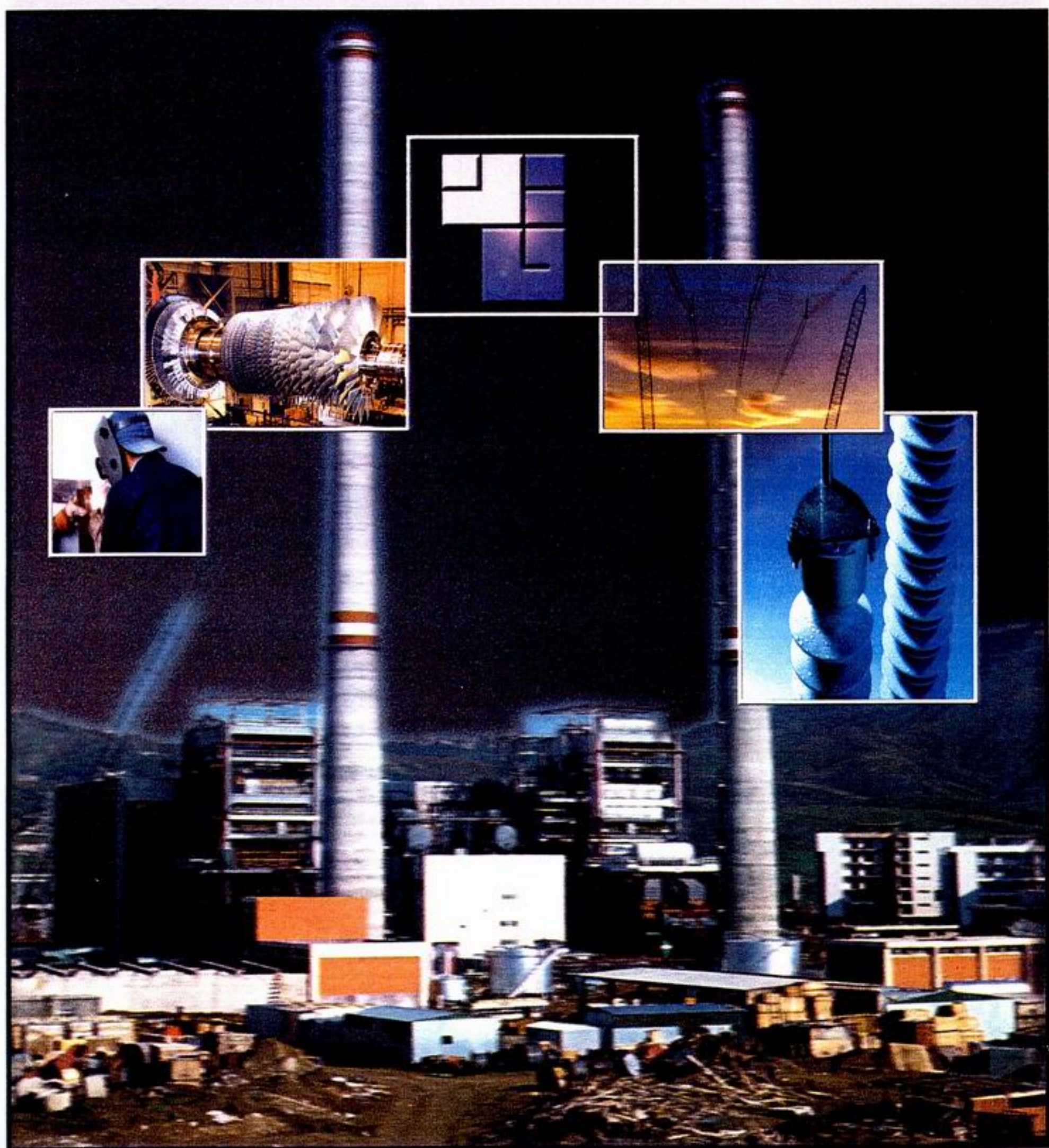


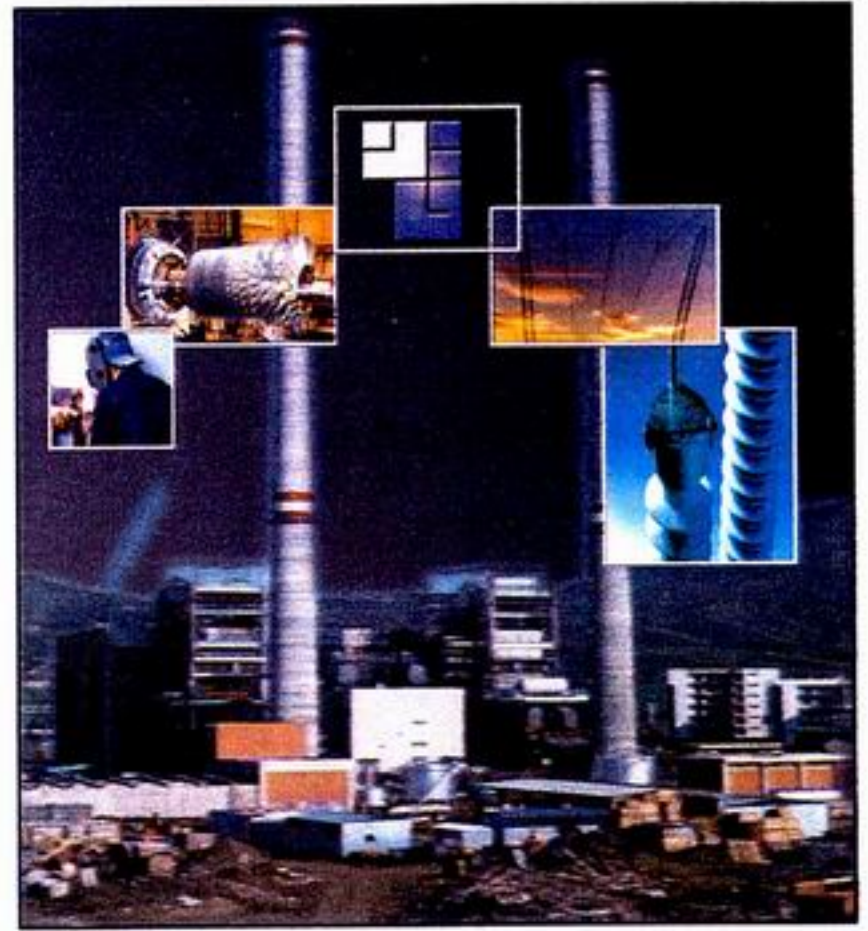
شماره دوم - تابستان ۱۳۸۱

تشریحی تخصصی مدرس نیرو



فهرست مقالات

- ۲ سرمقاله
- سیستم‌های انتقال نیروی انعطاف‌پذیر -
 ۳ مهندس احمد فریدون درافشان
- پروژه توگا - مهندس بهرام کرمانی،
 مهندس کیانوش نراقی پور، مهندس
 ۱۰ علیرضا حاج‌زرگر باشی، سیامک افشاری
- کاربرد و ویژگی‌های سدهای لاستیکی -
 ۱۷ مهندس علی مقیمی
- کاربرد کلید ژنراتور در نیروگاه‌ها - دکتر
 ۲۲ کاوس قصبه
- تبدیل نیروگاه‌های قدیمی به سیکل
 ۲۶ ترکیبی - مهندس مهدی نجات
- علل پیدایش عیوب در جوش و ارائه
 ۳۱ راهکارها و جلوگیری از بروز آنها - فریدون
 خسروی
- اثر آلودگی هوا بر مقره‌های زنجیره‌ای و
 پست (بخش دوم) - مهندس محمدحسن
 ۳۶ زرگر شوشتری
- ۴۹ تسلیت



مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد

سردبیر: مهندس فتانه دوستدار

طراحی و صفحه‌آرایی: امور پشتیبانی قدس نیرو

هیئت تحریریه:

آقایان: مهندس حسن تفرشی، مهندس مسعود حبیب‌الله‌زاده، مهندس محمدرضا حیدرپور، مهندس کیوان حیدری، مهندس محمدحسن زرگر شوشتری، مهندس فرهاد شاه‌منصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس شادان کیوان، مهندس علی مقیمی.

خانمها: مهندس لادن پورکمالی، مهندس فتانه

دوستدار

بنام خدا

هوش تنها فعالیت ذهنی بشر نیست بلکه خلاقیت نیز یکی دیگر از جالبترین و پرمهمترین انواع فعالیت‌های ذهن انسان است که واحد اصلی تکنولوژی هنر و ادبیات غنی امروز را تشکیل می‌دهد. دانشمندان بعضاً معتقدند هفت نوع هوش زبان‌شناختی، تجسم فضائی، موسیقی، منطق و ریاضی، جنبش بدنی، میان فردی و درون فردی که به طور نسبی از یکدیگر مستقل هستند وجود دارد و اعتقاد دارند که خلاقیت (و نبوغ) در هر یک از این هفت حیطه صورت می‌گیرد و فردی ممکن است فقط در موسیقی خلاق باشد و فردی دیگر در ریاضی و منطق.

دارا بودن تفکر واگرا از دید بعضی دیگر کلید خلاقیت است، تفکری که به جهات مختلف سیر می‌کند و برای حل مسأله به خلق راه‌حل‌های بسیار متفاوت و نوین می‌پردازد. برعکس در تفکر همگرا فرد می‌کوشد تا با ادغام اطلاعات به روشی منطقی، فقط به یک پاسخ صحیح برسد.

استقلال، اعتماد به نفس، تردید، تحمل و انعطاف‌پذیری نسبت به مسائل پیچیده و امور مبهم، تخیل عالی و بکارگیری اصول مجرد و انتزاعی در حل مسائل از ویژگی‌های شخصیت افراد خلاق است و از آنجا که لازمه خلاق بودن تجربه و کسب معلومات است بنظر میرسد شکوفاترین دوره رشد خلاقیت سالهای اولیه دوره میانسالی است.

ما بعنوان مهندس که با استفاده از ابزار هوش به این درجه از توان و مسئولیت نائل شده‌ایم، می‌بایست بدنبال شکل عام‌تر حل مسائل یعنی یافتن راهکارهای جدید و بدیع در واقع همان خلاقیت باشیم و توجه داشته باشیم که حصول خلاقیت‌های عمده معمولاً گسترش منطقی تفکرات و اندیشه‌هایی است که بر اثر کار سخت و طولانی و کسب تجربه و معلومات به دست آمده است.

مدیر مسئول

نشریه فنی - تخصصی مهندسان مین مشاور قدس پیر و شماره دوم - تابستان ۱۳۸۱

سیستم های انتقال نیروی انعطاف پذیر Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

احمد فریدون درافشان
معاونت شبکه های انتقال و توزیع نیرو

چکیده:

اغلب سیستم های تأمین نیروی برق جهان بصورت گسترده ای بهم پیوسته اند. این بهم پیوستگی شامل ارتباطات داخلی قلمرو شرکت های برق است که در حد اتصالات بین شبکه های گسترده شده و در نهایت به شبکه های فرامنطقه ای و بین المللی توسعه یافته اند. این کار به دلایل اقتصادی انجام می شود تا هزینه برق کاهش یافته و قابلیت اعتماد آن افزایش یابد. اما ظرفیت این شبکه ها بنا به دلایل متعددی در حد بهینه به کار گرفته نمی شود. روش و ابزار های جدیدی که تحت نام FACTS در سال های اخیر متداول شده است راه مناسبی برای به حداکثر رساندن ظرفیت باربری خطوط انتقال نیرو و شبکه های بهم پیوسته است. این ابزار ها در واقع حاصل توسعه امکانات الکترونیک قدرت و سیستم های HVDC است.

چرا به شبکه های انتقال نیروی بهم پیوسته نیاز داریم؟

دلیل نیاز به این شبکه ها، جدا از فراهم نمودن مسیری برای تحویل برق به مصرف کننده، ایجاد تمرکز در مراکز تولید برق است تا ظرفیت تولید و هزینه آن به حداقل کاهش یابد. شبکه انتقال نیروی بهم پیوسته قادر است که در عین پراکندگی بارها، با دسترسی به منابع، و سوخت ارزانتر، انرژی الکتریکی را با حداقل قیمت و قابلیت اعتماد مورد نیاز به مصرف کننده برساند. بطور کلی اگر یک سیستم تحویل انرژی الکتریکی از خطوط شعاعی تشکیل شده باشد که از مولدهای منفرد محلی منشعب شده باشند،

بدون اینکه بخشی از یک شبکه بهم پیوسته باشند، منابع تولید بسیار بیشتری لازم خواهد بود که باری را با همان قابلیت اعتماد تأمین نماید و هزینه برق به مراتب بالاتر خواهد رفت. با داشتن چنین دیدگاهی خط انتقال نیرو همیشه می تواند جایگزینی برای یک منبع تولید جدید باشد.

با این دیدگاه، قابلیت انتقال کمتر در شبکه به معنای آن است که به منابع تولیدی بیشتری نیاز خواهد بود، صرف نظر از اینکه نیروگاه های شبکه، نیروگاه های کوچک یا بزرگ باشند. در واقع مولدهای کوچک پراکنده هنگامی از نظر

مشکل دیگر دستگاههای مکانیکی آن است که کنترل با این تجهیزات نمی تواند مکرراً انجام شود، زیرا این ادوات مکانیکی در مقایسه با تجهیزات استاتیکی در معرض فرسودگی سریع قرار دارند.

در نتیجه، از دیدگاه حالت‌های گذرا و همچنین از دیدگاه عملیات در حالت ماندگار، سیستم در واقع کنترل نشده است.

فن آوری FACTS چیست؟

تجهیزات FACTS ابزاری هستند که به منظور کلیدزنی بسیار سریع ساخته می شوند و بصورت ترکیب سری و موازی جهت کنترل پارامترهای سیستم، انعطاف پذیر کردن سیستم بمنظور بهبود بهره برداری، و حداکثر استفاده از امکانات بالقوه سیستم طراحی میشوند. این ادوات علاوه بر کنترل مشخصه های حالت ماندگار، میتوانند مشخصه های دینامیکی سیستم را نیز به نحو موثری تحت تاثیر قرار دهند.

تجهیزات FACTS در شبکه انتقال جهت کنترل ولتاژ، کنترل پخش بار، بهبود پایداری گذرا و دینامیکی، محدود کردن جریان و تغییر سطح اتصال کوتاه استفاده میشود.

همچنین در شبکه های توزیع جهت تصحیح ضریب بار، جذب هارمونیک ها، جبران عدم تعادل شبکه و بهبود کیفیت توان بصورت گسترده مورد استفاده قرار می گیرند.

فن آوری FACTS، با قادر کردن شرکتها در به حداکثر رساندن بهره گیری از امکانات انتقال خود و با افزایش قابلیت اطمینان شبکه، از عوامل اساسی در برطرف نمودن پاره ای از مشکلات می باشد. مع الوصف، باید تا که کرد که در بسیاری از نیازهای توسعه ظرفیت، احداث خطوط جدید یا افزایش ظرفیت جریان و ولتاژ خطوط موجود و حریم آنها ضرورت دارد.

اقتصادی به صرفه خواهند بود که از یک شبکه انتقال مستحکم برخوردار باشند.

کسی نمی تواند به درستی بهینه بودن تعادل میان تولید و انتقال را دریابد، مگر طراحان سیستم که از روشهای پیشرفته تحلیلی استفاده می کنند و در این روش ها از ترکیب پیکر بندی های مختلف شبکه انتقال در یک برنامه اقتصادی توأمان تولید و انتقال استفاده به عمل می آورند.

محدودیت امکانات در حال حاضر چیست؟

هزینه خطوط انتقال نیرو و تلفات، همچنین مشکلات فیزیکی فراروی احداث خطوط جدید اغلب محدود کننده ظرفیت شبکه انتقال است.

انتقال نیرو در سیستم قدرت بصورت فزاینده ای از نظر بهره برداری پیچیده تر می شود و سیستم در زمان خاموشی های گسترده از ایمنی کمتری به لحاظ راهبری برخوردار است.

این امر ممکن است به سیلان مقادیر زیاد توان با کنترل نامناسب منجر شود، توان راکتیو اضافی در بخشهای مختلف سیستم ایجاد کند، سوئینگ دینامیکی بزرگی بین بخشهای مختلف سیستم و گلوگاه ها ایجاد کند و به این ترتیب از همه ظرفیت و قابلیت های شبکه انتقال بهره برداری به عمل نیاید.

کلا، سیستمهای قدرت امروزه بصورت مکانیکی کنترل می شوند. هر چند استفاده گسترده ای از میکروالکترونیک، کامپیوترها و مخابرات سریع برای کنترل و حفاظت شبکه انتقال امروزی، به عمل می آید، اما هنگامی که سیگنالهای عملیاتی به مدارهای قطع کننده ارسال می شود، یعنی همان جایی که آخرین عمل کنترلی انجام می شود، متأسفانه تجهیزات کلیدزنی بصورت مکانیکی هستند و عملکرد سریع در این مرحله وجود ندارد.

فرصتهای فراروی FACTS

آن چه که برای طراحان سیستم های انتقال جالب است، آن است که فن آوری FACTS، فرصتهای جدیدی را برای کنترل توان و افزایش ظرفیت قابل بهره‌برداری خطوط موجود و جدید، فراهم می‌کند. کنترل جریان در یک خط انتقال، با هزینه‌ای منطقی، مثل آن است که افزایش ظرفیت خط موجود، به اندازه خطی با هادی بزرگتر، ممکن شده باشد. با استفاده از یکی از ادوات کنترل کننده FACTS میتوان سیلان توان را در درون چنین خطی تحت شرایط عادی و پیش‌بینی نشده، ممکن ساخت.

این فرصتها، از قابلیت کنترل کننده‌های FACTS در کنترل پارامترهایی ناشی می‌شود، که در ارتباط با یکدیگر، عملکرد سیستم انتقال را هدایت می‌نمایند.

برخی از این پارامترها عبارتند از: امپدانس سری، امپدانس موازی، جریان، ولتاژ، زاویه فاز و چگونگی میرا شدن نوسانات در فرکانسهای مختلف زیر فرکانس نامی سیستم.

دستیابی به این پارامترها، با حفظ قابلیت اطمینان سیستم و استفاده از عوامل مکانیکی بدون کاستن از ظرفیت قابل بهره‌برداری انتقال، مقدور نیست.

با تامین انعطاف‌پذیری اضافی، کنترل کننده‌های FACTS می‌توانند یک خط انتقال را قادر به منتقل نمودن توان تا نزدیکی حد حرارتی آن بنمایند.

قبلا اشاره شد که برای ایجاد انعطاف پذیری در سیستم، کلیدهای مکانیکی بیش از اندازه کند هستند، اما چون از استفاده از آنها گریزی نیست پس کلیدرئی مکانیکی بایستی با پاسخ‌گویی سریع ابزار الکترونیک قدرت تکمیل شود.

مجددا تاکید کنم که FACTS یک فن آوری تکمیلی برای افزایش توانمندی های سیستم است نه یک جایگزین برای کلیدهای مکانیکی. فن آوری FACTS مربوط به یک کنترل کننده منفرد نیست، بلکه مجموعه‌ای از کنترل کننده‌هاست، که هر یک می‌تواند به تنهایی یا با هماهنگی دیگر کنترل کننده‌ها یک یا چند پارامتر ذکر شده را در سیستم کنترل نماید.

نمونه‌هایی از کنترل کننده های FACTS

برخی از کنترل کننده‌های الکترونیک قدرت، که اینک در زمره 'مفاهیم کلاسیک FACTS درآمده‌اند مربوط به زمانی هستند که مفهوم FACTS اولین بار به جامعه صنعتی معرفی شد. شاخص‌ترین آنها جبران کننده استاتیکی توان راکتیو (SVC) * با اتصال موازی می‌باشد، که اولین بار برای کنترل ولتاژ، بوسیله 'کمپانی GE در ۱۹۷۴ و بوسیله کمپانی وستینگ‌هاوس در مینه‌سوتا در ۱۹۷۵ بصورت تجاری عرضه شد.

لازم است اشاره شود که در اجرای فن آوری FACTS، با یک فن آوری پایه سروکار داریم که کارایی آن از طریق HVDC و راه اندازه‌های صنعتی توان زیاد به اثبات رسیده است.

به این ترتیب، با تداوم اصلاح در ادوات نیمه هادی قدرت، بخصوص دستگاههایی که قابلیت قطع کردن داشته باشند و با تداوم پیشرفت در مفاهیم کنترل کننده‌های FACTS، قیمت این کنترل کننده‌ها دائما کاهش می‌یابد. کاربرد وسیع فن آوری FACTS تنها چشم انداز مطمئن شبکه های برق برای سالهای آینده است.

سیلان توان در یک سیستم AC

در حال حاضر بسیاری از بخشهای شبکه های انتقال با یک یا چند پارامتر محدود کننده شبکه

بنابراین، خطی که امپدانس کمتری دارد ممکن است دچار اضافه باری شده و در نتیجه - بارگیری هر دو خط را دچار محدودیت نماید. هر چند خط دیگر که امپدانس بیشتر دارد بطور کامل بارگیری نکرده باشد. در چنین وضعیتی، محرکی برای افزایش ظرفیت خط اضافه بار شده وجود نخواهد داشت، زیرا موجب کاهش بیشتر امپدانس خط می‌شود و این سرمایه‌گذاری محکوم به شکست است، بخصوص اگر خط با امپدانس بالاتر هنوز ظرفیت اضافی داشته باشد.

شکل ۱- ب، همان دو مسیر را نشان می‌دهد، اما این بار یکی از مسیرها انتقال را بصورت HVDC انجام می‌دهد. با HVDC، توان براساس فرمان اپراتور جریان می‌یابد، زیرا در مبدل‌های الکترونیک قدرت که در سیستم HVDC بکار می‌روند، توان بصورت الکترونیکی کنترل می‌شود. به همین دلیل، اگر ظرفیت مبدل بصورت مناسب اختیار شده باشد، خط HVDC می‌تواند تا حد حرارتی خود مورد بهره‌برداری قرار گیرد. بعلاوه خط HVDC، بدلیل دارا بودن کنترل الکترونیکی می‌تواند به خط AC موازی خود در کسب پایداری کمک کند. با این وصف، HVDC برای کاربرد عمومی گران است و معمولاً در مواقعی که فواصل بسیار طولانی موردنظر است بکار گرفته می‌شود.

روش‌های دیگر برای کنترل عبور توان استفاده از کنترل کننده‌های FACTS است. شکل‌های (۱-ج) و (۱-د) خطوطی هستند که با انواع کنترل کننده‌های سری، از نوع FACTS نشان داده شده‌اند.

با کنترل کردن امپدانس (شکل ۱-ج) یا زاویه فاز (شکل ۱-د)، کنترل کننده FACTS می‌تواند سیلان توان را براساس نیاز کنترل نماید. در صورتیکه وظیفه یک خط انتقال، عبور دادن توان بیشتر در زمان قطع خط موازی آن باشد.

