزاسیون‌سل در کاهش پتانسیل لوله



شکل (۱۵-۳۹): جزئیات داخلی ISP

۱۵-۵-۵-۷-۱ نکاتی درخصوص طراحی و انتخاب تجهیزات مجزاکننده DC

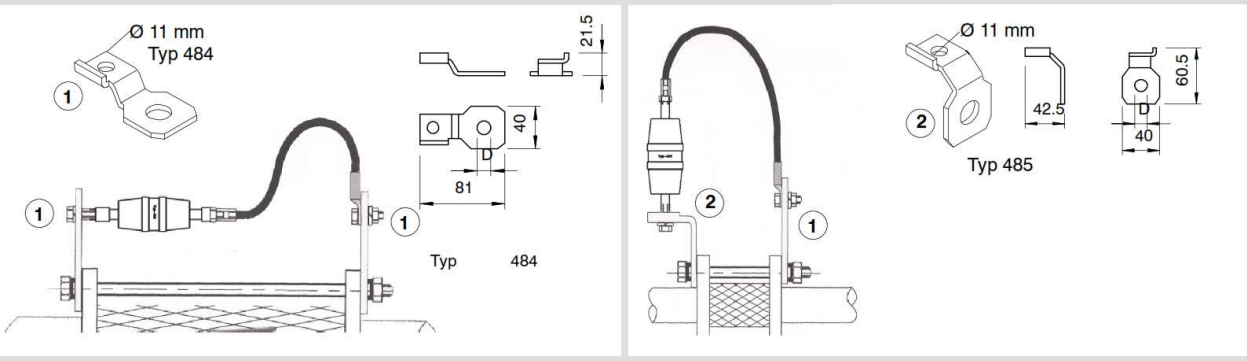
همانطورکه خوانندگان احتمالا متوجه شده اند جانمایه وهدف این کتاب ، علاوه بر تشریح نکات فنی و انتقال تجربه ، لحاظ کردن مسائل اقتصادی و پرهیز از طراحی های دست بالا و محافظه کارانه است.

با اینکه عمرکاربرد تجهیزات مجزا ساز dc درایران به دو دهه هم نمیرسد اما مانند بقیه تجهیزات و فعالیت ها در ورطه طراحی های دست بالا افتاده اند . اشکال اینجاست که طراح حفاظت کاتدیک که چه بسا کارشناس تام و تمام خوردگی

است ، بایستی مبادرت به طراحی و انتخاب اسپارک گپ و پلاریزاسیون سل و خازن و غیره به منظور فرونشانی AC نماید ! درحالی که طبیعتا اطلاعی از ویژگی های خطوط انتقال هوایی برق فشارقوی ، مثل سطح اتصال کوتاه ، باندل ، ترانسپوز ، سیم گاردو غیره ندارد،

در این بخش از منظر مولفان که رشته تخصصی هردوی آنها برق است و تجارب حفاظت کاتدیک هم دارند، نکاتی جهت راهنمایی خوانندگان عزیز ارائه خواهد شد .

درخصوص مجزاسازهای DC با هدف بای پس کردن دوطرف اتصالات عایقی خاطر نشان می سازد که از لحاظ اقتصادی و فنی اولویت اول نصب ZEC و اولویت دوم اسپارک گپ است و استفاده از پلاریزاسیون سل ها در طرفین فلنج عایقی هیچگاه راهکار اقتصادی و به صرفه ای نیست .



درصورتی که سطح آب منطقه پایین باشد از ZEC استفاده میشود، با این توضیح که کابل های اتصال ZEC به لوله تا حد ممکن کوتاه باشد و البته از طریق باکس به طرفین اتصال عایقی متصل شوند، تا بتوان درصورت ضرورت و اندازه گیری پتانسیل خاموش لحظه ای موقتا آنها را از مدار جداکرد .اگر سطح آب منطقه مانند اکثر مناطق جنوب ایران بالا بود و بیم اتصالی یا نشت جریان الکترودهای دوبل درون خاک میرفت، جایگزین آنها اسپارک گپ ها خواهند بود

مشخصات اسپارک گپ ، شامل حداکثر جریان ایمپالس عبوری و حداقل ولتاژ شکست آنها بایستی از روی کاتالوگ سازندگان انتخاب شود .

