



بررسی عملکرد پستهای با عایق گازی "GIS" در شبکه برق ایران

منوچهر بیگلری

دانشکده صنعت آب و برق

چکیده :

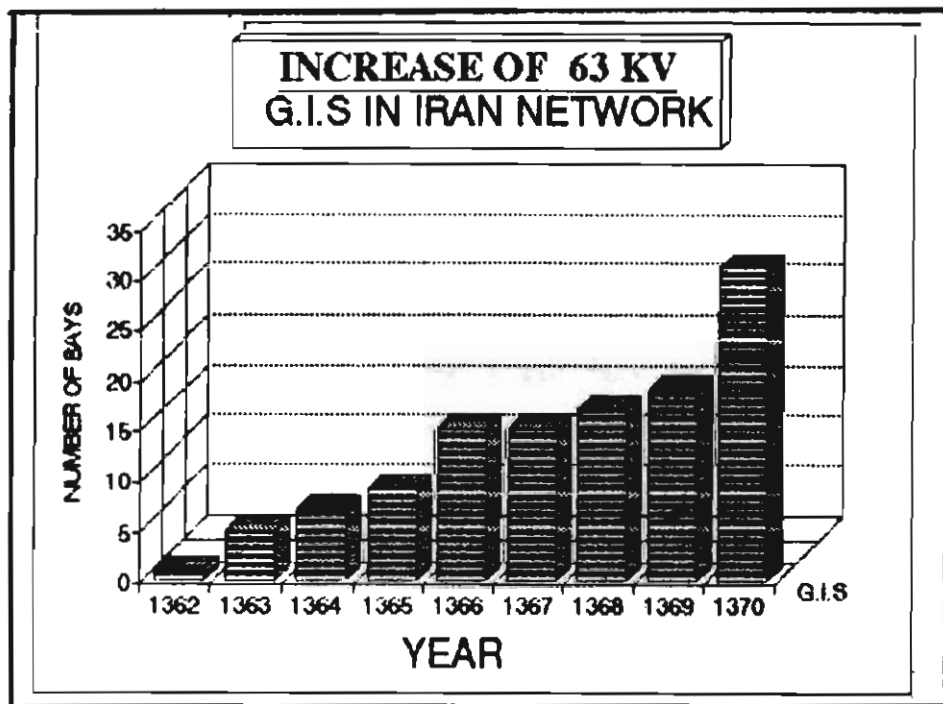
هدف از نصب و راه‌اندازی یک پست فشار قوی ، تأمین مداوم بار مصرف کننده در شرایط مختلف میباشد و برای تحقق این هدف ، ضروری است علل یا عواملی که مانع انجام این وظیفه خطیر میگردد شناسائی نمود و به راههای جلوگیری و جبران نواقص موجود در سیستم دست یافت . از آنجا که یک پست با عایق گازی بصورت کاملاً فشرده بوده و بایستی در فضای کمی نقش خود را به عنوان یک سوئیچگیر ایفا نماید، اطمینان از صحت عملکرد و تداوم کار آن مهم و اساسی میباشد. در این مقاله عملکرد و تجارب بهره‌برداری از پستهای با عایق گازی شبکه برق ایران از ابعاد مختلف مورد بررسی قرار گرفته و نقطه نظراتی در رابطه با افزایش قابلیت اعتماد اینگونه پستها ارائه خواهد شد. همچنین بمنظور شناخت دقیق تر مسائل و مشکلات اینگونه پستها و پی‌جویی راههای مقابله با عیوب آنها، یکی از آخرین حوادث پستهای با عایق گازی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار میگیرد.

شرح مقاله :

رشد صنعت برق و نیازهای تکنیکی جهت بهره‌برداری مطمئن از شبکه‌های انتقال انرژی الکتریکی یک امر اجتناب ناپذیر میباشد و در این راستا بررسی

عملکرد و قابلیت اعتماد پستهای فشار قوی با عایق گازی ، با توجه به تکنولوژی پیشرفته و گسترش کاربرد آنها در شبکه برق کشور بیش از پیش احساس میگردد. ضرورت کاربرد پستهای فشار قوی با عایق گازی " GIS " با توجه به گسترش شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی برای تأمین نیازهای مناطق شهری و صنعتی و محدودیتهای موجود در این مناطق از جمله کمبود زمین و فضا در نقاط پر جمعیت و تجاری شهرها و آلودگی هوا در محیط‌های صنعتی و شرایط جوی در سواحل دریاها، مطرح میگردد. در پستهای با عایق گازی ، کلیه تجهیزات در داخل محفظه‌های فلزی مسدودی که از گاز "SF₆" پر شده‌اند، نصب گردیده که با توجه به بالا بودن استقامت الکتریکی این گاز نسبت به هوا (حدود ۳ برابر)، امکان نزدیکتر شدن فواصل شینها به یکدیگر و در نتیجه کوچکتر شدن ابعاد پست با عایق گازی نسبت به پست معمولی فراهم شده است. همچنین وجود محفظه در پستهای با عایق گازی "GIS" باعث مقاوم بودن آنها در مقابل شرایط جوی و آلودگی محیط مانند گرد و غبار و غیره میگردد.

اولین پست با عایق گازی "GIS" در سال ۱۳۶۲ در رده ولتاژ ۶۳ کیلو ولت وارد شبکه سراسری برق ایران گردید و از آن پس این نوع پستها بصورت گسترده‌ای در شبکه نصب گردیده‌اند. روند افزایش پستهای با عایق گازی در ایران در سطح ولتاژ ۶۳ کیلوولت در نمودار (شکل ۱) نشان داده شده است .

