وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات شرکت ارتباطات زیرساخت	عنوان مقاله: حفاظت از سوئیچ‌های انتقال خودکار (ATS) در برابر سرج بر اساس استاندارد IEEE C62.72-2016 تهیه کننده: حامد مهران فر — مدرک و رشته تحصیلی: کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت — رشته شغلی: مهندس برق — اداره کل/دفتر: طرح و توسعه شبکه عنوان حوزه تحقیقاتی مورد نیاز شرکت: بررسی فناوری‌های روز در طراحی منابع AC و DC و مشخصات آنها — شماره ردیف حوزه تحقیقاتی مورد نیاز شرکت: ۸۶
این قسمت توسط دبیرخانه کمیته علمی تکمیل می‌گردد.	**شماره مقاله:** — **حوزه کاربردی:**

حفاظت از سوئیچ‌های انتقال خودکار (ATS) در برابر سرج بر اساس استاندارد IEEE C62.72-2016

چکیده: امروزه سوئیچ‌های انتقال خودکار (ATS) مدرن، شامل بردهای مداری، کنترل های الکترونیکی، رله ها و سنسورهای حساس به ولتاژهای گذرا و جریان های سرج می باشد. آسیب های احتمالی ناشی از سرج که منجر به خرابی یا اختلال در عملکرد ATSها می‌شوند، می توانند به علت اصابت مستقیم و غیر مستقیم صاعقه، سوئیچ زنی شبکه یا سوئیچ زنی بانک خازنی در شبکه یا تأسیسات مجاور آن، باشد. انتخاب درست تجهیزات حفاظت در برابر سرج (SPD) و مکان نصب آن‌ها می تواند به حفاظت از ATS در برابر این اختلالات کمک کند.

با توجه به تأکید مضاعف تأسیسات و سیستم‌های توان اضطراری بر قابلیت اطمینان و دسترس پذیری سرویس، این مقاله دستورالعملی کاربردی در خصوص استفاده از تجهیزات حفاظت در برابر سرج برای سوئیچ‌های انتقال خودکار (ATS) در مدارهای AC فشار ضعیف بر اساس IEEE Std C62.72-2016، ارائه می‌دهد.

کلید واژه: تجهیزات حفاظت در برابر سرج ، سوئیچ انتقال خودکار ، سیستم توان اضطراری، قابلیت اطمینان.

۱- مقدمه

استفاده از دو منبع جداگانه تأمین توان، احتمال تغذیه سیستم های حیاتی را در شرایط نامساعد، افزایش می‌دهد. در شرایط عادی، به طور معمول از شبکه برق عمومی به عنوان منبع تأمین توان اصلی و از ژنراتورهای گازوئیلی یا گازسوز به عنوان منبع تأمین توان اضطراری استفاده می شود.

تمایل به داشتن توان مداوم، منجر به استفاده از ترکیب های مختلف ژنراتور و سوئیچ انتقال خودکار شده است. هدف استفاده از سوئیچ انتقال خودکار(ATS) آن است که ژنراتور در زمانی که شبکه برق عمومی قطع می شود؛ به طور خودکار آغاز به کار کرده و تغذیه از برق شبکه به ژنراتور منتقل شود. برای انجام این وظیفه، ATS مجهز به مدارهای الکترونیکی است که تغذیه شبکه را پایش کرده و مکانیزم شروع به کار ژنراتور و سوئیچ را برای انتقال تغذیه از برق شبکه به ژنراتور، کنترل می کند. علاوه بر این، زمانی که سرویس برق شبکه، بازیابی و پایدار می‌گردد، ATS تغذیه بار را به برق شبکه انتقال می‌دهد [۱]

یک سوئیچ انتقال خودکار شامل بردهای مداری، کنترل های الکترونیکی، رله ها و سنسورهای حساس به ولتاژ گذرا و جریان های سرج می باشد. [۲] لذا حفاظت از سوئیچ انتقال خودکار در برابر سرج، برای عملکرد صحیح سوئیچ حیاتی است. خسارت های تحمیلی به سوئیچ و/یا کنترل ATS به دلیل رخدادهای گذراها می‌توانند منجر به خرابی و یا اخلال در عملکرد ATS شوند.