خوشبختانه تنها شرکت ایرانی تولید کننده برقگیرهای فشارقوی در اصفهان، چند سالی است مبادرت به تولید اسپارک گپ و حتی ارسترهای فشارضعیف درکلاس های ۱و۲و۳ و کلاس ترکیبی کرده است که شایسته است کارفرمایان

وطراحان محترم ابتدا مشخصات فنی و دیتا شیت این محصولات را بررسی کنند و بانظر مساعدو دور از محافظه کاری نسبت به گنجاندن آنها در طراحی اقدام کنند ، درغیر اینصورت شرکت های آلمانی ، جمهوری چک و حتی آرژانتینی !! هم در ایران نمایندگی فروش اسپارک گپ دارند .

چون طول کابل اسپارک گپ محدود و نهایتا ۳۰ سانتیمتر است و سازنده نیز توصیه اکید دارد که به طول کابل آن در هنگام نصب (بخاطر مشکل بالارفتن اندوکتانس) افزوده نشود و لذا اولین نقطه ضعف اسپارک گپ نسبت به ZEC همین است که درطرفین اتصالات عایقی جوشی یک تکه موسوم به IJ های با سایز بزرگ قابل نصب نیستند و بیشتر برای کیت های عایقی (IF) مناسب هستند .

نکته دوم در خصوص اسپارک گپ ها، گواهی قابلیت نصب در مناطق خطر اشتعال و انفجار برای زون های سه گانه است که معمولا تفاوت قیمت ها در اینجا ظاهر می شود و اگر شرکت یا شرکت های ایرانی تولید کننده در خصوص اخذ این تاییدیه برای محصول خودسرمایه گذاری کنند، قطعا اقبال طراحان و کارفرمایان نفت وگاز را به دنبال خواهد داشت .

درخصوص کلاس یا زون های خطر انفجار هم نباید دچار اغراق و محافظه کاری شویم و ابتدا تفاوت و الزامات زون های خطر را بشناسیم (در فصل ۱۴ کتاب دراین خصوص نکاتی ارائه شده است) و بعد اسپارک گپ را مطابق با زون خطر انتخاب کنیم .جالب است بدانید در چند پروژه نفت و پتروشیمی، طراحان محترم حتی برای فلنج های عایقی نصب شده روی لوله های آب آتش نشانی یا برج خنک کننده، اسپارک گپ ضدانفجار توصیه کرده اند در حالیکه این لوله ها اساسا در زون خطر نبوده اند !

بحث زون خطر برای ZEC به علت اینکه آنها داخل خاک دفن میشود موضوعیت ندارد و قیمت آن هم ارزانتر است و چندین تولید کننده ایرانی هم دارند .

یک نمونه اسپارک گپ ساخت شرکت obo که فعالیت زیادی به صورت مستقیم یا از طریق نمایندگی یا نمایندگی های خود درایران دارد در شکل ۱۵-۴۰نشان داده شده است

شکل (۱۵-۴۰) : اسپارک گپ و مشخصات فنی آن

با دقت در توضیحات ارائه شده در شکل متوجه خواهیم شد که سازنده ، مزیت رقابتی خود را به قابلیت استفاده اسپارک گپ در زون های خطر ۱و۲و۲۱و۲۲ عنوان کرده است .

شکل های ۱۵-۳۱ و ۱۵-۳۲ به ترتیب جزییات نصب اسپارک گپ و ZEC را در طرفین یک کیت عایقی نشان می دهند .

شرکت برقگیر پارس، اسپارک گپ مناطق ایمن [۲۷]دردوتیپ با ولتاژ های شکست ایمپالس [۲۸]ژیر ۱/۲و۱/۵ کیلو ولت و جریان های تخلیه صاعقه[۲۹] ۸ به ۲۰ میکروثانیه) ۶۰ و ۱۰۰ کیلو آمپر تولید کرده و بنا به اطلاع ، درحال پیش بردن پروژه جهت تولید و اخذ تاییدیه جهت اسپارک گپ های مناسب زون های خطر نیز می باشد .

اسپارک گپ های منطقه امن در هم بندی سازه های بتنی ساختمان درجهت مقابله با خوردگی و آسیب بتن نیز استفاده می شوند . (شکل ۱۱-۳۹)

درخصوص پلاریزاسیون سل ها که قیمت آنها چندین برابر اسپارک گپ و ZEC است، بایستی ملاحظات فنی و اقتصادی را بیشتر رعایت کرد .

اولین نکته و البته تکراری، این که استفاده از از پلاریزاسیون سل (الکترولیتی یا حالت جامد) برای طرفین اتصالات عایقی محدود شود زیرا توجیه اقتصادی ندارد .