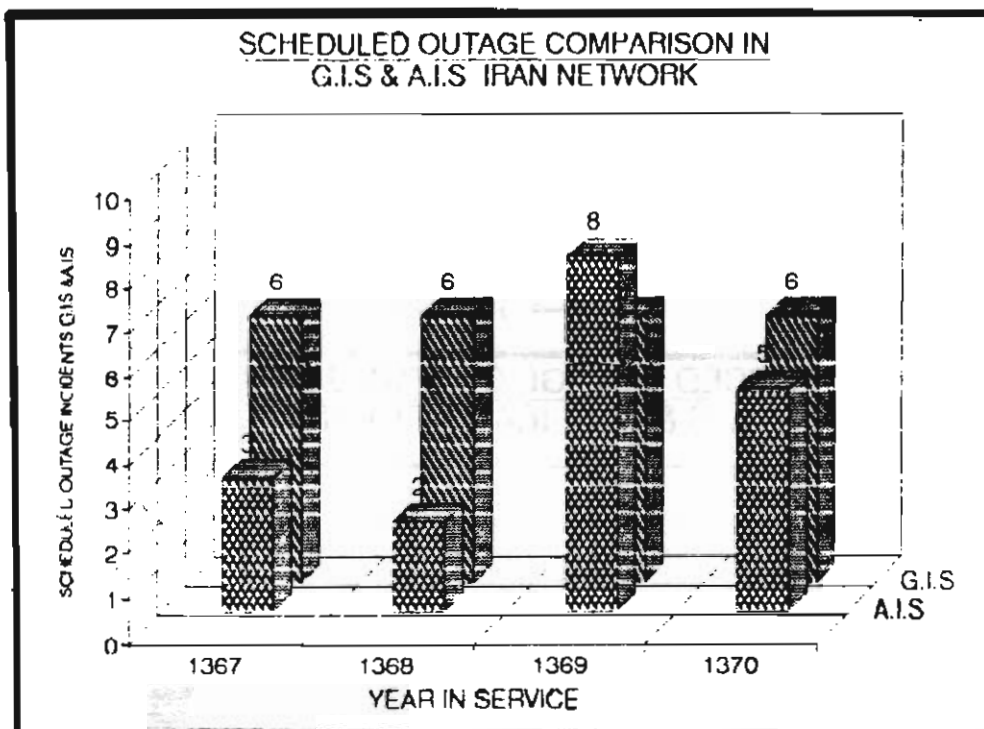


شکل ۱- نمودار روند افزایش پستهای ۶۳ K.v با عایق گازی شبکه برق ایران

در شبکه برق ایران ، پست با عایق گازی نیروگاه بندرعباس در سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت و پستهای سیار قم ، کاشان ، زنجان و کرج و همچنین پستهای بندرلنگه و فولاد مبارکه در سطح ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت نصب گردیده‌اند.

۱- مقایسه قطعیها و خروجیهای پستهای با عایق گازی و معمولی شبکه برق ایران :

در شکل (۲) مقایسه میان قطعیها و خروجیهای برنامه‌ریزی شده در مورد پستهای با عایق گازی و معمولی در رده ولتاژ ۶۳ کیلوولت، نشان داده شده است.