یکی از فن آوری های موجود برای اصلاح این مسائل، تجهیزات حفاظت در برابر سرج(SPDها) هستند. راهنمای IEEE برای استفاده از تجهیزات حفاظت در برابر سرج برای مدارهای الکتریکی AC فشار ضعیف (۱۰۰۰ ولت یا کمتر) ، IEEE Std C62.72-2016 [۲] ملاحظاتی کاربردی در خصوص مشخصات و مسائل مربوط به کاربرد و نصب تجهیزات حفاظت در برابر سرج بر روی سیستم های قدرت مطرح می‌سازد. لذا در این مقاله سعی شده است تا با راهنمایی این استاندارد، دستورالعملی کاربردی برای حفاظت از سوئیچ‌های انتقال خودکار در برابر سرج ارائه گردد.

۲- منابع اصلی سرج‌های اثرگذار بر ATS

همانگونه که اشاره گردید، حفاظت از سوئیچ انتقال خودکار (ATS) در برابر سرج برای عملکرد سوئیچ حیاتی است. خسارت های ناشی از گذراها، بر اساس شدت این رخدادها، می‌توانند منجر به مشکلاتی از قبیل اختلالات جزئی در برنامه ریزی یا منطق کنترلی سوئیچ‌ها شده که نتیجه آن عملکرد نادرست سوئیچ در انتقال و بهره برداری از ژنراتور در مواقع بحران خواهد بود و یا منجر به آسیب های فاجعه باری شوند که سوئیچ و یا کنترل کننده را از بین برده و کل سیستم را خاموش نماید.

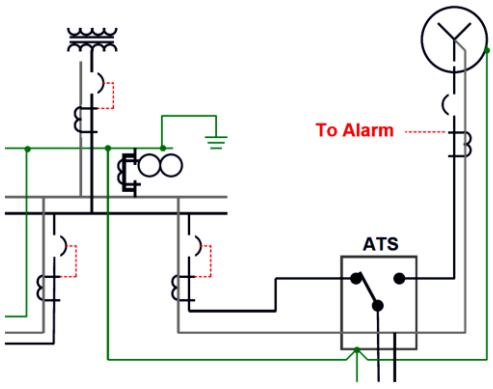
بر اساس IEEE Std C62.72 منابع اصلی آسیب‌های ناشی از گذراهایی که می توانند بر روی ATS اثرگذار باشند، به چهار دسته تقسیم بندی می شوند. اولین و رایج ترین آن‌ها خط برق شبکه است. اصابت صاعقه، تعویض ژنراتور در نیروگاه یا تعویض فیدر در پست برق، سوئیچ زنی بانک خازنی در شبکه یا تأسیسات مجاور می تواند از عمده دلایل اعمال سرج از طریق خط ورودی برق شبکه به ATS می باشند.

منبع دوم گذراها، خط ورودی از ژنراتور یا منبع توان اضطراری است. کیفیت توان تولیدی توسط منبع پشتیبان به عوامل بسیاری وابسته است. سن موتور و ژنراتور، کیفیت و تعدادعملیات تعمیر و نگهداری بر روی موتور و ژنراتور، نسبت بار به ظرفیت ژنراتور، مدت زمان و دفعات کارکرد ژنراتور، کیفیت و نگهداری اتصالات ژنراتور به ATS، همگی از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت توان ارائه شده توسط ژنراتور به سیستم در طول قطع برق شبکه است. ایجاد اشکال در هر یک از این زمینه‌ها می تواند منجر به تولید گذراها در توان تحویلی ژنراتور گردد.

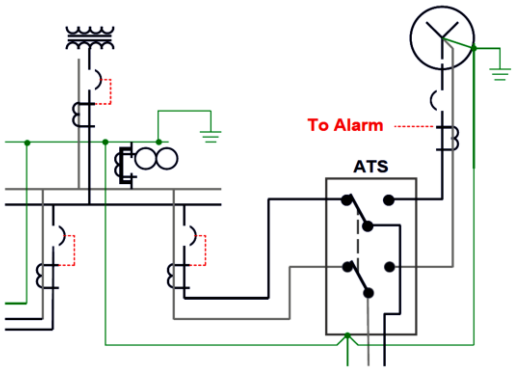
سومین منبع گذراها، سیستم الکتریکی پایین دست است. هنگامی که بارهای القایی بزرگی مانند موتورها، بین دو منبع توان (که ممکن است سنکرون نیز نباشند) انتقال می یابد، در مدت سوئیچ زنی، سرج های ولتاژ و جریان، ایجاد می‌شود. گذراهای تولید شده می توانند از طریق خط خروجی به ATS بازگردند و موجب خرابی یا اخلال در عملکرد سوئیچ یا کنترل ATS شوند.

