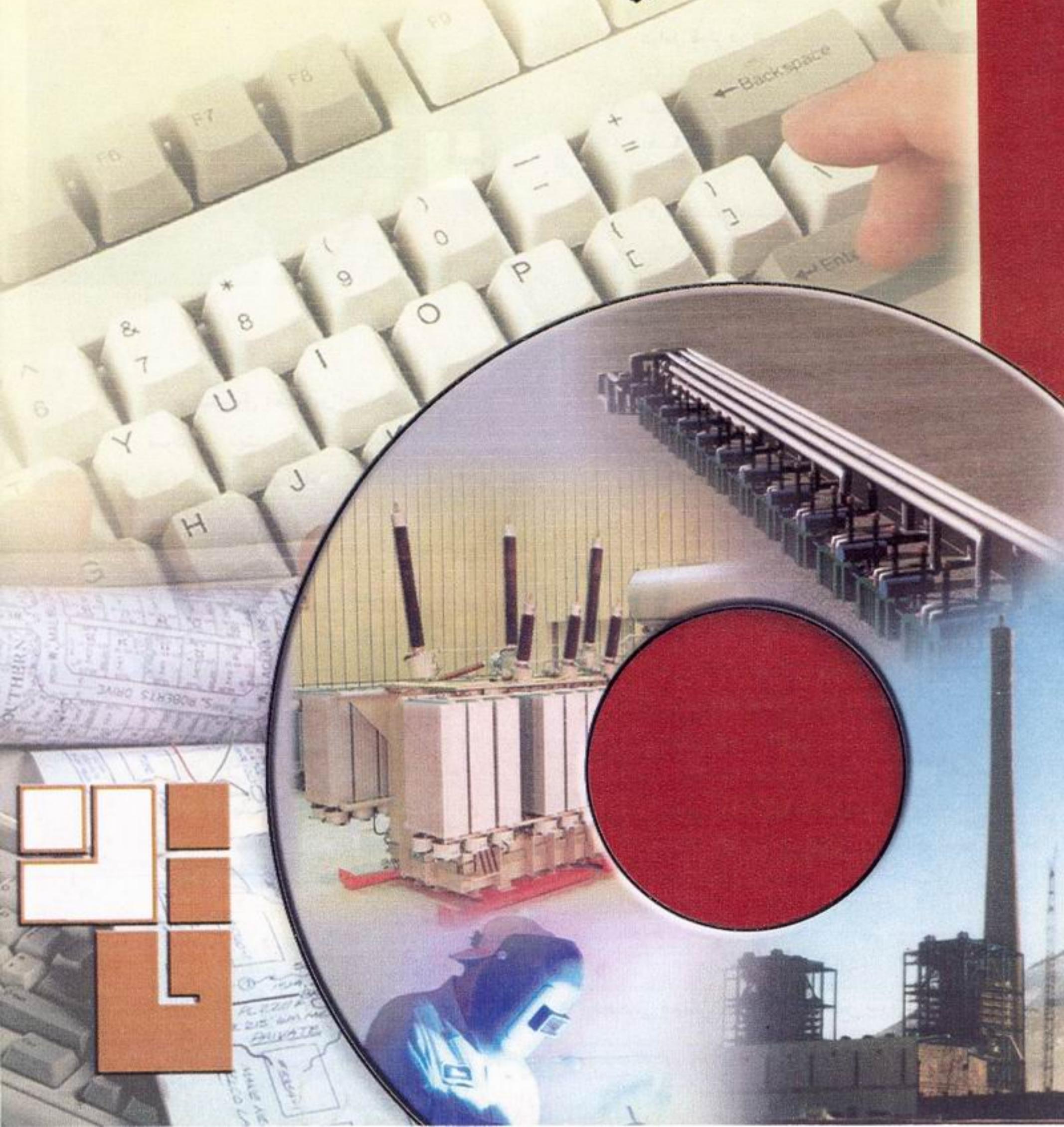
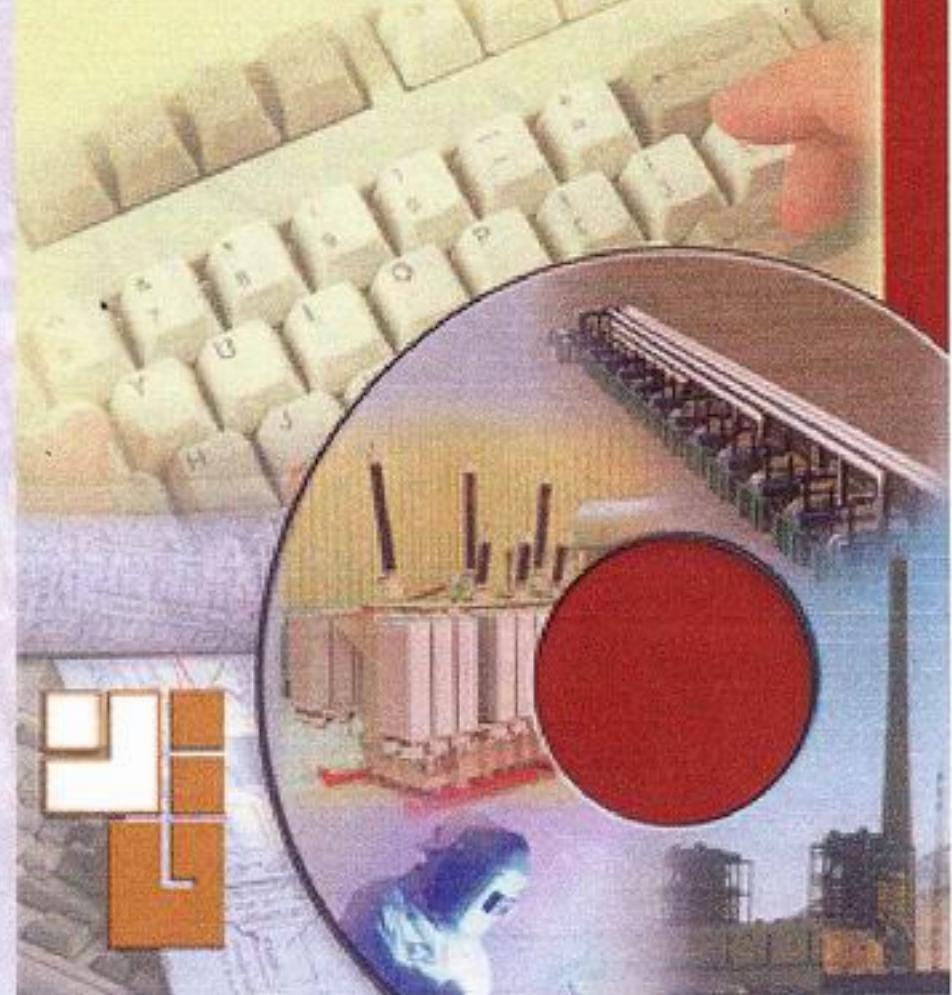


پیش شماره دوم - پاییز ۱۳۸۰

نشریه تخصصی قدس نرو



نشریه فنی تخصصی فرش نیرو



فهرست مقالات

۲	سرمقاله	عوامل موثر در سیستم خنک کننده ترانسفورماتور به منظور کاهش ابعاد و اندازه ها - مهندس حسین بختیاری زاده	مدیر مسئول : مهندس احمد شکوری راد سردبیر : مهندس فتانه دوستدار طراحی و صفحه آرایی : امور پشتیبانی قدس نیرو
۳		کاربرد و محاسبه طراحی سیستم هوای فشرده در باس داکت نیروگاهها - مهندس اکبر برومندی	هیئت تحریریه :
۱۲		کاربرد روش A.H.P. در ارزیابی زیست محیطی- اقتصادی پروژه های تولید انرژی الکتریکی - محمد ابراهیم رئیسی- علی سمیعی	آقایان: دکتر همایون صحیحی، مهندس شادان کیوان، دکتر جعفر عسگری، مهندس محمدحسن زرگر شوستری، مهندس مسعود حبیب‌الهزاده، مهندس محمدرضا حیدرپور، مهرداد صارمی، مهندس حسن تفرشی، مهندس غلامرضا صفارپور، مهندس علی مقیمی، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهندس کیوان حیدری، مهندس امیرهمایون فتحی. خانمهای: مهندس لادن پور کمالی، مهندس فتانه دوستدار
۱۷		بررسی طول عمر باقیمانده در تجهیزات نیروگاهها - مهندس مهدی نجات	
۲۷		کنترل کننده جریان فازی در مبدل یکسو کننده سیستم HVDC - مهندس بهروز رضایی	
۳۵		آموزش جوشکاران در سایت و نتایج حاصله - فریدون خسروی	

بنام خدا

انتشار اولین شماره نشریه، استقبال و تشویقهای همکاران دفتر تهران و کارگاهها را در پی داشته که خود موجب دلگرمی دست‌اندرکاران گردیده است و بر نیاز این مهندسین مشاور به وجود چنین نشریه‌ای بعنوان انعکاس دهنده تجربیات و اطلاعات مدیران و مهندسین قدس نیرو صحه می‌گذارد. بعلاوه این نشریه زمینه "ارتبطات" هرچه بیشتر همکاران در داخل شرکت را فراهم آورده که دارای اهمیت بسیاری است. برای حفظ و توسعه این ارتباطات ارزشمند، مشارکت هرچه بیشتر همکاران در ارائه مطالب و مقالات و انعکاس اندوخته‌های علمی و تجربی و فتح باب مباحث علمی مورد توصیه و درخواست است.

خوشبختانه با توجه به تنوع زمینه‌های کاری- تخصصی کارشناسی در مهندسین مشاور قدس نیرو، ارائه مقالات راجع به نیروگاههای حرارتی، آبی، پستها و شبکه‌های انتقال و توزیع، رایانه و دیگر مطالب جالب و آموزشی امکان‌پذیر می‌باشد. استفاده از تجربیات اجرایی و نظارت کارگاهی در هریک از زمینه‌های مذکور، مطالب آموزنده و مفیدی است که قطعاً در افزایش و بهبود کیفیت کاری همکاران در دیگر کارگاهها نقش موثری خواهد داشت. به امید آنکه عموم همکاران در حوزه‌های تخصصی مختلف ما را در ارتقاء کیفی و کمی مقالات یاری دهند.

مدیر مسئول

عوامل موثر در سیستم خنک کننده ترانسفورماتور بمنظور کاهش ابعاد و اندازه‌ها

حسین بختیاری‌زاده

معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده:

در مراکز شهرهای بزرگ، جائیکه دانسته بار الکتریکی مصرفی بالا و احداث پستهای فوق توزیع و انتقال اجتناب‌ناپذیر است مشکل کمبود زمین و فضای مورد نیاز جهت احداث تاسیسات فشار قوی همیشه مطرح بوده است.

در جهت حل این مشکل و در زمینه احداث سوئیچگیر بررسی‌ها و پیشرفت‌های مهمی از نظر طراحی و ساختاری حاصل گردیده بطوریکه فضاها در مقایسه با پستهای معمولی بعضاً به کمتر از ۴۰ درصد رسیده است.

در مورد ترانسفورماتورها نیز که از جمله تجهیزات مهم و حجمی پست می‌باشد مساله کاهش فضای موردنیاز حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله عمدۀ عامل موثر در تعیین اندازه ترانسفورماتور یعنی حرارت تولید شده در آن، منشاء آن، تاثیر آن بر عمر ترانس و چگونگی دفع و عوامل موثر در دفع آن مورد بحث قرار گرفته است.

شرح مقاله

به منظور مقابله با این مشکل انواع مختلف ایستگاههای فشار قوی که در کاهش فضای موردنیاز و نحوه استفاده از فضا و طبقات، از ویژگیهای خاص برخوردار می‌باشند مورد توجه دستگاههای اجرائی و بهره‌برداری قرار گرفته است. دو شکل معمول از این نوع پستها، پستهای سرپوشیده از نوع "indoor GIS" و پستهای سرپوشیده

بطوریکه اشاره شد افزایش تراکم جمعیت و بکارگیری هرچه بیشتر سیستم‌های خدماتی از نوع برقی، از عوامل عمدۀ ایستگاههای فشار قوی را در مرکز شهر و جائیکه مشکل کمبود فضا وجود دارد ایجاد نماید.

در کلمپ و پیچ و مسپره هسته می‌گردد و مستقل از تغییرات بار عبوری از ترانس بوده و با فرض ولتاژ و فرکانس ثابت میزان آن مادامیکه ترانس در مدار قرار دارد تقریباً ثابت می‌باشد.