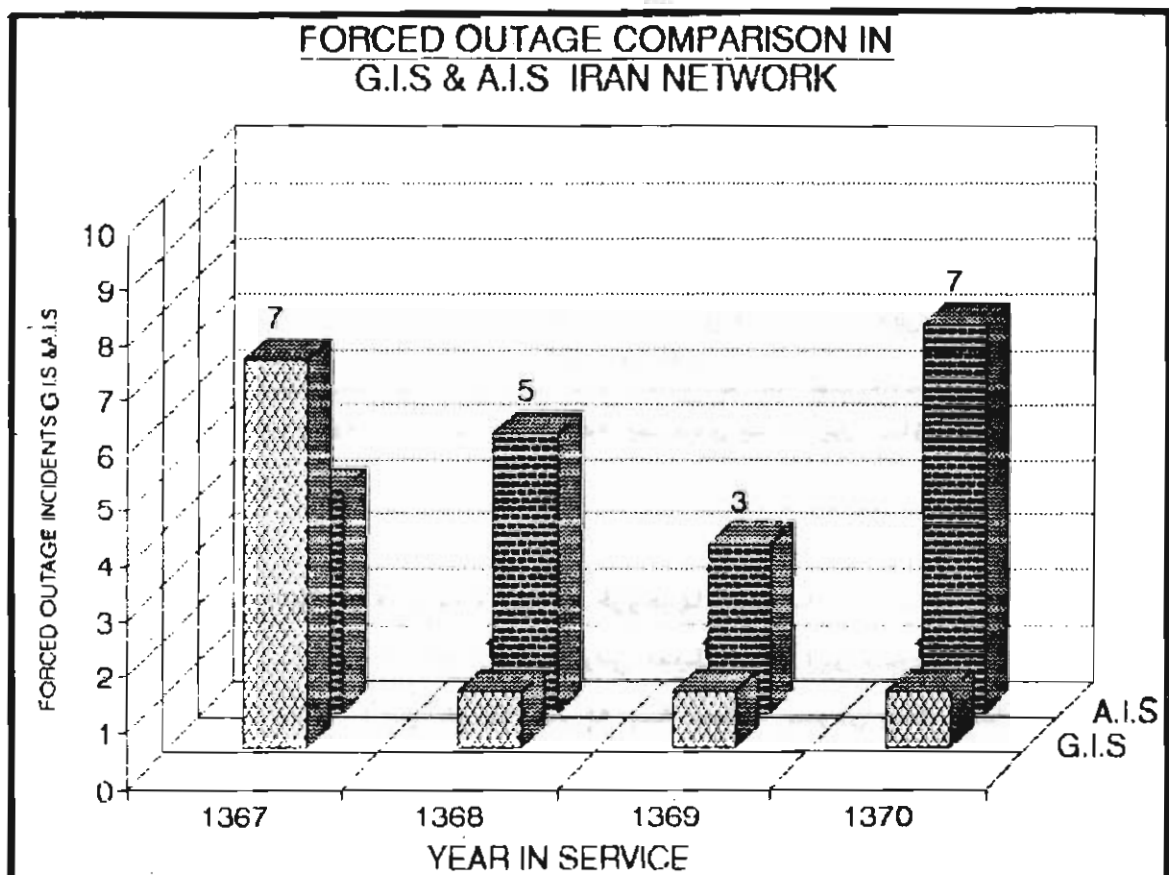


شکل ۲- مقایسه خروجیهای برنامه‌ریزی شده پستهای با عایق گازی و معمولی شبکه برق ایران

همانگونه که مشاهده میگردد، میزان خروجیهای برنامه‌ریزی شده برای پستهای با عایق گازی قدری بیشتر از پستهای معمولی میباشد که این موضوع میتواند ناشی از انجام کامل اقدامات احتیاطی با توجه به بسته بودن پست با عایق گازی باشد. نکته دیگر اینکه روند خروجیهای برنامه‌ریزی شده در مورد "GIS" مشخص ، قابل پیش‌بینی و به شکل یکنواخت میباشد. در صورتیکه در پستهای معمولی بدینگونه نیست و به شکل دندانهای و غیریکنواخت است که به دلیل تاثیر عوامل متغیر محیطی مانند میزان آلودگی و میزان صدمه دیدگی تجهیزات بیرونی (شکستن

مقره و.....) و غیره میباشد . بخش عمده خروجیهای برنامه‌ریزی شده پستهای با عایق‌گازی به منظور سرویس و تعمیرات سالیانه میباشد که این عمل باعث بهبود وضعیت عملکرد پست و کاهش تعمیرات عمده و گسترده در آینده میگردد.

در شکل (۳) مقایسه میزان قطعیها و خروجیهای اجباری در مورد پستهای با عایق‌گازی و معمولی در رده ولتاژ ۶۳ کیلوولت ، نشان داده شده است . همانگونه که مشاهده میگردد ، میزان خروجیهای اجباری پستهای با عایق‌گازی در ابتدای مراحل بهره‌برداری نسبتاً بالا بوده و پس از یک پریود زمانی کوتاه ، تعداد این خروجیها کاهش یافته است که مبین آن است که اینگونه پستها پس از گذر از مرحله آزمایشات کارگاهی و راه‌اندازی و کسب تجارب اولیه بهره‌برداری ، قابلیت اعتماد و عملکرد مطلوبی را از خود نشان داده‌اند. در این رابطه میتوان گفت که شرایط غیرعادی جوی و خسارات ناشی از باد و بارندگی شدید ، پرنندگان و حیوانات کوچک در عملکرد پستهای معمولی تاثیر گذاشته ، در صورتی که پستهای با عایق‌گازی از اثرات این عوامل بدور هستند .



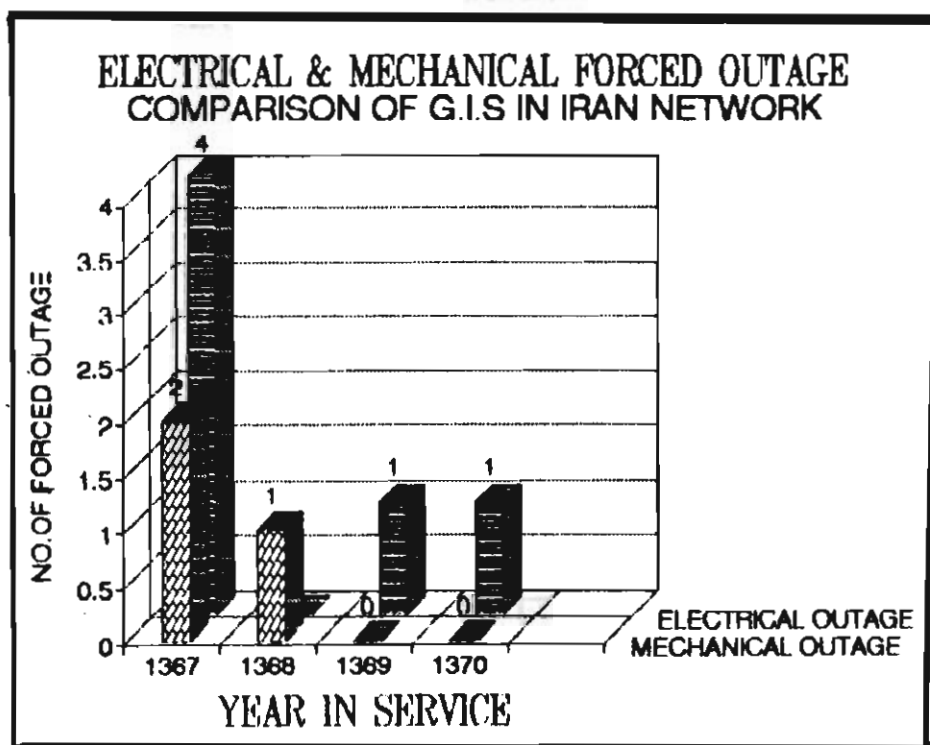
شکل ۳- مقایسه خروجیهای اجباری پستهای با عایق‌گازی و معمولی شبکه برق ایران