آخرین منبع گذراها، سوئیچ فیزیکی درون خود ATS است. تیغه هایی که از ورودی برق شبکه به ورودی ژنراتور سوئیچ می کنند، در هنگام قطع شدن از یک منبع و اتصال به منبع دیگر، می توانند موجب پدیدار شدن قوس الکتریکی و سرج شوند. این موضوع در مورد هر دو نوع ATS، سوئیچ‌های انتقال ۳ پل با هادی نول مشترک (شکل ۱) و سوئیچ های انتقال ۴ پل با نول سوئیچ شونده (شکل۲)، صادق است.

زمانی که شناسایی خطای زمین باید به طور مستقل بر روی هر منبع اعمال شود، حفظ یکپارچگی سیستم های حفاظت خطای زمین نیازمند سوئیچ کردن تمام هادی‌ها از جمله هادی نول می‌باشد. نگرانی‌هایی وجود دارد که سوئیچ کردن نول، باعث افزایش تولید سرج به علت قوس الکتریکی کنتاکت و افزایش فرسایش کنتاکت در طول زمان می گردد، اما به نظر می رسد انتخاب درست اندازه کنتاکت، این مشکل فرسایش کنتاکت‌ها را حل خواهد کرد.



شکل ۱: سوئیچ انتقال ۳ پل با هادی نول مشترک

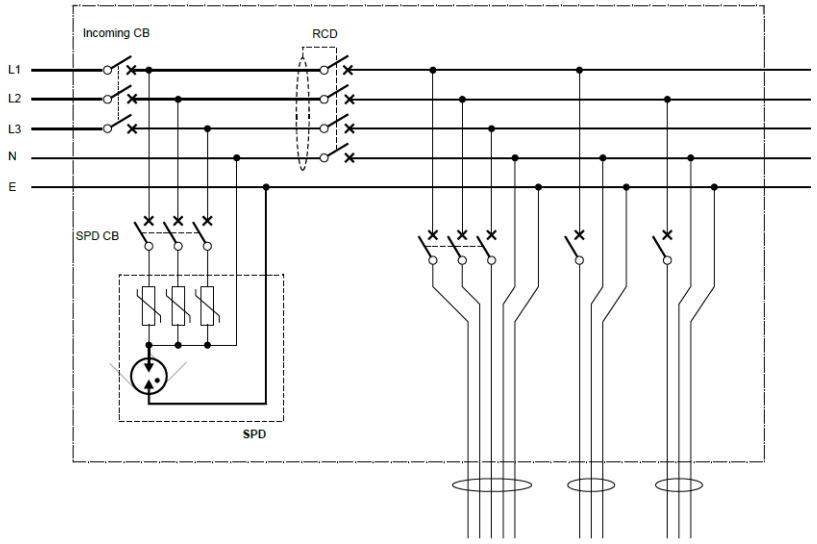


شکل ۲: سوئیچ های انتقال ۴ پل با نول سوئیچ شونده

۳- انواع SPD از نقطه نظر نحوه اتصال

۳-۱- SPDهای تک پورت

SPD تک پورت به عنوان تجهیز حفاظت در برابر گذرایی تعریف می شود که تمهیداتی (پایانه، پلاگ و ...) برای اتصال به مدار الکتریکی داشته اما هیچگونه تمهیداتی برای عرضه جریان به بار ندارد [۳]. اتصال تک پورت، یک اتصال موازی است. شکل (۳) یک SPD تک پورت یا SPD با اتصال موازی را نشان می دهد. در این شکل، ساختار مورد استفاده نصب این نوع SPD در سیستم TN نشان داده شده است.



