# ارزیابی حفاظت خازنهای قدرت و بررسی علل انفجار بانکهای خازنی

خالد مطوریان - فریبرز فداکار
شرکت مشانیر

**چکیده :**

با توجه به معضل صدمه دیدن و انفجار بانکهای خازنی در شبکه‌های توزیع برق کشور و بروز خسارتهای ناشی از آن ، در این مقاله ابتدا تحول در ساختار خازنها در خلال چند دهه گذشته مورد مطالعه قرار گرفته ، سپس طریقه و عوامل مؤثر در از کار انداختن سیستمهای سابقی مختلف بررسی شده و نهایتا" روشهای مناسب جهت حفاظت خازنهای قدرت ارزیابی می گردد.

**شرح مقاله :**

پیشرفت روز افزون در طراحی و ساخت خازنهای قدرت ، کارآئی و اعتماد به خازنها را بطور محسوسی افزایش داده است. از جمله این پیشرفتها کاربرد لیزر جهت برش ورق آلومینیوم در سیستم عایق خازن ، ارتقاء قابل توجه سطح ولتاژ آغاز کننده کرونا و استفاده از تکنیکهای جدید اتصال عناصر درون خازنها است که به خازن اجازه میدهد جریان اتصال کوتاهی معادل ۱۰ کیلوآمپر یا ۳۰ کیلوژول تخلیه موازی را تحمل کند.

تکنیک کاربرد خازنهای قدرت مدرن این فرصت را به مصرف کننده انرژی الکتریکی میدهد تا سیستم و قدرت خود را جهت دستیابی به حداکثر کارآئی اصلاح کند. نصب موازی بانکهای خازنی با ولتاژ بالا تلفات انتقال انرژی را کاهش

داده و ولتاژ بحرانی زمان پیک بار را پشتیبانی میکند. یک شبکه از خازنهای قدرت که شامل تعبیه بانکهای خازنی در محل پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت و همچنین تعبیه تعدادی خازن در شبکه توزیع ۴۰۰/۲۳۰ ولت ، بمقدار بسیار زیادی کارآئی سیستم قدرت را بهبود می بخشد و نیاز به تولید انرژی اضافی را کاهش میدهد. چنین خاصیت مهمی نیاز مبرم به خازنهای قدرت جهت جبران جریان راکتیو را توجیه مینماید. تکنولوژی منحصر به فردی که بتازگی در جنس و روش ساخت خازنها بکار گرفته شده است ، هنر بهره‌جوئی در این زمینه‌ها را فراهم میسازد.

۱- تحول در ساختار خازنها :

پیشرفت تکنولوژی در ساخت عایقهای جامد ، سبب گردیده تا خازنها با کیفیت بالاتری ساخته شود. به منظور لمس بهتر تکنولوژی سالهای اخیر خلاصه‌ای کوتاه از توسعه تکنولوژی در مدت ۳۰ سال گذشته بیان میگردد.

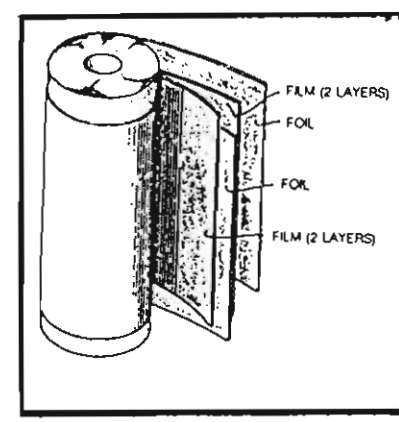
در دهه ۱۹۶۰ هر لایه عایق جامد از چندین صفحه موسوم به KRAFT-PAPER تشکیل میشد. خازنهای قدیمی که این نوع عایق در آنها بکار رفته است عموما" وزنی بیش از ۰/۵ کیلوگرم به ازاء هر KVAR و تلفاتی در حدود ۲ الی ۳ وات برای هر KVAR داشتند.

دراواسط دهه ۱۹۶۰ ترکیبی از KRAFT-PAPER و صفحات نازک پروپیلین بعنوان عایق جامد معرفی شد. در دهه ۱۹۷۰ ، عایق PAPER-FILM استاندارد کارخانجات و صنایع بود. این سیستم عایق مشابه سیستم قبلی بود با این تفاوت که یکی ازصفحات KRAFT-PAPER با صفحه نازک پلی پروپیلین جایگزین شد و صفحه دیگر KRAFT-PAPER در جای خود باقی ماند که بعنوان فتیله عمل کند و اجازه دهد تا مایع عایق در لایه‌های نازک پلی پروپیلین نفوذ کند. با تکنولوژی PAPER-FILM خازنهائی به بزرگی 200 KVAR ساخته شد و وزن آنها به زیر ۰/۵ کیلوگرم به ازاء هر KVAR تقلیل یافت. مهمتر اینکه تلفات به ۰/۵ الی ۰/۸ وات برای هر KVAR کاهش پیدا نمود و بطور قابل توجهی به اطمینان و کارآئی خازنهای قدرت افزوده شد. در اواسط دهه ۱۹۷۰ مایع عایق NON-PCB شناخته و جهت استفاده در خازنهای قدرت معرفی شد. این هم در بهبود عملکرد خازن سهیم بود و به خاطر مشخصه خطرناک PCB برای محیط زیست بطور خاصی مورد توجه قرار گرفت ، بطوریکه اکنون در سراسر دنیا خواسته میشود که جهت عایق خازنهااز مایع NON-PCB استفاده شود. دردهه ۱۹۸۰ خازنهای ALL-FILM عرضه شد. این نوع خازنها در اوائل سالهای