تلفات بارداری شامل تلفات مسی ناشی از جریان بار، تلفات مسی ناشی از جریان تامین کننده تلفات و تلفات ناشی از جریان ادی در هادی سیم پیچها بوده و میزان آن بستگی به بار و نتیجتاً پارامترهای مختلف شبکه از جمله مدل بار، ضریب خروج ترانسفورماتور، ضریب قدرت ذخیره و غیره دارد.

- نمود این تلفات در داخل ترانسفورماتور و بخصوص در حوالی منابع تولید کننده آنها یعنی هسته و سیم‌پیچ بصورت گرمای و حرارت می‌باشد و طبیعی است که قبل از آنکه درجه حرارت در هسته و سیم‌پیچ به حدی برسد که باعث خرابی و تغییر فرم و نابودی مواد عایقی شود بایستی دفع گردد.

حرارت ناشی از تلفات که عامل تعیین کننده میزان بارگیری، اضافه بار و زمان آن می‌باشد پارامتر مهم و تاثیرگذاری بر روی خواص اصلی مواد عایقی از جمله خاصیت دی الکتریکی و مکانیکی آنها بوده و طبیعتاً تاثیر مهمی در عمر مفید ترانس خواهد داشت و لذا بایستی بعنایون مختلف بگونه‌ای که جنبه‌های فنی - اقتصادی امر مورد توجه قرار داشته باشد از حد مجاز تجاوز ننماید.

- اینکه حد مجاز افزایش درجه حرارت مواد عایقی چقدر است و تا چه حدی افزایش درجه حرارت بر روی مواد عایقی بدون تاثیر است، چندان قابل بیان و تفسیر نمی‌باشد

"Conventional indoor S/S" می‌باشند که با برخورداری از قابلیت انعطاف بالا، از نظر ترتیب استقرار تجهیزات می‌توانند در فضاهای محدود و با استفاده از ارتفاع حتی در قسمتی از یک ساختمان بزرگ احداث گردند. در این پستها با توجه به محدودیتها که اشاره شد کاهش ابعاد و حجم ترانسفورماتورها که از جمله تجهیزات حیاتی و حجیم شبکه می‌باشند دارای اهمیت و مورد توجه است.

- از جمله عوامل عمدۀ در تعیین اندازه ترانسفورماتور میزان حرارت تولید شده در داخل آن می‌باشد البته عوامل دیگری چون مسائل عایقی، ظرفیت نامی و قدرت اتصال کوتاه نیز در رابطه با اندازه و حجم اشغالی ترانسفورماتورها موثر می‌باشند. ولی امکانات مانور بمنظور تغییر و کاهش ابعاد در اثر تغییر و تبدیل آنها چندان وجود ندارد و لذا بحث اصلی در این نوشته مربوط به حرارت تولید شده در ترانسفورماتور می‌گردد و اینکه:

- این حرارت چگونه بوجود می‌آید و منشاء آن چیست؟

- تاثیر این حرارت بر روی ترانسفورماتور و حد مجاز آن

- چگونگی دفع آن و عوامل موثر در دفع.

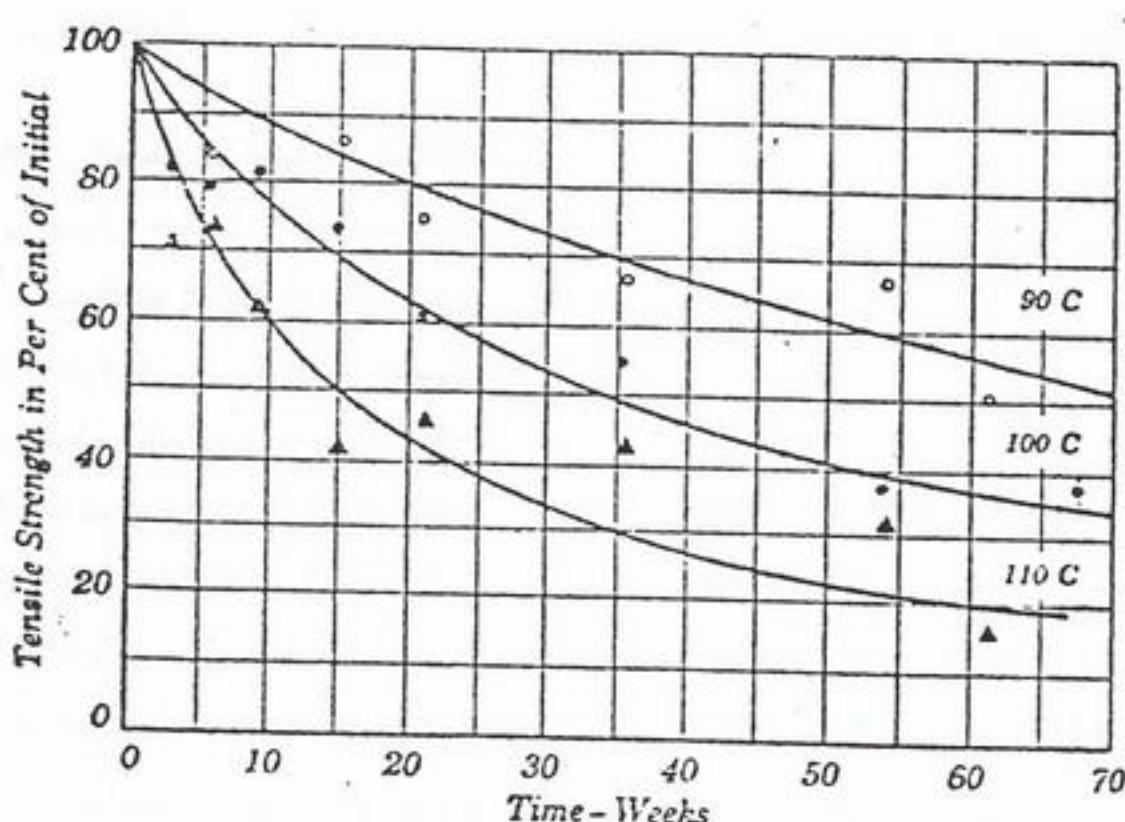
- عامل اصلی و منشاء حرارت در ترانسفورماتور، تلفات حاصل در هسته و سیم‌پیچ است. این تلفات تحت عنوان تلفات آهن و یا تلفات بی‌باری و همچنین تلفات مسی و یا بارداری معروف می‌باشند. تلفات بی‌باری شامل تلفات هیسترزیس در ورقه‌های هسته، تلفات مسی ناشی از جریان بی‌باری، تلفات ناشی از جریان ادی در ورقه‌های هسته و تلفات ناشی از جریان ادی

ضمناً درجه حرارت‌های مجاز که برای مواد مختلف از جمله مواد عایقی و سیم پیچ بیان می‌شوند یک عمر معمول ۲۰ تا ۲۵ ساله را برای ترانسفورماتور مورد نظر دارند.

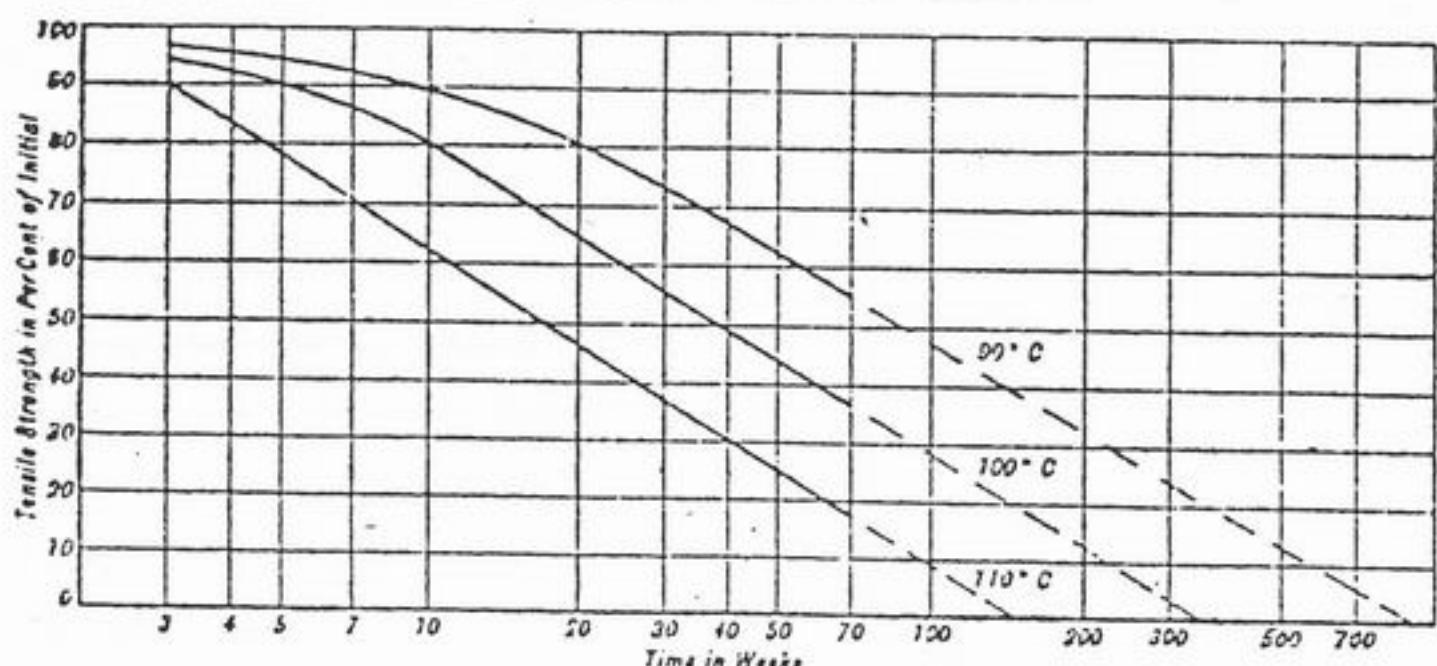
- شکل‌های شماره ۱ و ۲ تأثیر درجه حرارت بر روی خاصیت الکتریکی و مکانیکی مواد عایقی کلاس A را نشان میدهند.

ولی تأثیر درجه حرارت بالاتر روی مواد عایقی و تأثیر مضاعف آن پس از گذشتن از حد معین امری کاملاً مسلم و مشخص است.

براساس بررسی‌ها و تجربیات حاصله عمر مواد عایقی به ازای هر ۵ تا ۸ درجه افزایش حرارت به حدود نصف کاهش خواهد یافت.



شکل شماره ۱- تأثیر درجه حرارت بر روی خاصیت عایقی مواد عایقی کلاس A در روغن



شکل شماره ۲- تأثیر درجه حرارت بر روی استقامت مکانیکی عایقی کلاس A در روغن

طريق ضخامت کاغذ عایقی و عمدتاً بشك
هدايت انجام می گيرد. وقتی انتقال حرارت از
ضخامت و سطح مشخصی از ماده عایقی "کاغذ"
باشد، محاسبه افت درجه حرارت در حد فاصل
ماده عایقی یعنی بین سطح مس و روغن از
طريق فرمولهای اساسی ترمودینامیک چون
فرمول (۱) امکان پذیر است.

$$\theta = \frac{P \times L}{K \times A} \quad (1)$$

$\theta =$ افت درجه حرارت در حد فاصل کاغذ به سانتیگراد

P = تلفات به وات

K = ضریب هدایت حرارتی کاغذ

اینج / (درجه سانتیکراد) (اینج مربع) / وات

طواب صور به اینجا

کاربرد فرمول شماره یک در مورد سیم پیج ترانس با توجه به تعداد دورها و لایه‌ها و تقویت کننده‌های مکانیکی و سایر المانهایی که مانع تماس مستقیم سیم با روغن می‌باشند قدری مشکل بوده و لذا بسته به مورد روابط تجربی و مدل‌سازی انواع مختلف سیم پیج در طراحی‌های مشابه بکار گرفته می‌شوند. بطور مثال در سیم پیچهای از نوع دیسکی که امروزه بیشترین کاربرد را در صنعت ترانسفورماتورسازی دارند افت درجه حرارت در حد فاصل بین مس و سطح روغن از رابطه زیر بدست می‌آید:

ضخامت کاغذ تلفات در مس به وات (---) (---) (---) « افت درجه حرارت فضای باز سیم پیچ ضریب هدایت حرارتی کاغذ در مقابل روغن

(۱) شماره فرمول و فوق رابطه به توجه با - هرچه گیری میشود که برای هدایت نتیجه بیشتر و بهتر حرارت از مس به روغن بایستی سطح تماس مستقیم سیم با روغن را افزایش داد که البته در این رابطه وجود لایه های سیم پیچ بر روی هم، تقویت کننده های

علاوه بر مشکل تفسیر و تعبیر دقیق تاثیرگذاری درجه حرارت بر روی خواص مواد عایقی محاسبه و اندازه‌گیری میزان درجه حرارت در نقاط مختلف ترانس و مسیر حرکت گرما در داخل ترانس با توجه به وضعیت استقرار قسمت اکتیو و ساختار آنها بسیار پیچیده و بفرنج می‌باشد. معالوصف از آنجائیکه این عامل یعنی حرارت در تعیین عمر ترانس عمدت‌ترین فاکتور بحساب می‌آید. لذا بررسی و تحقیقات قابل توجهی در این ارتباط بعمل آمده، بطوریکه اخیراً پیشرفت‌های مهمی در زمینه انجام محاسبات و اندازه‌گیریهای حین بهره‌برداری جهت پی بردن به حرارت نقاط مختلف حاصل گردیده است.