بیشترین کاربرد پلاریزاسیون سل ها در طول خط لوله و جهت زمین کردن و فرونشانی اثرات القای خطوط برق فشارقوی است .در این شرایط اگر لوله دارای سیستم حفاظت کاتدیک باشد طبیعتا خط لوله را با اسپارک گپ نمیتوان زمین کرد و بایستی از پلاریزاسیون سل استفاده کرد .

---

[۲۷] Safe Area
[۲۸] Impulse Breakdown
[۲۹] Nominal Discharge Current (8/20 µA)

با توجه به نقاط ضعفی که در خصوص پلاریزاسیون سل الکترولیتی (PC) وجود دارد که پیش تر نیز به برخی از آنها اشاره شد و از طرفی با توجه به پیشرفت الکترونیک صنعتی و قابل ساخت بودن آنها در کشور خودمان، بهتر است اولویت استفاده را از بین PC و PCR به دومی بدهیم.

گرچه قیمت PCR نسبت به PC چند برابر است ، درعوض میتوان با پرهیز از طراحی محافظه کارانه و انتخاب رنج مناسب (درادامه توضیح داده شد) و نیز علم به این نکته که عمر و دوام PCR بسیار بیشتر از PC است و نیازی به نگهداری و شارژ KOH ندارد میتوان توجیه اقتصادی برای آن پیداکرد .

مشخصات اصلی یک پلاریزاسیون سل عبارت است از

- جریان اتصال کوتاه AC و تعداد سیکل عبور این جریان
- جریان دائمی AC و تعداد سیکل عبور این جریان
- قابلیت عبور جریان صاعقه
- حداکثر ولتاژ DC که پلاریزاسیون سل مانع عبور آن میشود (بلاک میکند)
- موقعیت نصب(منطقه معمولی و ایمن یا منطقه خطر)

سازندگان معتبر، این تجهیزات را در رنج های مختلف تولید و ارائه می کنند و آنچه موجب گرانتر شدن PCR می شود، پارامتر اول و البته مشخصه آخر یعنی موقعیت نصب درمنطقه ایمن یا خطر است .

پارامتر اول به قابلیت عبور جریان تریستورها و دیودهای داخل آن بستگی دارد. پارامتر سوم مشخصات سرج ارستر نصب شده داخل PCR است که تقریبا هر سرج ارستری انتخاب شود تحمل عبور جریانهای در حد ۶۰ و ۱۰۰ کیلوآمپر را درزمانهای بسیار کوتاه دارند (شکل ۳۵-۱۵).

پارامتر چهارم به ظرفیت خازن داخل PCR ربط دارد و هرچه خازن باظرفیت بالا و جریان نشتی کمتر انتخاب شود بهتر میتواند از هدررفت و نشت جریان DC حفاظت کاتدیک به سمت زمین جلوگیری کند .

درخصوص موقعیت نصب درزون های خطر هم ناچارا باید حفاظت نوع d انتخاب شود و تمامی تجهیزات و متعلقات ، داخل باکس ضدانفجار قرار گیرند تا درصورت وقوع جرقه و انفجار، شعله به بیرون درز نکند (رجوع به فصل ۱۴) و لذا قیمت این باکس ها که باید دارای تاییدیه های EX از مراجع معتبر مثل Atex باشندرا نیز باید به قیمت PCR افزود .

آنچه درپروژه های فرونشانی AC که چند سال اخیردرایران انجام شده و در بعضی از آنها نیز مولفان کتاب درگیر بوده اند، میتوان گفت، این است که بعضی از طراحان، حتی مشخصات خط انتقال برق فشارقوی که درمجاورت خط لوله

است نمی دانند وتلاشی هم برای گرفتن اطلاعات آن نمی کنند و درمواجهه با چالش انتخاب و تعیین جریان اتصال کوتاه PCR به ناچار بالاترین مقدار را توصیه می کنند درحالیکه تفاوت قیمت از یک رنج به رنج پایین تر در سال نگارش این کتاب به صدمیلیون ریال هم میرسد!

تخمین جریان اتصال کوتاه

با مرور مراجع و استانداردهای خطوط برق فشارقوی، جهت یافتن یک راهنمای ساده جهت تخمین جریان اتصال کوتاه متناسب باسطح ولتاژ آنها به نشریه شماره ۲-۴۲۷ سازمان مدیریت می رسیم که درقالب ۲ جدول ۳-۴ و ۴-۲ مقادیر جریان اتصال کوتاه و سیکل ماندگاری و زمان عملکرد رله ها جهت رفع عیب را تعیین کرده است .