شکل ۳: SPD تک پورت یا SPD با اتصال موازی در سیستم TN [۶]

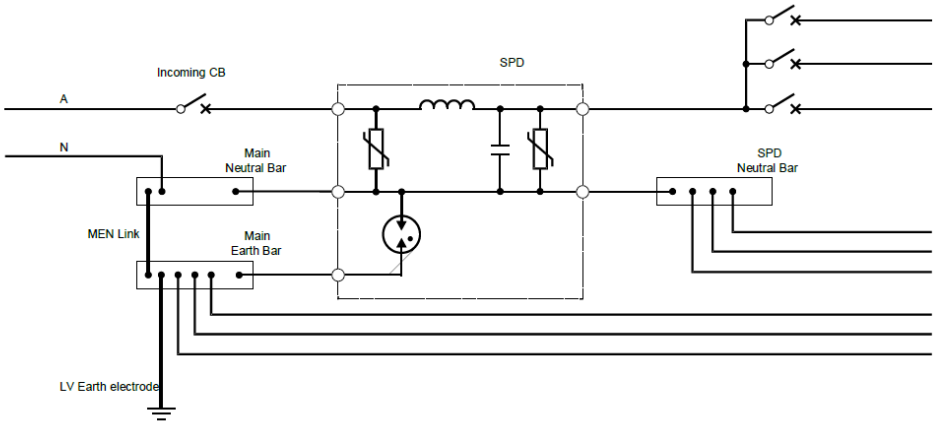
در استفاده از SPD تک پورت مزایا و معایبی وجود دارد. مزیت اصلی SPD تک پورت در این است که به صورت موازی با بار وصل می شوند. در نتیجه، این SPDها:

- مستقل از جریان نامی حالت ماندگار منبع هستند
- مستقل از جریان نامی ماندگار و اتصال کوتاه بار هستند.
- حفاظت اضافه جریان آنها می تواند مجزا از حفاظت اضافه جریان بار باشد.
- می‌توانند بدون بی برق کردن بار، تعمیر و نگهداری شوند.

SPD تک پورت معمولاً در تابلوی توزیع برق در ورودی سرویس نصب می شود. ماده ۲۸۵.۶ مقررات ملی برق (NEC) الزام می نماید که تمام SPDها باید دارای جریان اتصال کوتاه نامی برابر یا بیشتر از جریان اتصال کوتاه در نقطه کاربرد باشند. [۴] برای برآورده سازی این الزام، اتصال SPD تک پورت می تواند از طریق یک فیوز یا کلید اتوماتیک که حفاظت اضافه جریان مناسب را فراهم می کند، صورت پذیرد. [۵] عیب اصلی SPD تک پورت این است که هادی های اتصال آن، امپدانسی ایجاد می کنند که حفاظت ارائه شده توسط SPD را کاهش خواهد داد.

۳-۲- SPD دو پورت

SPD دو پورت به عنوان تجهیز حفاظت در برابر گذرایی تعریف می شود که دارای تمهیداتی (ترمینال ها، پلاگ ها و ...) برای اتصال به مدار برق و همچنین تمهیداتی برای تأمین جریان یک یا چند بار است. [۳] SPD دو پورت یک تجهیز سری است که باید ظرفیت انتقال جریان نامی از منبع به بار را داشته باشد. شکل (۴) یک SPD دو پورت را نشان می دهد. در این شکل، ساختار مورد استفاده نصب این SPD در یک سیستم TN-C-S نشان داده شده است.



شکل ۴: SPD دو پورت یا SPD با اتصال سری در یک سیستم TN-C-S [۶]

استفاده از SPD های دو پورت نیز مزایا و معایب خاص خود را دارد. اتصالSPD دو پورت به صورت سری با بار بوده و این بدان معنی است که این SPDها:

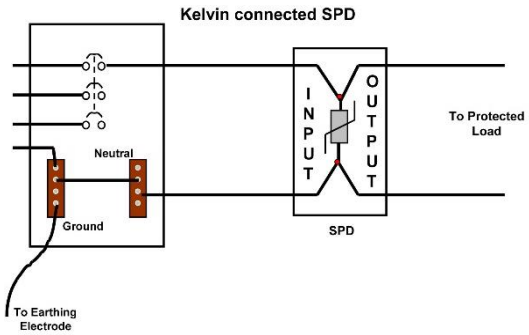
- مستقل از جریان حالت ماندگار و جریان اتصال کوتاه منبع نمی باشند.
- مستقل از جریان حالت ماندگار و جریان اتصال کوتاه بار نمی باشند.
- از همان وسیله حفاظتی اضافه جریان بار استفاده می کنند.
- برای تعمیر و نگهداری آنها، بار باید بی برق شود.