مواجه هستند. علاوه بر آنکه قادر به هدایت توان در جهت دلخواه نیستند.

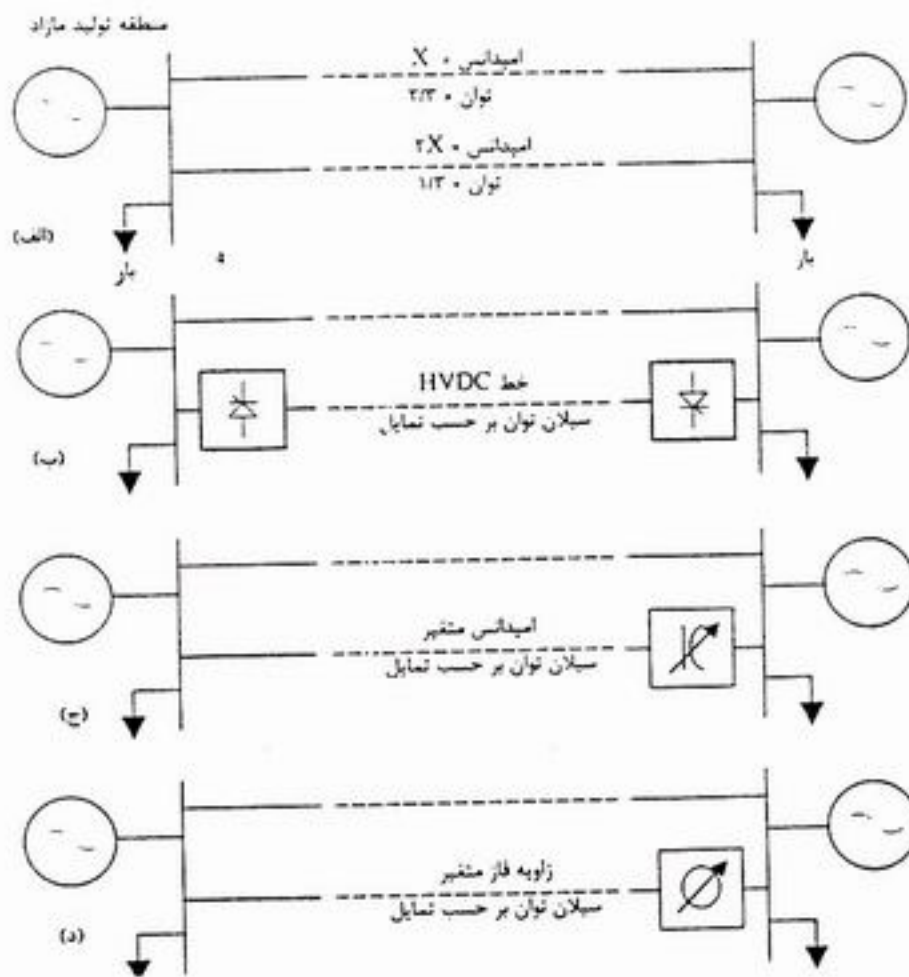
در سیستم‌های قدرت AC، اگر ذخیره تولید قابل توجهی وجود نداشته باشد، تولید و مصرف برق بایستی در تمام مدت دارای تعادل باشند. تا حدودی، سیستم‌های الکتریکی حالت خود-تنظیم دارند. اگر تولید کمتر از بار مصرفی باشد، ولتاژ و فرکانس کاهش می‌یابند، و در نتیجه بار تا حد برابر شدن با تولید، منهای تلفات انتقال، کاسته می‌شود.

مع الوصف، برای چنین خود-تنظیم کنندگی فقط درصد مختصری حاشیه تغییرات وجود دارد. اگر ولتاژ با حمایت توان راکتیو پابرجا بماند، مقدار بار افزایش خواهد یافت و در نتیجه فرکانس به کاهش خود ادامه خواهد داد و نهایتاً سیستم ساقط خواهد شد. بر همین منوال اگر بار راکتیو نامناسب باشد، سیستم دچار سقوط ولتاژ خواهد شد.

اگر مقدار تولید متناسب باشد، مقداری توان اکتیو از مناطقی که مازاد تولید دارند به مناطقی که کمبود دارند جریان می‌یابد، و این جریان از همه مسیرهای موازی و در دسترس که شامل خطوطی در همه سطوح ولتاژ از متوسط تا زیاد است، عبور می‌نماید.

عبور توان در مسیرهای موازی

یک حالت بسیار ساده از سیلان توان (شکل ۱-الف)، از طریق دو مسیر موازی (احتمالاً کریدوری از خطوط متعدد) است، که از یک منطقه دارای مازاد تولید که با یک ژنراتور در سمت چپ شکل مدل شده به یک منطقه دارای کمبود تولید در سمت راست متصل شده است. در صورت عدم وجود کنترل، سیلان توان به نسبت عکس امپدانس خطوط مختلف می‌باشد.



(شکل ۱) سیلان توان در مسیر های موازی: (الف) سیلان توان ac در مسیر های موازی، (ب) کنترل سیلان توان با HVDC، (ج) کنترل سیلان توان با امپدانس متغیر، (د) کنترل سیلان توان با زاویه فاز متغیر.

شرایط هادی و فاصله تا زمین می باشد. مقدار آن شاید به نسبت ۲ به ۱ در اثر تغییرات محیطی و نحوه بارگیری خط در گذشته تغییر نماید.

عموماً ظرفیت نامی یک خط انتقال براساس مبانی محافظه کارانه ای اختیار می شود که در آن بدترین سناریو برای شرایط محیطی، که طبق آمار احتمال وقوع دارد، در نظر گرفته می شود.

شرایط فوق الذکر در واقعیت بندرت اتفاق می افتد و این بدان معنی است که در اغلب موارد، ظرفیت لحظه ای زیادتری نسبت به آنچه که فرض می شود در خط وجود دارد. بعضی کشورها مقادیر زمستانی و تابستانی برای حد انتقال شبکه خود در نظر می گیرند اما باز هم حاشیه قابل توجهی برای بازی کردن باقی می ماند.

برنامه های کامپیوتری غیر هم زمانی هم وجود دارند که می توانند ظرفیت باربری خط را براساس شرایط محیطی قابل حصول و تاریخچه بارگیری

حداکثر مقدار مجاز توان عبوری می تواند محدود به ظرفیت نهایی خط، تحت شرایط اضطراری شود.

چه چیزی قابلیت باربری را در انتقال توان محدود می کند؟

در صورتیکه هدف، بهترین استفاده از شبکه انتقال و به حداکثر رساندن قابلیت باربری آن (با در نظر داشتن شرایط اضطراری) باشد، چه عواملی باعث محدودیت قابلیت باربری شبکه می شوند و روشهای اصلاح آن کدام است؟

به طور اصولی سه نوع محدودیت وجود دارند:

- ❖ حرارتی
- ❖ عایقی
- ❖ پایداری

حرارتی - قابلیت حرارتی یک خط انتقال نیروی هوایی تابعی از درجه حرارت محیط، شرایط باد،

امکان دیگر برای ارتقاء ظرفیت باربری خط انتقال، تعویض هادی آن با هادی دیگری است که مقدار جریان نامی آن بیشتر است، و این امر به نوبه خود ممکن است نیاز به افزایش استحکام سازه‌های خط داشته باشد. در نهایت احتمال دارد که یک خط تک مداره را به یک خط دو مداره تبدیل نمود. هنگامی که قابلیت انتقال جریان بیشتر فراهم شود، آنگاه این سنووال ایجاد می‌شود که چگونه باید از آن استفاده کرد. آیا توان اضافی به درستی جریان خواهد یافت و قابل کنترل خواهد بود؟ آیا در هنگام افت ناگهانی بار وضعیت ولتاژ قابل قبول خواهد بود و ...؟ فن آوری FACTS می‌تواند به بهره‌برداری مؤثر از این ظرفیت تازه یافته کمک کند.

عیاق - از دیدگاه عایق‌بندی، بسیاری از خطوط انتقال نیرو بسیار محافظه‌کارانه طراحی شده‌اند. برای یک ولتاژ نامی مشخص، اغلب امکان پذیر است که ولتاژ کارکرد خط را ده درصد (۱۰٪) و حتی بیشتر افزایش داد. در این حالت بایستی دقت شود که اضافه ولتاژهای دینامیک و گذرا در محدوده معینی باقی بمانند. بهره‌گیری از برقگیرهای جدید بی فاصله، یا مقره‌های خط که برقگیر بی فاصله در داخل آنها تعبیه شده، یا استفاده از بازدارنده اضافه ولتاژ که با ترستور کنترل می‌شود در پست‌ها، می‌تواند افزایش قابل ملاحظه‌ای در سطح ولتاژی خط و پست ایجاد کنند. فن آوری FACTS می‌تواند به منظور حصول اطمینان از شرایط اضافه ولتاژی و سیلان توان قابل قبول بکار گرفته شود.

پایداری - جنبه‌های مختلف مسئله پایداری که ظرفیت انتقال را محدود می‌کنند، شامل موارد زیر هستند:

- پایداری در حالت‌های گذرا
- پایداری در حالت‌های دینامیکی
- پایداری در حالت‌های کار عادی

کوتاه مدت محاسبه کنند. در مقابل تجهیزات پایش هم زمانی هم وجود دارند که می‌توانند مبنایی برای تعیین ظرفیت باربری لحظه‌ای باشند. این روش‌ها در طول چندین سال تکامل یافته‌اند و با در نظر گرفتن سن فن آوری اتوماسیون (که شاخص آن سیستم‌های GPS و سرویس‌های مخابراتی پیچیده ولی ارزان هستند)، مطمئناً کسب اطلاعات روزانه یا ساعتی یا لحظه‌ای در مورد ظرفیت باربری انتقال منطقی خواهد بود.

گاهی اوقات شرایط محیطی می‌تواند در عمل بدتر از آنی باشد که فرض شده است و داشتن ابزاری برای تعیین ظرفیت واقعی خط می‌تواند مفید باشد.

در مراحل برنامه‌ریزی و طراحی، غالباً ظرفیت باربری خط برای کار در حالت عادی بر مبنای ارزش گذاری مقدار تلفات و با مفروضاتی که بنا به دلایل متفاوتی ممکن است عوض شوند، تعیین می‌شود، مع هذا مقدار تلفات می‌تواند در تعیین ظرفیت اضافی باربری خط بصورت هم زمان، به حساب آورده شود.

البته، افزایش ظرفیت یک مدار انتقال شامل ملاحظات مربوط به ظرفیت لحظه‌ای ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات نیز می‌شود، به طوری که احتمالاً بعضی از آنها لزوماً بایستی تغییر یابند تا ظرفیت بارگیری خط افزایش یابد. ظرفیت بارگیری لحظه‌ای ترانسفورماتورها نیز تابعی از درجه حرارت محیط، عمر ترانسفورماتور و سابقه بارگیری اخیر آن می‌باشد.

همچنین ظرفیت بارگیری لحظه‌ای ترانسفورماتورها را می‌توان با استفاده از پایشگرهای هم زمان یا غیر هم زمان تعیین نمود. ضمناً ظرفیت ترانسفورماتور با خنک‌تر شدن بیشتر، افزایش می‌یابد.

- سقوط فرکانس
- سقوط ولتاژ
- تشدید زیر سنکرون

فن آوری FACTS بطور یقین می‌تواند برای غلبه بر محدودیتهای پایداری مورد استفاده قرار گیرد، که از آن میان محدودیتهای نهایی حرارتی و عایقی هستند.

ادوات FACTS کدامند؟

در این مقاله کوتاه، فرصت برشمردن همه توانایی های کنترل کننده های FACTS نیست. لذا در انتها، تنها به ذکر نام برخی از این ادوات اکتفا می‌شود و امید است در فرصتی دیگر به شرح توانایی های برخی از این ادوات پرداخته شود. عمده ترین کنترل کننده های FACTS عبارتند از:

جبران کننده توان راکتیو استاتیکی
SVC (Static VAR Compensator)

خازن سری کنترل شونده با تریستور
TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor)

ترانسفورماتور تغییر دهنده فاز استاتیکی
TCPST (Thyrist. Controlled Phase Shifting Trans.)

کنترل کننده میان فاز توان
IPC (Interphase Power Controller)

ترمز مقاومتی کنترل شونده با تریستور
TCBR (Thyristor Controlled Braking Resistor)

ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابر رسانا
SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage)

سیستمهای انتقال جریان مستقیم فشار قوی
HVDC (High Voltage Direct Current)

سیستم محدود ساز اتصال کوتاه
FCL (Fault Current Limiter)

مراجع

۱- دکتر سیدمحمدتقی بطحایی، بهبود بهره برداری سیستم قدرت از طریق کنترل شبکه‌های انتقال و توزیع انعطاف پذیر دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، کمیته تخصصی FACTS

2- N.G.Hingorani, L. Gyugyo, "Understanding FACTS" IEEE Press, 2000.

آقای احمد فریدون درافشان دارای فوق لیسانس مهندسی برق و الکترونیک از دانشگاه شیراز در سال ۱۳۵۳ می‌باشد. ایشان دارای ۲۶ سال سابقه کار هستند که ۲۱ سال آن در شرکت قدس نیرو بوده است. زمینه فعالیت و علاقه‌مندی آقای درافشان خدمات مهندسی و طراحی شبکه های انتقال و توزیع نیرو می‌باشد.

پروژه کارخانه ساخت توربین گازی ایران (توگا)

بهرام کرمانی - مدیر پروژه نیروگاه دماوند

کیانوش نراقی پور - کارشناس برق

علیرضا حاج زرگرباشی - کارشناس مکانیک

سیامک افشاری - ناظر کارگاه توگا

مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی

چکیده

پروژه کارخانه ساخت توربینهای گازی با هدف برداشتن گامی به سوی خودکفایی و رسیدن به توسعه پایدار شکل گرفته است. با توجه به نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی و همچنین دارا بودن منابع سرشار گاز در کشور، احداث نیروگاههای گازی جزء اولویتهای اول جهت تولید نیروی برق در نظر گرفته شده است. تولید تجهیزات مربوط به نیروگاههای گازی در داخل کشور از قدمهای اساسی جهت نیل به این هدف به شمار می آید.

در این راستا کارخانه ساخت توربینهای گازی با تولیدات خود خواهد توانست یکی از مهمترین تجهیزات مربوط به تولید نیروی برق را در نیروگاههای گازی تامین نماید. این پروژه که براساس انتقال تکنولوژی و همکاری با شرکت آنسالدو (ایتالیا) شکل گرفته از پروژههای بسیار مهم صنعت برق کشور محسوب می گردد و هم اکنون خط تولید آن مشغول بکار شده و بزودی سهم بزرگی در تامین تجهیزات نیروگاههای گازی را بر عهده خواهد گرفت.

مقدمه

این قرارداد معرفی شده لذا انجام خدمات مهندسی مربوط به این پروژه نیز در محدوده کار مشاور قرار گرفت. براساس توافقات انجام شده بعدی، خدمات مشاوره دیده شده در قالب قرارداد فوق جهت پروژه ساخت کارخانه توربین گازی، از محدوده کاری مشاور حذف و سپس کلیه کارهای خدمات مهندسی مراحل اول و دوم و بخشی از مرحله سوم آن طی قرارداد جداگانه ای

پروژه ساخت کارخانه توربین گازی در ابتدا بخشی از قرارداد احداث ۷ نیروگاه گازی فی مابین سازمان توسعه برق ایران و شرکت مدیریت پروژههای نیروگاهی ایران (مپنا) در نظر گرفته شده بود و از آنجا که مهندسی مشاور قدس نیرو بعنوان مشاور و نماینده کارفرما در

در تاریخ ۱۳۷۸/۵/۱ به مدیریت نیروگاههای گازی مهندسین مشاور قدس نیرو واگذار گردید. این پروژه در زمینی به وسعت اولیه ۹ هکتار در بخش واگذار شده از زمینهای شرکت توانیر در فردیس کرج و در شمال نیروگاه منتظر قائم شروع گردید.

برنامه زمانندی بسیار فشرده قرارداد، لزوم کار بی وقفه و پر حجم نفرات درگیر در پروژه را احتساب ناپذیر می ساخت و خوشبختانه انجام کلیه مطالعات و طراحی های مورد نیاز مطابق آنچه در خدمات مهندسی مراحل اول و دوم پیش بینی شده بود در زمانهای مشخص شده به پایان رسید.

این مقاله در مورد کارهای موضوع قرارداد و بطور کامل شامل انجام خدمات مهندسی مراحل اول و دوم کارهای ابنیه و تاسیسات برق و مکانیک مربوطه تهیه شده است.

الف - مشخصات کارهای ساختمانی:

- انجام مطالعات مورد نیاز مطابق با شرح وظایف مندرج در قسمتهای اول و دوم مرحله اول خدمات مهندسی
- انجام طراحی های مقدماتی جهت اخذ تائیدیه کارفرما
- انجام طراحی های تفصیلی و تهیه کلیه نقشه های اجرایی و جزئیات مورد نیاز
- انجام طراحی های فونداسیون ماشین آلات سنگین و سبک

در این ارتباط شرح مختصری از مشخصات پروژه ارائه می گردد:

- ۱- سالتنهای ساخت توربین گازی با جرثقیلهای سقفی به ظرفیت های مختلف تا ۱۵۰ تن (در ۷ سالن بهم چسبیده) جمعاً به مساحت ۲۱۰۰۰ مترمربع

۲- ساختمان جنبی جهت استقرار تجهیزات برقی و مکانیکی شامل بویلرها، دیزلها، کمپرسورها، ترانسهای برق جمعاً به مساحت ۱۲۰۰ مترمربع

۳- منابع آب زیرزمینی و پمپخانه آب مصرفی و آب کشاورزی جمعاً به مساحت ۳۰۰ مترمربع

۴- ساختمان اداری مجموعه در سه طبقه جمعاً به مساحت ۱۷۵۰ مترمربع

۵- پارکینگ سرپوشیده برای سواری و مینی بوس جمعاً به مساحت ۹۰۰ مترمربع

۶- انبار روباز و سکوهای باراندازی برای محموله های سبک و سنگین جمعاً به مساحت ۲۰۰۰۰ مترمربع

۷- ورودی و نگهبانی جمعاً به مساحت ۳۰۰ مترمربع

۸- محوطه سازی شامل:

- جاده سازی جمعاً به مساحت ۳۲۰۰۰ مترمربع
- پیاده رو سازی جمعاً به مساحت ۵۰۰ مترمربع
- فضای سبز جمعاً به مساحت ۱۲۰۰۰۰ مترمربع

۹- کانالهای بتنی کابل و لوله جمعاً بطول ۵۰۰ متر

۱۰- فونداسیونهای تجهیزات سبک و سنگین به تعداد قابل ملاحظه
مشخصات اصلی سالتنهای تولید بقرار زیر می باشد (جدول ۱) که کلیه کارهای طراحی آنها بعهد مهندسین مشاور قدس نیرو بوده است.

شماره سالن	ابعاد (متر) L×W×H	ظرفیت جراثیلهها (تن)	ارتفاع هوک (متر)
سالن شماره ۱	۱۳۰×۲۰×۱۵	۳۰/۵+۵	۸
سالن شماره ۲	۱۳۰×۳۰×۱۸	۴۰/۵+۴۰/۵	۱۲
سالن شماره ۳	۱۳۰×۲۰×۱۵	۳۰/۱۰+۱۵/۵	۱۰
سالن شماره ۴	۱۳۰×۲۰×۱۵	۳۰/۱۰+۱۵/۵	۱۰
سالن شماره ۵	۱۳۰×۲۰×۱۵	۳۰/۱۰+۵	۱۲
سالن (CN)	۱۳۰×۳۰×۲۵	۴۰/۱۰+۴۰/۱۰+۱۵۰/۳۰+۱۵۰/۳۰	۱۸
سالن (TOOL NAVE)	۱۱۲×۱۵×۱۲	۵+۳	۶

جدول (۱)

فونداسیونها جهت اطلاع ارائه می گردد (جدول ۲).

بدلیل ماهیت کار، استفاده از جراثیل های سقفی سنگین و یا جراثیل های بازویی مورد نیاز پروژه بوده که مشخصات آن بشرح زیر می باشد (جدول ۳).

همچنین احجام تقریبی کلی کارهای ساختمانی در پروژه بشرح زیر می باشد:

- خاکبرداری ۳۰۰۰۰ مترمکعب
- خاکریزی ۴۱۰۰۰ مترمکعب
- بتن ریزی ۲۳۰۰۰ مترمکعب

نوع ماشین آلات	تعداد	ابعاد فونداسیون L×W×H (متر)
ماشین تراش افقی	۱	۲۸×۱۰×۳
ماشین تراش افقی	۱	۳۵×۱۲×۳
ماشین تراش سنتر	۱	۱۶×۹×۳/۲
ماشین تراش عمودی سنگین (از انواع مختلف)	۴	۱۸×۱۲×۴/۵
ماشین تراش نیمه سنگین (از انواع مختلف)	۴	۱۲×۶×۴/۵
ماشین خان کشی	۱	۸×۸×۶
انواع ماشین آلات مختلف و میزهای کار	حدود ۲۰	ابعاد مختلف

جدول (۲)

نوع جراثیل	ظرفیت (تن)	تعداد
سقفی	۱۵۰/۳۰	۲ عدد همزمان
سقفی	۴۰×۱۰	۳ عدد
سقفی	۳۰×۱۰	۳ عدد
سقفی	۲۰×۵	۱ عدد
سقفی	۱۵×۵	۱ عدد
سقفی	۵	۳ عدد
سقفی	۳	۲ عدد
بازویی	۳ با طول بازو ۱۰ متر	۲ عدد
بازویی	۱ با طول بازو ۶ متر	۱ عدد

جدول (۳)

- قالب بندی ۱۸۰۰۰ مترمکعب
- اسکلت فلزی ۴۰۰۰ تن
- گروت ریزی ۷۵ مترمکعب

از آنجا که طراحی و تهیه نقشه های اجرایی فونداسیونهای ماشین آلات سبک و سنگین نیز در محدوده خدمات مهندسی مهندسی مشاور قدس نیرو بوده است (و این فونداسیونها بدلیل ماهیت خود از شکل هندسی بسیار پیچیده ای برخوردار می باشند) خلاصه ای از مشخصات این

از جمله کارهای ارجاع شده به مهندسی مشاور قدس نیرو احیاء نظارت عالی بر احداث کارخانه ساخت توربین گازی (بدون نظارت بر نصب ماشین‌آلات) می‌باشد که هم‌اکنون نیز در حال انجام است.