- پروسه انتقال حرارت از قسمتهای اکتیو
ترانس به فضای بیرون را میتوان به شکل زیر
 تقسیم‌بندی نمود:

الف- انتقال حرارت از هسته و هادی سیم پیچ به سطح تماس با روغن (در این مقاله عمدتاً ترانسها را روغنی مورد نظر می‌باشند).

ب - انتقال حرارت از هسته و سیم پیچ به روغن و بدنه

ج - انتقال حرارت از روغن و بدن به سیال
بیرون اعم از هوا و یا آب

بمنظور آشناei هرچه بیشتر با هریک از مراحل فوق ابتدا توضیح مختصری در مورد چگونگی عملکرد آن مرحله ارائه و سپس عوامل موثر در تسريع و تشدید انتقال حرارت در آن مرحله که طبیعتاً به کوچک شدن ابعاد ترانس منتهی میگردد پادآور می‌شوند.

الف- انتقال حرارت از هادی به سطح تماس با روغن

انتقال حرارت از هسته بطور مستقیم به سطح تماس با روغن خواهد بود ولی در سیم پیچ از

چون: سطح قسمت حرارتزا، ضریب هدایت سیال، دانسیته سیال، شتاب ثقل و ارتفاع محل، ضریب انبساط حرارت سیال و ویسکوزیته سیال بستگی دارد.

- دیاگرام کنوکسیون طبیعی و روشهای عملی و تجربی تشخیص گردش روغن و توزیع درجه حرارت گویای آنستکه با وجود آنکه درجه حرارت روغن در مجاور دیواره و در مراکز تانک در سطوح مختلف تانک تفاوت فاحشی ندارند، معالوصت این اختلاف درجه حرارت باعث میشود که ستون روغن در مرکز روغن گرمتر سبک و در کناره روغن سردتر سنگینتر باشد و نهایتاً باعث حرکت روغن از مرکز به بالا و از دیواره به پائین میشود و حرکت روغن خلی بطنی و جزئی خواهد بود و بعلت اختلاف کم درجه حرارتها فشار روغن و طبیعتاً انتقال حرارت نیز بکندی و جزئی انجام میشود. شکل شماره ۳ توانانی انتقال حرارت از سیم پیچ به روغن را با کنوکسیون طبیعی و با استفاده از پمپ روغن که بعداً به آن اشاره خواهد شد نشان میدهد.

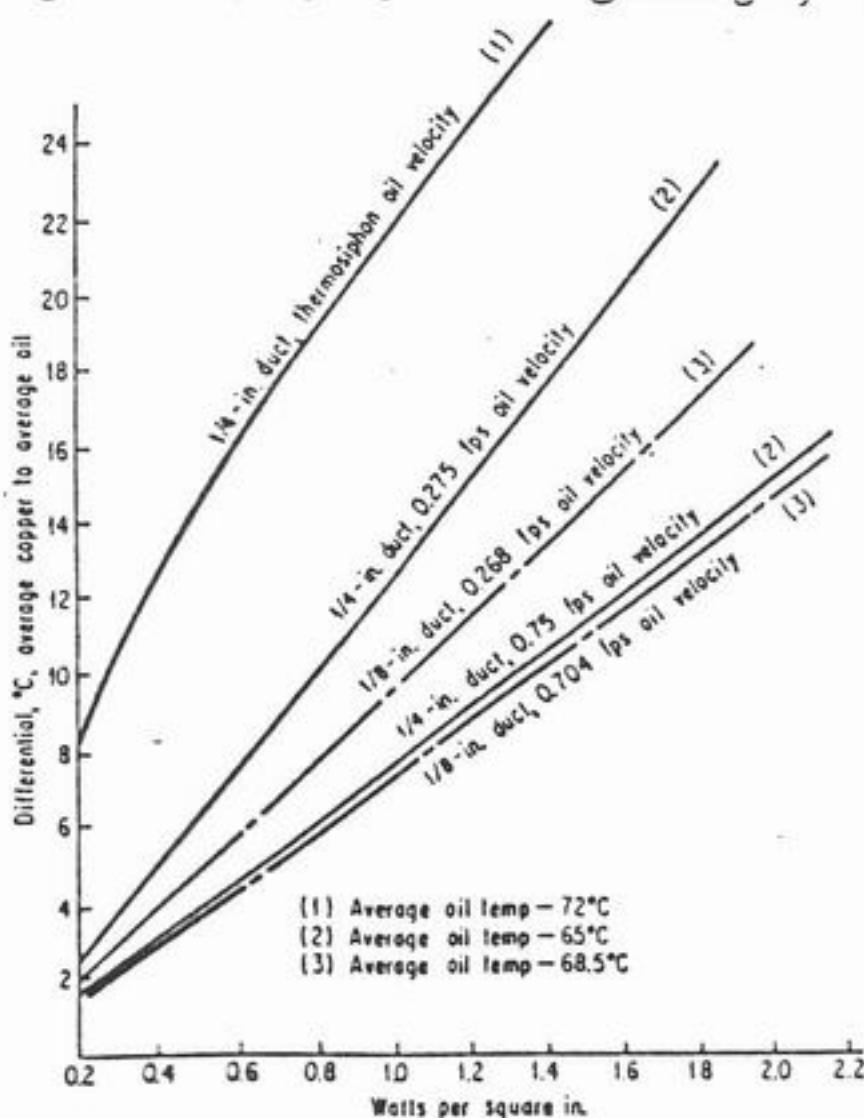
مکانیکی، پرس‌بوردها و سایر مواد عایقی که
الزاماً بایستی بکار گرفته شوند عامل محدود
کننده می‌باشند ولی بطور معمول در ساخت
سیم پیچها سعی می‌شود حداقل یک طرف
سیم پیچ در تماس مستقیم با روغن باشد.

ب - انتقال حرارت از سطح هسته و سیم پیچ به داخل روغن

وقتی که حرارت به سطح سیم پیچ میرسد از آنجا به روغن که علاوه بر خاصیت عایقی نقش خنک کنندگی نیز دارد انتقال می‌یابد.

انتقال حرارت از روغن به سطح خارجی و بدن ترانسفورماتور بصورت کنوکسیون^۱ و تشعشع^۲ عملی است که نقش اساسی را در ترانسها^۳ روغنی کنوکسیون بعهده دارد.

روابط موجود در زمینه کنوکسیون بیشتر در مورد انتقال حرارت از سطوح صاف و یکنواخت را مورد بحث قرار میدهد و لذا در مورد ترانسفورماتور و سیم پیچ آن با توجه به پیچیدگی و عدم یکنواختی توزیع حرارت در داخل آن این فرمولها چندان عملی نمی‌باشند. بهر حال براساس روابط موجود کنوکسیون به عوامل متعددی



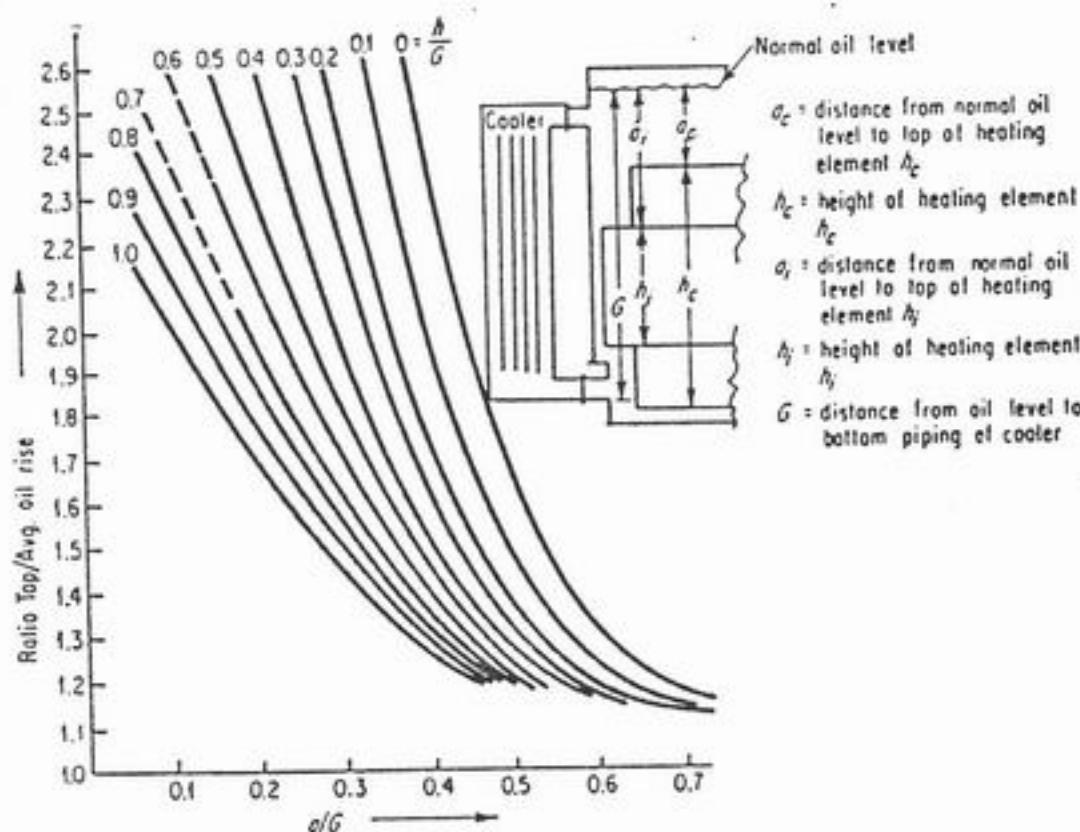
شکل سهاره ۳- انتقال حرارت با کوکیپ طبیعی و بسب روغن

۲- توجه به شکل شماره ۳ این مطلب را نشان میدهد که وقتی حرارت انتقالی از حد مشخصی از وات به ازای واحد سطح تجاوز نماید حدود یک وات به ازای اینج مربع انتقال حرارت بصورت کنوکسیون طبیعی جوابگو نمی‌باشد و لازم است از پمپ سیرکولاسیون روغن استفاده شود. این عامل که سرعتی بین $\frac{1}{3}$ تا ۱ فوت در ثانیه برای روغن بوجود می‌آورد نقش مهمی در گردش روغن و کاهش اختلاف درجه حرارت بین روغن و سیم‌پیچ و سطوح بالا و پائین روغن دارد.

این عامل نیاز به مسیر حرکت روغن، بخصوص در لابلای سیم‌پیچ دارد که در بعضی از انواع سیم‌پیچ قدری مشکل می‌باشد ولی در سیم‌پیچهای دیسکی چندان مشکل نخواهد بود. ضمناً اگر جریان روغن بصورت هدايت شده باشد تاثیر بسیاری در انتقال حرارت و نتیجتاً کاهش قابل توجه ابعاد ترانس خواهد داشت.

در کلیه سیستم‌های خنک کننده جریان روغن و حرکت آن و انتقال حرارت از لابلای سیم‌پیچ و هسته به بیرون عامل تعیین کننده‌ای می‌باشد و داشتن یک جریان خوب و جاری شدن مناسب روغن باعث می‌شود درجه حرارت در قسمتهای مختلف ترانسفورماتور تفاوت فاحشی نداشته و انتقال حرارت به بدنه و بیرون از ترانس بشکل مطلوب عملی شود. برای رسیدن به این هدف یعنی جاری شدن خوب روغن موارد زیر بایستی مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- براساس بررسی‌ها و نتایج تجربی بدست آمده گردش روغن و انتقال حرارت در کنوکسیون طبیعی به محل استقرار المانهای گرم کننده هسته و سیم‌پیچ بستگی دارد. هرقدر این دو در بخش پائین‌تری از تانک مستقر گردند وضعیت گردش روغن و توزیع درجه حرارت در نقاط مختلف بهتر خواهد شد و درجه حرارت بالا و پائین تانک بهم نزدیکتر خواهد شد. این مطلب در شکل شماره ۴ و با توجه به محل استقرار قسمت اکتیو نشان داده شده است.