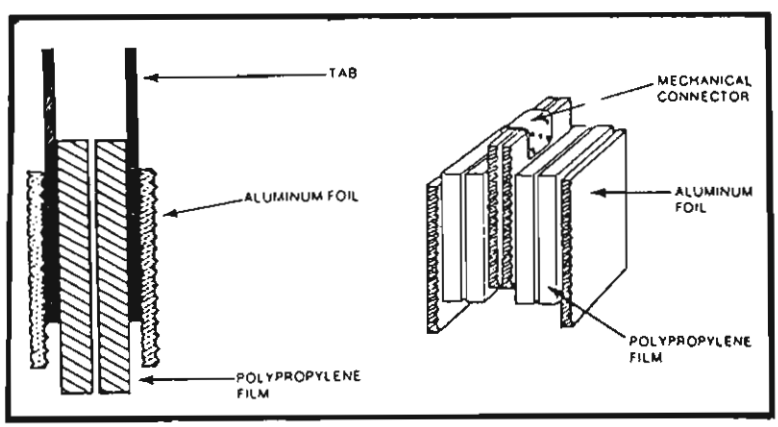
۱۹۷۰ به بازار معرفی شده بود ولی کلا" در دهه ۱۹۸۰ برای اولین بار تولید اینگونه خازن در سراسر دنیا معمول گردید.

پیشرفت در تکنولوژی ورقهای آلومینیوم و سطوح صفحات نازک امکان آغشته شدن بهتر لایه‌های نازک پروپیلین بدون نیاز بوجود KRAFT-PAPER را مهیا ساخت. وزن خازنهای ALL-FILM خیلی کمتر از ۰/۵ کیلوگرم برای هر KVAR بوده و تلفات آن تقریبا" به ۰/۱ وات برای هر KVAR رسید. اضافه بر عملکرد خوب در بهره‌برداری ، خازنهای ALL-FILM ازمنحنی ترکیدن تانک بسیارخوبی برخوردار هستند ، بطوریکه خطر بهره‌برداری از این قبیل خازنها کاهش و ایمنی آن بطور چشمگیری بهبود یافت و همه سازندگان عمده خازنهای قدرت ، امروزه از عایق ALL-FILM استفاده میکنند. مضافا" اینکه عایق مایع NON-PCB که برای محیط زیست هم هیچگونه خطری ندارد بعنوان مایع آغشته کننده ، در همه صنایع بکار گرفته میشود.

یک دستگاه خازن از تعدادی خازنهای جداگانه که اصطلاحا" CAPACITOR PACKS نام دارند تشکیل میشود (شکل ۱). این خازنها معمولا" بصورت سری - موازی به همدیگر متصل شده‌اند تا ظرفیت کلی یکدستگاه خازن (OVERALL RATING) مورد نظر بدست آید. یک روش جهت اتصال خازنهای درونی (PACKS) به همدیگر ، کار گذاشتن باریکه‌هائی بین ورق آلومینیوم و لایه‌های عایق جامد در فواصل معین میباشد که هنگام پیچیدن خازن (PACK) صورت میگیرد. روش دیگر اتصال خازنهای درونی که دارای مقاومت پائینتری میباشد ، با استفاده از ورقهای ممتد آلومینیوم قابل اجراست . شکل (۲) فرق بین ساختمان این دو نوع خازن را نشان میدهد.




شکل ۱



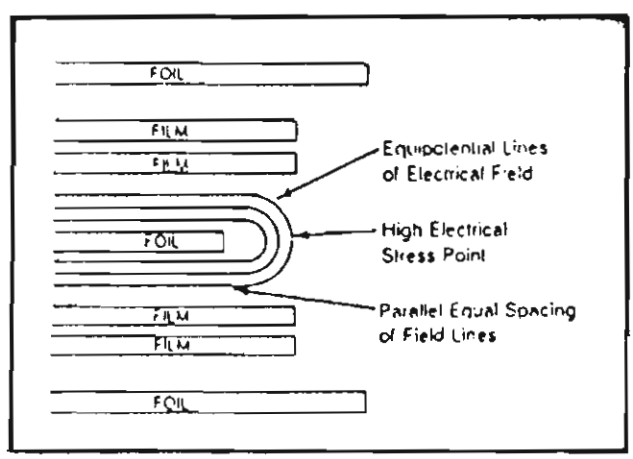

شکل ۲

دراتصال خازنها به شیوه استفاده از ورقهای آلومینیوم ممتد ، لایه‌های ورق آلومینیوم فراتر از لایه‌های نازک پلی پروپیلین امتداد داده میشود ، به شکلی که اجازه دهد با ورق آلومینیوم ، خازن (PACK) مجاور مستقیما" متصل شده ، یک اتصال الکتریکی با مقاومت پائینتری بوجود آورد.

در تکنولوژی سالهای ۱۹۹۰ به بعد از تجربیات گذشته استفاده شده و درحقیقت خازنهائی که اخیرا" عرضه میشوند دارای تکنولوژی تکمیل یافته‌تری هستند. مثلا" استفاده از عایق جامد ALL-FILM و عایق مایع NON-PCB و بکارگیری روش ورق آلومینیوم ممتد جهت انجام اتصالات بین خازنهای جداگانه درونی (PACK) و همچنین استفاده از لیزر جهت انجام برش ورق های آلومینیوم میباشد.

همانطوریکه میدانید در خازنهای قدرت ولتاژی که به ترمینالهای خازن اعمال میگردد به نسبت گروههای خازنهای جداگانه درونی (PACK) که با همدیگر سری میباشند تقسیم میشود.