مزیت اصلی SPD های دو پورت، ولتاژ حفاظتی است که برای بارفراهم می آورد. از آنجایی که هادی های اتصال به صورت سری با SPD و بار قرار گرفته اند، در مقایسه با SPDهای تک پورت، ولتاژ اضافی ایجاد شده به دلیل اندوکتانس هادی‌ها دیگر وجود نخواهد داشت.

از آنجایی که SPD های دو پورت باید قادر به تأمین جریان بار کامل باشند باید الزامات شعاع خمش هادی در داخل محفظه SPD رعایت گردد. [۳] این به طور معمول باعث می شود که SPD دو پورت از SPD تک پورت، بزرگتر باشد.

۳-۳- SPD با اتصال کلوین

SPD با اتصال کلوین بسیار مشابه SPD دو پورت است. یک SPD با اتصال کلوین یک SPD دو پورت است که امپدانس سری بین پایانه های ورودی و خروجی آن وجود ندارد همانطور که شکل ۴ می توان مشاهده کرد عملا هیچ تفاوتی در قرار گیری ترمینال های اتصال ورودی و خروجی وجود ندارد. یک SPD با اتصال کلوین همان مزایا و معایبSPD دو پورت را دارد.

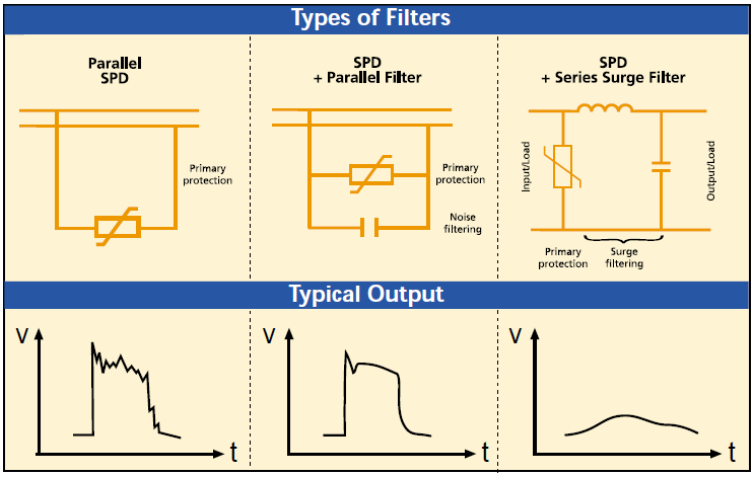


شکل ۴: SPD با اتصال کلوین

۴- SPDها و مزایای استفاده از فیلتر [۷]

تجهیزاتی که داری مدارهای الکترونیکی هستند، نه تنها به بزرگی دامنه (پیک) ولتاژ، بلکه به نرخ تغییرات ولتاژ و جریان (dv/dt و di/dt) نیز حساس هستند. به طور حتم کم کردن سرعت خیزش ذاتی چنین تغییراتی در گذراها، در حفاظت از این تجهیزات موثر خواهد بود. لذا گنجاندن یک فیلتر پایین گذر برای ایفای این نقش، راهکار مناسبی خواهد بود.

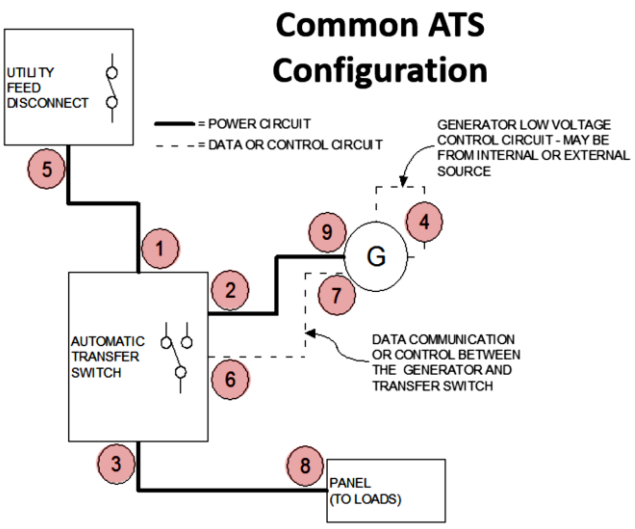
برخی از تجهیزات حفاظت در برابر سرج دارای چنین فیلترهایی هستند. توپولوژی های مختلفی برای این فیلترها وجود دارد که هر یک از آنها دارای عملکرد متفاوت قابل توجهی هستند. شکل موج خروجی برخی از توپولوژی های معمول در SPD های تک پورت و دو پورت، در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵: توپولوژی های معمول فیلتر در SPD های تک پورت و دو پورت