شکل شماره ۴- تاثیر محل استقرار قسمت اکتیو در انتقال حرارت

همانطوریکه اشاره شد انتقال حرارت بطریق کنوکسیون به پارامترهای مختلف بستگی داشته و از پیچیدگی خاصی برخوردار است ولی براساس تجربیات طولانی و برای سطوح تخت و عمودی و در هوا و در سطح دریا میتوان رابطه ساده زیر را مورد استفاده قرار دارد:

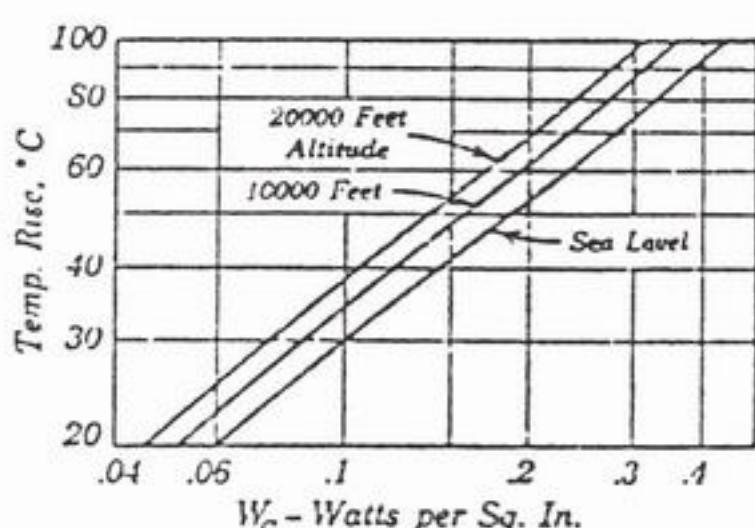
$$W_C = 1/4 \times 10^{-3} \theta_e^{1.25} \quad (4)$$

وات به ازای اینچ مربع از سطح =
افزایش درجه حرارت = θ_e

برای مناطق مرتفع تراز سطح دریا که دانسته هوا کم میشود حرارت انتقالی متناسب با جذر دانسته هوا کاهش مییابد و ضمناً در سطوح غیرمسطح چون رادیاتورها یک ضریب اصطکاک که کمتر از یک میباشد در رابطه فوق تاثیر خواهد گذاشت و لذا:

$$W_C = 1/4 \times 10^{-3} F \sqrt{P} \theta^{1.25} \quad (5)$$

- ضریب P که در سطح دریا معادل ۱ میباشد در ارتفاع ۱۰۰۰۰ فوت حدود ۰/۷ و در ارتفاع ۲۰۰۰۰ فوت حدود ۰/۵ میباشد.
شکل شماره ۵ تاثیر ارتفاع بر حرارت انتقالی توسط کنوکسیون را نشان میدهد.



شکل شماره ۵- تاثیر ارتفاع بر انتقال حرارت توسط کنوکسیون

ج - انتقال حرارت از روغن و بدن به سیال بیرون اعم از هوا و یا آب

حرارت از روغن و بدن که عموماً فرض بر اینستکه این دو دارای درجه حرارت یکسان میباشند، به سیال اطراف که عموماً هوا میباشد انتقال مییابد. این سیال در موارد خاص و بسته به شرایط میتواند آب باشد.

انتقال حرارت از بدن به هوا اطراف به دو طریق کنوکسیون و تشعشع تابش انجام میشود و بسته به شکل ترانس و در قسمتهای مختلف سهم یکی از دیگری میتواند بیشتر و یا کمتر باشد.

- انتقال حرارت بشکل تابش از رابطه زیر قابل محاسبه میباشد:

$$W_R = KE (T_2^4 - T_1^4) \quad (2)$$

وات به ازای اینچ مربع از سطح =
 $K = 368 \times 10^{-11}$

ضریب تابش =

درجه حرارت مطلق سطح گرم به سانتیگراد = T_2
درجه حرارت مطلق هوا اطراف = T_1

رابطه فوق که میزان دقیق انتقال حرارت توسط تابش را نشان میدهد در مواردیکه اختلاف درجه حرارت کمتر از ۸۰ درصد باشد میتواند توسط رابطه زیر جایگزین گردد:

$$W_R = 1/84 \times 10^{-3} \theta_e^{1/19} E \left(1 + \frac{1/10}{100}\right) \quad (3)$$

افزایش درجه حرارت = θ_e
درجه حرارت محیط = θ_a

در رابطه فوق با وجود آنکه ضریب تابش با درجه حرارت تغییر میکند ولی در محدوده حرارتی ترانس یعنی بین ۰ تا ۱۰۰ درجه میتواند ثابت فرض شود و برای رنگبایی معمول ترانس در حدود ۹۵٪ میباشد.

حجیم شدن ترانس و سر و صدای زیاد می‌گردند که در مناطق شهری خالی از مشکل نخواهد بود.

لذا سیستم خنک کننده دیگری که میتواند مورد توجه قرار گیرد سیستم آبی می‌باشد که از خاصیت دفع حرارت بسیار بالایی برخوردار میباشد. با توجه به پارامترهای موثر در انتقال حرارت بطريق کنوکسیون آب تا حدود صد برابر هوا قابلیت انتقال حرارت دارد، البته برتری هوا، فراوانی و همیشه در دسترس بودن آن است. در حالیکه در مورد سیستم‌های آبی بایستی فشار آب در مبدل حرارتی^۳ کمتر از فشار روغن باشد تا از نفوذ آب به داخل روغن جلوگیری بعمل آید. در ترانسهایی که دارای این نوع سیستم خنک کننده می‌باشند با استفاده از آب با درجه حرارت زیر ۲۵ درجه و سیرکولاسیون مناسب آب میتوان حجم ترانس را تا چند برابر نسبت به سایر موارد کاهش داد.

نتیجه

- با جمع‌بندی از مطالبی که ارائه گردید و بمنظور احتراز از دو مشکل صدا و ابعاد بزرگ ترانسها در پستهایی که در مناطق مسکونی قرار دارند موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- برای پستهای فوق توزیع و ترانس‌های این پستها که دارای ظرفیت ۳۰ و یا ۴۵ مگاولت آمپر می‌باشند سیستم‌های خنک کننده با پمپ سیرکولاسیون روغن مدنظر قرار گیرد که بسته به مورد گردش هوا میتواند طبیعی و یا با فن هوا فشرده باشد.

۲- برای پستهای انتقال در مناطق مسکونی و مراکز شهری و برای ظرفیت‌های بالای ۱۰۰ مگاولت آمپر علاوه بر سیرکولاسیون روغن

با توجه به روابطی که ارائه شد عوامل موثر در انتقال حرارت از روغن و تانک به هوا اطراف را بشرح زیر میتوان بیان نمود:

- ارتفاع محل نصب: که با افزایش ارتفاع و کم شدن دانسیته هوا حرارت انتقالی توسط کنوکسیون کاهش خواهد یافت ولی این عامل در تشبع بدون تاثیر است.
- رنگ ترانس که در تشبع موثر و در کنوکسیون بدون تاثیر است.
- وزش باد بعلت تسریع و تشدید در جابجایی هوا گرم اطراف بدن و رادیاتورها تاثیر مثبتی در کنوکسیون دارد. براساس آزمایشات بعمل آمده مشخص گردیده در مواردی باد با سرعت ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مایل در ساعت افزایش درجه حرارت روغن در بالای تانک را نسبت به افزایش درجه حرارت در هوا آرام به ترتیب به ۵۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۲۵ درصد کاهش داده است.

- با همان استدلالی که در مورد وزش باد بیان شد تعبیه رادیاتور و دمیدن هوا با فشار توسط فن^۴ بداخل فضای بین رادیاتورها از عوامل مهم و موثر در انتقال حرارت می‌باشند، تجربیات بدست آمده گویای آنستکه با تعبیه فن در محلهای مناسب، دفع حرارت را میتوان تا ۱۰۰ درصد در یک ترانس نسبت به ترانس مشابه افزایش داد و بین طریق ظرفیت ترانس بطور معمول تا ۲۵ درصد و در شرایط خاص تا ۶۷ درصد میتواند افزایش یابد.

موارد فوق الذکر گویای آنستکه عمدۀ ترین عامل در دفع حرارت از تانک به فضای اطراف تعبیه رادیاتور و فن می‌باشد. این دو عامل ضمن آنکه تاثیر بسزایی در دفع حرارت دارند ولی باعث

توسط پمپ، سیستم خنک کننده آبی نیز
مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- Transformers for the electric power industry "W.E.C"
- Power transformers handbook "by Bernard Hochart"
- Transformer Engineering "L.F. Blume"

آقای حسین بختیاریزاده دارای لیسانس
مهندسی برق از دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک
تهران) می باشد. ایشان جمعاً ۲۶ سال سابقه کار
دارند که ۲۱ سال آن در قدس نیرو بوده است.
زمینه فعالیت و علاقمندی آقای بختیاریزاده
مشاوره و طراحی پستهای فشار قوی می باشد.

نشریه فنی - ریاضی مهندسی مشاور فناوری نیرو پیش شماره دوم - پیاپی ۱۳۸۰

-
- 1- Convection
 - 2- Radiation
 - 3- Heat Exchanger

کاربرد و محاسبه طراحی سیستم هوای فشرده در باس داکت نیروگاهها

اکبر برومندی

کارشناس ارشد گروه تخصصی مکانیک - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

کاربرد سیستم هوای فشرده در باس داکت نیروگاهها جهت تامین کیفیت هوا بمنظور جلوگیری از ایجاد شبیم، لایه‌های هادی الکتریکی و تجمع یونهای حاصل در اثر عبور جریان از هادی باس داکت در بدترین شرایط محیطی هوای داخل باس داکت می‌باشد. بنحوی که داخل باس داکت عاری از هرگونه رطوبت، شبیم، ذرات و گرد و غبار و روغن باشد.

بدین ترتیب خشک کردن هوای داخل باس داکت که مقدار آن تابعی از حداقل دمای محیط بوده و میزان روغن و گرد و غبار که مقدار مجاز آنها بترتیب و براساس استاندارد $IPPMW/W$ در 20°C و $3\mu\text{m}$ می‌باشد الزامی است.

داکت کنترل شود جهت کنترل به دو طریق عمل می‌شود. سیستم‌هایی که در فشار محیط کار می‌کنند (مانند نیروگاه کرخه) و یا با استفاده از هوای فشرده (مانند نیروگاه مسجد سلیمان) استفاده کرد.

در این مقاله سیستم‌هایی که نیاز به هوای فشرده دارند مدنظر می‌باشد. عموماً در بیشتر مواقع واحد مجزائی جهت تامین هوای فشرده باس داکت‌ها تعبیه می‌گردد. همچنین در این مقاله پارامترهای مهم از قبیل کیفیت هوا، فشار داخل باس داکت، میزان نشتی مجاز، نوع کمپرسور و متعلقات آن شامل مخزن ذخیره،

مقدمه

ورود هوای مرطوب به باس داکت از طریق اتصالات بدلیل انبساط و انقباض حرارتی باس داکت انجام می‌پذیرد. عبور جریان الکتریکی از باس داکت و همچنین سرد شدن آن به هنگام خارج شدن نیروگاه از مدار بخصوص در نیروگاههای آبی باعث ایجاد شبیم در داخل آن می‌گردد. بعلاوه رطوبت اولیه هوای داخل باس داکت شرایطی را ایجاد می‌کند که در حداقل دمای محیط در طول سال امکان ایجاد شبیم داخل باس داکت بوجود آید. جهت جلوگیری از ایجاد شبیم می‌بایستی رطوبت هوای داخل باس

خشک کردن هوا، فیلترها و کابینت هوا (که جهت کاهش فشار هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد) آورده شده است.

پارامترهای اصلی در کاربرد سیستم هوای فشرده باس داکت

میزان نشتی مجاز هوا طبق استاندارد در حدود ۱۰ درصد حجم هوای باس داکت بر ساعت می‌باشد.