بر اساس بررسی آماری انجام شده مشخص گردید که بخش عمده اختلالاتی که منجر به قطعی و خروجی اجباری پستهای با عایق گازی شده‌اند از نوع الکتریکی بوده که زمان تعمیراتی زیادی مورد نیاز دارند و از اهمیت خاصی برخوردار هستند. در شکل (۴) تعداد خروجیهای اجباری پستهای با عایق گازی از نقطه نظر اختلال مکانیکی و الکتریکی نشان داده شده است. اختلالات اساسی و جزئی پستهای با عایق گازی را میتوان از ابعاد مختلف به شکل زیر تقسیم‌بندی نمود:

الف - نوع عیب

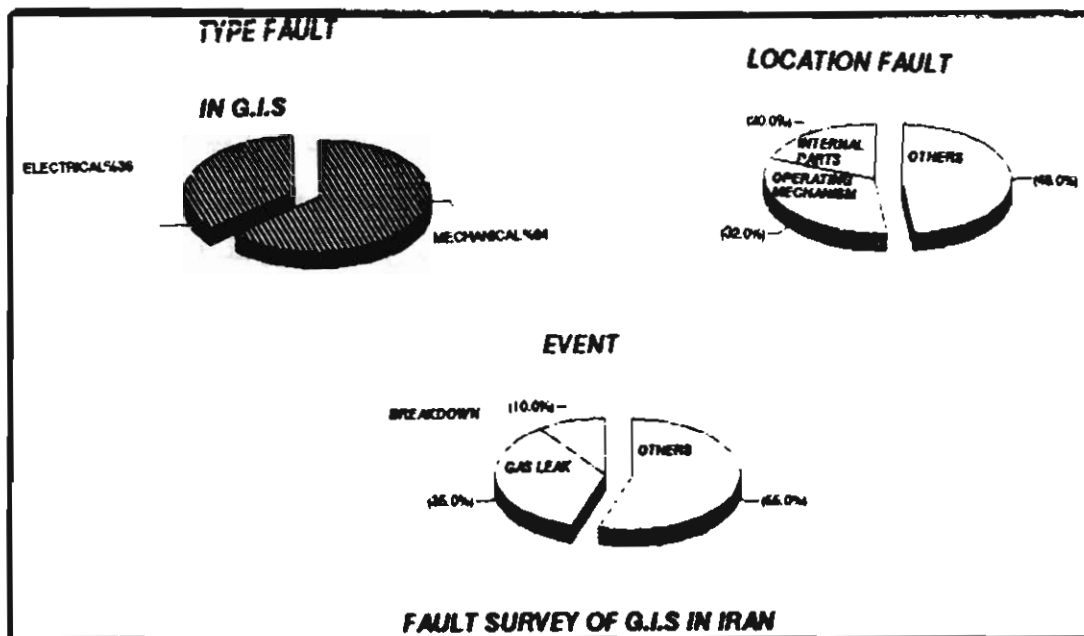
ب - محل عیب

ج - واقعه



شکل ۴- مقایسه خروجیهای اجباری پستهای "GIS" از نظر اختلال الکتریکی و مکانیکی

نمودارهای تقسیم‌بندی فوق برای پستهای با عایق گازی "GIS" مورد بررسی قرار گرفته ، در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵ - تقسیم‌بندی اختلالات پستهای با عایق گازی از نقطه نظر نوع عیب ، محل عیب و واقعه

در رابطه با بروز عیوب الکتریکی ، مسائل و مشکلات ناشی از حمل و نقل و مونتاژ مطرح میگردد و از آنجا که این عیوب به شکل گسترده‌ای در بهره‌برداری از پستهای با عایق گازی خود را ظاهر میسازند، تاکید بر انجام آزمایشات کارگاهی و مسائل حمل و نقل ضرورت دارد. در جدول (۱) قسمتهای مختلف پستهای با عایق گازی که دچار عیب الکتریکی گشته‌اند نشان داده شده است . همانگونه که مشاهده میگردد دیژنکتورها از مهمترین اجزاء پست در رابطه با وقوع عیوب الکتریکی بوده‌اند.

تعداد	جزء معیوب
۲	مسیر عبور جریان "شینه"
۱	ترانس ولتاژ
۲	سکسیونر
۵	دیژنکتور

جدول ۱- تعداد اجزاء معیوب پستهای با عایق گازی

۲- بررسی زمینه‌های بروز عیوب در پستهای "GIS" و روشهای جلوگیری از آنها :

مسئله حمل و نقل در وضعیت تجهیزات پستهای با عایق گازی "GIS" نقش

مهمی را ایفا مینماید و این امر بخصوص در ولتاژهای بالا به دلیل حجیم و سنگین شدن تجهیزات از حساسیت خاصی برخوردار میگردد. به عنوان مثال حمل یک شینه که توسط مقره‌های اتکاشی در داخل محفظه معلق می‌باشد، میتواند به شکل وسیعی تحت تاثیر نیروهای ارتعاشی و شوکهای در حین حمل و جابجائی قرار گیرد که از جمله موارد زیر مطرح شده است :

الف - در اثر حمل و نقل ، اضافه فاصله ۱۵ سانتی متری در جرعه گیرها بوجود آمده که ناشی از ایجاد تنشهای مکانیکی ایجاد شده در وسط تریلر بوده است .