کافی است طراحان محترم پروژه های فرونشانی AC ، همین دو جدول را مطالعه کنند و سطح ولتاژ خط یا خطوط انتقال سایت را هم جویا شوند تا در ورطه طراحی های بسیار محتاطانه و گران نیفتد .

تجارب بهره برداری از شبکه های برقرسانی درکشور نشان می دهد که مقادیر جریان اتصال کوتاه ضمن اینکه به موقعیت مکانی خط نیرو وپارامترهای شبکه بستگی دارند به سطوح ولتاژ نیز وابسته می باشند .جدول ۳-۴ نشریه ۴۲۷ مقادیر قابل انتظار جریان اتصال کوتاه رادرسطوح مختلف ولتاژ نشان می دهد، البته ممکن است سطح اتصال کوتاه بسیاری از خطوط نیرو حتی دردرازمدت هم به ارقام این جدول نرسد (جمله اخیر هم از استاندارد نقل شده است)

جدول (۱۵-۳) : جریان اتصال کوتاه متناسب با سطح ولتاژ خطوط انتقال فشارقوی

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	جریان اتصال کوتاه (کیلو امپر)	زمان رفع عیب(ثانیه)
۴۰۰	۵۰	۰/۱۰ تا ۰/۲۰
۲۳۰	۴۰	۰/۲۰ تا ۰/۳۰
۱۳۲	۳۱/۵	۰/۲۵ تا ۰/۳۵
۶۳	۲۰	۰/۳۰ تا ۰/۴۰

زمان رفع عیب یا زمان ماندگاری حالت گذرا نیز در انتخاب PCR و قیمت آن موثر است .

زمان تداوم جریان اتصال کوتاه به عملکرد رله های حفاظتی و کلیدهای قطع باربستگی دارند .گرچه این زمان دربعضی از رله های جدید قابل استفاده در سیستم ۴۰۰ کیلو ولت به حدود یک سیکل و کلیدهای قطع بار به حداکثر دوسیکل (جمعا سه سیکل) رسیده است امادرشبکه های برق فشارقوی هوایی موجود کشور ، کلیدهایی با زمان عملکرد بیش تر نیز وجود دارند که به تفکیک سطوح ولتاژ مختلف برای اکثر سیستم های حفاظت در جدول زیر (جدول ۳-۴نشریه

۴۲۷) نشان داده شده اند . بنابر توضیحات این استاندارد ، ارقام مندرج دراین جدول برمبنای حداکثر زمان قطع یعنی محتاطانه ترین حالت تنظیم گردیده اند و لذا دیگر طراحان PCR نباید از پاپ کاتولیک ترشوند و سیکل های بالاتر را انتخاب کنند .

جدول (۱۵-۴) : زمان عملکرد رله و کلید حفاظتی متناسب با سطح ولتاژ خطوط فشارقوی

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	سیکل	میلی ثانیه
۴۰۰	≤۲	≤۴۰
۲۳۰	≤۳	≤۶۰
۱۳۲	≤۳	≤۶۰
۶۳	≤۴	≤۸۰

درایران که فرکانس ۵۰ هرتز است، زمان هر سیکل کامل ۰/۰۲ ثانیه است، در جدول بالا جریان اتصال کوتاه مثلا روی خط ۴۰۰ کیلوولت ۵ تا ۱۰ سیکل است و روی ۱۳۲ حدود ۱۲ تا ۱۸ سیکل است

دوجدول بالا را درقالب یک جدول خلاصه کرده ایم تا خوانندگان این کتاب صرفا با دانستن سطح ولتاژ خط فشارقوی مجاورخط لوله، بتوانند میزان جریان اتصال کوتاه و سیکل تداوم را تعیین کنند .شایان ذکر است با توجه به داده های این دو جدول ، سیکل تداوم خوش بینانه (جدول) و بدبینانه را مشخص کرده ایم و این طراح است که می تواند خوش بین یا محافظه کار باشد .