ولتاژ (PACK) بین دو هادی آلومینیوم ظاهر شده ، باعث میشود فشار الکتریکی به ماده عایق بین و اطراف هادیها وارد شود. وقتی ولتاژ دو سر ورق آلومینیوم هادی زیاد شود سطح ولتاژ نتیجتا" به حدی خواهد رسید که فشار الکتریکی را ناشی میشود و تخلیه گروهی خازنها بصورت جزئی در یک سطح ولتاژ ثابت شروع میشود ، که این ولتاژ را اصطلاحا" ولتاژ آغاز تخلیه سیستم عایق می‌نامند. عوامل اولیه مؤثر در این سطح ولتاژ ، توانائی عایقی مایع و شکل هندسی ورق آلومینیوم هادی میباشند. شکل (۳) سطح مقطع سیستم عایق یک خازن همراه با نقشه میدان الکتریکی اطراف هادیهای آلومینیومی را نشان میدهد.




شکل ۳

در ناحیه بین هادیهای آلومینیومی ، فشار الکتریکی کاملا" یکنواخت بوده و خطوط هم پتانسیل میدان الکتریکی به موازات سطح آلومینیومی و با فواصل مساوی از همدیگر قرار دارند.

در نقاطی بلافاصله بعد از حاشیه ورق آلومینیوم میدان الکتریکی غیریکنواخت میگردد. این پدیده به خاطر این است که در این ناحیه میدان الکتریکی بین دو سطح موازی و صاف محدود نمیباشد. شکل میدان و حداکثر تغییرات و فشار الکتریکی بستگی زیادی به وضع حاشیه ورق آلومینیوم دارد. با توجه به مشخصه حاشیه ورق آلومینیوم فشار در این نقاط در مقایسه با فشار بین ورقهای آلومینیوم در درون خازن (PACK) میتواند چندین برابر بیشتر باشد. در روش معمول ساخت ورق آلومینیوم از تکنیک برش مکانیکی حاشیه ورق آلومینیوم استفاده میشود که در این روش حاشیه ورق آلومینیوم ناهموار و غیریکنواخت میشود.

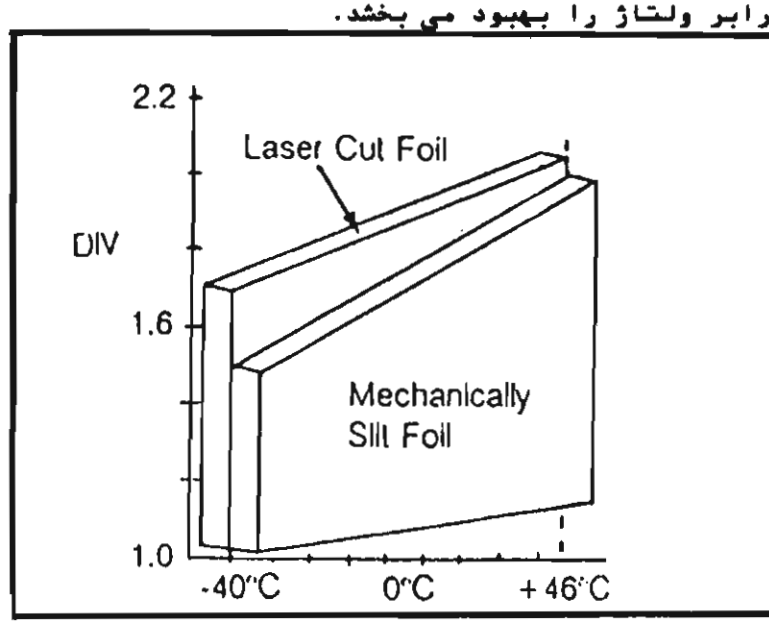
مقدار ازدیاد فشار الکتریکی در حاشیه ورق آلومینیوم بستگی به پیرامون حاشیه ورق دارد.

در نقاطی که خطوط هم پتانسیل به دلیل تیز و ناصاف بودن لبه ورق آلومینیوم متمرکز میشوند ، فشار الکتریکی فوق‌العاده بالائی بوجود می‌آید. شیوه معمول مقابله با افزایش فشار الکتریکی در حاشیه ورق آلومینیوم ، دولا کردن یا برگرداندن لبه ورق بمنظور دستیابی به یک حاشیه صافتر میباشد. هرچند که دو برابر کردن ضخامت آلومینیوم ایجاد یک ناحیه پر فشار در عایق فعال مینماید که درساختمان خازن ازنظر آغشتگی محدودیتی را تحمیل مینماید.

ابداع جدیدی که در ساخت خازنها اخیرا" به آن دسترسی پیدا شده است ، استفاده از برش لیزری جهت حذف و از بین بردن ناهمواری که غالبا" بر اثر برش مکانیکی درحاشیه ورق آلومینیوم ایجاد میشود، بوده است. با بکارگیری این روش ، حاشیه نسبتا" صافی در اطراف ورق آلومینیوم بدست می آید که باعث میگردد یکنواختی میدان الکتریکی حفظ شود. فشار الکتریکی بدلیل استفاده از برش لیزری در خازنها ، به مقدار قابل ملاحظه‌ای ولتاژ شروع تخلیه جزئی را افزایش میدهد و در نتیجه سیستم عایقی خیلی بهتری بدست خواهد آمد. شکل(۴) ولتاژ آغاز تخلیه سیستم عایق خازن (DIV) را برای دو روش ، برش مکانیکی و

لیزری را با همدیگر مقایسه میکند.