ب- مشخصات تاسیسات مکانیک:

یکی دیگر از قسمتهایی که خدمات طراحی مهندسی آن به عهده این مهندسی مشاور گذاشته شد، طراحی تاسیسات مکانیکی پروژه کارخانه ساخت توربینهای گازی بود که کلیات این طراحی در زیر آمده است:

تاسیسات مکانیکی پروژه فوق‌الذکر شامل گرمایش و سرمایش فضاهای مختلف از جمله سالن تولید و ساختمان اداری مربوطه، آب سرد و گرم مصرفی قسمتهای مختلف، آتش‌نشانی فضاها و محوطه، هوای فشرده مورد نیاز در سالن تولید، آب صنعتی، جمع‌آوری آب باران و فاضلاب، تهویه، سوخت رسانی گازوئیل و آبیاری فضای سبز می‌باشد که در مورد هر کدام به طور اختصار توضیحاتی ارائه می‌گردد:

۱- گرمایش و سرمایش

سیستم سرمایش و گرمایش جهت تامین دمای مناسب سالنهای ساخت توربین و ساختمان اداری به شرح زیر طراحی شده است:

۱-۱- سالن تولید: گرمایش این سالن از طریق یونیت هیترهای آبگرم که در محلهای مختلف سالن نصب شده‌اند، تامین می‌گردد. در تابستان تهویه سالن توسط تعداد فن مورد نیاز که در محلهای مناسب سالن تعبیه شده‌اند، انجام می‌گیرد.

۱-۲- ساختمان اداری: گرمایش این ساختمان توسط Air Washer و شوفاژ و سرمایش آن

توسط دستگاه Air Washer و توزیع آن به وسیله کانال صورت می‌گیرد. برای افزایش بازدهی دستگاه Air Washer از دو دستگاه Cooling Tower برای خنک کردن آب داخل کویلهای آب سرد استفاده می‌گردد که مطابق نمودار سایکروتریک این افزایش راندمان قابل رویت است.

لازم به ذکر است باتوجه به شرایط طراحی، آب گرم مورد نیاز سیستم حرارتی فوق توسط سه دستگاه بویلر (3×60%) هر کدام به ظرفیت 3000000 Kcal/hr که در ساختمان Auxilary واقع شده است، تامین و از طریق لوله‌کشی به تجهیزات منتقل می‌گردند.

گازوئیل مورد نیاز مشعل بویلرهای ذکر شده، از یک مخزن گازوئیل 2000 لیتری (Daily Tank) مستقر در موتورخانه تامین می‌گردد. که این مخزن نیز از یک مخزن 30000 لیتری واقع در محوطه توسط 2×100% پمپ تغذیه می‌گردد.

در موتورخانه مذکور کلیه تجهیزات مورد نیاز از جمله سختی‌گیر، منابع انبساط بسته، پمپهای سیرکولاسیون منابع کویلی و پمپهای مربوطه نصب گردیده‌اند. کلیه سیستمهای فوق براساس ضوابط و استانداردهای ASHRAE طراحی شده‌اند.

۲- سیستم آبرسانی

با توجه به مقدار مصرف روزانه پرسنل اداری و کارگران و مصارف آتش‌نشانی و همچنین مصارف موتورخانه و دستگاههای موجود در سالن تولید، مجموعاً ۲۰۰ مترمکعب آب مورد نیاز است که براین اساس دو مخزن زمینی ۱۰۰ مترمکعبی بتنی در نظر گرفته شده است. آب چاه موجود در محوطه پس از کلرزنی، به این مخازن منتقل می‌شوند. سپس توسط پمپهای آبرسانی مستقر

هدایت می‌گردد. سپس همراه آبهای سطحی از نقاط مشخص شده‌ای از انتهای محوطه خارج می‌گردند.

فاضلابهای بهداشتی توسط لوله‌کشی با شیب مناسب به محوطه منتقل و نهایتاً به یک دستگاه پکیج تصفیه فاضلاب هدایت می‌شوند.

۷- آبیاری فضای سبز

سیستم آبیاری فضای سبز از بقیه قسمتها مجزا شده و در رینگ جداگانه‌ای جهت آبیاری فضای سبز اجرا گردیده است. بدین منظور یک مخزن هفتاد مترمکعبی پیش‌بینی شده است که آب آن از چاه تامین می‌شود. برای آبیاری، دو سری پمپ در نظر گرفته شده است: یک سری از پمپها مربوط به زمانی است که آبیاری تحت فشار مورد نیاز است که این پمپها آب را از مخزن مذکور مستقیماً به سیستم لوله‌کشی آبیاری انتقال می‌دهند. سری دیگر پمپها برای زمانهای عادی است بدین ترتیب که آب را از مخزن مذکور به جداره خارجی مخزن هوایی دو جداره به حجم ۱۰ مترمکعب که در ارتفاع ۲۵ متر قرار دارد، انتقال میدهد و توسط یک انشعاب از این مخزن هوایی برای آبیاری استفاده می‌شود. ضمناً این مخزن هوایی وظیفه متعادل کردن فشار رینگ آبیاری را نیز بعهده دارد.

ج- مشخصات تاسیسات برق:

سیستمهای طراحی شده در قسمت برق پروژه مذکور را میتوان به سه بخش اصلی تقسیم‌بندی نمود:

- ۱- سیستم فشار متوسط (۲۰kV)
- ۲- سیستم فشار ضعیف (۴۰۰V)
- ۳- سیستمهای ارتباطی - حفاظتی

۱- سیستم فشار متوسط (۲۰ کیلوولت)
این قسمت (پست برق) که وظیفه آن تامین برق پروژه می‌باشد، شامل ۴ دستگاه ترانسفورماتور

در پمپخانه مجاور مخازن، آب که از نظر استاندارد، کیفیت مناسبی دارا می‌باشد، به جداره داخلی مخزن ۲۰ مترمکعبی در ارتفاع ۲۵ متری انتقال یافته و از آنجا توسط انشعابات به سالن تولید، ساختمان اداری و کلیه قسمتهایی که آب مصرفی نیاز دارند، منشعب می‌گردد.

۳- سیستم آتش‌نشانی

اطفاء حریق سالنهای تولید و ساختمانهای جنبی، توسط هیدرانت‌های آب و جعبه‌های آتش‌نشانی انجام می‌گیرد. آب این سیستم از مخازن زمینی فوق‌الذکر تامین می‌گردد و لوله‌کشی در اطراف سالن بصورت رینگ انجام شده است.

کلیه پمپهای سیستم، شامل بوستر پمپ و جوکی پمپ و شیرآلات و متعلقات آن در پمپخانه مجاور مخازن قرار دارد. طراحی سیستم مزبور مطابق ضوابط NFPA می‌باشد.

۴- سیستم هوای فشرده

سیستم هوای فشرده بصورت یک رینگ جهت تعادل فشار طراحی شده است و شیرهای قطع و وصل و یکطرفه مورد نیاز در این مسیر پیش‌بینی گردیده است. فشار هوای تولیدی 7bar است که توسط دو دستگاه کمپرسور به ظرفیت 490 Nm³/h از نوع Screw و دو عدد مخزن ذخیره به حجم 8m³ مستقر در کمپرسورخانه ساختمان Auxilary تامین می‌گردد.

۵- آب مصارف صنعتی:

آب مصارف صنعتی از آب محوطه تامین شده و در داخل سالنها توزیع می‌گردد.

۶- جمع‌آوری آب باران و فاضلاب:

آب باران توسط لوله به پائین انتقال یافته و سپس توسط تعدادی پیت به لوله‌های افقی

۱۶۰۰ کیلوولت آمپر با نسبت تبدیل ۲۰ به ۰/۴ کیلوولت و اتاق مربوط به تابلوهای فشار قوی، تابلوهای فشار ضعیف و همچنین بانک خازنی جهت اصلاح ضریب قدرت می باشد.

برآورد تعداد و اندازه ترانسفورماتورها با توجه به میزان مصرف برق ماشین آلات صورت گرفته است. همچنین در برآورد مذکور مصرف برق ساختمان اداری، محوطه و تاسیسات جانبی نیز پیش بینی شده است.

ضمناً با توجه به توسعه آینده و همچنین اضافه شدن ماشین آلات جدید به پروسه تولید پیش بینی های لازم در محاسبات مذکور لحاظ گردیده است.

۲- سیستم فشار ضعیف (۴۰۰ ولت)

این بخش که در حقیقت قسمت اعظم طراحی را شامل میشود، مربوط به تغذیه الکتریکی ماشین آلات، تاسیسات کمکی و ساختمانهای جانبی می گردد.

نکته حائز اهمیت در این قسمت استفاده وسیع از باس داکتهای فشار ضعیف بجای تابلوهای الکتریکی می باشد. در این پروژه تمامی ماشین آلات توسط باس داکتهای فشار ضعیف تغذیه می گردند. بدین معنی که هر وسیله توسط یک کلید حفاظتی از باس داکت قطع و وصل می شود.

استفاده از باس داکت مزایای زیادی را به دنبال دارد که در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می شود:

- استفاده از باس داکت باعث کاهش قابل ملاحظه کابل کشی می گردد.

- در صورت جابجائی تجهیزات، تغذیه الکتریکی آنها براحتی امکان پذیر بوده و نیاز به تهیه مجدد کابل و در نظر گرفتن مسیرهای طولانی کابل کشی نمی باشد.

- با بکارگیری باس داکت، تابلوهای توزیع فشار ضعیف حذف گردیده یا بطور چشمگیری کاهش میابد.

- در صورت استفاده از باس داکت و کاهش کابل کشی احتمال بروز آتش سوزی و پیشروی آن بسیار کاهش خواهد یافت.

شایان ذکر است با توجه به اهمیت خط تولید کارخانه سیستم برق اضطراری نیز برای پروژه پیش بینی گردیده است.

به همین جهت تعدادی از سیستمهای موجود در پروژه و همچنین قسمتی از تاسیسات جانبی که بایستی بطور بی وقفه به کار خود ادامه دهند در صورت قطع برق توسط دیزل ژنراتور تغذیه خواهند شد.

۳- سیستمهای ارتباطی - حفاظتی

سیستمهای ارتباطی طراحی شده در پروژه مذکور شامل سیستم تلفن و پیام رسانی بوده که ارتباط کلیه سالنهای تولید با یکدیگر و همچنین با ساختمان اداری را امکان پذیر میسازد.

جهت حفاظت تجهیزات و تاسیسات پروژه در مقابل آتش سوزی سیستم اعلام حریق در نظر گرفته شده که این سیستم شامل دکتورهای نقطه‌ای و دودی از نوع (Beam Detector) میباشد.

همچنین در هنگام بروز آتش سوزی از شستی‌های مربوط به سیستم اعلام حریق در فواصل معینی استفاده گردیده است.

سیستم دیگری که بطور وسیع در پروژه بکار گرفته شده است، سیستم شبکه کامپیوتری می باشد که توسط فیبر نوری و کابل شبکه کامپیوتری در کلیه سالنهای تولید توزیع گردیده تا کنترل و برنامه ریزی جهت ماشینهای که نیاز به برنامه نویسی کامپیوتری دارند از اتاق

آقای بهرام کرمانی دارای لیسانس مهندسی ساختمان از انگلستان (۱۳۵۹) است و بان در سال ۱۳۶۳ تاکنون در پروژه‌های نیروگاهی در قدس نیرو فعالیت داشته و هم‌اکنون مدیر پروژه نیروگاه گازی دماوند می‌باشد.

آقای کیانوش نراقی پور لیسانس مهندسی برق از دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) بوده و ۷ سال سابقه کار در زمینه تاسیسات برق و نیروگاهها دارد که ۳ سال آن در شرکت قدس نیرو می‌باشد.

آقای سید علیرضا حاج زرگرباشی دارای لیسانس مهندس مکانیک با گرایش سیالات از دانشکده فنی دانشگاه تهران بوده و ۴ سال سابقه کار دارد که ۲ سال آن در شرکت قدس نیرو در نیروگاههای گازی بوده است.

آقای سیامک افشاری بعنوان تکنسین ساختمان از سال ۱۳۶۵ در قدس نیرو فعالیت داشته و هم‌اکنون بعنوان ناظر عالی در کارگاه ساخت توربین گازی- توگا مشغول به کار است.

کنترلی که به همین منظور اختصاص یافته است امکان پذیر باشد.

ضمناً بدلیل اهمیت شبکه مذکور علاوه بر دیزل ژنراتور از سیستم UPS نیز جهت تغذیه الکتریکی آن (در هنگام قطع برق) استفاده گردیده است.

در انتها ذکر این نکته ضروری است که هزینه کل پروژه بدون احتساب هزینه خرید ماشین‌آلات و هزینه تملک زمین بالغ بر ۱۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود.

از آنجا که جلب رضایت کارفرما (مشتری) از ابتدا تا انتهای پروژه از جمله اهداف مدیریت و پرسنل پروژه ساخت کارخانه بورتین گازی بوده است، همواره سعی بر ارائه خدمات فنی در سطح بسیار بالای مهندسی بوده و طبق اظهار نظر نمایندگان کارفرما، این رضایت تاکنون کسب گردیده است.

در آذرماه ۱۳۸۰، بازدید توسط مدیریت محترم عامل از کارگاه توگا بعمل آمد که در آن وضعیت اجرایی پروژه و پیشرفت فیزیکی آن از نزدیک مورد توجه ایشان قرار گرفته است.

در خاتمه از زحمات کلیه همکارانی که بنحوی در انجام خدمات مهندسی این پروژه تلاش نموده‌اند، به ویژه از زحمات قابل توجه مدیریت محترم سابق نیروگاههای گازی آقای مهندس وفایی و همکار گرامی آقای مهندس زیرکیان قدردانی می‌گردد.

کاربرد و ویژگی‌های سدهای لاستیکی

علی مقیمی

سرپرست پروژه‌های کوچک آبی - معاونت سازه‌های آبی

چکیده:

سدهای لاستیکی اگرچه نسبتاً جدید هستند، اما در بسیاری از کشورها به طور موفقیت‌آمیز مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. این نوع سدها به دلیل کم‌بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، سهولت بهره‌برداری و نیاز اندک به عملیات نگهداری، جایگزین مناسبی برای سایر گزینه‌های متداول احداث سد می‌باشند. در حال حاضر، بیش از ۲۲۰۰ سد لاستیکی در سراسر دنیا در دست بهره‌برداری است. تنها سد لاستیکی ایران، در سال ۱۳۷۶ بر روی رودخانه بابلرود احداث شد و تجربیات گرانبهایی را برای مهندسان ایرانی به ارمغان آورد.

۱- مقدمه

سیلابی، بر بستر رودخانه خوابانده شود. این عمل معمولاً به طور اتوماتیک و ساده، بدون هیچگونه منبع نیروی خارجی، انجام می‌شود. از اینرو، سدهای لاستیکی به طور ذاتی ایمن هستند. تکنولوژی ساخت سدهای لاستیکی از ۳۰ سال قبل فراهم بوده و در حال حاضر، بیش از ۲۲۰۰ سد لاستیکی در سراسر دنیا در دست بهره‌برداری هستند. در طول ۲۰ سال گذشته، بیش از ۱۰۰ سد لاستیکی در آمریکا و بیش از ۱۵۰۰ سد از این نوع در ژاپن ساخته شده است.

۲- مزایای کاربرد سدهای لاستیکی

مزایای کاربرد سدهای لاستیکی کم‌بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، سهولت بهره‌برداری و نیاز اندک به عملیات نگهداری بوده

سدهای لاستیکی با وجود آنکه جدید هستند، در بسیاری از کشورها با موفقیت مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. این سدها، سدهای انعطاف‌پذیری به شکل یک لوله از جنس پارچه با روکش لاستیکی هستند که توسط آب یا هوا متورم شده و به یک فونداسیون بتنی مهار می‌شوند. با تغییر فشار سیال داخل لوله، ارتفاع سد تغییر می‌کند. سدهای لاستیکی کاربردهای زیادی دارند که می‌توان به استفاده از آنها برای احداث سدهای مخزنی، انحرافی، افزایش ارتفاع سدها و سرریزهای موجود، ایجاد دریاچه‌های تفریحی و جلوگیری از پیشروی آب شور دریا به داخل رودخانه‌ها، اشاره کرد. در صورت لزوم، سد می‌تواند به سهولت و سرعت، جهت عبوردادن بدون مانع جریانهای زیاد

در سدهای لاستیکی به جز هزینه‌های مختصر نگهداری و بهره‌برداری مربوط به تجهیزات الکتریکی ساده مانند دمنده (Blower)، به صرف هزینه‌های نگهداری تجهیزات نیازی نیست در حالی که دریچه‌های فولادی، نیازمند صرف هزینه‌های مختلفی مانند پاک‌کردن زنگ‌زدگی‌ها، تعمیرات مختلف، تعویض روغن هیدرولیک و ... در طول زمان بهره‌برداری می‌باشند.

از دیگر مزایای سد لاستیکی، نصب و اجرای سریع و آسان آن است. مقطع سد لاستیکی توسط پروفیل‌های مهار محکم نگهداشته می‌شود. معمولاً جهت تثبیت بدنه سد، تنها از یک خط مهار استفاده می‌شود، اما در صورتی که تراز آب پایین‌دست بالا باشد، از خط مهار دوگانه استفاده می‌گردد.

همانگونه که ذکر شد، کاربرد سدهای لاستیکی دارای مزایای فنی و اقتصادی فراوان است. با این وجود، تاکنون تنها یک سد لاستیکی در ایران احداث شده است. اولین تجربه سد لاستیکی، مربوط به سد لاستیکی بابلرود بوده که در ادامه، توضیحات مختصری در مورد آن ارائه می‌شود.

۳- سد لاستیکی بابلرود

سد لاستیکی بابلرود، اولین و تنها سد لاستیکی ایران است. این سد در پائین‌دست رودخانه بابلرود، و دقیقاً در بالادست شهر ساحلی بابلرود در استان مازندران احداث شده است. هدف از آن جلوگیری از بالآمدن و پیشروی آب شور دریای خزر، به داخل رودخانه بابلرود است. پیشروی آب شور، نه تنها به دلیل بروز مد (که دامنه آن تنها چند دسی متر است)، بلکه اصولاً به دلیل

و به عنوان جایگزین مناسبی برای سایر گزینه‌های متداول احداث سد، مطرح می‌باشند. این سدها به ویژه برای مخازن با ارتفاع کم مناسب هستند. تقریباً هیچ محدودیتی در مورد طول آنها وجود ندارد و بدون نیاز به پایه‌های میانی نصب می‌شوند. این درحالی است که در صورت استفاده از دریچه‌های فولادی، نصب پایه‌های میانی در فواصلی که وابسته به ابعاد دریچه است، الزامی می‌باشد.

سبک بودن سازه سدهای لاستیکی و توزیع یکنواخت نیرو بر جسم سد و فونداسیون آن، مسائل مربوط به نشست غیر یکنواخت فونداسیون را به حداقل می‌رساند. به علاوه موجب کاهش هزینه‌های احداث فونداسیون در مناطقی که پی دارای ظرفیت باربری کم است می‌گردد.

مکانیزم تورم و خالی شدن سد لاستیکی، ساده و نیازمند حداقل اجزاء متحرک است. این مسئله موجب افزایش قابلیت اعتماد به سیستم‌شده و خطر رهاسازی پیش‌بینی نشده آب را به دلیل بروز نقص‌های فنی و بهره‌برداری نادرست، به حداقل می‌رساند.

از آنجا که بدنه سدهای لاستیکی، پس از خالی شدن به صورت یک لاستیک دو لایه، کاملاً بر بستر هم‌تراز بستر طبیعی رودخانه قرار می‌گیرد، در هنگام بروز سیلاب، هیچ مانعی بر سر راه جریان سیلاب ایجاد نمی‌کنند و رودخانه، شرایط طبیعی خود را حفظ می‌کند. به علاوه، برخلاف سدهای انحرافی بتنی یا دریچه‌دار، امکان تخلیه سریع و کامل رسوبات جمع‌شده در بالادست سد، به سهولت امکان‌پذیر است.

تغییرات ارتفاع سطح آب دریای خزر حادث می‌شود. این افزایش ارتفاع، بیش از ۲ متر در طول ۲۰ سال گذشته بوده است. به علاوه، آبیگرهای کشاورزی متعددی در بالادست سد احداث شده‌اند و افزایش ارتفاع سطح آب رودخانه به همراه وجود مخزن سد، کمک فراوانی به بهبود عملکرد آبیگرها می‌کند. از سوی دیگر، به دلیل مقادیر سنگین بارش باران در منطقه، خطر جاری شدن سیل، دائمی و جدی است.

بر این اساس، استفاده از یک سد لاستیکی بر روی رودخانه بابلرود مورد توجه قرار گرفت. بررسی‌های ابتدایی در سال ۱۳۷۲ آغاز شد. کارهای ابتدایی سیویل، احداث دایک، انحراف بستر رودخانه و کارهای خاکی پروژه در سال ۱۳۷۴ شروع شد. پس از بررسی سوابق و شرایط سازندگان مختلف سدهای لاستیکی در سراسر دنیا توسط یک دفتر مطالعاتی هیدرولیک در تهران، یکی از سازندگان انتخاب شد. سفارش سد لاستیکی در خرداد ماه ۱۳۷۵ انجام گرفته و بدنه سد در شهریور همان سال برای ارسال به ایران آماده شد. به دلیل بروز تأخیر در تکمیل کارهای سیویل به جهت آماده نبودن قطعات فلزی مهار سد، شروع نصب، تنها پس از تیر ماه ۱۳۷۶ مقدور گردید.

سد لاستیکی نصب شده، دارای یک دهانه به طول ۶۰ متر می‌باشد و هر دو بخش انتهایی آن، شیب‌دار ساخته شده است. این سد با هوا پر می‌شود. ارتفاع طراحی آن ۲۸۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۱۰ متر است. سیستم مهار آن ۲ ردیفه است. جنس لاستیک بدنه، نسوپرن است که الیاف پلی استر را در بر گرفته است. ضخامت جدار ۶ میلیمتر است.

بهره‌برداری از سد براساس رقوم سطح آب و فشار سیال داخل بدنه انجام می‌شود و سیستم کنترل از نوع اتوماتیک با کنترل سطح آب بالادست توسط شناور است.

همکاری تنگاتنگ مهندسان ایرانی با شرکت سازنده بدنه سد لاستیکی در طی دوران طراحی، ساخت و آزمایش سد، تجربیات گرانبهایی را در اختیار مهندسان ایرانی قرار داد.