جدول (۱۵-۵) : جریان اتصال کوتاه و سیکل تداوم خطوط برق فشارقوی

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	جریان اتصال کوتاه (کیلو امپر)	سیکل تداوم اتصالی	
		خوش بینانه	محتاطانه
۴۰۰	۵۰	≤۲	۵ تا ۱۰
۲۳۰	۴۰	≤۳	۱۰ تا ۱۵
۱۳۲	۳۱/۵	≤۳	۱۲ تا ۱۸
۶۳	۲۰	≤۴	۱۵ تا ۲۰

دربعضی پروژه ها ، مثلا مجاورت خط لوله با خطوط ۶۳ کیلوولتی برق در فواصل کوتاه و محدود ، میزان جریان اتصال کوتاه آنقدر پایین است. که حتی میتوان خط لوله را بجای PCR با یک خازن (شکل ۱۵-۴۱) یا نهایتا خازن و دو دیود پشت به پشت مانند شکل ۱۵-۳۰ زمین کرد و مطمئن باشید مشکلی هم پیش نخواهد آمد و دربدترین شرایط هم اگر زمانی در این منطقه صاعقه شدیدی رخ دهد و جریان زیادی روی لوله بیفتد و این جریان پس ازعبور از خازن به آن

آسیب برساند، درآنصورت دراولین بازرسی و تست میتوان خازن را عوض کرد. .فراموش نشود تفاوت قیمت یک خازن الکترولیتی رنج صنعتی با ظرفیت مناسب، حداقل یک بیستم قیمت PCR است .

شکل (۱۵-۴۱) : استفاده از خازن به عنوان ساده ترین المان فرونشانی AC

درشرایطی که پس از اندازه گیری در بازه زمانی چند ماهه مشخص شود که القای سلفی درحالت پایدار روی خط نزدیک صفر است و فقط بیم تداخل و تزویج در شرایط گذرا و صاعقه وجود داشته باشد ، صرفا میتوان لوله را مانند شکل ۰ با یک توسط اسپارک گپ زمین کرد .

طراحی سیستم زمین مناسب جهت اتصال PCR بسیار مهم است .هرچه مقاومت یا بهتر بگوییم امپدانس زمین PCR کمتر باشد، به تخلیه و فرونشانی بهترولتاژ AC کمک میکند .گرچه ولتاژهای گذرای القایی ناشی از صاعقه یا اتصالی روی لوله به سادگی ازطریق PCR وشبکه زمین با مقاومت ۱۰ اهم و حتی بیشتر هم زمین میشوند ولی نقش سیستم زمین در هنگام عملکرد پایدار شبکه برق که احتمال القای سلفی دائمی روی لوله منتفی نیست پررنگ تر خواهد شد و اینجاست که باید مقاومت شبکه زمین به حد کافی کوچک باشد تا ولتاژهای AC کم و زیر ۱۰ ولت القایی روی لوله هم به سمت صفر میل کنند . دراینصورت علاوه بر حصول ایمنی و کاهشخطرات برق گرفتگی اپراتور، بحث خوردگی AC درلوله در مواضع دارای نقص پوشش نیز به حداقل خواهد رسید ..درمناطق کوهستانی که مقاومت خاک بالاست بایستی

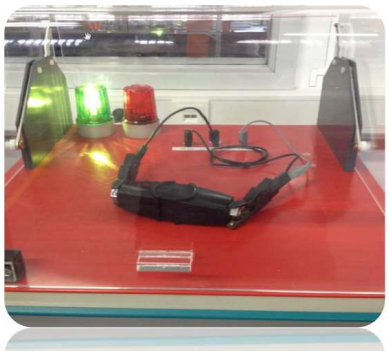
از شبکه های زمین سطحی با طول زیاد استفاده کرد ، برای این کاربرد هم استفاده از چاه توصیه نمیشود والکترود میله ای و سطحی مناسب تر هستند .

خلاصه اینکه همه بودجه پروژه فرونشانی AC را صرف خرید PCR های گرانقیمت نکنیم و بودجه ای را صرف طرح و اجرای سیستم زمین های مناسب برای عملکرد بهتر PCR بکنیم .

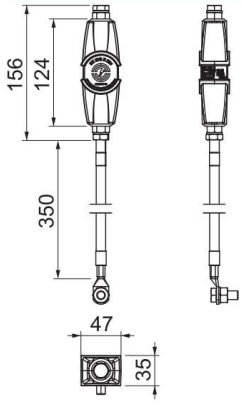
تبیین مشخصات فنی و نحوه انتخاب اسپار گپ ها

Technical data EX ISG H

Lightning current carrying capacity acc. to:	
IEC 62561-3 / EN 62164-3 (10/350 µs):	Class H / 100 kA
IEC 62561-1 / EN 62164-1 (10/350 µs):	Class H / 100 kA
Nominal discharge current (8/20 µs):	100 kA
Rated response voltage:	≤ 1.25 kV
Rated withstand voltage (50 Hz):	≤ 250 V
Degree of protection:	IP 66