مایع NON-PCB بکار رفته در ساخت این خازنها ترکیب منحصر به فردی است که مشخصه عایقی بهتری برای دامنه (RANGE) حرارتی کارکرد خازن فراهم میسازد. طریقه آغشتگی خازن با مایع بوسیله سیستم چند راهه صورت میگیرد تا اطمینان حاصل شود که خود مایع و هر PACK قبل از پرشدن با مایع ، کاملا" ازگاز تخلیه شده است. ترکیب برش ورق آلومینیوم بوسیله لیزر و روش آغشتگی بهتر، توانائی و تحمل خازن در برابر ولتاژ را بهبود می بخشد.



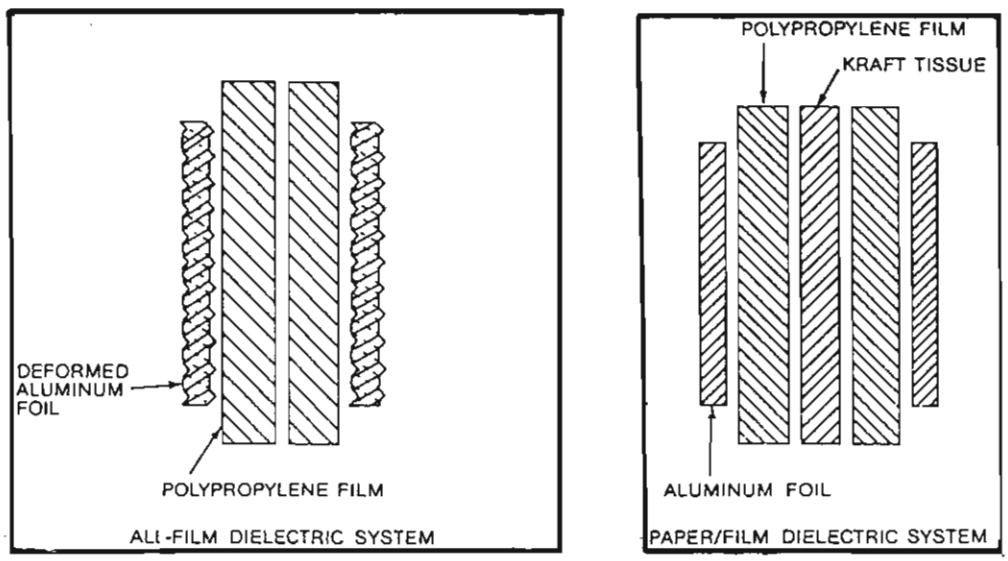

شکل ۴

۲- طریقه و عوامل مؤثر در از کار انداختن سیستمهای عایق :

در حال حاضر دو نوع خازن توسط سازندگان عرضه میشود که بعضی دارای سیستم عایق PAPER-FILM و برخی دیگر دارای سیستم عایق ALL-FILM میباشند.

به منظور درک بهتر این مطلب که چرا در مواردی جهت تعریف مشخصه ترکیدن تانک خازن ، از منحنی احتمالی و در بعضی موارد دیگر از منحنی دقیق استفاده میشود، لازم است نحوه از کار افتادن دو نوع خازن مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. شکل ۵-(الف) سیستم عایق PAPER-FILM که از دو ورق آلومینیوم جدا شده بوسیله دو صفحه نازک پلیپروپیلین با پوششی از KRAFT-TISSUE تشکیل میبابد را نشان میدهد.

شکل ۵-(ب) سیستم عایق ALL-FILM پیشنهاد شده توسط یک شرکت سازنده خازنهای قدرت را نشان میدهد که از دو ورق آلومینیوم با اعوجاج یکنواخت و مجزا از هم بوسیله دو صفحه نازک پلی پروپیلین خالص تشکیل شده است. حال باید دید که هنگام از کار افتادن هر یک از این سیستمها چه فعل و انفعالی رخ میدهد.



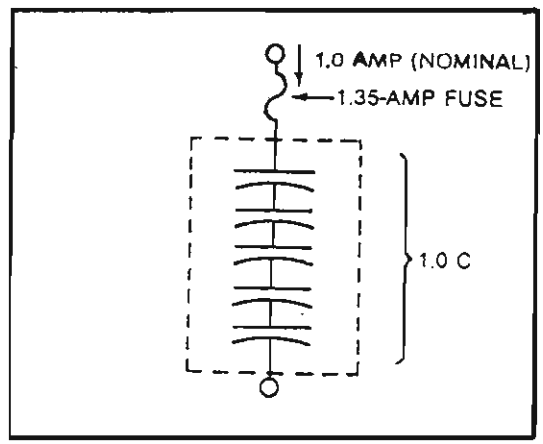

(الف) (ب)

شکل ۵

نمونه‌ای از یک خازن معمولی توزیع متشکل از پنج خازن جداگانه (PACK) که بطور سری به همدیگر متصل شده‌اند را مورد بررسی قرار میدهیم . بدیهی است سازندگان مختلف ، خازنهای متفاوتی را از نظر ساختمان عرضه میکنند. همانگونه که در شکل (۶) نشان داده شده است ، فرض میشود پنج خازن (PACK) دارای ظرفیت ۱ میکروفاراد جریانی معادل ۱ آمپر بکشند. برابر استاندارد صنعتی فعلی خازنها باید برای ۱۳۵٪ کیلووار مورد نظر طراحی شوند.

به عبارت دیگر یعنی ظرفیت واقعی خازن بایستی ۱/۳۵ برابر ظرفیت نامی باشد ، این خود باعث میشود که حداقل فیوز محافظ به میزان ۱/۳۵ برابر جریان نامی خازن انتخاب گردد. البته فرض بر این است که یک فیوز جهت حفاظت یک

خازن بکار میرود. در غیر اینصورت در یک مجموعه خازنی ، جهت دو و سه عدد خازن در هر فاز به ترتیب حداقل فیوزهای ۲/۷ و ۴/۰۵ برابر جریان نامی هر خازن لازم است.