ب - انحناء برداشتن شاسی تریلر مربوط به پست با عایق گازی سیار، که باعث انحناء در کل مجموعه "GIS" نصب شده روی آن ، در دراز مدت شده است .

برای کنترل و جلوگیری از مشکلات فوق ، می بایستی در حین حمل و نقل از تجهیزات آشکار ساز ضربه در اثر شتابهای بالاتر از حد مجاز استفاده نمود، در ضمن اینکه در موقع بارگیری و تخلیه شتاب حتی الامکان کم باشد . بطور کلی اشکالات مونتاز و حمل و نقل به سه دسته زیر تقسیم بندی میگردد.

الف - وجود ذرات کوچک هادی در محفظه

ب - تنشهای افزایشی ناشی از خراشیدگی هادی و غیره

ج - شل و یا معيوب بودن قطعات داخلی

بایستی آزمایشات ولتاژ کارگاهی برای هر نوع صورت گیرد و در این رابطه بر اساس بررسیهای انجام شده باید گفت اغلب اشکالات رخ داده روی تجهیزاتی می‌باشد که با ولتاژهای کم آزمایش شده‌اند و یا اینکه آزمایشات ولتاژ کارگاهی در مورد آنها انجام نشده است . همانگونه که در جدول (۱) مشخص می‌باشد بیشتر عيوب روی دیژنکتورها بوقوع پیوسته که شامل انفجار دیژنکتور، ایجاد قوس و جرعه شدید ، از بین رفتن محفظه و غیره میگردد که ضرورت طراحی و نصب دقیق و دقت نظر در انتخاب دیژنکتورهای پستهای با عایق گازی و مطابقت آنها با شبکه را مطرح مینماید. در مورد کلیدها، یکی از عيوبی که اتفاق افتاده،

بسته شدن سکیونر زمین روی خط برقدار بوده که در این رابطه بکارگیری سکیونرهای زمین موتور دار سریع در خطوط منتهی به پست ، همراه با سیستمهای اینترلاک مورد نیاز ، جهت احتراز از بسته شدن آنها روی خطوط برقدار ، لازم می‌باشد مسئله مهم دیگر امکان ادامه جرقه بین کنتاکت ثابت و متحرک سکیونر و برخورد آن به محفظه است که میتواند ناشی از وجود آلودگی روی کنتاکتها و یا بارهای باقی مانده روی خط باشد.

از خطرناکترین عیوبی که ممکن است در پستهای با عایق گازی رخ دهد، سوختگی داخلی و سوراخ شدن محفظه میباشد.

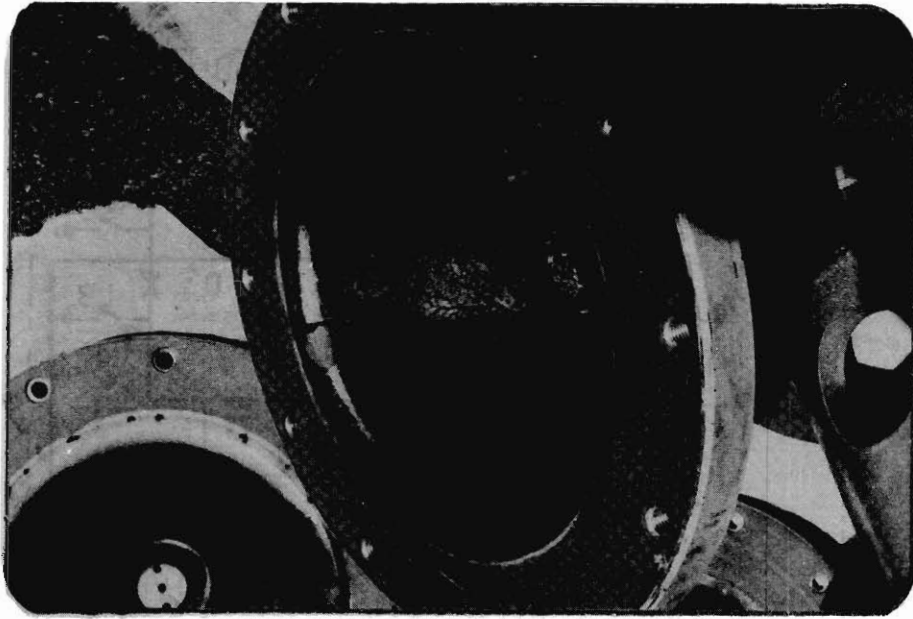
در حالت کلی احتمال وقوع این حادثه خیلی کم است ولی هر چند که از زمان بهره‌برداری پستهای با عایق گازی شبکه برق ایران مدت زیادی نمی‌گذرد ، تاکنون ۲ مورد سوختگی داخلی رخ داده که صدمات جدی را نیز به دنبال داشته است که با افزایش ضخامت دیواره محفظه در نقاط حساس (در نزدیکی فلانجهای مربوط به ایزولاتورها و...) و هماهنگ نمودن سیستم حفاظتی ، می‌توان احتمال وقوع چنین حوادثی را کاهش داد.