تجهیزات مورد استفاده در سیستم هوای فشرده باس داکت

۱- کمپرسور هوای

کمپرسور از نوع oil free بوده و به تعداد ۲ عدد با ظرفیت صد درصد انتخاب می‌شود. یکی از کمپرسورها بعنوان رزرو (stand by) بوده و معمولاً هر ۱۲ ساعت یکی از کمپرسورها کار می‌کنند.

فشار خروجی کمپرسور بدلیل اندازه مناسب لوله‌ها و شیرآلات و افت فشار در آنها معمولاً ۷ بار انتخاب می‌شود.

به همین دلیل در محدوده ظرفیت‌های لازم جهت تامین هوای باس داکت نیروگاهها، استفاده از کمپرسور نوع Reciprocating با فشار ۷ بار مناسب‌تر است.

نوع خنک کاری کمپرسور بستگی به وجود آب با کیفیت مناسب از لحاظ رسوب‌گذاری با دبی لازم دارد. در صورت امکان دسترسی به آب، کمپرسور نوع Water cooled بعلت راندمان بالا مناسب‌تر است. در غیراینصورت از کمپرسور نوع Air cooled استفاده می‌شود.

۲- خنک کن نهایی (After cooler)

بعلت افزایش فشار بعد از کمپرسور، مقدار دما و رطوبت هوای افزایش می‌یابد، لذا لازم است بعد از کمپرسور جهت کاهش دمای هوای و به حد مجاز رساندن رطوبت، خنک کن نهایی استفاده نمود (استفاده از تلمه‌های آبگیر اتوماتیک در خنک کن نهایی ضروری است).

۱- کیفیت هوای

کیفیت هوای شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱-۱- درجه حرارت نقطه شبنم

درجه حرارت نقطه شبنم هوای تامین شده می‌باشد در بدترین شرایط محیطی کمتر از حداقل دمای محیط باشد.

۱-۲- میزان مجاز روغن

حداکثر مقدار روغن در هوای نباید از ۱PPMW/W تجاوز نماید

۱-۳- میزان مجاز گرد و غبار

حداکثر اندازه گرد و غبار در هوای نباید بیشتر از $3\mu\text{m}$ باشد.

۱-۴- هوای ورودی باید فاقد مواد آتش‌زا یا خورنده باشد.

۲- فشار هوای داخل باس داکت

فشار هوای ورودی به باس داکت باید حدی باشد که به تجهیزات داخل باس داکت آسیبی نرساند و از حد مجاز جهت اجزاء باس داکت از قبیل Expansion Joint، Air breaker و یا اجزاء لاستیکی آب بند کننده تجاوز ننماید.

فشار هوای داخل باس داکت عموماً بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌بار مدنظر می‌باشد.

این کابینت شامل رگولاتور (Regulator)، اوریفیس (orifice)، شیرآلات و لوله بوده و طوری تعبیه میشود که برای هر فاز از باس داکت یک خط تزریق مستقل وجود داشته باشد.

۷- تجهیزات ایمنی

جهت حصول اطمینان از اینکه بهره علی فشار هوا از حد مجاز تجاوز ننماید میبایستی در محلهای که لازم است از شیرهای اطمینان Safety Valve، Relief Valve استفاده شود.

محاسبات طراحی

۱- مقدار دبی هوا لازم

مقدار دبی هوا لازم برای باس داکت از مقدار نشتی مجاز برای باس داکت قابل محاسبه است. اگر مقدار نشتی مجاز برابر V_p درصد حجم هوا داخل باس داکت بر ساعت باشد در اینصورت مقدار دبی هوا لازم در شرایط استاندارد از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$Q_{jp} = \sum_i \frac{\pi D_{jp}^2 p_i}{4} \times L_{jp} \times V_p * 100$$

D_{jp} : busduct diameter

L_{jp} : busduct length

V_p : Design required air flow rate percent

Q_{jp} : Design required air flow rate of unit j at phase line "p"

کل دبی هوا لازم و همچنین دبی هوا لازم برای هر واحد از روابط زیر بدست میآید:

$$Q_{tot} = \sum_j \sum_p Q_{jp}$$

$$Q_{tot} = \sum_p Q_{jp}$$

۲- ظرفیت کمپرسور

معمولًا کمپرسور از نوع Reciprocating بکار میرود. زیرا حداکثر Running time این نوع کمپرسورها ۷۰٪ میباشد. همچنین ظرفیت کمپرسور از روابط زیر قابل محاسبه است:

۳- مخزن ذخیره هوا (Air Receiver)
بمنظور جلوگیری از کار مداوم کمپرسور و همچنین کاهش نوسانات فشار هوا ذخیره سازی هوا و جمع آوری ذرات آب تقطیر شده باقیمانده، لازم است از یک مخزن ذخیره (Receiver) استفاده نمود.

۴- خشک کن هوا (Air Dryer)
بمنظور کاهش رطوبت هوا و رساندن آن به زیر نقطه ثبتم از خشک کن هوا استفاده میشود که نوع آن بستگی به حداقل دمای محیط دارد.

نوع refrigerated dryer < حداقل دمای محیط
نوع Absorption dryer > حداقل دمای محیط

نوع Adsorption دارای دو نوع Heat Activated و Heatless برای احیاء عامل خشک کننده میباشد. نوع Heatless تا ۱۵ درصد از هوا خشک تهیه شده را برای احیاء مجدد عامل خشک کن استفاده میکند. در نوع Heat Activated از هیترهای برقی داخلی یا بیرونی برای احیا استفاده میشود لذا باید مصارف فوق در طراحی مدنظر باشد.

۵- فیلترها (Filters)
قبل از خشک کن میبایستی از میکروفیلتر و بعد از خشک کن از فیلتر گرد و غبار (Dust Filter) استفاده شود.

۶- کابینت هوا (Air Cabinet)
جهت کاهش فشار از ۷ بار به ۱۰ تا ۲۰ میلی بار از کابینت هوا که دارای تجهیزات کاهش فشار است استفاده میشود.

V: Volume of Receiver

N: Number of compressor starts per hour

ΔP : Operating pressure range

P_o= standard atmospheric pressure

Q_d: Demand air flowrate at standard condition

Q_c: Compressor air flow rate at standard condition

در این رابطه مقدار Q_c بایدبا توجه به ظرفیت کمپرسور انتخاب شده از کاتالوگ سازنده مجدداً از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$Q_c = Q_{Comp} - \Delta Q_{ALT} - \Delta Q_{temp} - \Delta Q_{RH}$$

حداکثر مجاز تعداد روشن شدن کمپرسور ۱۰ بار در ساعت است لذا با انتخاب مقدار مناسبی برای ΔP و N میتوان حجم مخزن Receiver را محاسبه کرد، سپس با انتخاب حجم مخزن از استاندارد ASME و یا کاتالوگ شرکت‌های سازنده، ظرفیت مخزن را مشخص کرد.

با توجه به ظرفیت مخزن انتخاب شده مقدار زمان کار و توقف کمپرسور از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$t_0 = \frac{60V\Delta P}{(Q_c - Q_d)P_o}$$

$$t_s = \frac{60V\Delta P}{Q_d P_o}$$

t_0 = compressor operating time,[min].

t_s = compressor stop time,[min].

۴- ظرفیت خشک کن (dryer)

ظرفیت خشک کن با توجه به مقدار دمای نقطه شبنم طراحی باید پائین‌تر از حداقل دمای محیط باشد. دمای هوای ورودی به خشک کن، حداقل و حداکثر فشار سیستم، حداقل و حداکثر دبی هوا و نوع انتخاب شده با مراجعه به کاتالوگ‌های سازنده خشک کن تعیین می‌گردد.

$$\text{Running time percent} = \frac{Q_d \times 100}{Q_c} \leq 70\%$$

Q_d: Demand air at standard condition

Q_c: Compressor air flow rate at standard condition

چنانچه از dryer نوع Heatless استفاده شود در اینصورت:

$$Q_d = Q_{tot} + (0.1 \text{ to } 0.15) Q_{tot}$$

با محاسبه Q_c از روابط بالا هوای خشکی که باید تامین گردد بدست می‌آید ولی برای انتخاب ظرفیت کمپرسور باید توجه داشت که در کاتالوگ‌ها ظرفیت کمپرسور در شرایط استاندارد (ارتفاع در سطح دریا و دمای 70°F) داده شده است و با افزایش ارتفاع محل نصب، دمای محیط و رطوبت، میزان هوادهی کمپرسور کاهش می‌یابد لذا باید حداقل ظرفیت لازم برای کمپرسور محاسبه گردد. حداقل ظرفیت کمپرسور از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q_{comp} = Q_c + \Delta Q_{ALT} + \Delta Q_{temp} + \Delta Q_{RH}$$

Q_{ALT} : ALT.correction flow rate dif.

Q_{temp} : temp, correction flow rate dif.

Q_{RH} : Relative Humidity correction flowrate dif.

با مراجعه به مرجع [1] مقادیر تصحیح بدست می‌آید. پس از تعیین حداقل ظرفیت لازم با مراجعه به کاتالوگ‌های سازنده نهایتاً کمپرسوری که ظرفیت هوادهی بیشتری دارد انتخاب می‌شود.

۳- ظرفیت مخزن (Receiver)

این مخزن بمنظور جلوگیری از کار مداوم کمپرسور، ذخیره هوا، جلوگیری از نوسان فشار و متعادل کردن آن و جمع‌آوری قطرات باقیمانده در هوا استفاده می‌شود، ظرفیت مخزن Receiver از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V = 1/(N \frac{\Delta P}{P_o} (\frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c - Q_d}))$$

- 2- Modern Power station practice, Vol.D, Chapter 4.
 - 3- A.Borumandi, Compressed Air Pipelines Calculation, KarunI, KarunIII and Masjed.e Soleiman Development Projects, Ghods Niroo consulting Engineers.

آقای اکبر برومندی لیسانس مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۶۱ بوده و جمیعاً دارای ۱۶ سال سابقه کار است که ۸ سال آن در شرکت قدس نیرو می باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان طراحی هیدرولیکی و انتقال حرارت است.

۵- اندازه (سایز) لوله‌ها و شیرآلات
 فشار در نقطه تزریق به باس داکت باید بین 10-20mbar باشد. لذا فشار بعد از سیستم کمپرسور باید توسط رگولاتورها و فشار شکن‌ها به فشار فوق‌الذکر تقلیل یابد. تقلیل فشار معمولاً داخل کابینت هوا انجام می‌گیرد. این کابینت دارای تجهیزاتی مانند رگولاتورها، شیرآلات، شیرآلات کنترل، اینسترومانت و ... می‌باشد.
 سایز لوله‌های قبل از کابینت (رگولاتور) براساس حداقل سرعت مجاز برای هوا معادل 10m/sec و حداقل افت فشار 0.25 bar/300m طول معادل لوله تعیین می‌گردد.

در هر صورت افت فشار کل در این مسیر باید طوری باشد که فشار لازم برای کار رگولاتورها را تامی نماید.

سایز لوله‌های بعد از کابینت هوا براساس فشار 10-20mbar، حداکثر سرعت 10m/sec و حداکثر فشار 5mber باید طراحی گردد. سایز شیرآلات در مسیر براساس سایز لوله‌ها خواهد بود.

نتیجہ

برای سیستم هوای فشرده باس داکت استفاده از کمپرسور oil free اجباری بوده و فشار داخل سیستم باس داکت نیز باید در محدوده 10-20mbar باشد تا به تجهیزات آن آسیبی وارد نشود. میزان رطوبت داخل باس داکت در بدترین شرایط محیطی باید پائین‌تر از نقطه شبنم باشد و مقدار روغن و گرد و غبار هوای تامین شده باید به ترتیب کمتر از 1ppmw/w در 20°C و $3\mu\text{m}$ باشد.

مراجع

- 1- M. Frankel, Facility piping systems Handbook, McGraw-Hill, 1996.

کاربرد روش A.H.P در ارزیابی زیستمحیطی - اقتصادی پروژه‌های تولید انرژی الکتریکی

محمد ابراهیم رئیسی - کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی
علی سمعی - کارشناس ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست
معاونت سازه‌های آبی

چکیده:

تولید انرژی یکی از اصول مهم توسعه سرزمین قلمداد شده و در دنیای امروز بدون آن توسعه هر نوع فعالیت اعم از کشاورزی و صنعتی، ممکن نخواهد بود. فناوریهای توسعه تولید انرژی علیرغم رفع نیازهای کنونی بشر نگرانیهایی را از حیث مسائل زیستمحیطی بوجود آورده است. ارزیابی‌های به عمل آمده برای این پروژه‌ها نیز تا کنون به طور عمده ارزیابی‌های اقتصادی بوده و ارزیابی زیستمحیطی در آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی این مقاله ارائه روشی جهت مقایسه طرحهای تولید انرژی از طریق نیروگاه برقابی، نیروگاههای گازی و سیکل ترکیبی می‌باشد. در این راستا ضمن بررسی روشهای گوناگون، روش ارزیابی چند معیاره A.H.P (Analytic Hierarchy process) به عنوان یکی از جدیدترین روشهای موجود در اینگونه ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. آلودگی هوا، کیفیت آب، پوشش گیاهی، حیات وحش، جابجایی جمعیت، کاربری اراضی، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری معیارهایی بودند که در این بررسی مورد توجه قرار گرفتند.