شکل ۶

**۱-۲- طریقه از کار افتادن عایق PAPER-FILM :**

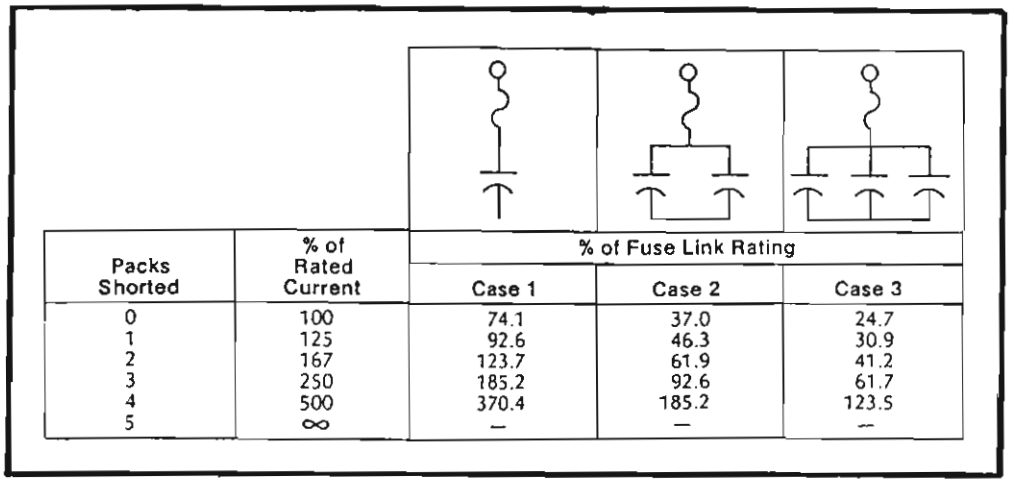
فرض کنیم که یک خازن PAPER-FILM از کار افتاده است ، از کار افتادن یک خازن به معنای شکسته شدن عایق بین دو ورق آلومینیوم میباشد. این باعث میگردد تا جریان ضعیفی از یک ورق آلومینیوم به ورق دیگر تخلیه گردد. در سیستم عایق PAPER-FILM ، وقتیکه این تخلیه ضعیف برقرار میشود ، طبقه نازک پلی‌پروپیلین از محل تخلیه جریان جدا گشته و به عقب کشیده میشود. لایه KRAFT-TISSUE که هنوز بین دو ورق باقی مانده است تجزیه و متلاشی میشود و از خود مقداری کربن به جای میگذارد ، بقایای کربن مانند یک مقاومت بین دو ورق آلومینیوم عمل میکند و قوس الکتریکی بین دو ورق را برقرار می‌سازد.

قوس الکتریکی درون روغن (مایع عایق) تولید حبابهای گاز مینماید. حبابهای گاز به قسمت فوقانی محفظه خازن (تانک) صعود کرده و فضای نزدیک به سطح بالائی تانک و بوشینگ را اشغال میکنند. همزمان با تولید گاز حجم داخلی خازن تغییر یافته ، سبب برآمدگی تانک خازن میشود تا فضای اضافی مورد نیاز گاز تأمین شود. نتیجتا" سطح مایع عایق داخل تانک خازن به پائین رانده شده و نزدیک به قسمت فوقانی مجموعه خازنها (PACK) فضای آلوده به گاز باقی میماند. پس از مدتی باقیمانده کربن شکسته شده ، اجازه میدهد دو ورق آلومینیوم به همدیگر برخورد نمایند.مدت زمان لازم جهت بوقوع پیوستن این عمل مشخص نمیباشد

زیرا معلوم نیست که برای چه مدت چه مقدار کاغذ تجزیه و متلاشی میشود ولی برای سهولت مطلب فرض کنیم پس ازمدتی KRAFT-TISSUE میشکند و دو ورق آلومینیوم به همدیگر متصل میشوند ، در نتیجه ظرفیت واحد تا مقدار ۱/۲۵ میکروفاراد افزایش خواهد یافت یا بعبارت دیگر ۲۵٪ به جریان افزوده میشود. جریان ۱/۲۵ آمپر جهت ذوب فیوز ۱/۳۵ آمپری که قبلا" انتخاب شده است کافی نمیباشد ، لذا چهار PACK سری باقیمانده اکنون تحت فشار سطح ولتاژ بالاتری (۱۲۵٪) نسبت به آنچه در ابتدا برای آن طراحی شده‌اند قرار دارند. لاجرم پس از مدتی یکی دیگر از خازنهای سری (PACK) تحت تأثیر سطح ولتاژ بالاتر و سیستم عایق آلوده از کار خواهد افتاد. در حقیقت یکبار دیگر مراحل ذکر شده فوق برای خازن بعدی اتفاق خواهد افتاد که نهایتا" باعث میشود تا گاز بیشتر، ازدیاد حجم بیشتر و پائین رفتن سطح مایع از قوس الکتریکی بوجود آمده ناشی گردد تا آنجائیکه شکست ولتاژ بین اتصالات و بدنه تانک حاصل شده و متعاقب آن انفجار تانک از قسمت فوقانی بوقوع خواهد پیوست.