۲- بررسی و تجزیه و تحلیل حادثه پست با عایق گازی ۶۳ کیلوولت شریعتی :

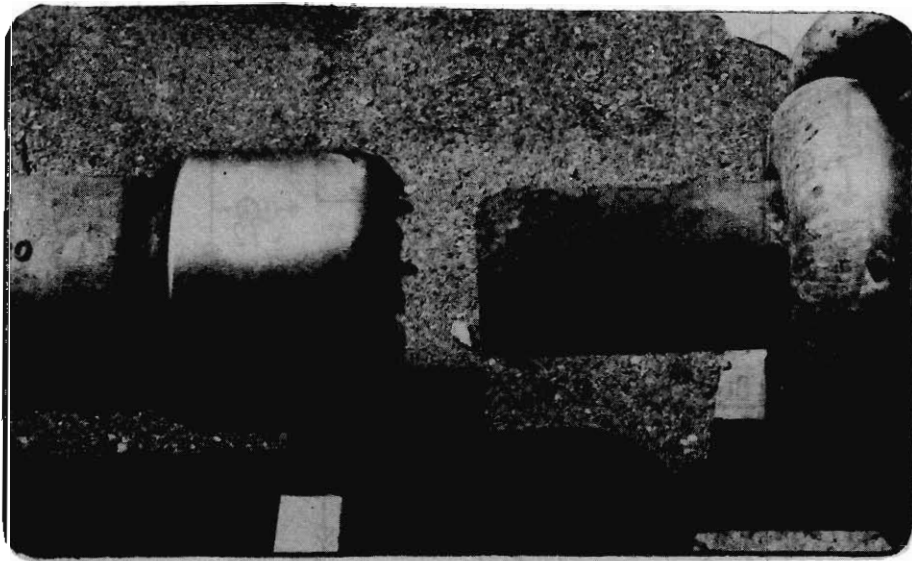
در آخرین مراحل تهیه و تدوین مقاله ، اطلاع حاصل شد که در پست شریعتی حادثه‌ای رخ داده که به عنوان یکی از جدیدترین حوادث مربوط به اینگونه پستها در شبکه برق ایران ، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. حادثه در اثر بهره‌برداری از سکیونر ۶۳ کیلوولت گازی رخ داده و به دلیل مشترک بودن محفظه این سکیونر و سکیونرهای دیگر ، خسارات ایجاد شده گسترش یافته که در تصاویر (۱) و (۲) میزان آن مشاهده میگردد که شامل آسیب دیدگی کلی فاز R سکیونر ۶۳ کیلوولت ، آسیب دیدگی مقره‌های نگهدارنده و جدا کننده در ۵ محل و آسیب دیدگی ۴ عدد باس‌بار ۶۳ کیلوولت میباشد.

در بررسی علل حادثه پست شریعتی عوامل زیر مطرح میگردد:

- الف - عیب در مکانیزم عملکرد سکیونر
- ب - عدم برقراری اتصال کامل و مناسب در محفظه کنتاکتها
- ج - تجزیه گاز و پدیدار شدن ذرات معلق در آن
- د - ایجاد ضعف عایقی و شکست سطحی در مقره‌های نگهدارنده فاز و جدا کننده محفظه