محاسبات انجام شده و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که پروژه‌های تولید انرژی به روش برقابی نسبت به پروژه‌های تولید انرژی به روشهای گازی و سیکل ترکیبی دارای مطلوبیت بیشتری می‌باشند.

مقدمه

در سطوح ملی و بین‌المللی گردیده‌اند. این نگرانیها بیشتر از حیث مسائل و مشکلات زیست محیطی و اقتصادی مطرح در جوامع و اجتماعات می‌باشد.

حساسیتهای عمومی مردم در قالب تشکلهای NGO نسبت به مسائل زیستمحیطی و اهتمامی که امروزه دولتمردان نسبت به گنجاندن مفهوم توسعه پایدار

تولید انرژی یکی از مهمترین اصول توسعه سرزمین بوده و امروزه توسعه هر نوع فعالیتی اعم از کشاورزی و صنعتی با توجه به رشد روزافزون جمعیت، بدون آن ممکن نخواهد بود. فناوریهای توسعه تولید انرژی علیرغم رفع نیازهای کنونی و آتی بشر موجب ایجاد نگرانیهای

برقابی، گازی و سیکل ترکیبی و انتخاب طرح مناسب به لحاظ تداخل عوامل زیست محیطی و اقتصادی- اجتماعی می باشد.

روش کار

روشهای گوناگونی جهت انجام ارزیابی های زیست محیطی- اقتصادی طرحها و تعیین اولویت اجرای آنها وجود دارد. هر کدام از این روشها تنها قادر به ارزیابی جداگانه اقتصادی و زیست محیطی طرحها خواهد بود و ترکیب عوامل مختلف زیست محیطی - اقتصادی و تعیین بهترین گزینه در یک منطقه با استفاده از این روشها امکان پذیر نیست. جهت انجام ارزیابی چند معیاری طرحها ، روشهای مختلفی ارائه شده که با انجام آنها امکان یکپارچه کردن پارامترهای اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و ... بوجود خواهد آمد. این روشها شامل روش رایزن ، فولر و (Analytic Hierarchy Process) A.H.P. است . در این بخش از مقاله روشهای رایزن و فولر بطور مختصر معرفی شده و با توجه به خصوصیات برتر روش A.H.P که در بخشهای بعد به آن اشاره خواهد شد، این شیوه به عنوان روش مناسب ارزیابی پایداری زیست محیطی- اقتصادی طرحهای تولید انرژی به روش برقابی، گازی و سیکل ترکیبی مورداستفاده قرار گرفته است.

روش رایزن

در این روش عوامل کمی شونده و غیر کمی شونده به یک واحد مشترک تبدیل می شوند و به هر کدام از این عوامل وزن داده می شود (قدرت نما ۱۳۷۲). سپس وزن هر عامل در واحد تبدیل شده ضرب گردیده و نتیجه در مقدار هر کدام از

(Sustainable Development) توسعه دارند، مجریان طرحها و پروژه های تولید انرژی را ملزم می نماید تا همزمان و هماهنگ با ارزیابی اقتصادی پروژه های تولید انرژی، حساسیتهای زیست محیطی و اجتماعی پروژه را نیز به طور جدی مد نظر قرار دهند.

در سال ۱۹۸۷ کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه (کمیسیون برون‌تلاند) توسعه پایدار را بدین ترتیب تعریف نمود، توسعه پایدار عبارت از توسعه‌ای است که نیازهای نسل حاضر را بر طرف نموده بدون آنکه توانایی و قابلیت بر طرف نمودن نیازهای نسل آینده را با تهدید و یا مشکل مواجه سازد. این نوع توسعه قبل از هر چیزی نیازمند بررسیهای زیست محیطی و اقتصادی- اجتماعی در سطوح بالا و تصمیم‌گیران دولتی است (WCED 1987).

توسعه پایدار انرژی علیرغم آنکه استفاده از منابع قابل تجدید انرژی را مد نظر قرار می دهد، نیازمند توجه همه جانبی جهت توسعه استفاده از منابع غیر قابل تجدید انرژی نیز می باشد. از آنجا که با فناوری های کنونی تولید انرژی از منابع قابل تجدید، امکان برآورده نمودن نیازهای انرژی مصرفی وجود ندارد، لازم است منابع غیر قابل تجدید نیز در حد معقول و مناسب با روشهای بهینه مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین بشر نیاز به آن دارد که علاوه بر توسعه استفاده از انرژیهای تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی و آب، منابع غیرقابل تجدید انرژی نظیر سوختهای فسیلی را برای نیازهای کنونی مد نظر قرار دهد.

هدف

هدف اصلی این مقاله ارائه روشی جهت ارزیابی طرحهای تولید انرژی، استفاده از نیروگاههای

در ستون دیگری ثبت می‌گردد. در این جدول برای هر کدام از طرحها نیز دو ستون تشکیل شده که در یکی از آنها ضریب برتری (حاصل از جدول مقایسه طرحها) نوشته می‌شود و در ستون دیگر ضریب برتری معیار (عامل) در ضریب برتری همان معیار در طرح مورد نظر، ضرب شده و ثبت می‌گردد که به آن ضریب وزن داده شده می‌گویند. در نهایت با جمع ضریب وزنهای داده شده تمام معیارها در هر طرح، امکان مقایسه طرحها بوجود خواهد آمد. هر طرحی که بیشترین رقم را نشان دهد بهترین طرح بوده و اولویت اجرا خواهد داشت. (قدرت نما ۱۳۷۲)

روش فولر (Analytic Hierarchy Process A.H.P)

روش A.H.P در واقع یک فرآیند سلسله مراتبی است. در سطح اول این سلسله مراتب "طرحهای مورد مقایسه"، در سطح دوم "معیارها یا عوامل" و در سطح سوم آن "طرحهای منتخب" قرار می‌گیرند. (قدرت نما ۱۳۷۲)

در این روش معیارها (علوام) به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری انتخاب طرح بهینه مد نظر قرار می‌گیرند. مبنای مقایسه و اهمیت معیارها (علوام) و طرحها به صورت جدول شماره (۱) است.

جدول شماره (۱)- مقیاس امتیاز دهی در مقایسه دو به دو عوامل (معیارها)

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	امتیاز
بینهایت بهتر	خیلی خیلی بهتر	خیلی بهتر	خیلی تا خیلی بهتر	خیلی	خیلی	کمی تا بهتر	کمی	مساوی تا بهتر	امتیاز اهمیت

در مرحله اول روش A.H.P طرحها از نظر هر کدام از معیارها در ماتریس‌های جداگانه با هم مقایسه می‌گردند. در مرحله دوم، ماتریس‌های محاسبه

عوامل برای هر طرح ضرب شده و برای هر عامل (معیار) رقمی بدست می‌آید. جمع نمودن اعداد مذبور در هر طرح، امکان مقایسه آنها را میسر خواهد نمود. هر طرحی که رقم بیشتری را به خود اختصاص دهد، ارجح خواهد بود.

روش فولر

این روش بر جدول فولر که برای مقایسه‌های دو به دو به کار می‌رود، استوار است. بدین ترتیب که ابتدا جدولی تهیه می‌گردد که معیارها در سطرها و ستونهای آن قرار می‌گیرند (قدرت نما ۱۳۷۲). بعد از تشکیل این جدول معیارها دو به دو با هم مقایسه شده و هر معیاری که برتری داشته باشد در سلول مربوط به تقاطع جدول معیارها یادداشت می‌شود. در مرحله دوم تعداد برتریهای هر معیار (عامل) شمارش شده و در ستون دیگری یادداشت می‌گردد. در مرحله سوم به هر کدام از معیارها یا عوامل بر اساس تعداد برتریها وزن تعلق گرفته که در ستون دیگری از جدول مذبور ثبت می‌گردد. در مرحله چهارم لازم است برای هر یک از معیارها بطور جداگانه جدولی مشابه جدول مذکور تهیه گردد که در آن طرحها از لحاظ معیار مورد نظر دو به دو مورد مقایسه قرار گیرند. در مرحله پنجم جدول مشترکی بنام جدول ارزشیابی

جدول شماره (۱)- مقیاس امتیاز دهی در مقایسه دو به دو عوامل (معیارها)

نهایی طرحها تهیه و در ستون اول آن معیارها (علوام) وارد شده و سپس ضریب برتری که از شمارش تعداد برتریهای هر معیار بدست می‌آید

ضریب‌های هر کدام از عوامل یا معیارها بدست می‌آید.

برای یافتن ضریب یا نسبت همخوانی باید سه عامل دیگر یعنی متوسط اجزاء وکتور همخوانی، شاخص تصادفی بودن و شاخص همخوانی نیز بدست آید.

$$L = (C + D + E + \dots) / n$$

C و D و E و ... = اجزاء وکتور همخوانی

L = متوسط اجزاء وکتور همخوانی

شاخص همخوانی از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$CI = \frac{L-n}{n-1}$$

n تعداد اجزاء یا سیستمهایی است که با هم مقایسه می‌شوند که در این مورد n=2 است.

براساس روش A.H.P مقدار RI (شاخص تصادفی بودن) از جدول شماره (۲) بدست می‌آید.

ارزیابی طرح‌ها از نظر هر کدام از عوامل یا معیارها تهیه می‌گردد. اعداد این ماتریس از تقسیم اعداد سلولهای ماتریسهای مقایسه طرح‌ها از نظر عوامل به حاصل جمع ستونهای عمودی مربوط به هر طرح بدست می‌آیند. سپس برای هر طرح، میانگین ردیفها محاسبه و در ستون میانگینها یادداشت می‌گردد. اعداد ستون میانگین‌های این جداول به عنوان ضریب معیارها (عوامل) می‌باشند (اصغرپور ۱۳۷۷).

در مقایسه طرح‌ها مطابق جدول شماره (۱) به طرح‌ها امتیاز داده می‌شود. با توجه به این نکته که در جدول شماره (۱) امتیازهای منفی وجود ندارد، به هنگام مقایسه دو عامل که اولی در رتبه پایین‌تری نسبت به دومی قراردارد، ابتدا عامل دوم را نسبت به عامل اول ارزیابی کرده و در محل

جدول شماره (۲) - شاخص تصادفی بودن

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	n	RI
۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۱۳	۰/۹	۰/۵۸	۰/۰۰		

ضریب همخوانی به ترتیب زیر از تقسیم شاخص همخوانی بر شاخص تصادفی بودن حاصل می‌گردد:

$$CR = CI / RI$$

در روش A.H.P ضریب یا نسبت همخوانی نمایانگر همخوان بودن امتیازهایی است که به عوامل مختلف داده شده است. هر چه مقدار این ضریب بیشتر باشد، همخوانی کمتر است و بر عکس. بطورکلی اگر این ضریب کمتر از ۰/۱ باشد، امتیازهای داده شده با هم همخوانی دارند و در غیر اینصورت در دادن امتیازها باید تجدید نظر صورت گیرد.

مناسب خود در ماتریس قرار می‌دهیم. سپس در مکان مربوط به مقایسه طرح اول با دوم عکس امتیاز داده شده را اعمال می‌نماییم.

براساس روش A.H.P در مرحله سوم لازم است ضریب همخوانی بدست آید. بدین ترتیب مشخص خواهد شد که تا چه اندازه همخوانی در دادن امتیازها رعایت شده است. برای بدست آوردن ضریب یا نسبت همخوانی ابتدا باید وکتور جمع‌های وزن داده شده و وکتور همخوانی بدست آید. وکتور جمع‌ها از طریق ضرب ضریب معیارها در مقدار امتیازات داده شده و جمع ردیف به ردیف آنها بدست می‌آید. وکتور همخوانی نیز از تقسیم اجزاء وکتور جمع‌ها بر اجزاء وکتور

می باشند. البته به عوامل مزبور عوامل دیگری را جهت مقایسه بهتر می توان اضافه نمود. در هر حال مواردیکه باعث شده‌اند تا این عوامل انتخاب گردند به شرح زیر می باشند:

۱- نشان دادن توانایی روش A.H.P در مقایسه عوامل کمیت‌پذیر (عوامل اقتصادی) و عوامل کمیت‌ناپذیر (اثرات زیست‌محیطی).