۵- استفاده از SPDها در سیستم ATS

شکل (۶) یک طرح ATS معمولی را نشان می دهد. پیکربندی سیستم ورودی می تواند به شدت متفاوت باشد. موقعیت های ۹ گانه قرارگیری SPD [۱] به منظور حفاظت از سیستم ATS، در شکل با یک عدد دایره‌ای علامت‌گذاری شده که در ادامه به شرح هر یک از آنها می پردازیم.



شکل ۶: دیاگرام شماتیک یک ATS

- **موقعیت ۱ – ورودی تغذیه برق شبکه به ATS**

محافظت از ورودی ATS گامی ضروری در حفاظت از سیستم توان اضطراری است. تأمین حفاظت در این مکان، از آسیب ناشی از سرج های ایجاد شده در سیستم های الکتریکی بالادست به دلیل رخدادهایی مانند اصابت صاعقه و عملیات کلیدزنی، جلوگیری می‌کند.

مدارات الکترونیکی ATS اغلب در سمت ورودی شبکه گنجانده شده است. این مدارها برای اطمینان از عملکرد مناسب ATS نیاز به حفاظت دارند. در این محل، تجهیز حفاظت در برابر سرج با اتصال موازی مناسب است. در این محل به دلیل وجود گذراهای ناشی از کلیدزنی شبکه بالادست، استفاده از SPDهای دارای فیلتر، توصیه می شود.

- **موقعیت ۲ - ورودی ژنراتور به ATS**

حفاظت از ورودی ژنراتور نیز برایATS اهمیت زیادی دارد به ویژه هنگامی که فاصله بین ژنراتور و ATS بیشتر از ۱۰ متر و یا سیم کشی خارجی باشد. در صورت سیم‌کشی خارجی، ATS در معرض سرج های ناشی از اصابت مستقیم صاعقه به سیم کشی بین ATS و ژنراتور و یا در معرض اصابت صاعقه به زمین مجاور یا سازه های نزدیک سیم‌کشی، قرار خواهد گرفت.

در اینجا نیز اتصال موازی تجهیز حفاظت در برابر سرج مناسب بوده و به دلیل حضور گذراهای ناشی از کلید زنی یا نوسانات گذرایی که اغلب بین ژنراتور و ATS انتشار می یابد، استفاده از SPDهای دارای فیلتر، توصیه می شود.

- **موقعیت ۳ - خروجیATS**

حفاظت از خروجی ATS به شدت توصیه می‌شود . سیم‌کشی خروجی ATS اغلب در فضای باز بوده و در نتیجه سیم‌کشی بین ATS و بارها در معرض اصابت مستقیم صاعقه و یا در معرض اصابت به زمین یا سازه نزدیک قرار می‌گیرد.

با توجه به ماهیت الکترونیکی بیشتر سیستم‌های ATS ، اتصال موازی وسیله حفاظتی فیلتردار مناسب است . استفاده از این نوع SPD در این مکان به دلیل حضور گذراهای سوئیچ زنی یا جریان‌های گذرای متناوبی است که اغلب بین ATS و بارهای متصل به خروجی ATS، منتشر می‌شوند.

- **موقعیت ۴ - مدار کنترل ژنراتور**

حفاظت از مدار کنترل ژنراتور یک گام ضروری در حفاظت از سیستم ATS است. این مدار برای شروع راه اندازی ژنراتور هنگام قطعی برق شبکه و همچنین پس از بازگشت برق شبکه مورد استفاده قرار می گیرد. این مدارها معمولاً ۲۴- ۱۲ ولت DC است. حفاظت در این مکان از آسیب های وارده به مدار کنترلی راه انداز ژنراتور جلوگیری می‌نماید. اگر فاصله بین ATS و ژنراتور بیش از ۱۰ متر یا دارای سیم کشی خارجی باشد، یک SPD نیز در محل ۶ توصیه می شود.

در این محل، اغلب استفاده از یک تجهیز حفاظت در برابر صاعقه دو پورت (اتصال سری) مناسب است. این مدارها در بیشتر موارد

مدارهای فشار ضعیف DC هستند و می توانند توسط یک منبع دیگر تغذیه شوند.