Technische Daten

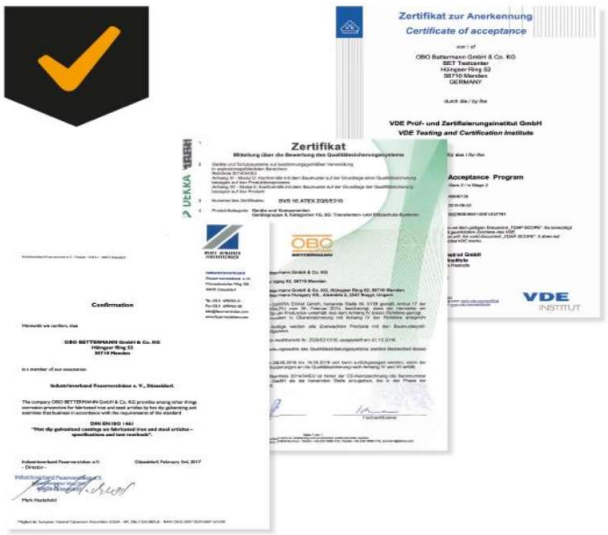


Anschluss	metrisch
Anschlusskabellänge	0,35 m
Ansprechwechselspannung	0,56 kV
Bemessungs-Stehwechselspannung	250,00 V
Bemessungs-Stehgleichspannung	354,00 V
Bemessungs-Ansprechstoßspannung	1,25 kV
Blitzstromtragfähigkeit	H/100 kA
Explosionsgeprüfte Ausführung	☑
Impulsstrom (10/350)	100,00 kA
Nennableitstoßstrom (8/20)	100 kA
Schutzart	IP65/67
Temperaturbereich	-20-+60 °C
Zündschutzart	Druckfeste Kapselung
Werkstoff der Anschlusses	Zinkdruckguss

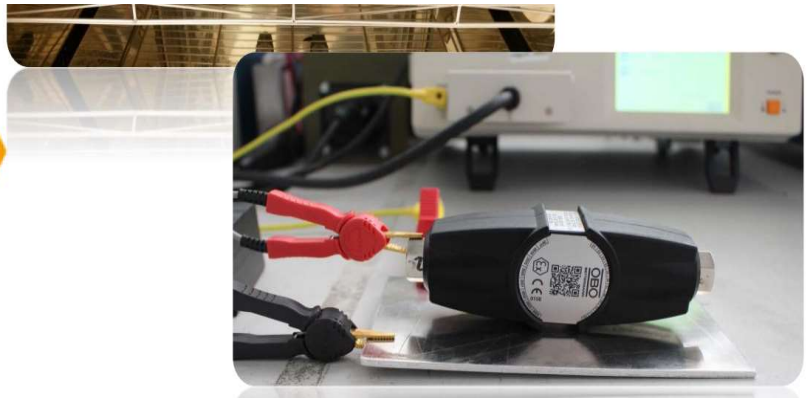
Quality and product safety by OBO

Certified Tests,
Production and Quality

VDE accepted BET
ISO 9001
ISO 50001



Electrostatic tests



کارشناسان شرکت دانش آریا به عنوان نماینده بازرگانی و تامین کننده انحصاری این محصول و شرکت ولکانیک به عنوان مشاور فنی جهت انتخاب محصولات مجزا ساز dc و به خصوص اسپارک گپ های مناسب مناطق خطر درخدمت شما عزیزان هستند

جهت خرید اسپارک گپ های OBO مدل EX ISG H 350 با شرکت دانش آریا تماس حاصل نمایید.

دیگر محصولات شرکت دانش آریا :

- ☑ آندهای Anode Mixed Metal Oxide یا MMO : به صورت لوله‌ای ، ریبونی ، وایری
- ☑ انواع آندهای فداشونده آلومینیوم (آلومینیوم-ایندیم-روی)، روی و منیزیم
- ☑ کابل مقاوم به کلر (HMWPE/PVDF) یا کاینار (Kynar)
- ☑ انواع اسپارک گپ ، PC ، PCR

WWW.DANESHARIA.COM

WWW.DANESHARIA.IR

Danesh Aria

شرکت دانش آریا (سهامی خاص)

Telfax : 021 28 42 69 52

info@danesharia.ir