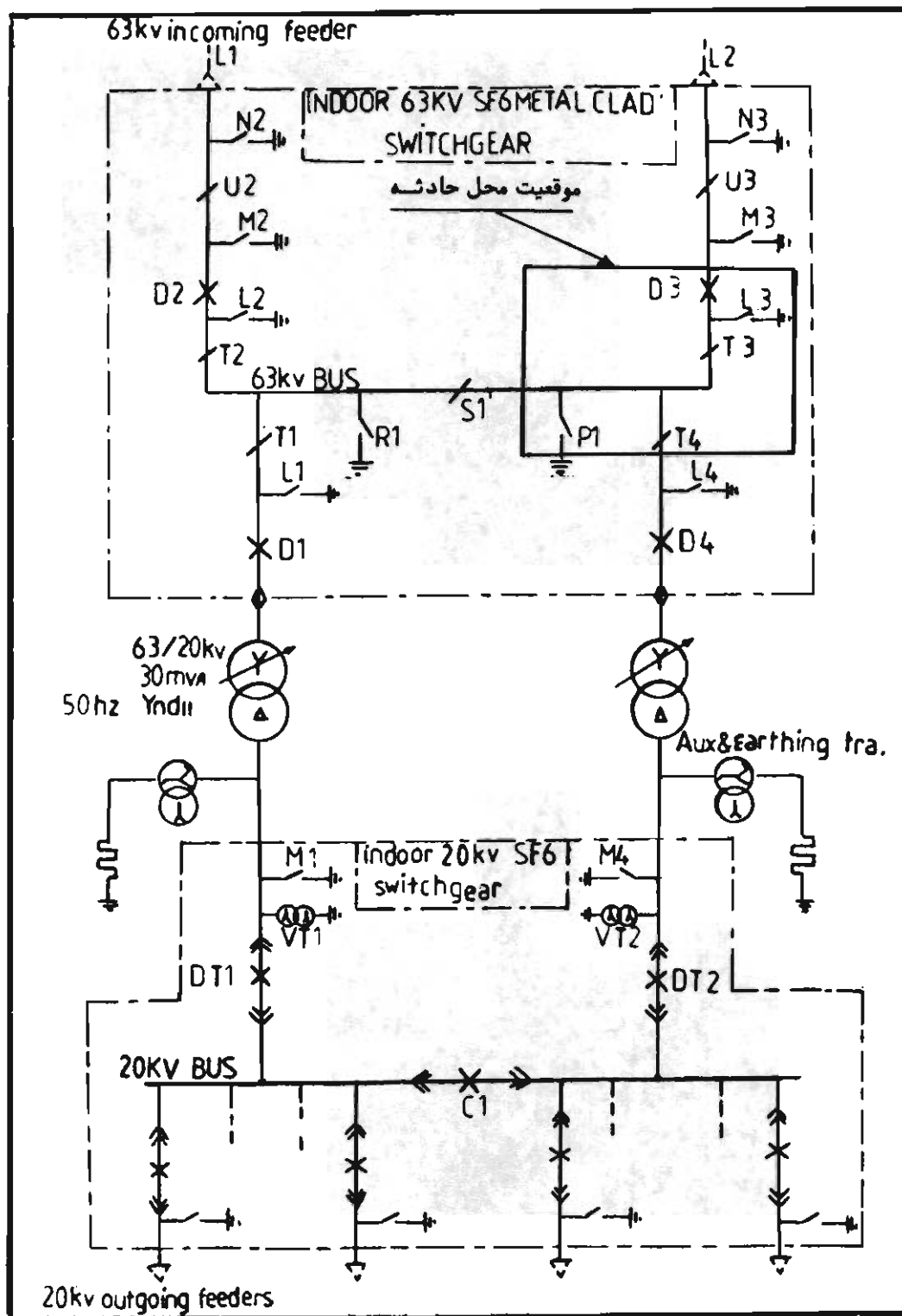


تمویر ۱- مربوط به حادثه پست شریعتی



تمویر ۲- مربوط به حادثه پست شریعتی

موقعیت مکانی ناحیه آسیب دیده و دیاگرام تک خطی پست ۶۳ کیلو ولت شریعتی در شکل (۶) نشان داده شده است .



شکل ۶- دیاگرام تک خطی پست شریعتی و موقعیت محل حادثه

۳-۱- عیب در مکانیزم عملکرد سکسیونر :

از ابتدای نصب و راه اندازی سکسیونر ۶۳ کیلو ولت گازی صدمه دیده توسط

پیمانکار خارجی ، به علت محدودیت مکانی، تغییراتی در نصب محور عمل کننده سکسیونر داده شده است و به همین خاطر در زمان بستن سکسیونر، در آخرین مرحله عملکرد آن ، محور ارتباطی از محل خود خارج و علیرغم نمایش وضعیت عادی ، بطور کامل وصل نمی‌گردد و فاز R آن که در آخرین قسمت محور انتقال حرکت می‌باشد، از وضعیت بدتری نسبت به فازهای دیگر برخوردار میگردد.

۲-۳- عدم برقراری اتصال کامل و مناسب در محفظه کنتاکتها :

در اثر عدم درگیری خوب کنتاکتها، مقاومت در محل اتصال افزایش یافته و با بارگیری از ترانسفورماتور مربوطه و عبور جریان ، در محل تماس ناقص ، قوسهای مکرر ایجاد شده و کنتاکتها بتدریج گرم شده و درجه حرارت موضعی افزایش می‌یابد. این افزایش درجه حرارت، میتواند اثر خود را بصورت کاهش چگالی گاز و میزان عایقی آن و ایجاد تخلیه الکتریکی، ظاهر کند. برای تشخیص و ارزیابی این حالت میتوان از منحنیهای توزیع حرارتی استفاده نمود که به کمک حس کننده‌های شیمیائی حرارتی مادون قرمز ، قابل دریافت می‌باشد. در این روش ، توزیع حرارتی محفظه در نقاط مختلف مورد بررسی قرار گرفته، که افزایش درجه حرارت ، مشخص کننده شرایط غیرعادی و عدم اتصال کامل و مناسب کنتاکتها خواهد بود.

۳-۳- تجزیه گاز و پدیدار شدن ذرات معلق در آن :

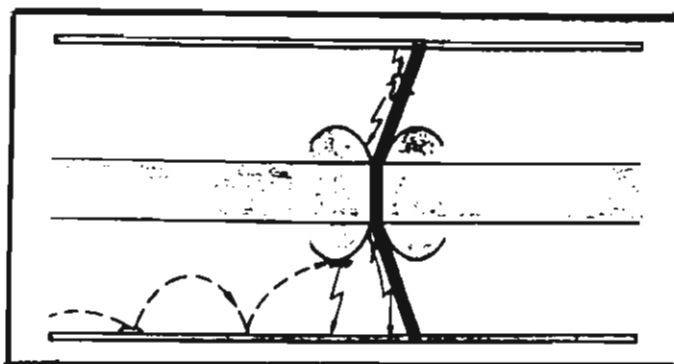
دراثر تداوم در برقراری حالت اتصال ناقص کنتاکتها و وقوع قوس و ذوب تدریجی کنتاکتها، ذرات معلق در گاز پدیدار گشته که این امر باعث کاهش خاصیت عایقی گاز میگردد. نکته مهم اینکه به دلیل طولانی شدن حالت اتصال ناقص ، ذرات نسبتاً " بزرگ و طویلی ناشی از ذوب کنتاکتها حاصل شده که کاهش بیش از پیش عایقی گاز را بهمراه داشته است . روش مؤثر در مقابله با ذرات معلق ، استفاده از تکنیکهای بداماندازی آنها می‌باشد. این ذرات در قسمت پائینی محفظه حرکت طولی نموده تا نهایتاً "به اسپیرهای عایقی برخورد نموده و روی سطح آنها بنشینند.

۴-۳- ایجاد ضعف عایقی و شکست سطحی در مقره‌های نگهدارنده فاز و جدا کننده

محفظه :

مقره‌های نگهدارنده فاز و جدا کننده محفظه از ضعیف‌ترین قسمت‌های داخلی

تجهیزات "GIS" از نظر استقامت الکتریکی می باشند. در اثر ایجاد قوسها در محفظه و وجود ذرات معلق و نشت آنها روی مقره ، غشای هادی روی سطح مقره بوجود آمده و لذا اتصال زمین محدود ، مقاومتی را باعث میگردد. در تصویر (۱) مربوط به حادثه پست شریعتی ، این امر بخوبی نمایان است . در شکل (۷) چگونگی رفتار ذرات معلق در ایجاد شکست سطحی روی مقره نشان داده شده است .