ساخت و نظارت بر حسن انجام عملیات اجرایی سیستم مهار و لوله‌کشی پروژه به دست متخصصان ایرانی انجام و توسط شرکت سازنده بدنه کنترل نهایی شد. همچنین تمامی کارهای سیویل پروژه توسط پیمانکاران ایرانی انجام شد که تحت نظارت عالی مشاوران ایرانی قرار داشت. نصب سد لاستیکی با استفاده از کارگران ایرانی و با کمک مهندسان شرکت سازنده بدنه سد انجام شد و توسط مشاوران ایرانی، مورد نظارت عالی قرار گرفت. آزمایش‌ها و راه‌اندازی، تحت نظارت عالی مشاوران ایرانی سد لاستیکی انجام شد. به علاوه، در طی این مدت، نرم‌افزار طراحی سد لاستیکی تدوین گردید که در ادامه در مورد آن توضیح مختصری داده خواهد شد.

۴- نرم‌افزار طراحی سد لاستیکی

نرم‌افزار RD-SHAPE برای تعیین شکل بدنه سد لاستیکی در سناریوهای مختلف بهره‌برداری تدوین شده است و نتایج حاصل از آن، اساس طراحی‌های سازه‌ای و هیدرولیکی سدهای لاستیکی را تشکیل می‌دهد. بر مبنای داده‌های خروجی این نرم‌افزار، امکان طراحی و تعیین مشخصات اصلی سد لاستیکی، مانند طول مناسب

- 2- Dumont, U. (October 1989). "The use of inflatable weir for water level regulation". water power and dam construction, PP. 44-46.
 - 3- Imbertson, Norman M., (1965). "Collapsible dams". US patent 3, 173, 269. united states patent office, No.16, PP. 70-75.
 - 4- SATUJO Corporation (1998). "Babolrud rubber dam project, Technical and operational manual".
 - 5- SATUJO Corporation (1998). "Babolrud rubber dam project, civil works external supplies".
- ۶- مدارک فنی سد لاستیکی بابلرود و کاتالوگ‌های کمپانی‌های سازنده سدهای لاستیکی.

آقای علی مقیمی دارای مدرک لیسانس مهندسی عمران آب از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد. ایشان ۹/۵ سال سابقه کار در شاخه‌های مختلف مهندسی عمران آب دارد که ۲/۵ سال آن در شرکت مهندسی مشاور قدس نیرو است. زمینه کاری و علاقه‌مندی آقای مقیمی، طراحی سازه‌های هیدرولیکی سدها و سازه‌های وابسته، طراحی هیدرولیکی سیستم‌های انتقال آب و ایستگاههای پمپاژ و انجام مطالعات شبیه‌سازی عملکرد نیروگاههای برقی و مخازن سدها می‌باشد.

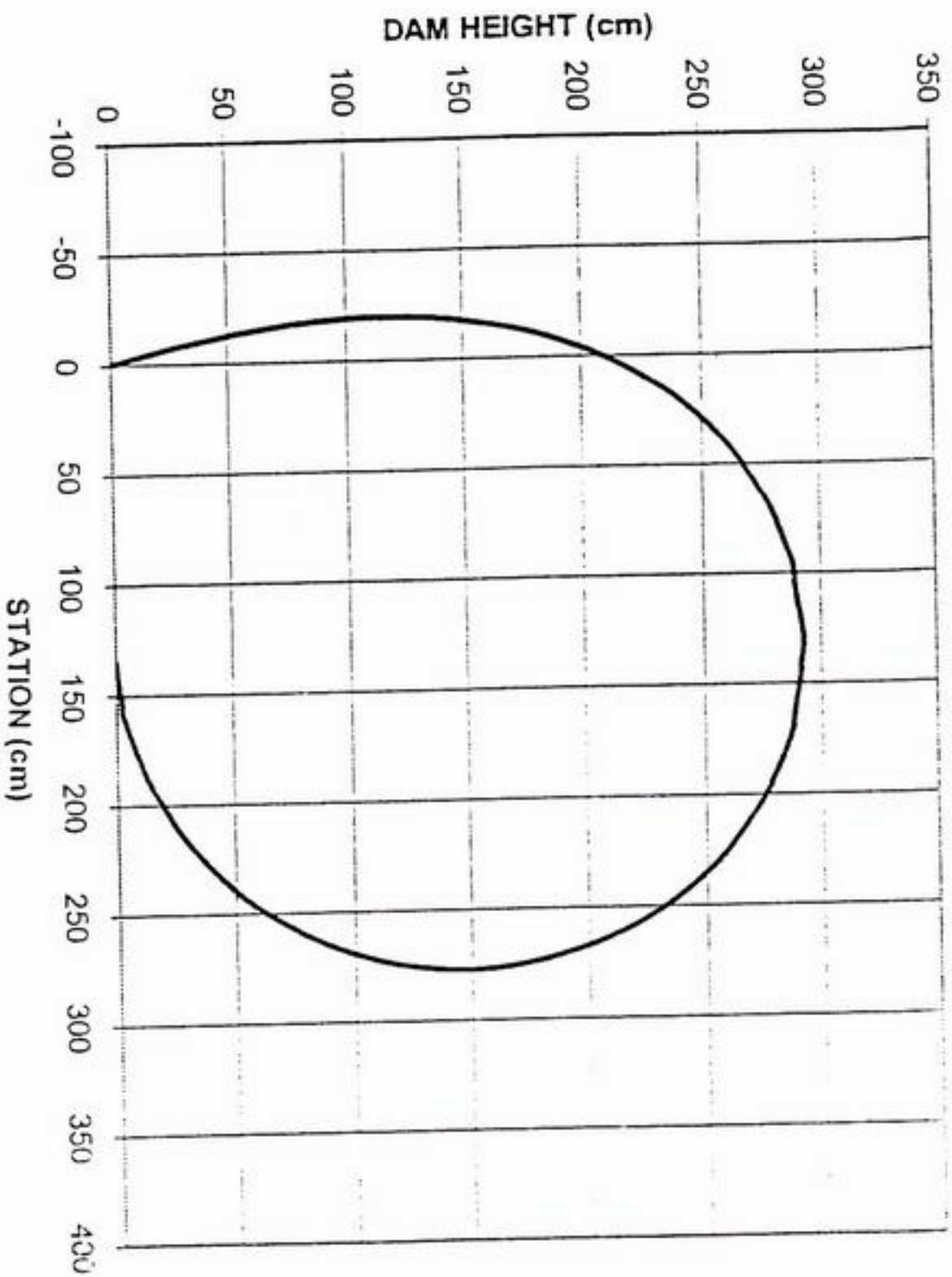
نوار لاستیکی در مقطع سد، ضخامت لاستیک بدنه، سیستم مهاربندی، ... فراهم می‌شود. تعیین شکل مقطع سد لاستیکی، با محاسبه نیروهای وارد بر سد امکانپذیر می‌شود. این نیروها شامل نیروی ناشی از فشار داخلی، نیروهای هیدرواستاتیکی ناشی از رقوم آب در سراب و پایاب و نیروی کششی بوجود آمده در غشاء بدنه سد می‌باشد. تمام این محاسبات، توسط نرم‌افزار RD-SHAPE انجام و شکل مقطع به همراه مولفه‌های نیروهای وارد بر سد، به عنوان داده‌های خروجی ارائه می‌شود.

در شکل (۱) شکل مقطع سد بابلرود، محاسبه شده توسط نرم‌افزار RD-SHAPE در یکی از سناریوهای بهره‌برداری از سد لاستیکی، نشان داده شده است. در این سناریو، فشار داخلی ۲۸۰ mbar، تراز آب بالادست ۲۵۰ cm و تراز آب پایین دست ۵۰ cm در نظر گرفته شده است.

نرم‌افزار RD-SHAPE، در دوران نصب و آزمایش سد لاستیکی بابلرود، با استفاده از اطلاعات فنی دریافتی از متخصصان خارجی همکار در پروژه، تدوین شد. داده‌های خروجی نرم‌افزار، با داده‌های واقعی بدست‌آمده از آزمایشهای پیش از تحویل موقت سد، مقایسه شد و صحت داده‌های خروجی، مورد تصدیق قرار گرفت. هم‌اکنون، نسخه جدید این نرم‌افزار، با هدف افزایش قابلیت‌های طراحی اجزاء و تحلیل رفتار سد لاستیکی، در دست تهیه است.

۵- مراجع

- 1- ANWAR, H.O (1967). "Inflatable dams". JL of Hyd. Div., ASCE. Vol. 93. PP.99-119.



شکل (۱) - مقطع سد لاستیکی با طول ۲۸۰ متر، تراز آب بالادست ۲۵۰ cm و تراز آب پایین دست ۵۰ cm

کاربرد کلید ژنراتور در نیروگاهها

کاوس قصبه

سرپرست گروه تخصصی برق - مدیریت مهندسی نیروگاههای بخاری

چکیده

با توجه به پیشرفت فناوری ساخت کلیدهای قدرت، کاربرد کلید ژنراتور که درون محفظه باس داکت بین ژنراتور و ترانسفورمر اصلی قرار دارد، در نیروگاهها مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله، مقایسه بین دو نیروگاه با کلید ژنراتور و بدون آن بعمل آمده و جنبه‌های مختلف استفاده از آن نظیر بهره‌برداری، ایمنی، حفاظت و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است.

۱- مقدمه

استفاده از کلید ژنراتور در واقع مساله جدیدی نبوده و در گذشته که ظرفیت شبکه و ژنراتورها به نسبت امروز کوچکتر و نتیجتاً جریان اتصال کوتاه نیز کمتر بوده است از کلید برای جدا کردن ژنراتور از شبکه بهنگام راه‌اندازی واحد استفاده میگردید. با افزایش ظرفیت واحدها و لزوم استفاده از باس داکت، کلیدهای موجود که قادر به تحمل قدرت اتصال کوتاه نبودند از مدار ژنراتور حذف گردیدند. در اوایل دهه ۱۹۶۰ ساخت کلید ژنراتور با قدرت تحمل جریانهای زیاد در اروپا آغاز گردید و با توجه به مزایای متعدد، استفاده مجدد آن مورد توجه قرار گرفته است.

در نیروگاهها عمدتاً از دو طرح متفاوت جهت اتصال ژنراتور به دو سیستم شبکه و مصرف داخلی نیروگاه استفاده بعمل میآید. مدار ساده

شده این دو طرح در شکل ۱ رسم شده است. در هر دو طرح ژنراتور G از طریق ترانسفورمر اصلی $T1$ به شبکه متصل می‌گردد تا اینکه ولتاژ کم ژنراتور (ماکزیمم تا حدود ۳۰ کیلوولت) را به ولتاژ زیاد شبکه (۲۳۰، ۴۰۰ کیلوولت) افزایش دهد. یک (یا دو) ترانسفورمر کمکی $T3$ نیز در هر دو طرح جهت تامین برق مصارف داخلی نیروگاه وجود دارد که ولتاژ ژنراتور را به ولتاژ کمتری (۶ الی ۱۰ کیلوولت) تبدیل کند.

برای راه‌اندازی نیروگاه، یعنی در زمانیکه ژنراتور هنوز قادر به تولید انرژی نمی‌باشد، لازم است که برق مصارف داخلی بطریقی تامین گردد. این کار در طرح ۱ توسط ترانسفورمر راه‌انداز $T2$ که توسط شبکه تغذیه میشود، صورت میگیرد و بعد از طی مراحل راه‌اندازی و وصل شدن ژنراتور به شبکه، برق مصارف داخلی نیروگاه از طریق ترانسفورمر $T3$ تامین می‌گردد.

فرق عمده طرح ۲ در وجود کلید بین ژنراتور و ترانسفورمر اصلی است که باعث می‌گردد نیازی به وجود ترانسفورمر راه‌انداز T۲ نباشد.

۲- شرح مقاله

با توجه به دو طرح ارائه شده در شکل ۱، مقایسه بین آنها در ابعاد مختلف بهره‌برداری، ایمنی، حفاظت و اقتصادی بودن بشرح زیر صورت می‌گردد:

۳- بهره‌برداری

در بهره‌برداری یک نیروگاه حالات مختلفی نظیر راه‌اندازی، تست، سنکرون کردن، کارعادی و غیرعادی مدنظر قرار می‌گیرند.

۳-۱- راه‌اندازی: در مرحله راه‌اندازی یک نیروگاه، ژنراتور پس از رسیدن به سرعت سنکرون با شبکه پارالل گردیده و سپس بارگیری از آن آغاز می‌شود. برای راه‌اندازی لازمست باس مصرف داخلی نیروگاه برقرار باشد که در طرح ۱ اینکار توسط ترانسفورمر راه‌انداز T۲ که بوسیله شبکه تغذیه می‌شود، صورت می‌گیرد و پس از پارالل شدن ژنراتور با شبکه، تغذیه مصارف داخلی از T۲ به T۳ تغییر می‌یابد. این عمل تغییر تغذیه را باس ترانسفر (bus transfer) می‌نامند که طی آن کلید باز a، بسته می‌گردد و برعکس کلید بسته b، باز می‌شود. ولی طرح ۲ نیازی به باس ترانسفر ندارد و تغذیه مصارف داخلی در مرحله راه‌اندازی که کلید ژنراتور باز است از طریق ترانسفورمرهای T۱ و T۳ صورت می‌گیرد و بعد از پارالل کردن ژنراتور با شبکه (بستن کلید ژنراتور)، تغذیه از طریق ژنراتور و ترانسفورمر T۳ انجام می‌گیرد. در این طرح، کلید زنی

برروی کلید a صورت نمی‌گیرد و همواره بسته می‌ماند.

۳-۲- تست: بعداز نصب ژنراتور و یا بعد از هر تعمیر، آزمایشات متعددی روی سیم‌پیچ‌ها، سیستم تحریک، رگولاتور، سیستم‌های حفاظتی و غیره صورت می‌گیرد تا قبل از برقرار کردن از کار صحیح آن اطمینان حاصل شود. امکان جدا کردن ژنراتور از سایر قسمت‌ها توسط کلید ژنراتور، باعث سادگی در انجام این تست‌ها می‌گردد.

۴- ایمنی در بهره‌برداری

۴-۱- طرح ۲ به جهت عدم استفاده از باس ترانسفر بعزل زیر از ایمنی بیشتری برخوردار است.

- حذف تنش‌های الکترودینامیکی وارده بر موتورهای الکتریکی هنگام باس ترانسفر.
- حذف خطرات ناشی از پارالل شدن دو ترانسفورمر اصلی و راه‌انداز هنگام ترانسفر.
- کاهش ریسک عملکرد نابجای بریکرها هنگام ترانسفر.

۴-۲- در طرح ۱ برای پارالل کردن ژنراتور با شبکه، از کلید ولتاژ زیاد که در پست نیروگاه قرار دارد استفاده می‌شود. در صورتیکه در طرح ۲ از کلید ژنراتور ولتاژ متوسطی که در محیط نیروگاه و در اختیار کامل اپراتور است استفاده می‌گردد و نتیجتاً کلیه عملیات و دریافت علائم و سیگنالها در اختیار مستقیم اپراتور خواهد بود.

۴-۳- در طرح ۲ بعزل مستقل بودن ژنراتور، میتوان از لاجیک ساده‌تری که بسیاری از اینترلاکها در آن حذف شده‌اند استفاده نمود.

۶- اقتصادی

در طرح ۲ با توجه به حذف ترانسفورمر راه انداز، حذف یک بی (bay) با تجهیزات مربوطه در پست نیروگاه، حذف چندین کلید و کلید افزار و تجهیزات مربوط به باس ترانسفر، از فضای مورد نیاز برای نصب تجهیزات کاسته گردیده و انتظار میرود که کاهش هزینه نیز به همراه داشته باشد. کاهش هزینه بستگی زیادی به مقدار ولتاژ شبکه داشته و با افزایش مقدار ولتاژ جنبه اقتصادی بودن طرح تقویت می گردد.

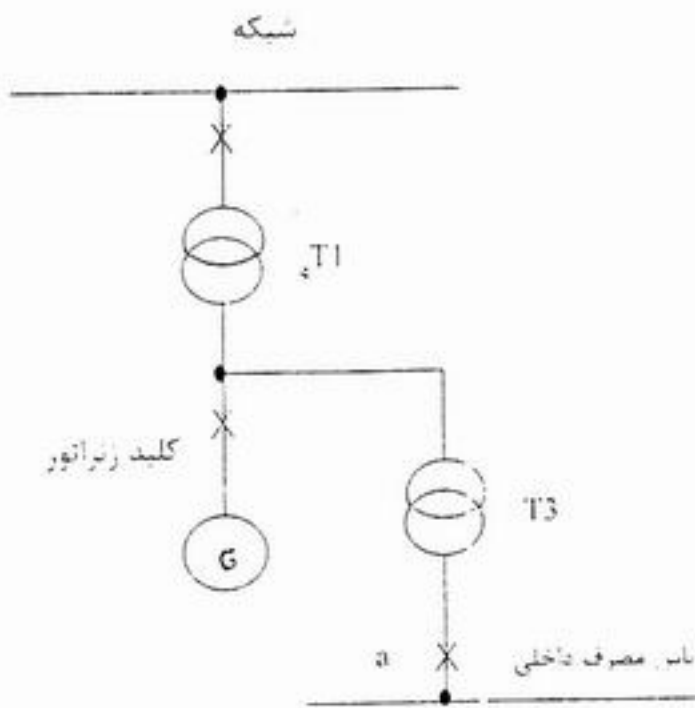
۷- نتیجه

با توجه به مطالب ارائه شده، کاربرد کلید زنراتور از نظر فنی مزایای متعددی نسبت به طرح بدون کلید دارد و از نظر اقتصادی با توجه به مدار تک خطی نیروگاه و ولتاژ شبکه لازمست که ارزیابی بعمل آید ولی بهر حال از نظر اقتصادی نیز قابل توجهیه می باشد.

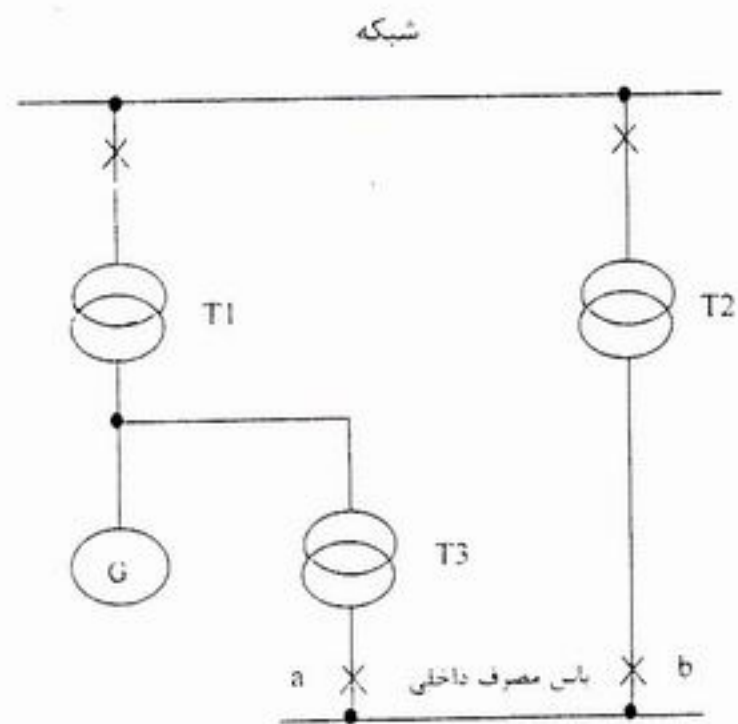
۵-۱- در طرح ۲، سیستم حفاظتی ناحیه زنراتور مستقل از سایر قسمتها می باشد که نتیجه آن بهبود هماهنگی رله های حفاظتی است.

۵-۲- در طرح ۲ خطاهای مربوط به ناحیه حفاظتی زنراتور فقط باعث باز شدن کلید زنراتور می شود و نتیجتاً تغذیه مصارف داخلی از طریق ترانسفورمرهای T_1 و T_2 برقرار می ماند. ولی در طرح ۱، این نوع خطاها باعث باز شدن کلید ولتاژ زیاد پست و سپس انجام باس ترانسفر می گردد.

۵-۳- در طرح ۲ در صورت وقوع خطای داخلی در ترانسفورمرهای اصلی و کمکی، مولفه جریان اتصال زنراتور حداکثر در حدود ۹۰ میلی ثانیه توسط کلید زنراتور قطع می گردد ولی در طرح ۱ این مولفه دیرتر قطع می گردد. نتیجتاً ترانسفورمرها مدت زمان بیشتری تحت تنش های حرارتی و مکانیکی قرار دارند که باعث کاهش طول عمر آنها می گردد.



طرح ۲: با کلید زنراتور



طرح ۱: بدون کلید زنراتور

شکل ۱- مدار تک خطی ساده نیروگاه

نشریه فنی - تخصصی مهندسان مشاور قدس نیرو شماره ۴۰۰ - تیرماه ۱۳۸۱

۸- مراجع

- 1- Alstom technical catalogues on Gen- Breaker
- 2 ABB technical catalogues on Gen- Breaker
- 3- Application of Gen- Breaker. Brown Boveri Rev. 1992

آقای کاوس قصبه دارای فوق لیسانس مهندسی برق از آلمان (سال ۱۳۴۵) و دکترای مهندسی برق از انگلستان (سال ۱۳۵۳) می باشد. ایشان تا سال ۱۳۶۲ به تدریس در دانشگاه صنعتی شریف پرداخته و ۱۹ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کار کارشناسی و سرپرستی دارد. زمینه فعالیت آقای قصبه، بطور کلی سیستم‌ها و تجهیزات برق نیروگاه بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان ماشینهای الکتریکی و ترانسفورمرها می باشد.

تبدیل نیروگاههای قدیمی به سیکل ترکیبی (Repowering)

مهدی نجات

مدیر پروژه بهینه‌سازی نیروگاهها - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده

با توجه به ضرورت بهینه‌سازی نیروگاههای قدیمی، طبق بررسی‌های بعمل آمده توسط این مهندسی مشاور حدود $1800 MW$ نیروگاه قدیمی بخاری در شبکه سراسری وجود دارد که متوسط طول عمر آنها بیش از ۲۵ سال می‌باشند. این نیروگاهها شامل اسلام‌آباد اصفهان ($1 \times 120 + 2 \times 37/5 MW$)، لوشان ($2 \times 120 MW$)، زرند ($2 \times 30 MW$)، بعثت ($3 \times 82/5 MW$)، مشهد ($2 \times 60 + 12/5 MW$)، طرشت ($4 \times 10 MW$)، زرگان ($2 \times 145 MW$) و منتظر قائم ($4 \times 150 MW$) بوده و معمولاً با راندمان حدود ۲۵٪ در مدار تولید هستند. امروزه با در مدار قرار گرفتن نیروگاههای سیکل ترکیبی با راندمان حدود ۵۴٪ و با در نظر گرفتن سوخت به نرخ جهانی به هیچ وجه کارکرد این نیروگاهها اقتصادی نیست.