۲- عوامل مزبور جزء عمدترين عواملی هستند که در مقایسه نیروگاههای حرارتی و نیروگاههای برقابی دخیل بوده و بیشترین تفاوت را در موقعی که محدودیت در انتخاب وجود دارد، باعث می گردند.

۳- بر اساس قوانین و دستورالعملهای موجود در کشور لازم است علاوه بر ارزیابی صرفاً اقتصادی، ارزیابی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مد نظر قرار گیرند، معیارهای منتخب در این مقاله می‌توانند شاخص خوبی از عوامل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی تاثیرگذار در پژوهه‌های نیروگاههای حرارتی و برقابی بدست دهند.

در این مقاله، جهت مقایسه نیروگاههای حرارتی و برقابی مجموعه‌ای از عوامل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مد نظر قرار گرفته‌اند. کیفیت

جدول شماره (۳)- معیارهای مورد نظر در نیروگاههای مورد مقایسه

یکی از مزیتهای A.H.P امکان آزمون همخوانی است که در دو روش دیگر وجود ندارد. در مرحله چهارم روش A.H.P عوامل دو به دو نیز با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند و بر حسب اهمیتی که به آنها داده می‌شود به آنها امتیاز تعلق می‌گیرد (براساس جدول شماره ۱)، بعد از تشکیل این ماتریس محاسبات ادامه یافته و با بدست آوردن میانگین اجزاء ماتریس در ردیفها، وزن عوامل یا معیارها بدست می‌آید. (اصغرپور ۱۳۷۷) با ضرب ماتریس وزن طرحها بر حسب عوامل در وکتور وزن عوامل، ماتریس جدیدی حاصل می‌شود که اگر در آن اجزاء ستون مربوط به هر کدام از طرحها با هم جمع گردد، مقدار ارزش نهایی هر یک از طرحها بدست خواهد آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

جهت مقایسه چند معیاری نیروگاههای گازی، سیکل ترکیبی و برقابی به روش A.H.P مجموعاً هشت معیار شامل عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (جدول شماره ۳). معیارهای مزبور مشتمل بر کیفیت هوا، کیفیت آب، پوشش گیاهی، حیات وحش، جابجایی جمعیت، کاربری اراضی، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

شماره	عامل	نیروگاه گازی	نیروگاه برقابی	نیروگاه سیکل ترکیبی
۱	کیفیت هوا	۴	۱	۲
۲	کیفیت آب	۲	۳	۳
۳	پوشش گیاهی	۲	۴	۴
۴	حيات وحش	۲	۳	۳
۵	جابجایی جمعیت (نفر)	۱۳۰	۲۰	۱۷
۶	کاربری اراضی	۳	۲	۲
۷	*سرمایه‌گذاری اولیه (هزار ریال)	۲۰۶۴	۱۷۴۶	۲۸۴۴
۸	*هزینه نگهداری و بهره‌برداری (میلیون ریال)	۱/۶۵	۱۹/۱۵	۱۴/۴

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری بهره‌برداری نیروگاهها با استفاده از اطلاعات دریافتی از سازمان برق ایران در سال ۱۳۷۸ و با احتساب هر دلار برابر ۸۰۰۰ ریال محاسبه شده است.

جدول ۴- ماتریس مقایسه طرحها از نظر
کیفیت‌هوا

۳	۲	۱	طرح
۳	۶	۱	طرح
۰/۳۳	۱	۰/۱۷	۲
۱	۳	۰/۳۳	۳

جدول ۵- ماتریس مقایسه طرحها از نظر کیفیت
آب

۳	۲	۱	طرح
۳	۴	۱	طرح
۰/۵	۱	۰/۲۵	۲
۱	۲	۰/۳۳	۳

جدول ۶- ماتریس مقایسه طرحها از نظر
پوشش‌گیاهی

۳	۲	۱	طرح
۳	۴	۱	طرح
۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۲
۱	۳	۰/۱۷	۳

جدول ۷- ماتریس مقایسه طرحها از نظر
حيات و حشر

۳	۲	۱	طرح
۳	۲	۱	طرح
۰/۲	۰/۲	۱	۱
۲	۱	۵	۲
۱	۰/۵	۵	۳

جدول ۸- ماتریس مقایسه طرحها از نظر
جابجایی جمعیت

۳	۲	۱	طرح
۳	۲	۱	طرح
۰/۲	۰/۲	۱	۱
۰/۵	۱	۵	۲
۱	۲	۵	۳

هوا از جمله پارامترهایی است که در توسعه نیروگاههای حرارتی باید مورد توجه قرار گیرد، آلودگی ایجاد شده توسط نیروگاههای حرارتی به سبب مصرف سوخت، به مراتب از نیروگاههای برقابی بیشتر می‌باشد. آلودگی آب از جمله دیگر عوامل مورد توجه در مقایسه این نوع نیروگاهها است، از این حیث نیروگاههای برقابی از مطلوبیت کمتری برخوردارند. ایجاد سد برای تامین آب مورد نیاز جهت تولید انرژی برقابی سبب می‌شود که پوشش‌گیاهی و حیات وحش در محل احداث این نیروگاهها تحت تاثیر قرار گرفته و به سبب قرار گرفتن برخی از آبادیها در مخزن سد جابجایی جمعیت از مناطق مورد نظر انجام گیرد. این موارد با شدت کمتری در مورد نیروگاههای حرارتی مطرح می‌باشد.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری و بهره‌برداری از جمله معیارهای عمده اقتصادی موثر در تصمیم‌گیری پروژه‌های تولید انرژی است. لذا این عوامل نیز در کنار معیارهای زیست‌محیطی- اجتماعی فوق الذکر به مجموعه معیارها اضافه شده‌اند.

- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری بهره‌برداری نیروگاهها با استفاده از اطلاعات دریافتی از سازمان برق ایران در سال ۱۳۷۸ و با احتساب هر دلار برابر ۸۰۰۰ ریال محاسبه شده است.

با استفاده از جدول شماره ۳ قبل ماتریس مقایسه طرحها در جداول ۴ تا ۱۱ محاسبه شده است. در این جداول طرح ۱ نیروگاه برقابی طرح ۲ نیروگاه گازی و طرح ۳ نیروگاه سیکل ترکیبی است.

جدول ۱۳- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر کیفیت آب

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۵۷	۰/۶۳	۱
۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۲
۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۲۱	۳

جدول ۱۴- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر پوشش گیاهی

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۶۱	۰/۶۹	۰/۵	۰/۶۳	۱
۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۶	۲
۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۲۱	۳

جدول ۱۵- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر حیات وحش

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۹	۱
۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۴۵	۲
۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۴۵	۳

جدول ۱۶- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر جابجایی جمعیت

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۱
۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۴۵	۲
۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۴۵	۳

جدول ۱۷- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر کاربری اراضی

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۸	۱
۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۵	۲
۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۴۲	۳

جدول ۹- ماتریس مقایسه طرحها از نظر کاربری اراضی

۳	۲	۱	طرح
			طرح
۰/۲	۰/۱۷	۱	۱
۳	۱	۶	۲
۱	۰/۳۳	۵	۳

جدول ۱۰- ماتریس مقایسه طرحها از نظر هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

۳	۲	۱	طرح
			طرح
۳	۰/۳۳	۱	۱
۴	۱	۳	۲
۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۳

جدول ۱۱- ماتریس مقایسه طرحها از نظر هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری

۳	۲	۱	طرح
			طرح
۵	۶	۱	۱
۰/۳۳	۱	۰/۱۷	۲
۱	۳	۰/۲	۳

پس از محاسبه ماتریس مقایسه طرحها، باید بر اساس دستورالعمل روش A.H.P، ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحهای مورد مقایسه را از دیدگاه هر یک از معیارهای مورد بحث تشکیل دهیم. این مرحله از روش A.H.P در جداول ۱۲ تا ۱۹ نمایش داده شده است.

جدول ۱۲- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر کیفیت هوا

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
				طرح
۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۶	۰/۶۷	۱
۰/۱	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۱	۲
۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۳	۰/۲۲	۳

ضریب همخوانی در این مرحله و مقادیر آن از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. ضرایب همخوانی محاسبه در جدول شماره (۲۰) درج شده است.

همچنانکه جدول شماره (۲۰)- نشان می دهد کلیه اعداد مربوط به ضریب همخوانی، مقادیری کوچکتر از ۰/۱ داشته و نشاندهندۀ آن است که در دادن امتیازات به معیارهای هشتگانه همخوانی لازم رعایت گردیده است.

مرحله بعدی روش A.H.P مقایسه دو به دو عوامل با توجه به ضریب اهمیت و با استفاده از شیوه امتیازدهی پیشنهادی در این روش می باشد. ماتریس مربوط به این مرحله با استفاده از نقطه نظرات کارشناسی و اهمیت هر عامل بر دیگر عوامل در جدول شماره (۲۱) نشان داده شده است.

جدول ۱۸- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر سرمایه‌گذاری

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۲۳	۱
۰/۶۱	۰/۱۵	۰/۶۳	۰/۶۹	۲
۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۰۸	۳

جدول ۱۹- ماتریس محاسبه ارزشیابی طرحها از نظر بهره‌برداری نگهداری

میانگین ردیفها	۳	۲	۱	طرح
۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۶	۰/۷۳	۱
۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۲	۲
۰/۲	۰/۱۶	۰/۳	۰/۱۵	۳

نکته قابل توجه در این مرحله از ارزیابی این است که آیا اصولاً در امتیازدهی به معیارها چه اندازه همخوانی رعایت شده است، لذا، محاسبه

جدول شماره (۲۰)- ضریب همخوانی معیارها

معیار	کیفیت هوا	کیفیت آب	پوشش گیاهی	حیات وحش	جابجایی جمعیت	کاربری اراضی	سرمایه‌گذاری اولیه	هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
ضریب همخوانی	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۹

جدول شماره (۲۱)- ماتریس مقایسه دودویی معیارها

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	معیار
۹	۷	۸	۵	۷	۵	۴	۱	۱
۸	۸	۸	۶	۶	۴	۱	۰/۲۵	۲
۳	۲	۳	۰/۲	۴	۱	۰/۲۵	۰/۲	۳
۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۴	۴
۴	۲	۴	۱	۳	۵	۰/۱۷	۰/۲	۵
۳	۳	۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۶
۰/۳۳	۱	۰/۳۳	۰/۵	۴	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۴	۷
۱	۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۱۱	۸
۲۸/۶۶	۲۶/۲۵	۲۷/۶۶	۱۳/۵۳	۲۸/۳۳	۱۶/۴۱	۵/۹۸	۲/۱۷	جمع

با توجه به محاسبه انجام شده و نتایج حاصله و با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارهای زیستمحیطی، اقتصادی و اجتماعی، طرح تولید انرژی با استفاده از نیروگاه برقابی در اولویت اول و نیروگاه سیکل ترکیبی در اولویت دوم

پس از مقایسه دو بیهوده معیارها لازم است که معیارها جهت تعیین طرح بهینه ارزشیابی شوند. ماتریس محاسبه ارزشیابی معیارها در جدول شماره (۲۲) نشان داده شده است. ماتریس مذبور در تعیین وزن عوامل جهت انتخاب طرح بهینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

جدول شماره (۲۲)- ماتریس محاسبه ارزشیابی معیارها برای انتخاب طرح بهینه ها

معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	میانگین
۱	۰/۴۶	۰/۶۷	۰/۳	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۷
۲	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۶
۳	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۸
۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴
۵	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۳	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۲
۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱	۰/۰۵
۷	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴
۸	۰/۱۵	۰/۲	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۳۷

قرار می‌گیرد و اولویت سوم مربوط به نیروگاه گازی است، اگر چه اختلاف نیروگاههای سیکل ترکیبی و گازی اندک است. بدین ترتیب با توجه به اهداف توسعه پایدار، نیروگاههای برقابی نسبت به نیروگاههای حرارتی دارای موقعیت بهتری بوده و لازم است در برنامه‌ریزی کلان کشور در بخش

ضرب ماتریس وزن طرحها بر حسب عوامل در وکتور وزن عوامل و محاسبه آن، ماتریسی است که با جمع هر ستون از آن ارزش نهایی طرحها و در نتیجه اولویت انجام آنها مشخص خواهد شد. این محاسبات در جدول شماره (۲۳) درج شده است.