- **موقعیت ۵ –قطع کننده برق شبکه**

هنگامی که یک قطع کننده در سیستم وجود دارد حفاظت از قطع کننده برق شبکه یک گام توصیه شده در حفاظت از ATS است. فراهم نمودن حفاظت در این محل یک رویه حفاظت لایه ای است که در [۱] و [۸] توصیه شده است.

با استفاده از این رویکرد، SPD قطع کننده برق شبکه، بیشتر سرج های دریافتی را کاهش می دهد و سرج های اعمال شده به SPD حفاظتی ورودی برق شبکه ATS را محدود می کند. نتیجه این اقدام این است که محدوده ولتاژی که ATS در معرض آن قرار می‌گیرد کاهش می یابد. این امر احتمال خرابی یا اختلال در سیستم ATS را کاهش می دهد. اگر فاصله بین قطع کننده برق شبکه و ATS بیش از ۱۰ متر یا دارای سیم کشی خارجی باشد نیاز به حفاظت در این محل تأیید شده است. اتصال موازی تجهیز حفاظت در برابر سرج در این محل مناسب می باشد.

- **موقعیت ۷/۶ - دیتا / کنترل بین ATS و ژنراتور**

برخی از سیستم های ATS مجهز به مدارهای ارتباطی یا کنترلی هستند که دریافت فیدبک از ATS به ژنراتور و برعکس را امکان پذیر می سازد. این مدارها همچنین می توانند برای ارائه اطلاعات وضعیت عملیاتی به مراکز کنترل و بهره برداری که اغلب در مکان‌های بزرگتر با امکانات وسیع‌تر یافت می‌شوند مورد استفاده قرارگیرد. حفاظت در این مکان‌ها، زمانی حیاتی است که این عملکرد در سیستم وجود داشته باشد. اگر فاصله بین ATS و ژنراتور بیش از ۱۰ متر یا دارای سیم کشی خارجی باشد این امر بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است. اغلب از تابلوی آشکارساز راه دور در مکانی دورتر از ژنراتور استفاده می گردد که می تواند داده های نشان داده شده در کنترل پنل ژنراتور را تکرار کند. در چنین مواردی، این خطوط در معرض اصابت صاعقه مستقیم و یا اصابت صاعقه در مجاورت سیستم هستند.

انتخاب SPD برای این مکان‌ها بستگی به نوع مدار مورد استفاده برای ارتباطات یا کنترل و همچنین پروتکل آن‌ها دارد. اگر این مدارها الکتریکی باشند، یک تجهیز حفاظت در برابر سرج دو پورت (اتصال سری) توصیه می شود. اگر این مدارها، مدارهای دیتا یا ارتباطی باشند، SPD دیتا توصیه می‌شود. به طور معمول، ارتباطات داده ها برای این نوع مدار دارای سرعت نسبی کم (<۲ مگابیت در ثانیه) خواهد بود.

- **موقعیت ۸ - تغذیه ATS به بارها**

محافظت از ورودی تابلوی بار، یک گام مهم در حفاظت از بارهای سیستم است. فراهم نمودن حفاظت در این محل، یک رویکرد حفاظتی لایه ای برای محافظت بارها است. اگر چه این مکان خارج از محدوده سیستم ATS است، اما از اهمیت آن نمی‌کاهد. حفاظت در این محل زمانی که فاصله بین ATS و بارها بیش از ۱۰ متر و یا سیم کشی خارجی باشد، بیشتر حیاتی است.

انتخاب SPD برای این محل بستگی به نوع بارهای مورد حفاظت دارد. اگر بارها ذاتاً الکترونیکی باشند، توصیه می شود که از یک تجهیز حفاظت در برابر سرج با اتصال موازی و با فیلتر استفاده کنید. اگر بارها کمتر حساس هستند، می توان یک تجهیز حفاظت در برابر سرج بدون فیلتر را برای این مکان درنظر گرفت.

- **موقعیت ۹ - برق AC ژنراتور**

محافظت از ورودی ژنراتور یک گام ضروری برای حفاظت از سیستم ATS است، به ویژه هنگامی که فاصله بین ATS و ژنراتور بیش از ۱۰ متر یا سیم کشی خارجی باشد. هدف حفاظت در این محل، حفاظت از سیم پیچ های خروجی ژنراتور است. علاوه بر این، ممکن است از یک مدار الکتریکی یک منبع انرژی جداگانه برای شارژر باتری استفاده شود.