مقدمه

نیروگاه بخار معمولاً دارای سه بخش عمده است که در صورت درست کار کردن این سه بخش میتوان مطمئن بود که نیروگاه قابلیت کارکرد طولانی مدت را خواهد داشت:

الف - توربین

توربین بعثت تغییرات بار و استارت و استاپهای متعدد می‌تواند در معرض خستگی (Fatigue) قرار گیرد. لذا باید روند چگونگی بهره‌برداری توربین از روی مدارک و مستندات بهره‌برداری بررسی گردد. چون نیروگاههای کوچک معمولاً در بار کمتر از بار نامی در سرویس بوده و بطور مداوم و یکنواخت‌تری در سرویس هستند، لذا برای توربین معمولاً مسأله عمده‌ای پیش نمی‌آید.

ب - بویلر

طراحی بویلر معمولاً برای ۱۰۰,۰۰۰ ساعت پیش‌بینی می‌شود و بعثت وجود درجه حرارت بالا، لوله‌ها در معرض خزش (Creep) قرار می‌گیرند که با تعویض لوله‌ها و بعضی از قسمتهای آن، بویلر قابلیت بهره‌برداری مجدد را خواهد داشت. در Repowering، بویلر بازیاب حرارتی (HRSG) جایگزین بویلر اصلی می‌شود.

ج - سیستم کنترل

سیستم کنترل و ابزار دقیق که بعد از گذشت ۲۵ سال باید کاملاً نوسازی شود. برای تعیین درصد استفاده از سیستمهای قدیمی و درصد باقیمانده جهت تعمیرات و یا نوسازی باید مطالعه شود و یا مجموعه سیستم کنترل و ابزار دقیق تعویض

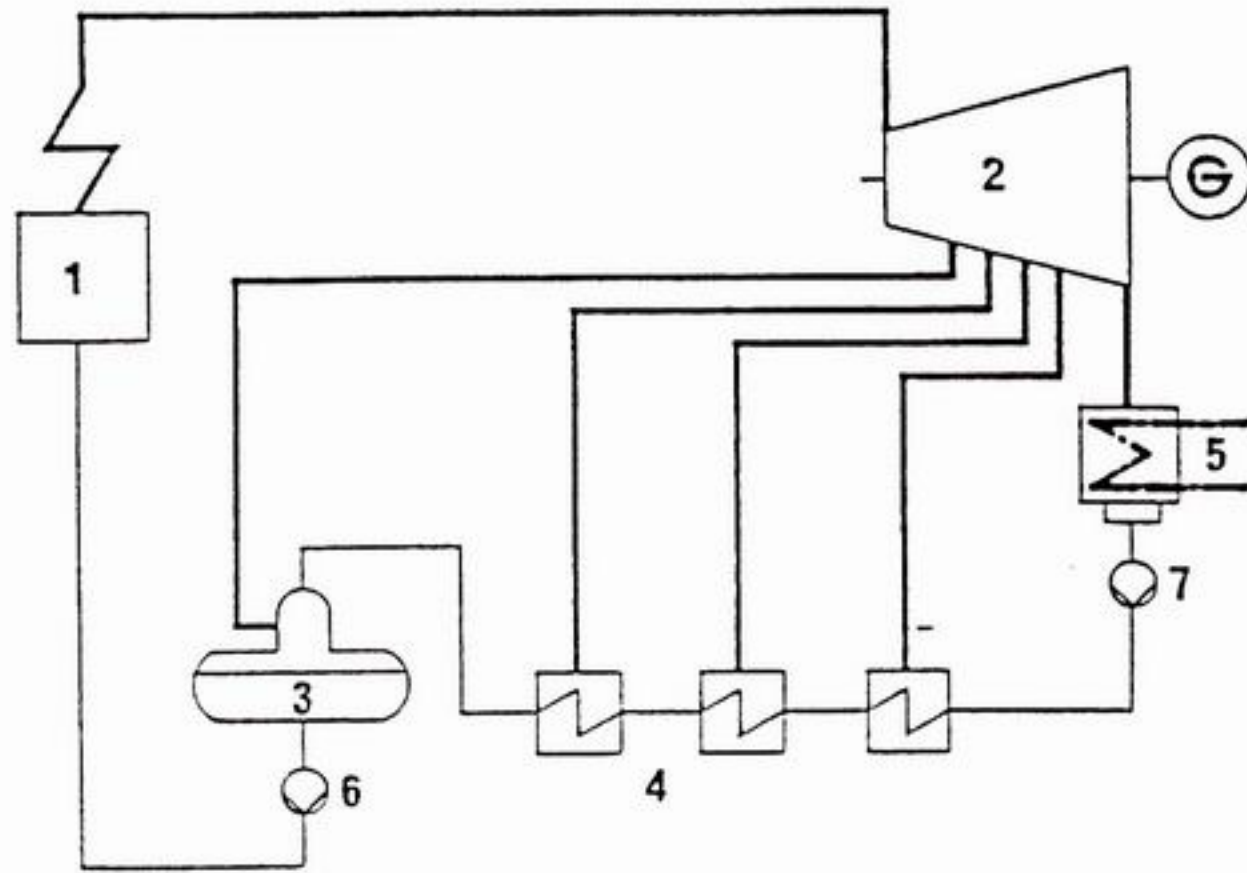
نشریه فنی - تخصصی مهندسی مشاوران ایرانی - شماره دوم - تابستان ۱۳۸۱

گردد که این موارد پس از بررسی سیستم‌ها و شناخت بارها و مسأله اقتصادی، در مورد انجام نوسازی و یا بهینه‌سازی تصمیم‌گیری می‌شود.

تبدیل نیروگاههای قدیمی به سیکل ترکیبی (Repowering)

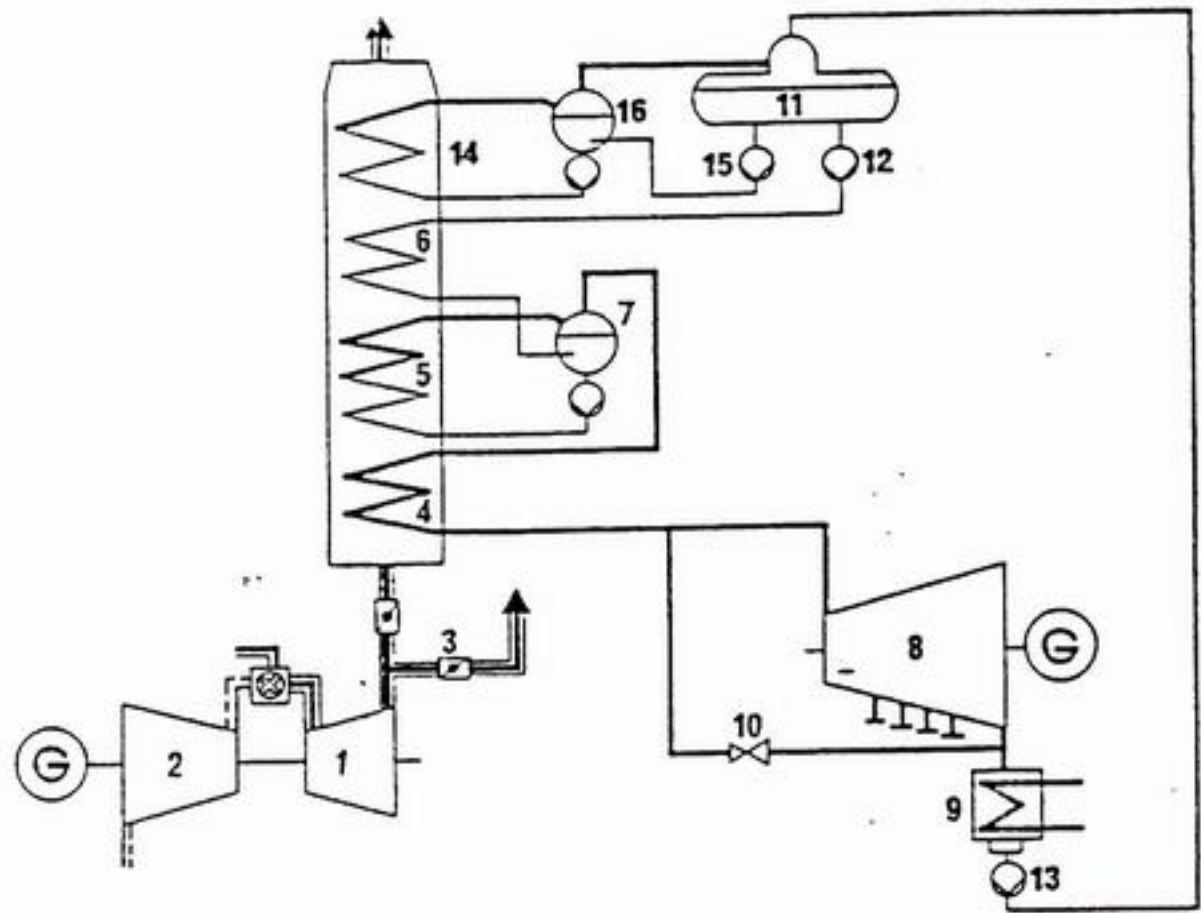
تبدیل یک نیروگاه بخار قدیمی به سیکل ترکیبی "Repowering" نامیده می‌شود و روشی است که نیروگاه قدیمی و قسمتهایی از آن که غیر اقتصادی هستند را قادر می‌سازد با شرایط

اقتصادی در سرویس قرار گیرند. در این روش بویلرها که معمولاً بیشترین آسیب‌ها را در نیروگاه دیده‌اند با توربین‌گازی و بویلرهای HRSG تعویض می‌شوند، وئی توربین نیروگاه بخار هنوز قابل استفاده برای کارکرد با سیکل ترکیبی است چون توربین معمولاً با عمر ۲۰ تا ۲۵ سال برای بهره‌برداری طولانی مدت قابل استفاده می‌باشد. شکل‌های زیر یک نیروگاه بخاری و یک نیروگاه سیکل ترکیبی را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



Steam Power Plant before Conversion to a Combined-Cycle Plant

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| 1 Steam generator | 5 Condenser |
| 2 Steam turbine | 6 Feed pump |
| 3 Feedwater tank/deaerator | 7 Condensate pumps |
| 4 Low pressure preheater | |



Combined-Cycle Plant with Existing Steam Turbine

1 Gas Turbine	9 Condenser
2 Compressor	10 Steam bypass
3 Flue gas bypass	11 Feedwater tank/deaerator
4 Superheater	12 HP Feedwater pump
5 Evaporator	13 LP evnporator
6 Economizer	14 LP Feedwater pump
7 Drum	15 LP drum
8 Steam Turbine	

که البته این لیست ممکن است از نیروگاهی به نیروگاه دیگر متفاوت باشد ولی بطور کلی چون سرمایه اولیه نیروگاه وجود دارد تغییرات انجام شده نسبت به کل زیاد نیست.

سیستم پیشگرمکن آب تغذیه و پمپ آن چون در سیستم سیکل ترکیبی باشکلی قبلی استفاده نمی شود از این جهت دیگر قابل استفاده نبوده و حتی در بعضی از حالتها سیستم بخار زیر کش توربین باید حذف شود که این خود باعث افزایش قدرت خروجی توربین بخار می شود و ژنراتور و ترانسفورماتور سیستم بخار باید قابلیت جذب این قدرت اضافی را داشته باشد. البته در بعضی موارد هم محدودیت ایجاد می کند.

در محاسباتی که در دست انجام می باشد، سعی بر این است که با مدل سازی های مختلف احتراق

در repowering قسمتهای زیر از سیکل بخاری قابل استفاده می باشند:

- ساختمانها
- توربین ژنراتور بخار
- کندانسور
- سیستم خنک کننده
- ترانسفورماتور اصلی برای توربین بخار
- تجهیزات High Voltage و Medium Voltage
- سیستمهای کمکی نیروگاه بخار
- همچنین قسمتهای زیر حذف، جابجا و یا تعویض می شوند:
- بویلر
- بخشی از لوله کشی ها و اتصالات
- پیشگرمکن های آب تغذیه
- پمپ تغذیه بویلر
- سیستم کنترل و ابزار دقیق

حتی الامکان از بویلرهای موجود استفاده گردد که این بهترین انتخاب خواهد بود و نتیجه بستگی به محاسبات روشنای مختلف و انتخاب بهینه آنها دارد. شاید بتوان با استفاده از اگزوست توربین گازی در کوره بویلر جهت تامین گرمای لازم تولید بخار از نیمی از مشعلها برای احتراق نیز استفاده شود که انتخاب مدل مناسب احتراق بستگی به نتیجه این محاسبات دارد.

مقایسه قدرت و راندمان واحد بخار قبل و

بعد از Repowering

جدول زیر شرایط یک نیروگاه بخار حدود ۳۰ MW را که با روش Repowering اصلاح شده نشان میدهد. در این اصلاح، راندمان به حدود ۴۴/۸٪ رسیده و قدرت نیروگاه با نصب توربینهای گازی جدید سه برابر شده است. با بالا رفتن راندمان کل، مصرف سوخت نیروگاه بر کیلووات تولیدی نیز کاهش یافته است.

	Before repowering	After repowering	
Net output from power plant	30300	102200	KW
Power output from steam turbine	32000	35000	KW
Power output from gas turbine		68400	KW
Station service power	1700	1200	KW
Heat input	107000	228000	KW
Net efficiency	28.3	44.8	%

با بررسی جدول ملاحظه می شود که برای یک واحد توربین بخار حدود ۳۰ MW، حدود ۶۸ MW توربین گازی در نظر گرفته شده و مصارف داخلی هم به اندازه ۵۰۰ KW کاهش یافته است، چون معمولاً در Repowering میتوان F.D.fan را از مدار خارج کرد. راندمان نیروگاه نیز از ۲۸/۳٪ به ۴۴/۸٪ رسیده است که مهمترین ارزش Repowering می باشد.

در مورد Repowering می بایستی دو نکته عمده زیر مدنظر قرار گیرد:

- داشتن فضای کافی برای نصب توربین گازی و بویلر بازیاب (HRSG)

- تغییر سیستم کنترل برای شرایط کارکرد سیکل ترکیبی

برای نیروگاههای بخار که گاز و سوخت سنگین مصرف می کنند روش Repowering منطقی ترین راه برای افزایش راندمان و افزایش قدرت نیروگاه با صرف هزینه کم می باشد. بعلاوه نیروگاهی که بدلیل عمر زیاد بویلر در معرض تعطیل شدن است، با افزودن توربین گازی و جایگزینی بویلر بازیاب (HRSG) تجهیزات فرسوده نیروگاه با تجهیزات جدید جایگزین شده و راندمان هم زیادتر می گردد.

با توجه به اینکه واحدهای کوچک دارای توربینهای سالمتری هستند (چون به واحدهای کوچک معمولاً تغییرات بار شبکه منتقل نشده و در یک بار ثابت و بدون تغییر کار کرده اند) وقتی Repowering در مورد آنها انجام می شود، توربین بخار می تواند ۱۵ تا ۲۰ سال دیگر کار کند. نتیجتاً در یک نیروگاه قدیمی، سیکل ترکیبی جدید می تواند ۱۵ تا ۲۰ دیگر در سرویس قرار گیرد.

صرفه جویی در سوخت مصرفی سالیانه

با بررسی راندمان نیروگاه ۳۰ MW قبل و بعد از Repowering مشاهده می شود راندمان از ۲۸/۳٪ به ۴۴/۸٪ رسیده که علاوه بر افزایش قدرت نیروگاه، مقدار گرمای لازم برای تولید یک کیلووات ساعت (Heat Rate) کاهش می یابد که با محاسبات زیر مقدار کاهش مصرف سوخت سالیانه یک واحد ۳۰ MW بشرح زیر بدست می آید:

۸۶۰

$$\text{Heat Rate} = 3039 \text{ kcal/kwh} \text{ (با 28/3 راندمان)}$$

۲۸/۳

علل پیدایش عیوب در جوش و ارائه راهکارها و جلوگیری از بروز آنها

فریدون خسروی

بازرس فنی پروژه‌های کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده

یکی از اهداف هر یک از پروژه‌های اجرایی این مسئله مهم است که جوشهای اجراء شده مطابق با استاندارد انجام پذیرد تا هم کیفیت مورد نظر تحصیل شود و هم با کاهش حجم عیوب از هزینه اضافی جهت رفع این عیوب جلوگیری بعمل آید.

بنابراین شناخت عیوب جوشکاری به صورت اصولی و آشنائی با دلایل ایجاد این عیوب و راهکارها و مکانیسم‌های جلوگیری از ایجاد آنها بسیار حائز اهمیت است.

در تولید جوش به دلایل متفاوت عیب‌هایی ایجاد میشود که کیفیت جوش را کاهش میدهد و نیاز به انجام تعمیرات روی جوشهای اجراء شده را سبب می‌گردد.

در این مقاله سعی شده است به انواع عیوبی که در جوش ایجاد میشود و دلایل ایجاد این نوع عیوبها و راهکارها و مکانیسم‌های پیشگیری از بروز عیوبها در جوش پرداخته شود.

مقدمه

آزمایشات لازم روی آن در آزمایشگاه در صورت مورد قبول بودن نتایج حاصله (Procedure Qualification Record) P.Q.R. تهیه می‌گردد.

نهایتاً آزمون مهارت جوشکاران و نمونه تست آنان مورد آزمایش رادیوگرافی (Welder Qualification Record) W.Q.R. قرار می‌گیرد.

کنترل‌های لازم قبل از شروع عملیات

جوشکاری

قبل از شروع عملیات جوشکاری مواردی باید مورد بازرسی و کنترل قرار گیرند و تا از درستی آنها اطمینان حاصل شود:

برای دستیابی به یک جوش مطلوب و با کیفیت فرایند جوشکاری باید بطور کامل از مراحل اولیه تا انتیانی بطور مدون و مطابق با استاندارد به مورد اجراء گذاشته شود. اولین مرحله در این فرایند مستندات جوشکاری می‌باشد. در این رابطه دستورالعمل جوشکاری (Welding Procedure Specification) W.P.S. باید مطابق با استانداردهای شناخته شده و معتبر تهیه شود و به تأیید برسد.

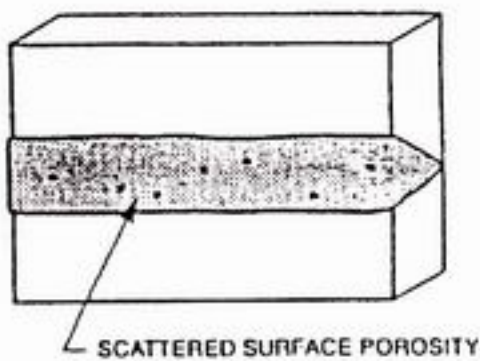
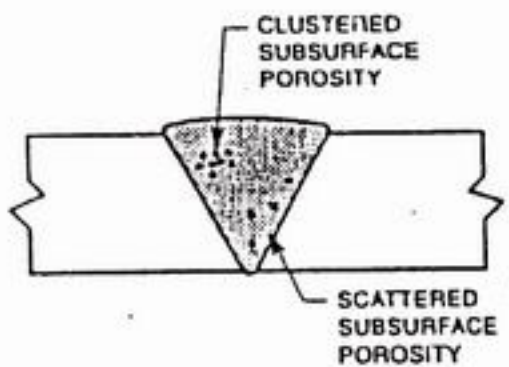
مرحله بعدی تأیید کیفی دستورالعمل جوشکاری بر مبنای آزمایشات مقاومت مکانیکی می‌باشد که پس از تهیه نمونه مطابق با W.P.S و انجام

(cluster procity)، حفره‌های کرمی (Worm Hole) و یا حفره‌های طویل پشت سرهم (Hollow bead) بوجود می‌آید.

- حفره‌های کروی تو خالی پشت سرهم در پاس اول بوجود می‌آید و علت آن صرفاً قطع و وصف مکرر جریان برق می‌باشد تعویض دستگاه جوش در این ارتباط ضروری است.

- حفره‌های خوشه‌ای در اثر ریزش باران، وزش باد در سطح پاس روئی (cap pass) بوجود می‌آید. جهت جلوگیری از بوجود آمدن این عیوب بکار بردن بادگیر و ایجاد سایبان ضروری است.

- حفره‌های کرمی بعلت سرد شدن سریع مذاب و احتمال قطع و وصل جریان برق بوجود می‌آید که در این صورت می‌بایستی دستگاه جوش را تعمیر و یا تعویض نمود (شکل ۱).



شکل (۱)

۲- حفره‌های سطحی (Surface Hole):

حفره‌های سطحی با چشم نیز دیده می‌شود و علت بوجود آمدن آن مرطوب بودن روپوش الکتروود، وزش باد، مرطوب بودن هوا و یا ریزش باران می‌باشد.

۱- کنترل شماره الکتروود و اندازه آن و حصول اطمینان از سالم بودن آن

۲- پخت الکتروود در دمای معین و در مدت زمان مشخص که کارخانه سازنده توصیه نموده

۳- حصول اطمینان از موجود بودن W.P.S. و انجام گرفتن P.Q.R و تست جوشکاران

۴- کنترل اندازه‌های لبه اتصال از نظر زاویه پخ (Bevel angle)- مقدار باز بودن ریشه (opening root) و کنترل فاصله لبه (Face root)

۵- کنترل ولتاژ و آمپر دستگاه جوشکاری برای شروع عملیات

۶- تمیز بودن محل اتصال جوشکاری از هر نوع زنگ زدگی و روغن و گریس و غیره

۷- دقت در محکم کردن قطعه کار و نداشتن لرزش کار

۸- وجود فضای کافی جهت حرکت جوشکار در اطراف محل کار جوشکار

۹- در صورت وزش باد و بارندگی ایجاد محافظ و سایبان برای محل جوشکاری

علل پیدایش عیوب در جوش و ارائه راهکارها و جلوگیری از بروز آنها

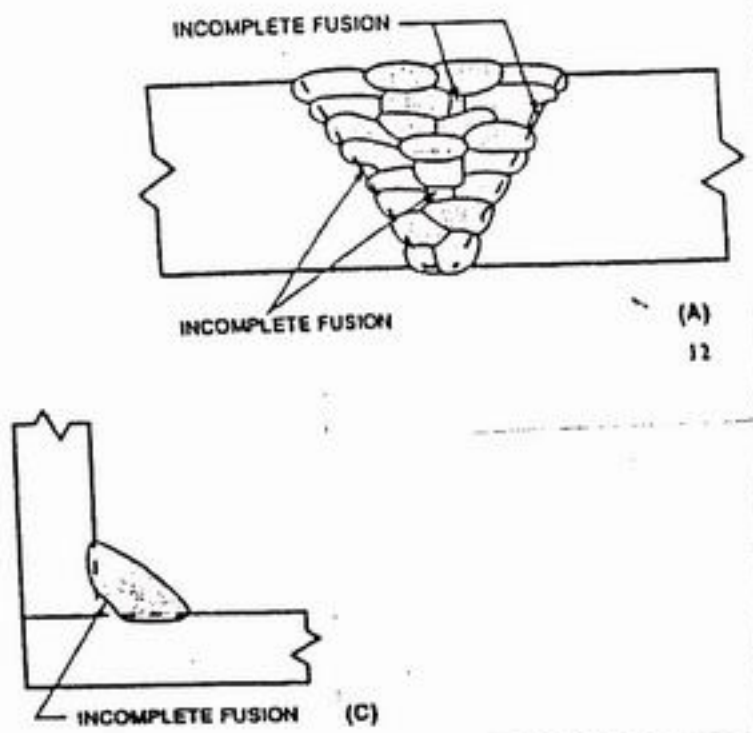
عمده‌ترین عیوب در جوش و پیدایش آن و جلوگیری از بروز آنها بشرح زیر ارائه می‌شود:

۱- حفره‌های گازی (Gas Pocket) Procity:

حفره‌های گازی به سوراخ‌های ریز موجود در جوش گفته می‌شود. علت بوجود آمدن این حفره‌ها ممکن است در اثر قطع و وصل جریان برق، سرد شدن مذاب در اثر سرمای زیاد، وزش باد و ریزش باران باشد. عموماً این عیوب بصورت حفره‌های کروی (متخلخل)، Spherical procity و حفره‌های خوشه‌ای

درست پیوند نمی خورد و گاهی این عیب بخاطر عدم توقف مناسب دست جوشکار نیز بوجود می آید.