محل انفجار تانک بستگی کامل به استحکام ، مقاومت جنس و جوشکاری تانک خازن دارد. اگر جوشکاری تانک خازن مناسب نباشد ، انفجار تانک ممکن است خیلی زودتر از محل درز جانبی (محل جوش) و یا کف تانک اتفاق افتد. همه این اتفاقات میتواند قبل از اینکه جریان کافی جهت ذوب فیوز محافظ کشیده شود حادث گردد. بنابراین بقایای کربن ناشی ازتجزیه KRAFT-PAPER بصورت یک مقاومت افزایش جریان را محدود میکند. از طرف دیگر مدت زمانی که بقایای کربن در عایق فعال خازن باقی میماند مشخص نیست. روش شبیه‌سازی شرائط و محیط از کار افتادن خازنهای با عایق PAPER-FILM هم مقدور نیست زیرا شبیه‌سازی نمیتواند مجهولات مربوط به متلاشی شدن کاغذ را پیش‌بینی کند. لذا سازندگان خازنهای PAPER-FILM قادر نخواهند بود بطور دقیق و قطعی منحنی مربوط به مشخصه انفجار تانک این قبیل خازنها را پیش‌بینی و یا تهیه نمایند ، به همین دلیل است که از منحنی‌های احتمالی و تقریبی باید استفاده نمود. در این راستا آزمایشات مختلفی توسط سازندگان خازنهای PAPER-FILM جهت تائید و اعتبار بخشیدن منحنی‌های احتمالی ۱۰٪ اجرا شده است. بنابراین خازنی که توسط یک فیوز محافظت میشد مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که امکان ترکیدن تانک این نوع خازن بطور قابل ملاحظه‌ای با افزایش تعداد خازنها افزایش می یابد ، بطوریکه یک فیوز ۲/۷ آمپری جهت حفاظت دو خازن و یا یک فیوز ۴/۰۵ آمپری

جهت حفاظت سه خازن ، نیاز به اتصال کوتاه شدن مجموعه‌های (PACKS) بیشتری دارند تا ذوب شوند. این پدیده موجب میشود تا گاز بیشتری تولید شده و احتمال ترکیدن تانک خازن بطور محسوسی افزایش یابد(جدول ۱).



| Packs Shorted | % of Rated Current | % of Fuse Link Rating | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
| 0 | 100 | 74.1 | 37.0 | 24.7 |
| 1 | 125 | 92.6 | 46.3 | 30.9 |
| 2 | 167 | 123.7 | 61.9 | 41.2 |
| 3 | 250 | 185.2 | 92.6 | 61.7 |
| 4 | 500 | 370.4 | 185.2 | 123.5 |
| 5 | ∞ | — | — | — |

جدول ۱- احتمال انفجار تانک خازن

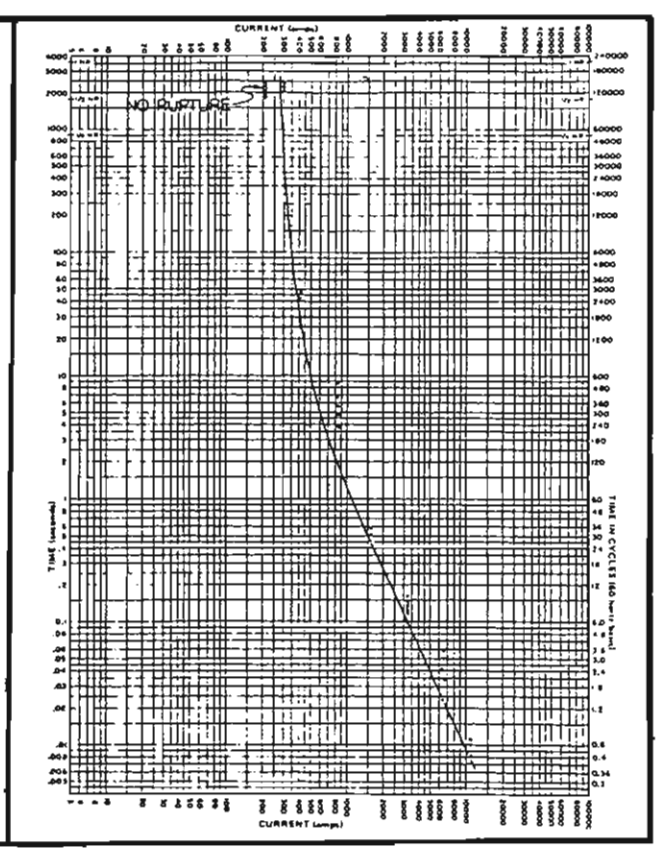
**۲-۲- طریقه از کار افتادن عایق ALL-FILM :**

هنگامیکه سیستم عایق ALL-FILM که درشکل ۵-(الف) نشان داده شده است از کار میافتد ، عایق بین دو ورق شکسته شده ، باعث میگردد تخلیه جریان ضعیفی ازیک ورق به ورق دیگر برقرار گردد. فضای اشغال شده میان دو ورق اکنون لایه نازک پلی پروپیلین خالص است. لایه نازک زمانیکه در معرض منبع گرما قرار گیرد جدا گشته و از نقطه گرما به عقب کشیده میشود و دو ورق به همدیگر برخورد نموده PACK را اتصال کوتاه مینماید. این اتصال بدون تولید گاز و یا با مقدار خیلی کمی گاز همراه است زیرا هیچگونه TISSUE یا مقاومت دیگری که منشاء قوس الکتریکی بین دو ورق آلومینیوم گردد وجود ندارد.