در این محل، یک تجهیز حفاظت در برابر سرج با اتصال موازی توصیه می شود. بسته به سطح جریان می توان از یک تجهیز حفاظت در برابر سرج با دو پورت (اتصال سری) نیز استفاده کرد.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، با توجه به حیاتی بودن حفاظت از سوئیچ انتقال خودکار (ATS) در برابر سرج با توجه به بردهای مداری، کنترل های الکترونیکی، رله ها و سنسورهای حساس به اضافه ولتاژهای گذرا و سرج های جریان در ATS، از IEEE Std C62.72-2017 به عنوان یک راهنما برای ارائه دستورالعملی کاربردی در خصوص حفاظت از سوئیچ‌های انتقال خودکار در برابر سرج استفاده شد.

بدین منظور ضمن بررسی چهار منبع اصلی سرج‌های اثرگذار بر ATS و انواع اتصال SPDها، موقعیت های نه‌گانه استفاده از SPDها در سیستم ATS تشریح گردید که نتیجه بررسی در جدول (۱) درج گردیده است.

جدول ۱: موقعیت های ۹گانه استفاده از SPDها در سیستم ATS

موقعیت	نیاز به حفاظت	نوع حفاظت	ملاحظات
۱- ورودی برق شبکه ATS	حیاتی	موازی با فیلتر	ATS الکترونیکی است
۲- ورودی ژنراتور ATS	حیاتی	موازی با فیلتر	ATS الکترونیکی است
۳- خروجی بار ATS	حیاتی	موازی با فیلتر	ATS الکترونیکی است
۴- کنترل ژنراتور	حیاتی	سری با فیلتر	مدارات DC فشار ضعیف معمول
۵- قطع کننده برق شبکه	توصیه شده، در صورت وجود	موازی	رویه حفاظت لایه ای، استرس کمتر در موقعیت ۱ به ویژه زمانی که فاصله موقعیت ۵ تا موقعیت ۱ زیاد باشد.
۶- دیتا/کنترل به ATS	حیاتی، در صورت وجود	سری با فیلتر یا نوع دو پورت دیتا	خطوط کنترل و داده بسیار مستعد ابتلا به سرج های القایی هستند
۷- دیتا/کنترل از ژنراتور	حیاتی، در صورت وجود	سری با فیلتر یا نوع دو پورت دیتا	خطوط کنترل و داده بسیار مستعد ابتلا به سرج های القایی هستند
۸- تابلو (بارها)	حیاتی/توصیه شده	موازی یا دو پورت	زمانی که فاصله بین موقعیت ۳ و موقعیت ۸ زیاد باشد حیاتی است. برای حفاظت با رویکرد لایه ای و محافظت تمام بارها در این نقطه توصیه شده است.
۹- مدار AC ژنراتور	حیاتی/توصیه شده	موازی	زمانی که فاصله بین موقعیت ۲ و موقعیت ۹ زیاد باشد حیاتی است. برای حفاظت سیم پیچ های خروجی ژنراتور توصیه شده است.

۷- مراجع

[1] Ronald W. Hotchkiss, “Surge protection of automatic transfer switches — Application note” IEEE PES General Meeting | Conference & Exposition, 2014.

[2] “IEEE Guide for the Application of Surge-Protective Devices for Low-Voltage (1000 V or Less) AC Power Circuits”, IEEE Std C62.72TM–2016

[3] Underwriters Laboratories, Incorporated, “Standard for Safety, Transient Voltage Surge Suppressors. UL 1449”, Northbrook, IL USA..

[4] National Fire Protection Association, ″National Electric Code®, NFPA 70″, Quincy, MA USA.

[5] B.R. Cole, K. Brown, P. McCurdy, T.E. Phipps, and R. Hotchkiss.″Short Circuit Current Ratings of Surge Protective Devices (SPDs)″ IEEE PES Summer Meeting, July 2006.

[6] Tristan King, “Surge protection installation guide” , Novaris Pty Ltd, Document No: 0015-D33V2

[7] ERICO International Corporation, “SPDs and the Benefits of Filtering”, Technical Note, TN CR 006.

[8] ″IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment″, IEEE Standard 1100-2005