بنابراین رعایت در انتخاب جریان مناسب و توقف لازم دست جوشکار جهت جلوگیری از بروز این عیب ضروری است (شکل ۳).



شکل (۳)

۵- عدم نفوذ جوش بدلیل هم سطح نبودن دو لبه اتصال (high-low):

بدلیل هم سطح نبودن دو لبه اتصال جوشکاری (high-low) نفوذ جوش بدرستی انجام نمیپذیرد و گاهی این عدم نفوذ جوش در دو طرف لبه های اتصال می باشد.

در جهت پیشگیری از بروز چنین اشکالی قبل از شروع جوشکاری باید دو لبه محل اتصال هم سطح و یا هم محور (Alignment) نمود.

۶- عدم ذوب در اثر سرد بودن لایه ها

Incomplete Fusion due to cold lap (cold-lap)

چنانکه یک لایه جوش سریع سرد شود، در پاس بعدی عدم ذوب بین لایه های جوش بوجود می آید و بین دو لایه جوش جدائی موضعی بوجود خواهد آمد و ممکن است چنین عیبی

استفاده از چادر حفاظتی و سایبان و پخت الکتروود در کوره جهت جلوگیری از بروز این عیب ضروری است.

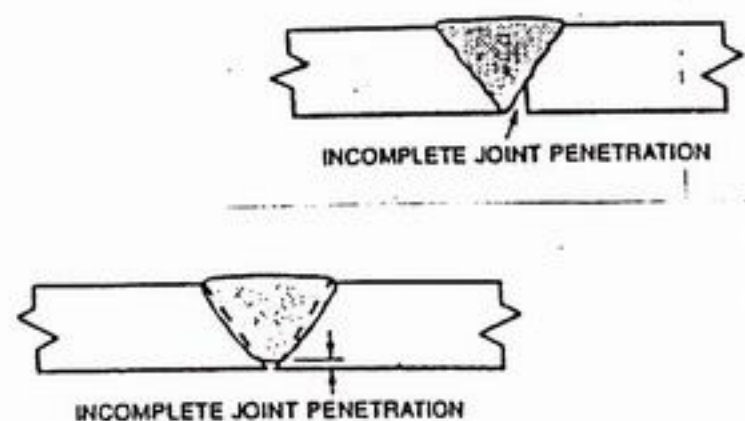
۳- عدم نفوذ جوش : Lack of penetration (L.O.P)

این عیب بدلیل رعایت نکردن موارد زیر ممکن است بوجود آید.

- کم بودن فاصله بین دو لبه کار
- زیاد بودن قطر الکتروود انتخاب شده جهت پاس اول
- کم بودن جریان برق
- عدم مهارت جوشکار

در فیلم پرتونگاری این عیب بصورت یک خط سیاه رنگ در مرکز جوش در پاس ریشه دیده میشود.

جهت پیشگیری این عیب کنترل فاصله در لبه های اتصال، حصول اطمینان از قطر الکتروود مناسب، مناسب بودن دستگاه جوش و مهارت جوشکار الزامی است (شکل ۲).



شکل (۲)

۴- عدم ذوب جوش : Lack of Fusion (L.O.F)

این عیب بیشتر بدلیل کم بودن جریان برق دستگاه جوشکاری صورت می گیرد و مواد پرکننده جوش با فلز پایه بصورت یکپارچه و

جهت جلوگیری از عیب فوق، کنترل زاویه پخ در محل اتصال، سنگ زدن پاس ریشه، تمیز کردن لایه‌های جوش از سرباره توسط برس‌های برقی توصیه می‌شود (شکل ۵)



Slag Inclusions (darkened areas)

شکل (۵)

۹- پاشیده شدن مذاب در اطراف جوش (weld spatter):

این عیب ممکن است بدلیل بالا بودن جریان برق، استفاده از الکتروود با قطر زیاد و یا مرطوب بودن روپوش الکتروود و زیاد بودن فاصله دست جوشکار با قطعه کار پیش می‌آید.

جهت پیشگیری از آن کنترل جریان برق، استفاده از الکتروود خشک و با قطر مناسب و رعایت فاصله دست جوشکار با قطعه (Arc) ضروری است.

۱۰- ترک (crack):

ترکهای عرضی و طولی در جوش میتواند بدلیل زیاد بودن کربن یا گوگرد در فلز و یا لرزشهای

بین محل اتصال جوش و فلز پایه صورت گیرد. بنابراین باعث بوجود آمدن عیب فوق سرد شدن سریع لایه جوش و یا کم بودن جریان برق می‌باشد.

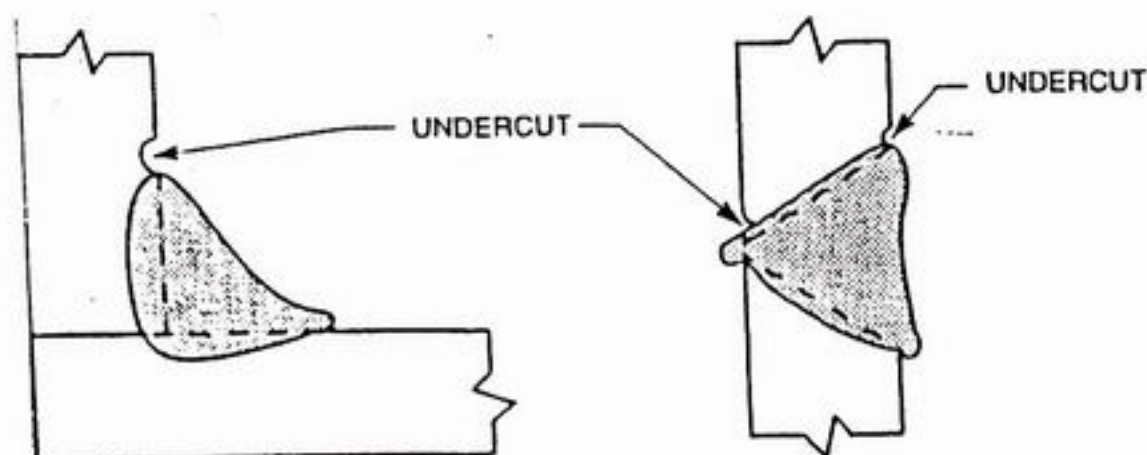
جهت پیشگیری از عیب فوق، کنترل درجه حرارت پاس میانی (Inter pass temperature) مطابق با W.P.S و همچنین کنترل جریان برق دستگاه جوش توصیه می‌شود.

۷- سوختگی لبه جوش (under cut):

زیاد بودن جریان برق، مناسب نبودن سرعت حرکت دست جوشکار، مناسب نبودن الکتروود، زیاد بودن زاویه پخ و توقف بیش از حد در کناره لبه‌های اتصال میتواند از دلایل ایجاد این عیب باشد. جهت پیشگیری، کنترل جریان برق دستگاه جوش، ایجاد سرعت مناسب دست جوشکار، انتخاب الکتروود مناسب، حصول اطمینان از درستی زاویه پخ توصیه می‌شود (شکل ۴).

۸- سرباره‌های باقیمانده در جوش (Slag Inclusions):

باقی ماندن ناخالصی‌های سرباره در جوش (slag) بیشتر در کناره لبه‌های قطعه باعث کم بودن زاویه پخ، سنگ زدن پس از اتمام پاس اول و یا برس زدن و تمیز نکردن پاس‌های جوش می‌باشد.



شکل (۴)

شدید قبل از تکمیل جوشکاری و وجود تنش بسماند در محل اتصال جوش باشد. هیچ نوع ترکی با هر اندازه‌ای در جوش مجاز نمیباشد. برای جلوگیری از بروز ترک عمل پیشگیری از قبیل استفاده از الکتروود کم هیدروژن، انتخاب الکتروود با قطر کوچک و عدم وجود تنش توصیه می‌شود. ترکهای ستاره‌ای (Crater crack) عموماً در آخر نقطه جوش (در هنگام تمام شدن الکتروود) ایجاد می‌شود علت آن سریع برداشتن الکتروود در محفظه قطع نمودن قوس الکتریکی می‌باشد. جهت پیشگیری جوشکار بجای خاموش کردن ARC جوش روی جوش می‌بایستی روی قطعه کار یا قطعه دیگری که در نزدیکی محل جوشکاری است خاموش کند.

۱۱- نفوذ بیش از حد جوش (شوره) (Excess penetration):

این عیب بدلیل زیاد بودن فاصله لبه‌های محل اتصال صورت می‌گیرد.

در لوله‌های با قطر بزرگ باید آنها را از داخل سنگ زد و در صورتیکه در دسترس نباشد بین ۱ تا ۱/۵ میلیمتر بلامانع است.

این اشکال روی فیلم رادیوگرافی در خط وسط جوش پاس اول بصورت لکه ابری سفید رنگ دیده می‌شود.

جهت پیشگیری از عیب فوق رعایت فاصله متناسب لبه‌های اتصال (Root opening) ضروری است.

۱۲- تقعر در ریشه (Internal Root concavity):

اگر فاصله لبه‌ها زیاد بوده و جریان برق نیز بالا باشد، جوشکار بخاطر اینکه در روی لبه‌ها عمل سوختگی پیش نیاید سرعت دست خود را افزایش میدهد که در نتیجه این کار سبب عیب فوق می‌شود. رعایت برق مناسب و فاصله مناسب لبه‌های محل اتصال جهت پیشگیری از این عیب توصیه می‌شود.

۱۳- سوختگی داخل جوش (burn through):
پاره شدن داخلی جوش ممکن است بدلیل بالابودن جریان برق و یا توقف بیش از حد دست جوشکار و یا عدم مطابقت ضخامت قطعه با قطر الکتروود و جریان برق صورت گیرد که سبب بروز عیب فوق می‌شود.

۱۴- مجموعه‌ای از جدایش‌ها (discontinuities):
مجموعه‌ای از اشکالات جوش که توأمآ در یک خط جوش دیده می‌شود. معمولاً اشکالات حاصل از (Under cut, High-low) را مجموعه‌ای از جدایش‌ها می‌گویند.

نتیجه

رعایت صحیح و گام به گام دستورالعمل جوشکاری مطابق با استاندارد و بررسی گواهی صلاحیت جوشکاران و آموزش دادن به آنها و کنترل دستگاههای جوشکاری و همچنین رعایت برخی از نکات با توجه به تجربه جوشکار و بازرسی از نحوه و محل‌های مختلف جوشکاری تولید جوش با کیفیت بالاتر و بدون عیب را امکان پذیر می‌سازد. بهرجهت رعایت کلیه نکات فوق‌الذکر در انجام جوشکاری توصیه می‌شود.

مراجع

- ۱- تجربیات راهبردی در اجرا
- 2- ASME- Welding procedure Qualification
- 3- API 1104 standard for welding pipe lines and the Facilities.
- 4- The procedure Handbook of arc welding.

آقای فریدون خسروی دارای دیپلم ریاضی در سال ۱۳۵۴ و جمعا ۲۳ سال سابقه کار بعنوان تکنیسین مکانیک و ناظر ارشد بوده که ۵ سال آن در شرکت قدس نیرو می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان تهیه دستورالعمل‌های جوشکاری و نظارت بر نصب جوشکاری و تجهیزات مکانیک است.

اثر آلودگی هوا بر مقره‌های زنجیره‌ای و پست (بخش دوم)

محمد حسن زرگر شوشتری

مدیر پروژه‌های برق منطقه‌ای فارس، باختر و گیلان - معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده

در این مقاله ضمن توضیح انواع آلودگی‌ها و مواد آلوده کننده مقره‌ها، تئوری شکست مقره‌ها در اثر این آلودگی‌ها و نیز عوامل موثر بر آلودگی مقره‌ها بیان گردیده و انواع آلودگی بحث شده است. بعلاوه نحوه تعیین شدت آلودگی مقره‌ها و روشهای تشخیص آنها به تفصیل بیان گردیده است.

۱- شکلهای مختلف آلودگی

به طور کلی آلودگی مقره در طبیعت به چهار شکل دیده شده است:

۱-۱- آلودگی نمک معمولی

این نوع آلودگی در شرایط عادی و همراه با بادهای ملایم است.

۲-۱- آلودگی مکرر نمک

این شکل آلودگی مخصوص مناطق ساحلی است و با ریزش آب دریا روی مقره‌ها و بخصوص در زمان وقوع بادهای شدید دریایی و یا طوفان انجام می‌گیرد. این نوع آلودگی عموماً اثر کمی از خود باقی می‌گذارد اما در زمان ریزش آب دریا بر مقره که دارای درصد نمک زیادی است باعث ایجاد جرقه روی مقره‌ها می‌شود.

۳-۱- آلودگی صنعتی

این آلودگی که همان آلودگی شیمیایی است دقیقاً به رشد صنعتی هر ناحیه بستگی دارد و با افزایش کارخانجات مختلف از قبیل نیروگاهها و کارخانجات سیمان، افزایش می‌یابد.

خطوط انتقال و یا پستهایی که در مجاورت این تاسیسات قرار دارد دچار مشکل آلودگی مقره خواهد شد.

۴-۱- آلودگی بیابانی (صحرائی)

این نوع آلودگی بر روی مقره‌های خطوط عبوری از بیابانها، کویرها و شنزارها و یا پستهای احداث شده در این مناطق دیده می‌شود و نوعی حاد از آلودگی است.

در ایران بدلیل وجود مناطق ساحلی، بیابانها و شنزارهای وسیع تاسیسات بزرگ صنعتی و چاههای نفت هر چهار شکل آلودگی دیده می‌شود.

بدلیل اینکه قسمت وسیعی از کشور ایران را مناطق بیابانی خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد این نوع آلودگی را بیشتر بشرح ذیل بررسی می کنیم.

۱-۴-۱- شرایط جوی در بیابان

شرایط جوی این مناطق که مستقیماً بر عمل مفره خطوط انتقال اثر می گذارد عبارتند از:

۱- تغییرات دمای زیاد شب و روز، که در این مناطق اختلاف دمای روز و شب گاهی مواقع تا ۲۵ درجه می شود.

در هنگام شب که دمای پایین می رود و بخصوص در ساعات اولیه صبح، رطوبت نسبی افزایش قابل ملاحظه ای می یابد.

۲- بادهای حمل کننده خاک که بعضی مواقع بصورت طوفان شن در می آید مکرراً اتفاق می افتد.

۳- باران بندرت می آید، لذا میزان باران سالیانه کم می باشند.

۱-۴-۲- نحوه ساخت لایه آلودگی

در نتیجه عمل متقابل بین جریان هوای حامل خاک و شکل مفره یک لایه روی سطح مفره می نشیند و مرطوب شدن مکرر سطح مفره باعث چسبیدن لایه آلودگی می گردد، لذا با بارش باران آلودگی مزبور شسته نمی شود.

تجزیه لایه آلودگی روی مفره ها در مناطق بیابانی نشان می دهد که میزان نمک محلول بین ۱۰ تا ۲۵ درصد می باشد، لذا در چنین شرایطی مقدار وزنی نمک های محلول در واحد مفره تا ۰/۱ میلیگرم بر سانتیمتر اندازه گیری شده است.

۱-۴-۳- تأثیر جنس مفره بر مرطوب شدن مفره ها

همانطوریکه گفته شد بدلیل کاهش دما در هنگام شب رطوبت نسبی افزایش می یابد و لایه

آلودگی مرطوب می شود. فاکتور دیگری که در ایجاد رطوبت دخالت دارد جنس مفره می باشد.

جنس مفره ها از مواد نسوز (Refractory) است و بدلیل اینرسی گرمایی این مواد، دمای آنها می تواند کمتر از دمای محیط باشد، لذا در اوایل صبح دمای مفره پائین تر از دمای محیط اطراف خود می شود که نتیجه آن تراکم بخار آب روی سطح مفره و مرطوب شدن لایه آلودگی است.

مطالعات انجام شده در این مورد نشان می دهد درحالیکه هنوز محیط از بخار آب اشباع نشده و شرایط مناسب ایجاد شبنم نیست، شبنم روی بخشهایی از مفره تشکیل شده است.

برای مثال در محیط ۱۵ درجه چنانچه دمای مفره ۲ درجه کمتر از محیط باشد، رطوبت حدود ۸۸٪ درصد تراکم بخار آب در بخشهایی از مفره انجام خواهد شد.

فاکتور دیگری که در هدایت لایه اثر می کند تداوم ریزش شبنم روی مفره است. ریزش شبنم کوتاه مدت لایه آلودگی را از رطوبت اشباع نکرده و لذا باعث جرقه نمی شود. حداقل زمان تداوم ریزش شبنم جهت ایجاد جرقه ۲ ساعت می باشد. بررسی جرقه در مناطق بیابانی نشان می دهد که حدود ۷۰٪ جرقه های مفره بین ساعت ۴/۵ تا ۷/۵ صبح اتفاق می افتد و این رابطه نزدیک جرقه و تشکیل شبنم را روی سطح مفره بخوبی نشان می دهد.

۱-۴-۴- اثر باد

آزمایشات مشخص کرده اند که در مناطق بیابانی حدود ۷۰٪ جرقه ها در زمانی اتفاق می افتد که سرعت باد کمتر از ۳/۶ متر بر ثانیه می باشد. بادهای می توانند خاک را از مناطق دوردست و با درصد بالای نمک روی سطح مفره بنشانند بگونه ای که میزان نمک موجود در آلودگی از میزان نمک منطقه بسیار بالاتر باشد.

همانگونه که گفته شد شناخت شدت آلودگی در محل، فاکتور مهمی در رابطه با اندازه عایقی سیستم میباشد. نبودن آگاهی از شدت آلودگی محل باعث خواهد شد که یا بدلیل اندازه کوچک عایقی سیستم، مقره‌های خطوط پستها در شرایط هادی شدن رسوبهای روی مقره در اثر رطوبت، باران و غیره جرقه ایجاد شود و یا طراحی سیستم با اندازه عایقی بالا جهت جلوگیری از این مشکل انجام گردد.

گریس زدن به مقره و نیز شستشوی مرتب مقره‌ها بدلیل عدم طراحی درست عایقی مقره‌ها طبعاً هزینه‌آور خواهد بود.

بطور کلی از دو روش کلی مستقیم و غیرمستقیم جهت اندازه‌گیری شدت آلودگی بشرح زیر استفاده می‌گردد:

۳-۱- روش غیرمستقیم: این روش اندازه‌گیری چگالی نمک ته‌نشین شده روی مقره می‌باشد.

۳-۲- روش مستقیم: در این روش شدت آلودگی محل از روشهای زیر اندازه‌گیری می‌شود:

۳-۲-۱- روش اندازه‌گیری هدایت سطحی (Surface conductivity)

۳-۲-۲- روش شمارش مارش (Surge counting)

۳-۲-۳- روش جریان نشتی حداکثر (I highest)

۳-۲-۴- روش فشار جرقه (Flashover stress)

۱-۴-۵- اثر شکل مقره

آلودگی چه در امتداد زنجیره مقره و چه روی یک مقره واحد در امتداد طولی و یا در امتداد دایره‌ای یکنواخت نیست و شکل مقره تاثیر زیادی در جمع‌آوری آلودگی دارد. در مقره‌هایی که دارای شیار زیاد هستند آلودگی درون شیارها جمع شده و چون این شیارها زیرمقره قرار دارند به هیچ وجه شسته نشده و باعث کاهش ولتاژ جرقه مقره می‌شوند.

آزمایشات مختلف در مناطق بیابانی استفاده از مقره‌های ائرودینامیکی که دارای سطح صاف و شیارهای بسیار کم می‌باشند را در این مناطق مناسب تشخیص داده است، زیرا بدلیل ائرودینامیکی بودن مقره، باد و باران باعث تمیز شدن و شستن مقره از آلودگی می‌شود.

۲- تعیین شدت آلودگی

هر تحقیقی در رابطه با آلودگی مقره‌ها در درجه اول به شناخت شدت آلودگی محل (Site severity) بستگی دارد. پس از مشخص شدن شدت آلودگی، روشهای آزمایشگاهی جهت مشخص کردن ولتاژ جرقه مقره لازم خواهد بود که دقیقاً عمل مقره را در سخت‌ترین شرایط که همان هادی شدن سطح مقره در شرایط وجود رطوبت و عبور حداکثر جریان نشتی است و باعث جرقه روی مقره می‌گردد مشخص می‌نماید.

البته می‌توان بامشخص شدن شدت آلودگی براساس استاندارد IEC بطور کلی طراحی درست یا نادرست رامشخص کرد ولی انجام تست‌های آزمایشگاهی (Artificial test) این امکان را می‌دهد که وضعیت واقعی مقره را در سخت‌ترین شرایط بررسی نمود.