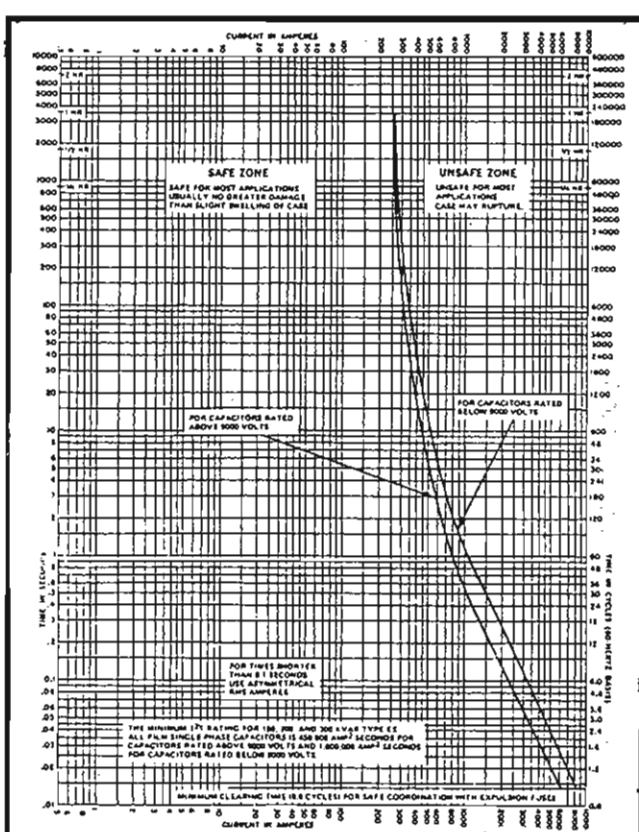
از اتصال کوتاه شدن یک PACK ۲۵٪ افزایش جریان منتج میشود و متعاقب آن ۱۲۵٪ ازدیاد ولتاژ در خازنهای سری (PACK) باقیمانده بوجود می آید. در سطح فشاربالاتر ، بعد از مدت زمانی یک PACK دیگر از کار افتاده ، دوباره اتصال کوتاه همراه با کمی و یا بطور کلی بدون تولید گاز رخ خواهد داد و افزایش جریان فیوز را سبب میگردد.

آزمایش انفجار تانک نشان میدهد که یک خازن با سیستم عایق ALL-FILM (شکل ۵ - ب) میتواند به اتصال کوتاه کامل ترمینال به ترمینال برسد ، بدون اینکه مقدار گاز قابل اندازه‌گیری تولید نماید. انجام آزمایشات عدیده انفجار تانک روی سیستم عایق ALL-FILM برای معرف کنندگان ، یک منحنی انفجار تانک دقیق را فراهم نموده است. روش استفاده شده جهت از کار انداختن خازنها در این آزمایشات در واقع شبیه‌سازی شرائط واقعی در زمان کارکرد بوده است. خازنها تحت فشار ناشی از ولتاژ و درجه حرارت بالای محیط درحالیکه جریان زیر نظر بوده است ، بکار گرفته میشوند. کار کردن خازن در فشار و درجه حرارت بالا عمر آنها را کوتاه میسازد.

پس از اینکه خازنها به این سبک از کار افتاده میشوند ، آزمایشات ترکیدن تانک بر روی آنها با اعمال جریان اتصال کوتاه به هر خازن بعمل آمده ، مدت زمان رسیدن تانک به حد انفجار اندازه‌گیری میشود. شکل (۷) بیانگر اطلاعات واقعی بدست آمده از این آزمایشات است.




شکل ۷




شکل ۸

همانگونه که مشاهده میشود زمانهای ترکیدن تانک برای سطوح مختلف جریانها خیلی نزدیک به همدیگر دسته بندی شده‌اند ، از این رو یک منحنی ترکیدن تانک در سمت چپ نقاط بدست آمده از اطلاعات واقعی رسم گردیده که نسبت به منحنی واقعی ، یک منحنی محافظه کارانه است. در نتیجه اگر عمل فیوز کردن در سمت چپ این منحنی صورت گیرد یک قطع مطمئن خواهد بود ، و چنانچه عمل قطع کردن فیوز درسمت راست این منحنی صورت گیرد ، همانگونه که در شکل (۸) ملاحظه میشود این یک قطع نامطمئن خواهد بود.

۳-ارزیابی حفاظت خازن :

مشخصه انفجار تانک خازن PAPER-FILM به دلیل ابهام ناشی از کاغذ درون سیستم عایق فعال ، بطور قطعی غیرقابل پیش‌بینی است ، لذا ارزیاب جهت تائید منحنی انفجار ، هر خازنی را که دریافت میدارد بایستی اطلاعات مربوط به آزمایش خازن را از سازنده مطالبه نماید و پس از تجزیه و تحلیل قانع شود که منحنی‌های فراهم شده در حد کفایت دقیق میباشند و اطمینان پیدا کند که به مناسب ترین و بی خطرترین مقدار ممکن جهت فیوز محافظ دست یافته است. در سالهای اخیر به منظور دستیابی به عمل قطع مطمئن یک فیوز و یا حداقل کاهش تعداد اتفاقات منجر به انفجار خازنهای با سیستم عایق مختلف تلاش زیادی صورت گرفته است.

بطور کلی از دیدگاه حفاظتی اختلاف بسیار زیادی برای انواع مختلف خازنها وجود دارد که متأسفانه شرح کامل آن از حوصله این مقاله خارج است.بطوراجمال، مثلا" اگر خازن از نوع MIXED DIELECTRIC باشد حفاظت آن بوسیله فیوزهای درونی جداگانه محاسنی از قبیل قطع سریع خازن داخلی (PACK) معیوب ، کاهش قابل اغماض قدرت خروجی خازن ، عدم تغییر محسوس در عمر خازنهای باقیمانده ، احتمال کم انفجار محفظه خازن و امکان ساخت واحدهای بزرگ خازنی را دارد. حال اگر نوع سیستم عایق خازن METALLIZED-DIELECTRIC باشد که اختلاف این دو نوع عمدتا" در ضخامت ورق آلومینیوم آنها است. نوع اخیر از ضخامت ورق کمتری برخوردار است ، در نتیجه مقاومت الکتریکی الکترودها (ورق آلومینیوم) به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش مییابد. در عمل ثابت شده که حفاظت با استفاده از روش فیوزهای درونی جداگانه در خیلی از موارد برای این قبیل خازنها اثری

ندارد. لذا جهت حفاظت خازنها ، با توجه به شرائط از کار افتادگی خازن ، نوع سیستم عایق بکار رفته و محل نصب آنها بایستی از روش مناسب استفاده شود. از جمله روشهای دیگر حفاظتی استفاده از قطع مکانیکی خازن ، استفاده از کلیدهای فشار و بکارگیری حفاظت دو فیوزه برون خازنی میباشد که هیچکدام بصورت صددرصد مؤثر شناخته نشده است.