شکل ۷- نمایش رفتار ذرات معلق در ایجاد شکست سطحی روی مقره

در رابطه با بهبود وضعیت و عملکرد مقره ها در تجهیزات "GIS" به این نکته میتوان اشاره نمود که جنس این مقرهها از اپوکسی رزین است و در مرحله ساخت اینگونه مقرهها باید توجه خاصی به مواد عایقی و پرکننده مقره مبذول نمود بمنظور افزایش مقاومت رزین در مقابل صدمات و بوجود آمدن مسیرهای هادی، می باید از آلومینای فعال " Al_2O_3 ، H_2O " به عنوان ماده پرکننده در زمان قالبگیری اپوکسی رزین ، استفاده نمود. در اثر بروز قوس و یا هرگونه اتصال الکتریکی ، آب از آلومینای فعال جدا گشته و به اکسیژن و ثیدروژن تجزیه میگردد و با کربن و هیدروکربنها تشکیل گازهای CO و CO_2 میدهد و بدین شکل از اکسیداسیون ناقص کربن و ایجاد مسیرهای هادی ، جلوگیری میکند و به همین دلیل اپوکسی رزین پر شده با آلومینا در مقایسه با دیگر مواد پرکننده ، مقاومت بسیار زیادی در مقابل قوس الکتریکی و جریانهای خزشی دارد.

در حادثه پست با عایق گازی شریعتی با تداوم و گسترش شرایط و حالاتی که اشاره شد، رله اتصال زمین عمل نموده و فرمان قطع میدهد که در بهره برداری و وصل مجدد سکسیونر، نوسانات شدید در ولتاژ مشاهده میگردد که در این حالت قبل از عملکرد رله اتصال زمین ، سکسیونر بصورت دستی قطع میگردد و با بررسی عیب

و باز شدن محفظه میزان خسارت و آسیب دیدگی مشخص می‌گردد.

نتیجه :

با توجه به مدت زمان نسبتاً کوتاه بهره‌برداری از پستهای با عایق گازی در شبکه برق ایران و فقدان تجربه کافی و گسترده در این زمینه ، عملکرد و قابلیت اعتماد آنها بطور نسبی مطلوب و بالا بوده است ولی از آنجا که وقوع عیوب اساسی در پستهای با عایق گازی ، گسترش خسارات و طولانی شدن زمان تعمیرات و بازسازی را در بردارد ، ضرورت مطالعات گسترده در زمینه عیوب و اختلالات آنها و شناخت روشهای پیشگیری از عیوب قبل از وقوع ، بچشم می‌خورد. از بررسی و مطالعه عیوب پستهای با عایق گازی شبکه برق ایران مشخص میشود، هنوز تجارب کافی در بهره‌برداری این پستها حاصل نشده است ، خصوصا " اینکه ماهیت ساختمانی آنها و سربسته بودن کامل تجهیزات ، در این زمینه تاثیر می‌گذارد. با توجه به گسترش کاربرد اینگونه پستها در شبکه برق ایران و بمنظور افزایش قابلیت اعتماد و تداوم کار آنها، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.

الف - تدوین مشخصات فنی پستهای با عایق گازی بشکل جامع ، که در این زمینه استاندارد "IEC 517" و تجارب مدون دیگر کشورهای جهان میتواند مد نظر و مورد استفاده قرار گیرد.

ب - اطلاعات فنی ، عیوب ، حوادث و مسائل بهره‌برداری اینگونه پستها در شبکه برق ایران ، بشکل متمرکز تدوین و بررسی شده و شرکت‌های برق منطقه‌ای در زمینه استفاده از تجارب حاصل ، پوشش داده شوند.

ج - رشد و ارتقاء دانش فنی و آموزش مداوم پرسنل بهره‌بردار پستهای با عایق گازی شبکه برق ایران ، مورد توجه قرار گیرد.

د - تجزیه و تحلیل برخی عیوب ، ضرورت تجدید نظر در هماهنگی سیستم حفاظتی و شناخت و کاربرد در روشهای تشخیصی عیوب در شرف وقوع و حالت‌های بهره‌برداری غیر عادی را مطرح می‌نماید.

و - انجام دقیق و کامل آزمایشات ولتاژ کارگاهی به عنوان یک عامل کاهش حوادث و اختلالات پستهای با عایق گازی ، مورد نظر قرار گیرد.

منابع :

- ۱- اطلاعات و آمار حوادث پستهای با عایق گازی و معمولی برق منطقه‌ای تهران
- ۲- محمدتقی متین ، پستهای با عایق گازی ، مدیریت مهندسی و بررسیهای فنی توانیر

- 3- EXPERIENCE WITH SF6 GAS - INSULATED SUBSTATION AND PROPOSAL FOR IMPROVED RELIABILITY ,IEEE PAS - 103 , NO .9,SEPTEMBER 1982.
- 4- DIAGNOSTIC TECHNIQUES TO DETECT ABNORMAL OPERATION IN "GIS" BY V.H - TAHILIANI AND K.B - MINERS CIGRE 23 - 08 , 1984,
- 5- APPLICATION OF CONDITION MONITORING TECHNIQUES IN "GIS" BY J - VIGREUX ELECTRA CIGRE FEBRUARY 1991 .