۳-۱- روش غیرمستقیم

روش اندازه‌گیری چگالی نمک ته‌نشین شده

معادل روی مقره ESDD

"EQUIVALENT SALT DEPOSIT DENSITY"

روش اندازه‌گیری نمک ته‌نشین شده معادل (ESDD) با برداشت آلودگی از سطوح معینی از قسمت‌های مختلف مقره (سطوح بالا و سطوح پایین مقره) انجام می‌شود. جمع‌آوری رسوبها باید به دقت انجام شود. البته برداشت از هر سطح مقره باید جداگانه صورت گرفته و جداگانه آزمایش شود. سطحی که آلودگی از آن برداشته می‌شود اختیاری است. پس از برداشت آلودگی، محل آلودگی را بدقت با برس شسته و آب آنرا جمع می‌کنیم. طبعاً باید دقت شود فقط همان قسمت معین موردنظر (سطح A) شسته شود. ضمناً قسمت‌های فلزی به هیچ وجه نباید شامل بخش موردنظر باشد. سپس حجم آبی را که آلودگی مقره در آن حل شده اندازه می‌گیریم (به لیتر) و حداقل دو دقیقه مایع بدست آمده را به هم می‌زنیم و دما و هدایت حجمی (s/m) و یا مقاومت ویژه آنرا (Ωm) را اندازه می‌گیریم و از فرمول $\partial 20 = \partial \theta [1 - b(\theta - 20)]$ در آن:

θ : دمای محلول بر حسب سانتیگراد

$\partial \theta$: هدایت حجمی در دمای محیط بر حسب s/m

$\partial 20$: هدایت حجمی در دمای ۲۰ درجه

b : فاکتوری که در جدول زیر بدست می‌آید.

دما بر حسب درجه سانتیگراد	b
5	0.03156
10	0.02817
20	0.2277
30	0.01905

هدایت حجمی را در ۲۰ درجه سانتیگراد بدست می‌آوریم چنانچه $\partial 20$ بین 0.4s/m تا 0.009s/m باشد با استفاده از فرمول شوری $SA = (5.7 \partial 20)^{1/30}$ مقدار شوری (SA) را محاسبه نموده و سپس معادل نمک ته‌نشین را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

$$SDD = \frac{SA \cdot V}{A}$$

در این فرمول SDD بر حسب mg/cm^2

V حجم مایع بر حسب سانتیمتر مکعب

A سطح تمیز شده از آلودگی بر حسب cm^2 می‌باشد.

۳-۲- روش مستقیم

۳-۲-۱- روش اندازه‌گیری هدایت سطحی

مقره (Surface conductivity):

هدایت لایه‌ای و یا هدایت سطحی با ضرب فاکتور شکل در هدایت اندازه‌گیری شده مقره بر مقدار نشده بدست می‌آید:

جریان ناشی \times فرکانس

فاکتور شکل \times $K = \frac{\text{هدایت سطحی}}{\text{ولتاژ}}$

و فاکتور شکل مقره (Form factor) از فرمول:

$$F = \frac{1}{2\pi} \int_{L=0}^{L=L} \frac{dl}{r(L)}$$

بدست می‌آید که r شعاع مقره و L طول ناشی می‌باشد.

مثلاً برای مقره NGK NO: CA 525HP به

ابعاد $5 \times 10 \times 11 \frac{1}{2}$ اینچ و کشش ۳۰۰۰۰۰

پوند فاکتور شکل برابر ۰/۷۷۵ می‌باشد.

برای اندازه‌گیری هدایت مقره طبق IEC 507 ولتاژی بیشتر از ۷۰۰ ولت مؤثر در هر متر طول ناشی به مقره‌ای که کاملاً مرطوب شده وارد می‌شود و جریان عبوری از لایه اندازه‌گیری

دمای هر حساب درجه سانتیگراد	b
5	0.03156
10	0.02817
20	0.2277
30	0.01905

لازم به یادآوری است که هدایت سطحی مقدار متوسط کل مقره است و چنانچه لایه‌های آلودگی یکنواخت نباشد می‌توان با استفاده از الکترودهای میانی کمکی مقادیر هدایت سطحی را در قسمتهای مختلف مقره بدست آورد.

پس از مشخص شدن هدایت سطحی می‌توان در آزمایشگاه با آلوده کردن مقره مشابه به درجه آلودگی که همان هدایت سطحی را بدهد از روش‌های مختلف مثلاً با روش Salt-Fog سایر تستها را روی مقره آلوده شده انجام داد.

۳-۲-۲- روش شمارش موج (SURGE COUNTING)

در این روش پالس‌های جریان ناشتی (LEAKAGE CURRENT) که بالاتر از حد معینی هستند شمارش می‌شوند.

کنتورهای شمارش موج بگونه‌ای تنظیم می‌شوند که برای پیک جریانهایی مانند ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و یا ۲۵۰ میلی‌آمپر عمل کنند. قبلاً کنتورها را بیشتر در حد ۲۰ میلی‌آمپر تنظیم می‌کردند اما امروزه برای جریانهای بالاتری تنظیم می‌شوند.

روش شمارش موج بدلیل اینکه تعداد امواج ثبت شده قبل از جرقه برای مقره‌های مختلف در شرایط مشابه بطور گسترده متفاوت است نمی‌تواند اندازه‌گیری درستی از عمل مقره را نشان دهد بلکه بیشتر برای کمک به تشخیص شدت آلودگی بکار می‌رود. امروزه با انجام مراقبت دائمی جریان ناشتی توسط دستگاه اندازه‌گیری

می‌گردد. چنانچه ولتاژ بالاتری اعمال شود زمان اندازه‌گیری باید کوتاه‌تر گردد تا از خطای ایجاد شده در اثر گرما که باعث خشک شدن لایه مرطوب می‌شود جلوگیری گردد. مثلاً چنانچه ولتاژ ۳۰ کیلوولت بر هر متر طول ناشتی اعمال شود باید فقط در چند سیکل اندازه‌گیری پایان یابد.

در این رابطه چند نکته اهمیت دارد:

۱- مقره باید کاملاً مرطوب شود، بگونه‌ای که حداکثر جریان ناشتی از مقره عبور کند، لذا عمل اندازه‌گیری باید چندبار تکرار شود تا حداکثر جریان ناشتی بدست آید.

۲- رطوبت بگونه‌ای نباشد که از مقره آب چکه کند و باعث از بین رفتن بخشی از آلودگی مقره گردد.

۳- ولتاژ اعمال شده از ولتاژ مقره باید کمتر باشد.

۴- هرچه ولتاژ افزایش یابد و زمان اعمال آن کوتاهتر گردد تا گرمای ایجاد شده بدلیل عبور جریان ناشتی باعث خشک شدن لایه و تغییر نتایج تست نگردد. به نظر می‌رسد که حدود دو کیلووات ولتاژ برای چند دقیقه روش مناسبی جهت این اندازه‌گیری باشد. دمای مقره باید حدود ۲۰ درجه باشد و چنانچه دما ۲۰ درجه نباشد از فرمول زیر هدایت ۲۰ درجه را محاسبه می‌کنیم:

$$K_{20} = K\theta[1 - b(\theta - 20)]$$

$$\theta = \text{دمای سطح مقره با سانتیگراد}$$

$$K\theta = \text{هدایت لایه در دمای } \theta$$

$$K_{20} = \text{هدایت لایه در دمای } 20$$

$$b = \text{فاکتوری که مقدار آن بستگی به دما دارد.}$$

حد کتر جریان نشتی (I highest) روش شمارش موج همست خود را از دست داده است.

۳-۲-۳ - روش فشار جرقة مقمره (INSULATOR FLASHOVER STRESS)

فشار جرقة مقمره برابر ولتاژ جرقة در فرکانس ۵۰ هرتر بر کل طول مقمره می باشد. در یک مدت معین، حداقل فشار جرقة و یا نسبت بین فشار و فرکانس جرقة مشخص می شود. فشار جرقة را به روشهای گوناگونی مشخص می کنند. زنجیرهای مختلف مقمره با طولهای مختلف از طریق ولتاژ ثابتی که توسط بریکر قطع و وصل می شود تغذیه می شوند. کوتاهترین مقمره جرقة زده و توسط فیوز از مدار خارج می شود (شکل I) و یا اینکه طول آن پس از اتصالی به اندازه ثابتی افزایش می یابد. (شکل II)

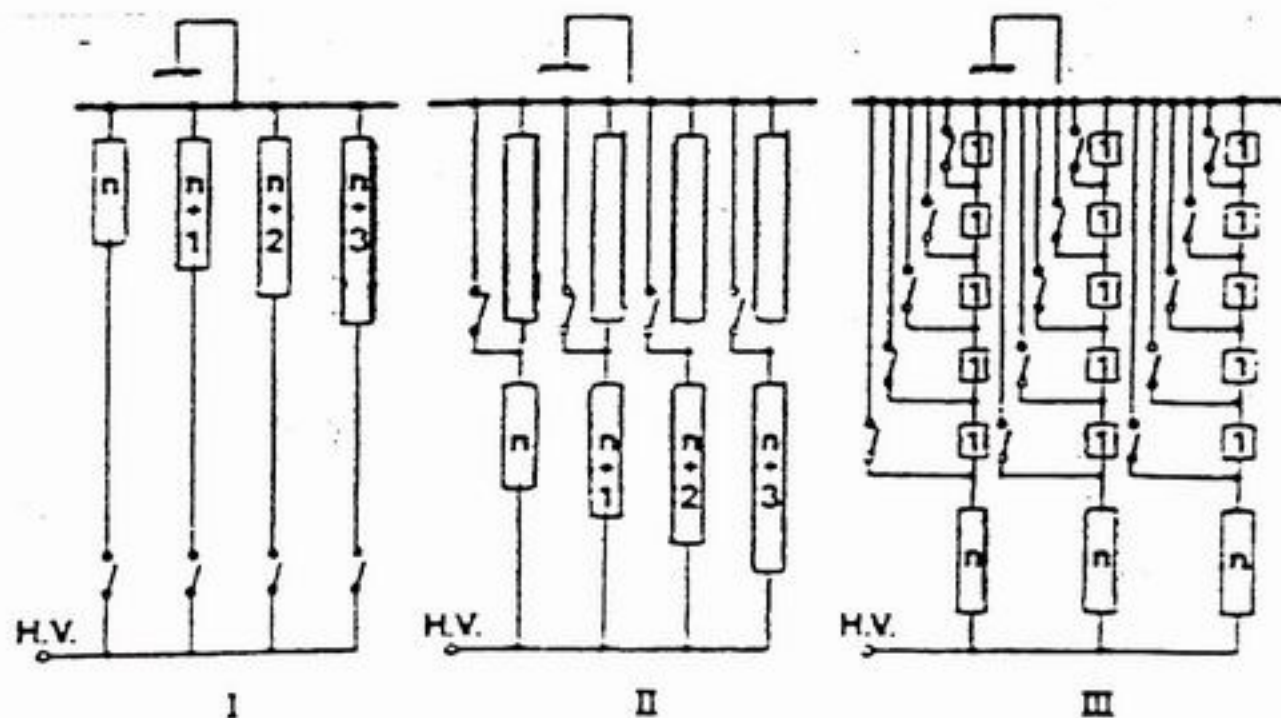
روش دیگر، نصب فیوزهای مختلف بطور پله ای با حداقل واحد زنجیر مقمره و افزایش آن به اندازه یک واحد مقمره همراه با یک فیوز می باشد (شکل III) که در صورت جرقة زدن و باز شدن فیوز طول زنجیر مقمره یک واحد افزایش می یابد. لازم به توضیح است که در شکل III مقمره ها از انواع مختلف می باشند.

در این روش ها طول مقمره ای که پس از مدت معین جرقة زده است در محیط مورد نظر کفایت می کند.

این روش به محوطه ای با ولتاژ نسبتاً بالا برای ایجاد جرقة واحدهای مقمره جهت دستیابی به اختلاف عمل مقمره نیاز دارد.

امپدانس منبع باید به اندازه کافی پائین باشد تا بر جرقة اثر نکند. می توان بجای استفاده از ترانس ولتاژ بالا از یک خط انتقال موجود نیز استفاده نمود. البته لازم است در فواصل و در نقاطی که وضعیت آلودگی متفاوت است نسبت به نصب مقمره ها به یکی از روش های بالا اقدام نمود تا بتوان از نتایج آن در طول خط استفاده نمود در غیر اینصورت طبعاً استفاده از نتایج بدست آمده را نمی توان با اطمینان برای یک خط انتقال طولانی استفاده نمود.

با توجه به تجهیزات مورد نیاز در این روش استفاده از آن در نقاط مختلف هزینه زیادی در بر خواهد داشت.



$n =$ smallest number of insulator units

اهمیت جریان ماکزیمم نشتی I_{max} در این است که برای تمام روشهای تست مصنوعی آزمایشگاهی و نیز تحت شرایط طبیعی، کلیه مقره‌های مختلفی که دارای انواع و اشکال گوناگون ولی دارای طول نشتی (Leakage path) یکسانی هستند دارای جریان حداکثر نشتی (I_{max}) تقریباً مساوی می‌باشند.

تجربه روی سه نوع مقره مختلف از نظر طول و نیز متفاوت از نظر شکل (سیلندری، نوع Longrod و زنجیره‌ای) که دارای مسیر نشتی مساوی (Leakage distance) و ولتاژ مساوی بوده‌اند و با روشهای مختلف [روش مه نمکی (Salt fog) و ESDD] تست شده‌اند، I_{max} آنها تقریباً با هم مساوی بوده است.

بعبارت دیگر تنها فاکتوری که I_{max} را در یک ولتاژ معین بوجود می‌آورد، طول مسیر نشتی است.

لذا چنانچه فشار ویژه KV/cm و یا طول نشتی در یک کیلوولت مقره مساوی باشد تحت یک ولتاژ معین I_{max} مقره‌ها صرفنظر از شکل و نوع آنها یکی خواهد بود و دارای منحنی

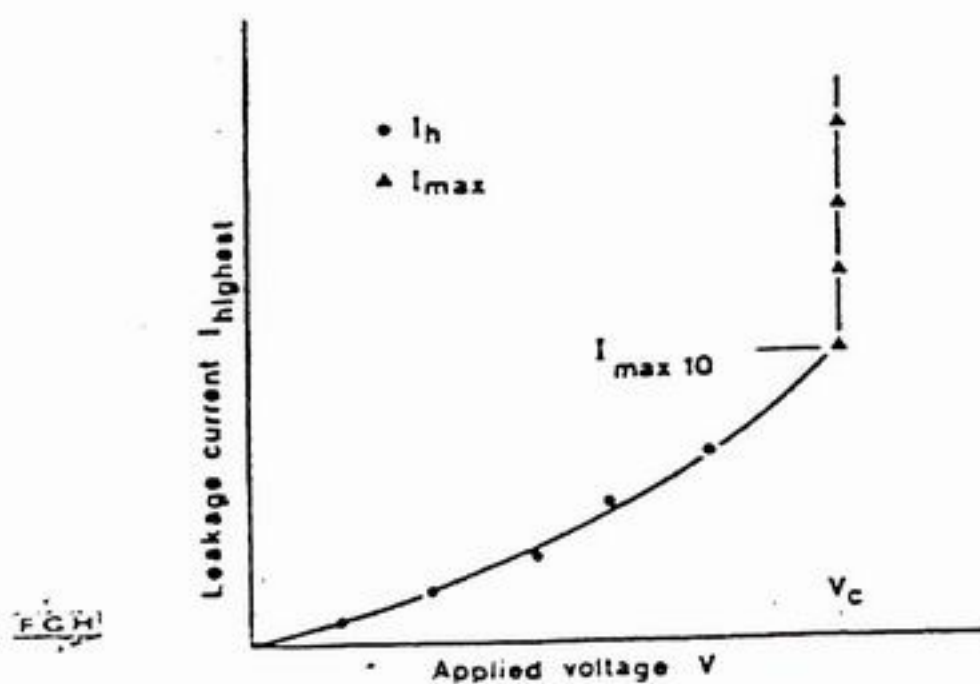
۳-۲-۴- روش جریان نشتی $I_{highest}$

تنها معیاری که براساس فیزیک جرقه آلودگی ایجاد شده و می‌تواند برای روشهای مختلف تستهای آزمایشگاهی و نیز شرایط طبیعی که مقره در آن قرار دارد عمل مقدره را تحت کلیه شرایط کار توضیح دهد، روش حداکثر جریان نشتی است.

تستهای مختلف روی مقره‌های گوناگون و در ولتاژهای مختلف با استفاده از روشهای مختلف نشان داده است که جریان نشتی در نیم سیکل قبل از جرقه مقدار مشخص و معینی (I_{max}) برای یک مقره بخصوص و در یک ولتاژ معین دارد.

I_{max} مقدار حداقل جریان نشتی لازم برای ایجاد جرقه آلودگی مقره در ولتاژ معین است. چنانچه یک مقره آلوده را تحت ولتاژهای مختلف قرار دهیم با استفاده از تستهای مصنوعی مشخصه $FOV-I_{max}$ بدست می‌آید.

منحنی مزبور مشخص می‌کند که در یک درجه آلودگی معین تحت جریان I_{max} ولتاژ جرقه بخصوصی وجود دارد.



$I_{max} - I_{OV}$ یکسانی خواهند بود.

در اینج فقط یک فاکتور محدود کننده وجود بین (Clearance) دارد و آنهم فاصله کم هوایی مقره‌های نوع پست و یا فاصله (shed) چترهای بین زیر نه‌ها و چتر بعدی در مقره‌های می‌باشد. cap and pin.

در زمانی که مقدار زیادی آب مثلاً در بارانهای سنگین، در موقع شستشو با آب گرم و یا در اثر طوفانهای تریابی که آب دریا به مقره‌ها پاشیده می‌شود علت فاصله کم بین لبه‌های مقره‌ها بین آنها تخریب الکتریکی ایجاد می‌شود و بخشی از مسیر نشی مقره اتصال کوتاه می‌گردد.

تستهای مختلف نشان داده است که با وجود فاصله نشی بالا مقره‌های لبه باریک که فاصله بین چترها حدود ۱۶ میلیمتر بوده است (زیر چتر بالا و روی چتر پایین) I_{max} پایینتری نسبت به مقره‌هایی که با همان فاصله نشی ولی فاصله بیشتر بین چترها دارد.

Claverie و Parcherson فرمول شرایط قوس‌زنی را بشکل زیر بدست آورده‌اند البته فرمول‌های مشابه دیگری وجود دارد که نزدیک فرمول زیر هستند:

$$I_c = \left(\frac{800 \times X_c}{V_c} \right)^2$$

که در آن I_c = جریان بحرانی نشی به آمپر

X_c = طول قوس بحرانی به cm

V_c = ولتاژ جرعه به ولت

می‌باشد. تستهای مختلف نشان داده است

چنانچه طول قوس بحرانی به $\frac{2}{3}$ طول کلی

نشی مقره باشد جرعه اتفاق می‌افتد یعنی

می‌توان I_{max} را بدین وسیله به طور تئوریک و

تقریبی بدست نمود.

$$I = I_{max} \quad X_c = \frac{2}{3} L$$

$$I_{max} = \left(\frac{800 \times \frac{2}{3} L}{V_c} \right)^2$$

که مقادیر مزبور با نتایج آزمایشگاهها در حد تقریب همخوانی دارد.

با تستهای مختلف و نیز از موضوع بالا نتایج زیر با می‌توان بیان داشت:

۱- جریان نشی حداکثر (I_{max}) مستقل از روشهای تست و چگونگی آلودگی سطح مقره می‌باشد.

۲- I_{max} مستقل از شکل مقره می‌باشد.

۳- I_{max} مربوط به طول قوس بحرانی است و جریان بحرانی را ارائه می‌کند.

۴- زمان رسیدن به I_{max} نیم سیکل قبل از جرعه می‌باشد.

۵- مقره در جریان‌های نشی کمتر از I_{max} در ولتاژ معین به هیچ وجه جرعه نخواهد زد.

۶- I_{max} به شکل مقره بستگی نداشته و فقط بستگی به طول نشی مقره دارد بشرطی که طول نشی با مسائلی مانند فاصله کم بین لبه‌های مقره اتصالی نشود.

۴- کاربرد I_{max}

در اقع به بحث اصلی که تعیین شدت آلودگی است بر می‌گردیم طبق آنچه در بالا گفته شد هیچ جریانی کمتر از I_{max} نمی‌تواند به جرعه منجر گردد چه در حالت کار طبیعی و چه تحت روشهای تست آزمایشگاهی.

حداکثر جریان نشی عبوری از یک مقره آلوده تحت رطوبت در حالت کار و تحت ولتاژ سرویس مستقیماً نشان دهنده درجه آلودگی است و نتیجه هادی شدن سطح مقره از طریق گوناگون می‌باشد. «طبعاً شکل مقره در جمع‌آوری رسوبات و یا تمیز شدن آنها با باد و باران نقش دارد.»

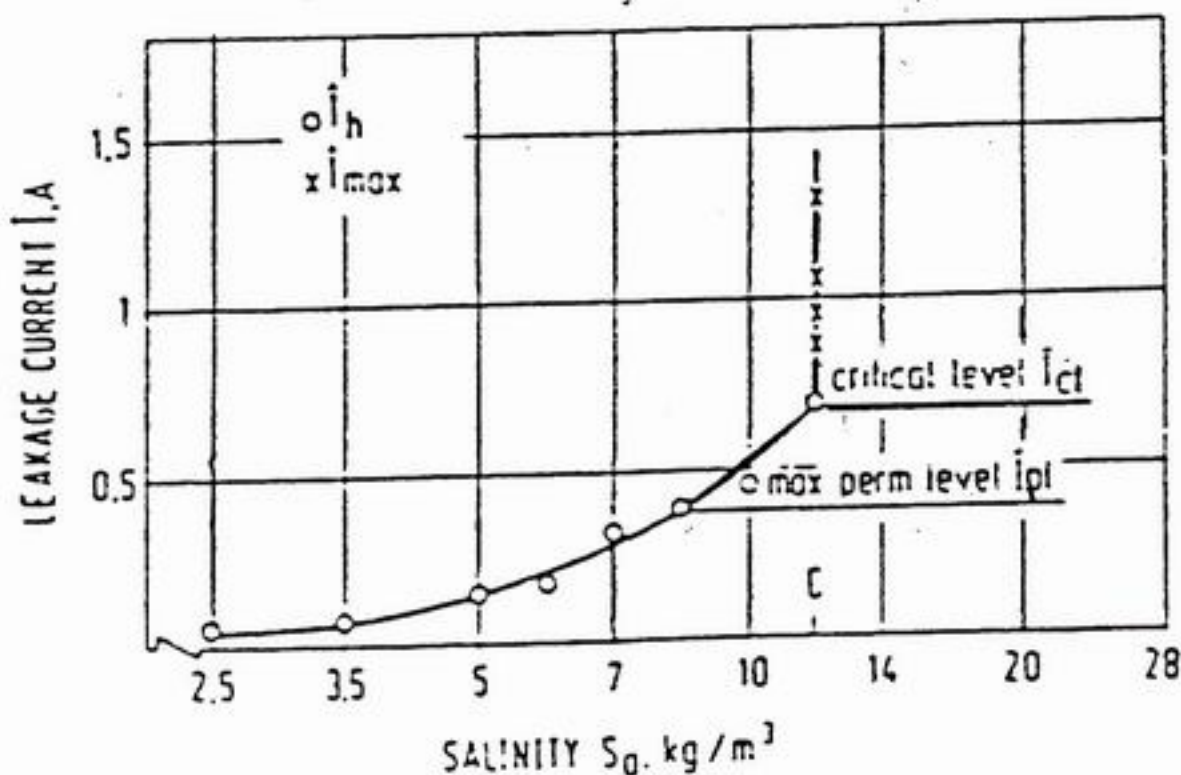
بناچار مسئله شستشوی مفره و یا کرس زدن آن لازم می‌شود.