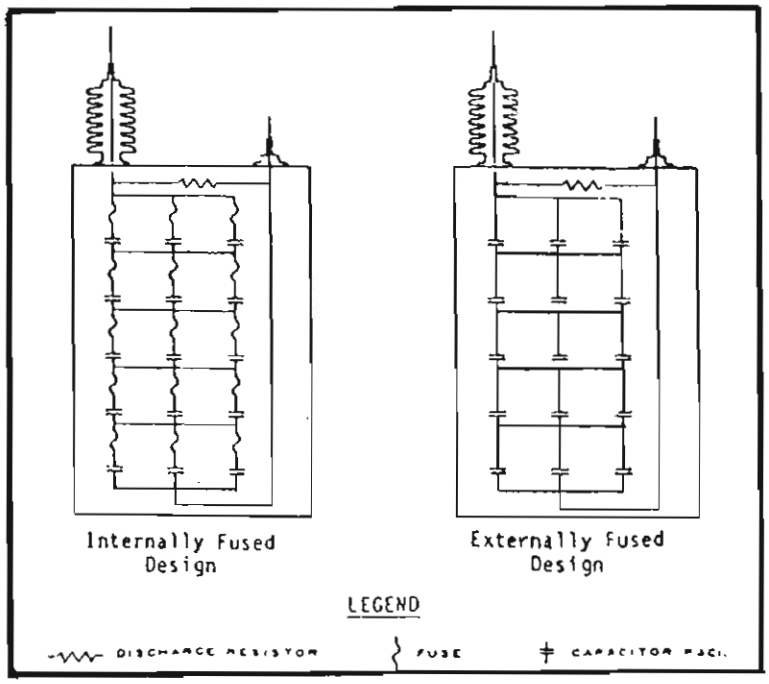
بنابراین راه منطقی این است که از یک سیستم عایقی که هنگام از کار افتادن خازن گاز زیادی از خود متصاعد نکنند استفاده شود. همانگونه که توضیح داده شد با بکارگیری سیستم عایق ALL-FILM این مهم میسر خواهد شد. این نوع سیستم عایق امکان دستیابی به بهترین هماهنگی ممکن بین منحنی انفجار تانک خازن و منحنی مشخصه عملکرد فیوز را به معرف کننده میدهد.

<u>نتیجه :</u>

کاربرد خازنهای قدرت علیرغم محاسن و معایب آن اجتناب ناپذیراست. لذا با توجه به انواع خازنها و طرحهای حفاظت مختلف که توسط سازندگان ارائه میگردد ،نهایت دقت در انتخاب نوع سیستم عایق خازن و طرح حفاظتی آن بایستی بعمل آید.

اهمال در بررسی و مطالعه مشخصه فنی خازنها و عدم انتخاب مناسب بانکهای خازنی میتواند علاوه بر تحمیل هزینه سنگین تهیه وخرید ، خسارتهای جنبی دیگری از قبیل صدمه زدن به تأسیسات و دستگاههای مجاور بر اثراحتمال بروز حریق ، تمیزکاری ، تعطیل بهره‌برداری و غیره را وارد نماید. خازنهای با سیستم عایق ALL-FILM در شرائط واقعی کار از توانائی بیشتر و بهره‌برداری مطمئن نسبت به خازنهای با عایق PAPER-FILM برخوردارند.

از جمله این توانائی‌ها کم بودن تلفات ، حجم ، حرارت و هزینه بهره‌برداری آن است.ضمنا" قبل از اتخاذ هرگونه تصمیمی در جهت انتخاب خازن و نوع حفاظت آن، شخص ارزیابی کننده باید از اهمیتی که شرکت برای ایمنی خازن قائل است مطلع باشد و به هر حال اطمینان حاصل نماید که طرح حفاظت خازن پیشنهادی واقعا" میتواند خازن خریداری و نصب شده را به نحوی محافظت نماید که فیوز یا هر وسیله حفاظتی دیگر قبل از انفجار تانک عمل نموده و خازن را از مدار جدا سازد.




شکل ۹ - خازنهای درون و برون فیوزی

منابع :

1- W.M. HURST , M.J. MASON , J.C. MCCALL - POWER CAPACITOR DEVELOPMENT FOR IMPROVED PERFORMANCE - COOPER POWER SYSTEM - USA

2- PALOSKI , E.J. - DUAL FUSING TO PREVENT CAPACITOR CASE RUPTURE

3- BURRAGE , L.M. - SHUNT CAPACITOR TANK RUPTURE CONSIDERATION - IEEE PAPER

4- D. ZANOBETTI , G.A. CERTSCH , R.J. HOPKINS , A. RABANIT - POWER CAPACITORS MIXED PAPER AND POLYPROPYLENE DIELECTRIC

5- PETRUS , K.J. - TANK RUPTURE CONSIDERATIONS NON-PCB CAPACITORS - THE LINE .