بدین ترتیب چنانکه شدت آلودگی محل را بر حسب $I_{highest}$ داشته باشیم می‌توانیم در ولتاژ معینی طول نشئی مفره را طراحی کنیم.

۵- کاربرد I_{max} برای مفره‌های آلوده با طول نشئی مختلف

آزمایشهای مختلف نشان داده است که ولتاژ جرقه با طول مفره بطور خطی تغییر می‌کند و تا

حداکثر جریان نشئی $I_{highest}$ را در شرایط طبیعی و تحت رطوبت حداکثر با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری حداکثر جریان نشئی در یک دوره زمانی بدست می‌آورند و سپس مفره را در آزمایشگاه تحت ولتاژ سرویس از روشهای مختلف مثلاً از روش مه نمکی تست می‌کنند و شوری (kg/cm) را به تدریج افزایش می‌دهند و $I_{highest}$ اندازه می‌گیرند و شوری را چنان بالا می‌برند که مفره جرقه بزند و I_{max} را در نیم سیکل قبل از جرقه بدست می‌آورند و منحنی زیر نتیجه می‌شود.



FCH

حدود ۶۰۰ کیلوولت ولتاژ جرقه با طول عایق رابطه خطی دارد. عبارت دیگر I_{max} برای فشار ویژه بر سانتیمتر طول مسیر نشئی ثابت باقی می‌ماند.

$$I_{max} \approx \frac{V}{L}$$

یعنی با افزایش طول مقدار V نیز بطور خطی تغییر می‌کند.

این منحنی نشان دهنده جریانهای $I_{highest}$ در شوریه‌های مختلف تا شوری است که در آن شوری جرقه زده می‌شود. حال اگر جریان نشئی مجاز را " I_{PL} " ۵۰٪ جریان $I_{critical level}$ (critical level) که همان I_{max} باشد تعریف کنیم شوری I_{PL} (I_{max}) I_{CL} منبوی $\sqrt{2}$ برابر شوری خواهد بود حال چنانچه $I_{highest}$ اندازه‌گیری شده در محل I_{PL} باشد طراحی مفره درست خواهد بود و چنانچه بهر دلیل محدودیت عایقی وجود داشته باشد و $I_{highest}$ از I_{PL} بالاتر رود و

دستگاه اندازه‌گیری $I_{highest}$ مقره‌ها را در شرایط کار، حداقل توسط دو شرکت FGH مانهایم و DTH دانمارک ساخته شده است که بطور خلاصه دستگاه اندازه‌گیری $I_{highest}$ ساخت شرکت FGH مانهایم توضیح داده می‌شود.

دستگاه مزبور شامل قسمت اندازه‌گیری $I_{highest}$ و مدار کاملی برای حفاظت دستگاه در مقابل جریان‌های اتصال کوتاه شبکه در حالت جرقه می‌باشد.

دستگاه همیشه جریان نشتی حداکثر را در دوره مراقبت مقره نشان می‌دهد و می‌تواند در یک سطح تنظیم شده آلام جریان مزبور را اعلام کند. دستگاه به چاپگر گرمایی مجهز است و اطلاعات لازم و نیز جریان نشتی ماکزیمم با زمان و روز را می‌تواند چاپ نماید. مقادیر نشان داده شده می‌تواند صفر گردد و منحنی فرکانسی $I_{highest}$ نیز در دسترس می‌باشد. دستگاه مزبور چه برای مراقبت مقره تحت شرایط آلودگی طبیعی و چه در تستهای آزمایشگاهی قابل استفاده است و با استفاده از $I_{highest}$ و I_{max} از این وسیله می‌توان قدرت عایقی مقره تحت شرایط آلودگی را مشخص کرد. در شرایط آلودگی طبیعی و تحت ولتاژ معین، حداکثر جریان نشتی $I_{highest}$ مقره را در شرایط رطوبت حداکثر اندازه می‌گیریم و سپس همان مقره را در آزمایشگاه تحت همان ولتاژ و با شوری مختلف تست می‌کنیم و I_{max} و I_{PL} را پیدا می‌کنیم. اگر $I_{highest}$ زیر I_{PL} باشد طراحی مقره درست می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری

در مقاله ارائه شده عوامل مختلف و میزان تاثیر هر یک از این عوامل بر آلودگی و روشهای

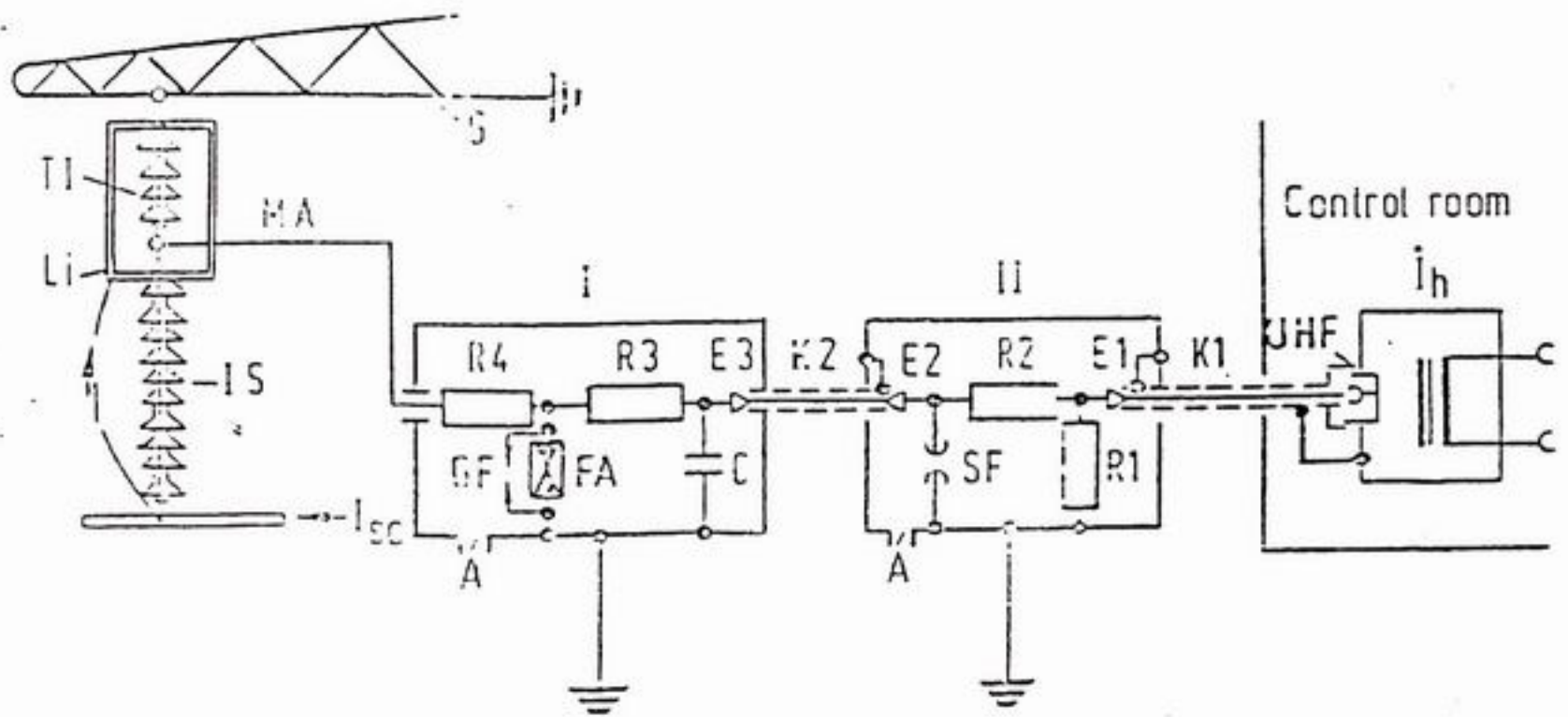
اندازه‌گیری شدت آلودگی مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

بطور کلی در رابطه با تعیین آلودگی لازم است موارد زیر بررسی و مشخص گردد:

- ۱) بررسی آب و هوا و خاک منطقه و تقسیم‌بندی تقریبی آن در رابطه با جنس خاک جهت انتخاب درست نمونه‌های مقره و جلوگیری از آزمایش مکرر نمونه‌های مشابه.
- ۲) تجزیه مکانیکی و شیمیایی آلودگی نشسته روی مقره‌ها در نقاط مختلف.
- ۳) مشخص کردن درجه آلودگی در مناطق مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده.
- ۴) انجام تستهای آزمایشگاهی آلودگی مصنوعی با استفاده از آلودگی معادل آلودگی طبیعی
- ۵) استفاده از دستگاه $I_{highest}$ جهت مشخص کردن میزان آلودگی منطقه

۸- مراجع

1. IEC 507- Artificial pollution tests on High voltage Insulators to be used on AC system.
2. IEC-815
Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
3. Compendium on high voltage insulator contamination theory and laboratory test method- H.E. remde.
4. The HV transmission line reference book.
5. The criterion pollution flashover and Its application to insulation dimensioning verma- Heise-Lipken-Luxa schreiber
6. Experiences on the continuos monitoring of the leakage conrrent on polluted insulators in service in federal republic of germany.

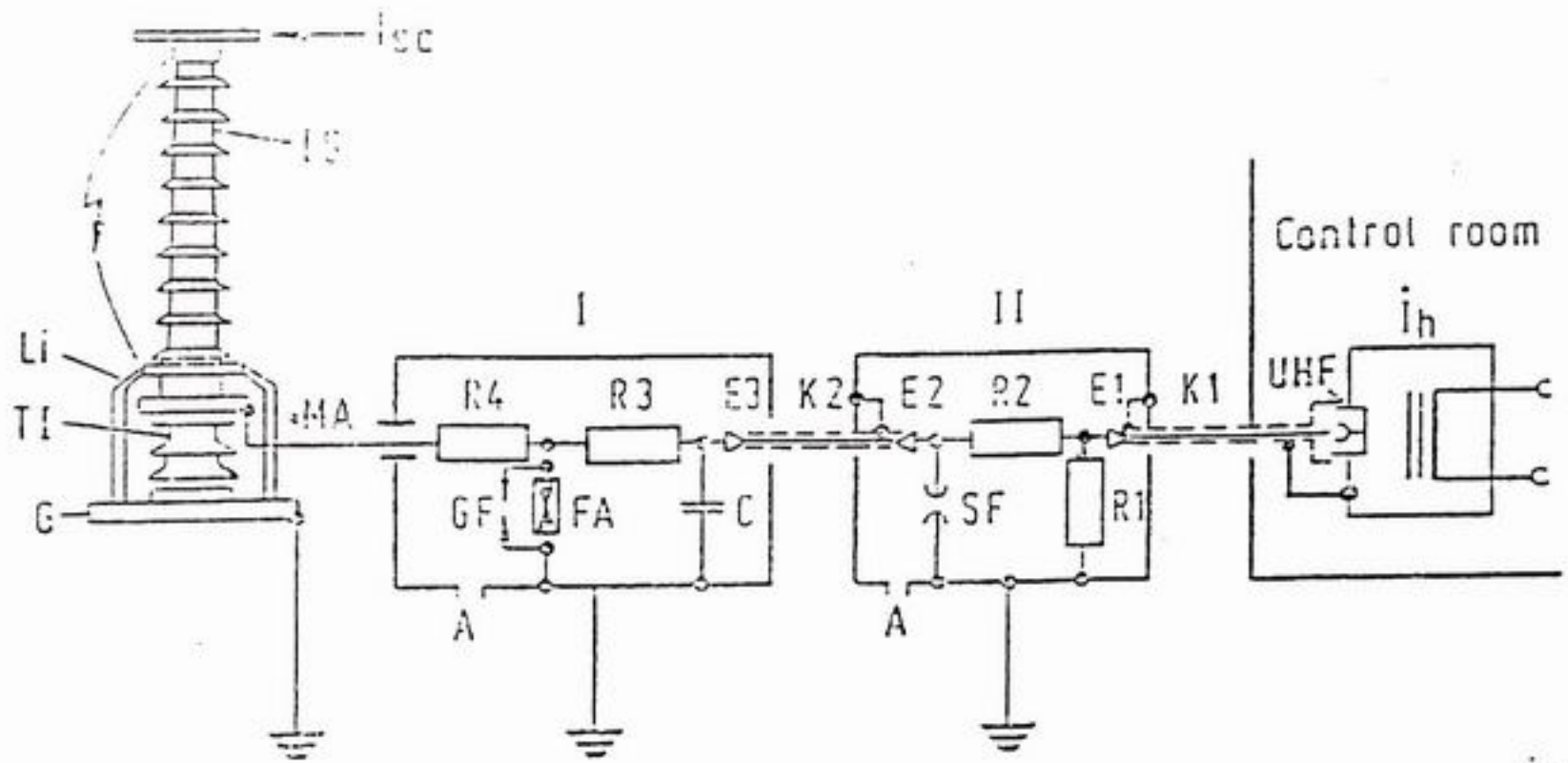


- IS : monitored insulator
- TI : stand - off insulator, greased
- LI : protection ring
- MA : connection leads for $\hat{I}_{highest}$ -instrument
cross section $\geq 50 \text{ mm}^2$
- I, II : boxes with protective circuit and
measuring resistor
- K1...2: coaxial cable, natural impedance 75Ω
- E1...3: cable termination
- R1 : measuring resistor $24 \Omega, 300 \text{ W}$
- R2 : protection resistor $82 \Omega, 100 \text{ W}$
- R3 : protection resistor $22 \Omega, 35 \text{ W}$
- R4 : protection resistor $3,3 \Omega, 215 \text{ W}$
- FA : voltage arrester $U_{agN} = 500 \text{ V}$
- SF : sparkgap, operation voltage $0,8 \div 1,2 \text{ kV}_{rms}$
- GF : sparkgap, gap distance 10 mm
- C : low-pass capacitor $0,011 \mu\text{F}$
- UHF : high frequency connection
- \hat{I}_h : $\hat{I}_{highest}$ -instrument
- A : blast pipe
- G : grounded part

نشریه فنی - تخصصی مهندسی مشاور قدس نیرو و شماره دوم - تابستان ۱۳۸۱

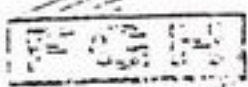


دیگرام انسان دستگیر $\hat{I}_{highest}$ در شبیه‌سازی زمین شده برای متره های خطرناک



- IS : monitored insulator
- TI : stand - off insulator, greased
- Li : protection ring
- MA : connection leads for $I_{highest}$ -instrument
cross section $\geq 50 \text{ mm}^2$
- I, II : boxes with protective circuit and
measuring resistor
- K1...2: coaxial cable, natural impedance 75Ω
- E1...3: cable termination
- R1 : measuring resistor $24 \Omega, 300 \text{ W}$
- R2 : protection resistor $82 \Omega, 100 \text{ W}$
- R3 : protection resistor $22 \Omega, 35 \text{ W}$
- R4 : protection resistor $3,3 \Omega, 215 \text{ W}$
- FA : voltage arrester $U_{agN} = 600 \text{ V}$
- SF : sparkgap, operation voltage $0,8 \div 1,2 \text{ kV}_{rms}$
- GF : sparkgap, gap distance 10 mm
- C : low-pass capacitor $0,011 \mu\text{F}$
- UHF : high frequency connection
- I_h : $I_{highest}$ -instrument
- A : blast pipe
- G : grounded part

نشریه فنی - تخصصی مهندسی مشاور قدس نیرو شماره دوم - تابستان ۱۳۸۱



دیگرم اتصال دسته $I_{highest}$ برای مقدهای سیت در سیکم کانال زمین سرد

7. Cigre paper 33-05-performance of EHV transmission line insulators under desert pollution condition.
8. Cigre paper 33-03
Comparative tests on contaminated insulators with reference to desert conditions.
9. Necessity and methods for site pollution severity measurement
M.P. Verma.
10. Leakage current monitoring on line and post insulators in network with the FGH instrument.

آقای محمدحسن زرگر شوشتری دارای لیسانس مهندسی برق با گرایش قدرت از دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) بوده و ۲۲ سال سابقه کار دارد که ۲۱ سال آن در شرکت قدس نیرو می باشد. زمینه فعالیت آقای زرگر شوشتری مشاوره و طراحی پستهای فشارقوی و علاقه مندی ایشان در مورد اثر آلودگی بر عایقهاست.

تسلیت

خاطره‌ای جانسوز در فضای دلپا سنگینی می‌کند و جانها را می‌سوزاند چون از قافله سالار دوستان، نخبه‌ای رخت بر بست و از دیار فنا به بقاء شتافت و خود در جوار رحمت حق آرام گرفت.

او که از سوی همکاران خود در سازمان توسعه برق ایران پدر خطوط انتقال نیروی ایران لقب گرفته مرحوم مهندس یوسف عزیزی است.

آقای مهندس عزیزی متولد ۱۳۲۶ و دارای لیسانس مهندسی برق (الکتروتکنیک) از دانشگاه امیرکبیر بوده و در طول ۳۰ سال خدمت صادقانه خود علاوه بر تصدی مشاغل کارشناسی برق و سرپرستی طرحهای انتقال نیرو، نزدیک به ۲۰ سال مدیریت طرحهای توسعه انتقال برق شمالشرق کشور، مدیریت طرحهای توسعه انتقال نیروی برق کشور و مدیریت طرح و خطوط انتقال نیروی سازمان توسعه برق ایران را عهده‌دار بود. شادروان مهندس عزیزی ضمن خدمت در صنعت برق موفق به اخذ فوق لیسانس مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی شریف تهران شد. در تاریخ ۸۱/۶/۱ هنگام مراجعت از ماموریت جهت راه‌اندازی آخرین پروژه تحت مدیریت خود، خط ۴۰۰ کیلوولت گلپایگان به شهید عباسپور - گذارلندر در منطقه کوه‌رنگ شهرکرد بر اثر حادثه دلخراش تصادف اتومبیل، دعوت حق را لبیک گفت.

۲۲ اسفند ماه سال گذشته با دریافت خبری دردناک، یکی از غم‌انگیزترین روزهای حیات شرکت قدس نیرو رقم خورد. آقای مهندس فرشید دبیری از همکاران جوان، صديق، پرتلاش و با روحیه، که از تاریخ ۸۰/۸/۸ بعنوان سرپرست کارگاه نظارت خط ۲۳۰ کیلوولت همدان - ساوه مشغول انجام وظیفه بود، در اثر سانحه رانندگی در جاده همدان - ساوه و در حین انجام وظیفه جان خود را در طبق اخلاص گذاشت.

نامبرده متولد ۱۳۵۳ بود و مدرک کارشناسی خود را در بهمن ماه ۷۵ از دانشگاه شهید چمران اهواز در رشته مهندسی عمران اخذ نمود و دوره کارشناسی ارشد را نیز با موفقیت به اتمام رساند. مهندس دبیری از تاریخ ۸۰/۵/۸ همکاری خود را در بخش خطوط کارگاه نظارت خوزستان آغاز و پس از دوره آزمایشی به کارگاه همدان منتقل گردید. اما افسوس که دوران همکاری آن مرحوم دیری نپائید و نامبرده در اوج بالندگی فرصت شکوفائی نیافت. یادش گرامی و روحش قرین رحمت

سردبیر

مهندسين مشاور قدس نيرو



شرکت مهندسين مشاور قدس نيرو توسط انجام خدمات پر ثمر مهندسي در صنايع پرتي کشور
و نیز داشتن قابليت هاي ویژه در ايران بی نظير و در منطقه کم نظير است.

سوابق تجربي مهندسين مشاور قدس نيرو :

- مشاوره و نظارت در تکميل بيش از ۱۰ هزار مگاوات نيروگاههاي سوخت فسيلي

و بيش از ۱۲ هزار مگاوات در دست طراحي و نظارت .

- طراحي بخشهاي از نيروگاه از قبيل کارهاي ساختماني . سيستمهاي جانبي . باس داکت و...

- مشاوره و نظارت بر تکميل بيش از ۱۶۰ پست فشار قوي (از ۶۳ کيلوولت تا ۴۰۰ کيلوولت)

- مشاوره و نظارت بر تکميل بيش از ۶۰۰۰ کيلومتر خط انتقال در سراسر کشور (از ۶۳ تا ۴۰۰ کيلوولت)

- توليد نرم افزار مکانيزاسيون محاسبات مهندسي توزيع

- مشاوره و نظارت بر بيش از ۱۵ مورد پروژه هاي سد و شبکه هاي آبياري و رهکشي

- طراحي و مديريت توليد دستگاه تشخيص فاز

- اخذ گواهي بين المللي ايزو ۹۰۰۱ از موسسه معتبر جهاني براي کليه مراحل فعاليتهاي مهندسي شرکت

- اخذ رتبه بندي هاي لازم از سازمان مديريت و برنامه ريزي کشور

قدس نيرو در بازار طراحي مشاوره مهندسي



Marketing @ ghods-niroo.com
www.ghods-niroo.com
info @ ghods-niroo.com
tel : (+9821)8416344 - 8414099
fax : (+9821)8411704



با تشکر از همکاری آقایان

- ۱- مهندس حسين بختياري زاده
- ۲- مهندس احمدفريدون درافشان
- ۳- مهندس علي شاه حسيني
- ۴- دکترهمايون صحيحی
- ۵- مهندس منصورقزوينی
- ۶- مهندس شادان کيوان

از مدير و همکاران محترم امور پشتيباني سپاسگزاريم.

اين نشریه از طريق اينترانت قدس نيرو نیز در دسترس علاقمندان می باشد.

نظرات، پيشنهادات و سئوالات احتمالي خوانندگان گرامي از طريق اينترانت شرکت با فعال نمودن آيکون مربوطه در انتهاي مطالب نشریه قابل ارائه و انعکاس می باشد.

GE

GE



تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه سهروردی ، شماره ۹۸ ، کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۴۱۱۷۰۴ - ۸۷۰۰۴۵۴ - ۸۴۱۱۷۰۴ فاکس : ۸۴۱۱۷۰۴
تلگراف : شر قدس نیرو ایران تلکس : جی ان سی اتی ایران ۲۲۴۵۰۷
NO.98 OSTAD MOTAHARI AVE. TEHRAN 1566775711- IRAN
TEL : 8403613 - 8700454- 8411704 Email : info @ ghods-niroo.com
CABEL : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 8411704