جدول (۲۳)- ماتریس ارزشیابی نهایی طرحها

۱	۲	۳
۰/۲۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۹۱
۰/۱۵۹	۰/۰۳۶	۰/۰۶۱
۰/۰۴۹	۰/۰۰۹	۰/۰۲۲
۰/۰۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳
۰/۰۱۱	۰/۰۶۸	۰/۰۴۲
۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۱۴
۰/۰۰۹	۰/۰۲۷	۰/۰۰۶
۰/۰۳۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹
۰/۵۰۶	۰/۲۳۲	۰/۲۶۰
جمع		

- قدرت نما، قهرمان_ (۱۳۷۲) _ارزیابیهای چند معیاری در طرحهای توسعه منابع آب - آب و توسعه - شماره ۲ . ۲۳ - ۱۱ .
- سازمان برق ایران - دفتر برنامه‌ریزی تولید (۱۳۷۸)- اطلاعات فنی و اقتصادی نیروگاههای کشور در سال ۱۳۷۷ .

آقای علی سمعی فوکلیسانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست از دانشگاه تهران در سال ۱۳۷۵ می‌باشد. ایشان ۶ سال در مهندسین مشاور قدس نیرو سابقه کار داشته و دارای زمینه فعالیت و علاقمندی در ارزیابی محیط زیست و سایر زمینه‌های زیست محیطی است.

آقای محمدابراهیم رئیسی فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی از دانشگاه شیراز در سال ۱۳۷۷ است. ایشان ۳ سال در مهندسین مشاور قدس نیرو سابقه کار داشته و دارای زمینه فعالیت و علاقمندی در اقتصاد کشاورزی و اقتصاد انرژی (ارزیابی اقتصادی پروژه‌های تولید انرژی) می‌باشد.

تولید انرژی مورد توجه بیشتری قرار گرفته و جهت رفع نیازهای بلند مدت کشور، به انرژی طرحهای بر قابی، در اولویت قرار گیرند.

در پایان لازم است یادآوری گردد سعی نگارندگان این مقاله در واقع فتح بابی جهت معرفی روش A.H.P و استفاده از آن برای کمک به سطوح بالای تصمیم‌گیری و مدیریت جهت تعیین اولویت طرحهای تولید انرژی است. البته واضح است که پس از مشخص شدن عوامل و معیارها، از این روش می‌توان جهت تعیین اولویت تمام طرحهایی که نقاط مشترک و قابل مقایسه دارند، استفاده و بهترین طرح را معرفی نمود.

مراجع

- Gilpin Alan. (1999), "Environmental Economics". John willey & sons, PP89-112.
- Good land. R, (1996), "The Environmental sustainability challenge for the Hydro Industry", Journal of Hydropower & Dams, Issue one, pp.37-42.
- World commission on Environment and Development, (1987), "Our Common Future", oxford university press, P 43.
- آر. ک. ترنر ، دی پریس ، ای باتمن - (۱۳۷۴)- اقتصاد و محیط زیست - ترجمه عوض گوچکی ، سیاوش دهقانیان، علی کلاهی اهری - صفحات ۷۱ تا ۸۲ .
- اصغر پور ، محمد جواد - (۱۳۷۷) - تصمیم‌گیری چندمعیاره ، دانشگاه تهران.
- سازمان برنامه و بودجه (۱۳۷۳) - مستندات برنامه اول و دوم توسعه اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران.

بررسی طول عمر باقیمانده تجهیزات در نیروگاهها

مهدی نجات

مدیر پروژه بویلرهای مجتمع نیشکر - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

در حال حاضر در کشور ما نیروگاههای بزرگ دارای متوسط طول عمری برابر با ۲۰ سال می‌باشند که به پایان عمر طراحی خود نزدیک می‌شوند. این نیروگاهها در شرایطی قرار دارند که برای ادامه بهره‌برداری بایستی همین امروز به آنها رسیدگی شود و این امر مستلزم بدست آوردن علم شناخت تعیین نقاط ضعف، تخمین طول عمر باقیمانده و روش‌های بازسازی و تعمیرات آنها می‌باشد.

امروزه، ساخت و ایجاد نیروگاهها سرمایه‌گذاری سنگینی دارد که بایستی بخوبی حفظ و نگهداری شوند. برای بهره‌برداری مطلوب و بهینه‌سازی نیروگاهها و افزایش عمر مفید بدست آوردن علم آن و استفاده از روش‌های کاربردی برای این منظور، غیرقابل اجتناب و لازم می‌باشد. از طرفی بهینه‌سازی و تعیین عمر باقیمانده علم جدیدی است که با توجه به علم متالورژی-آنالیز معاویب-مکانیک شیمی و استفاده از کامپیوترا جهت پروسه تاریخی وضعیت کارکرد، بکار می‌رود و در آن نوع بهره‌برداری و تعمیرات و پیدا کردن معاویب بهمراه انواع تست‌های مخرب دوره‌ای و رکورد آنها و بررسی وضعیت قطعات اصلی مانند بویلر-توربین-ژنراتور-هیترها- پمپ تغذیه مورد بررسی قرار گیرند که با توجه به این مطالب راههای دستیابی باین علم برای بازسازی، نوسازی و بهینه‌سازی نیروگاهها باید در نظر گرفته شود.

بهینه‌سازی و تعیین طول عمر باقیمانده علمی است که در دهه‌های اخیر نتایج مطلوبی داشته و نیروگاههایی با طول عمر ۳۰-۲۵ سال با هزینه کم برای مدت ۱۵ سال دیگر مورد استفاده قرار گرفته است که برای بویلر مخارج آن تا حد اکثر ۱۵٪ بویلرنو و برای توربین ژنراتور زیر ۱۰٪ خواهد بود.

این مقاله بررسی این راهکارها جهت افزایش طول عمر باقیمانده نیروگاهها می‌باشد.

طول عمر مناسبی برای کارکرد آنها در طراحی اولیه پیش‌بینی می‌شود که این میزان برای تجهیزات نیروگاهی معمولاً ۱۰۰۰۰ ساعت در نظر گرفته می‌شود و معادل کاری حدود ۲۵ تا ۳۰ سال می‌باشد.

با پیشرفت علم مواد بسیاری از ناشناخته‌های متالورژی شناخته شده و تاثیرات خستگی و خرمش در مواد مورد شناسائی قرار گرفته است و از آنجائی که عمر لوله‌ها و قطعات در درجه حرارت بالا بعلت پدیده خرمش محدود می‌باشد

۴-۲- بررسی سوابق بازدیدهای دوره‌ای و برنامه‌ریزی شده

این بخش یکی از مهم‌ترین بخش‌هایی است که بایستی مورد استفاده قرار گیرد و طی آن صدمه وارد به قطعه طی دوره بهره‌برداری مشخص گردد. این کار بدینصورت انجام می‌شود که پس از جمع‌آوری دقیق اطلاعات مربوط به کارکرد واحد از ابتدای بهره‌برداری از جمله تعداد راهاندازی‌ها، ساعت کارکرد واحد درباره‌ای مختلف، میزان و سرعت تغییرات بار و دما و اطلاعات کلیدی مشابه می‌توان تصویر نسبتاً دقیقی از چگونگی کارکرد واحد تهیه نمود و نهایتاً با آنالیز آن و تعیین تنش‌های بوجود آمده مقدار صدمه و تخریب قطعه را بدست آورد.

در این محاسبات بایستی از یکطرف خستگی قطعه با توجه به منحنی‌های سیکل fatigue و از طرف دیگر میزان خرز بوجود آمده تعیین گردد. بدین منظور بایستی اطلاعات مربوط به سیکل خستگی و خرز ماتریال در اختیار باشد. بدیهی است نتیجه محاسبات فوق زمانی قابل اعتماد خواهد بود که اطلاعات ورودی از دقت بالایی برخوردار باشد.

لازم به ذکر است که در برخی از نیروگاهها و برای تجهیزات خاصی مانند توربین این عمل بصورت خودکار انجام می‌شود و اپراتور در هر لحظه می‌تواند از عمر مصرف شده یا عمر باقیمانده اطلاع حاصل نماید.

۳- بکارگیری تکنولوژی پیشرفته تعیین طول عمر

- ۱-۳- بکارگیری تکنولوژی تعیین عمر باقیمانده
- ۲-۳- بکارگیری تکنولوژیهای لازم برای شناخت دقیق مسائل و مشکلات کاری

اخیراً با روش‌های بررسی طول عمر باقیمانده در صدد افزایش طول عمر تجهیزات نیروگاه می‌باشد که نه تنها با انتخاب جنس مناسب قطعات در معرض پیری کمتری قرار می‌گیرند بلکه با استفاده از روش‌های شناخت و تست‌های مختلف NDT, DT, نقاط ضعف شناسائی گردیده و قبل از وقوع مشکلی نقاط ضعف را برطرف می‌کنند.

جهت بررسی طول عمر باقیمانده قطعات مهم و اساسی نیروگاه مثل بویلر، توربین، سیکل حرارتی که عمدتاً هیترها و پمپ تغذیه بویلر می‌باشد روش‌های زیر فهرست‌وار شرح داده می‌شود:

۱- عوامل موثر در تعیین طول عمر قطعات نیروگاهی

- ۱-۱- ساعت کارکرد
- ۱-۲- درجه حرارت و حد مجاز در شرایط کاری
- ۱-۳- فشار و حد مجاز در شرایط کاری
- ۱-۴- میزان تنش در شرایط کاری نسبت به حد تعیین شده طراحی بخصوص در بویلر و توربین
- ۱-۵- خواص ماتریال و مناسب بودن آن برای شرایط کاری
- ۱-۶- استارت و توقف‌های واحد
- ۱-۷- تغییرات بار

۲- بررسی سوابق و اطلاعات بهره‌برداری و تعمیرات

- ۲-۱- بررسی سوابق تعمیرات و قطعات تعویضی و جایگزینی
- ۲-۲- بررسی سوابق چگونگی روند کارکرد تجهیزات اصلی
- ۲-۳- بررسی سوابق بازدیدهای چشمی و دقیق در زمانهای متناوب

- ۵-۳- نگهداری واحد و تجهیزات اصلی در شرایط کارکرد خوب و بهینه
- ۴-۴- تا حد ممکن کاهش تنش با کار کردن در شرایط مطلوب کاری و جلوگیری از افزایش درجه حرارت بیشتر از حد مجاز
- ۵-۵- بهتر استفاده کردن و هدایت سیستم در جهت استفاده بهینه

آنچه در بالا ذکر گردید در مورد کلیه تجهیزاتی که تحت فشار و دمای بالا کار میکنند صادق است. از جمله تجهیزات مهم نیروگاهی که بررسی وضعیت و تعیین طول عمر باقیمانده آن مشکل و انجام تعمیرات اصلاحی پیچیده و با هزینه های گرافی همراه است میتوان از توربین و بویلر نام برد.

ذیلاً موارد عمده ای که در کاهش عمر این تجهیزات موثرند ذکر می گردد:

الف- توربین بخار
 توربین در اثر کارکردن عمدتاً در معرض قرار دارد که بخاطر استارت و استاپهای متعدد و تغییر بارهای مختلف می باشد. معمولاً باید در نیروگاهها این استارت و استاپها رکورد شده باشد که با توجه به آنها و از روی منحنیهای cycle Fatigue میتوان درصد خستگی اعمال شده به توربین را محاسبه نمود. عنوان مثال: میدانیم که توربین در شرایط cycle ۱۰۰ کار میکند. حال اگر بنا به درخواست بار شبکه یا شرایط اضطراری تغییر بار سریعی لازم باشد و تغییرات درجه حرارت 160°C در مدت ۲۰ دقیقه انجام شود بر روی منحنی cycle ۲۰۰۰ قرار می گیریم که $1/2000$ بحساب میاید و اگر فرض کنیم تا بحال ۱۰۰ اتفاق مشابه پیش آمده $100 \times 1/2000 = 0/5$ از جمع سیکل خستگی توربین کاسته شده است که معمولاً باید در

- ۳-۳- بکارگیری تکنولوژی تستهای مخرب و غیرمخرب
- ۴-۳- تفسیر چگونگی تعمیرات با توجه به اندازه گیریهای مختلف و تستها
- ۵-۳- بکارگیری مجموعه سیستم پیشگیری کننده
- ۶-۳- بکارگیری تکنولوژی جدید تشخیص

۴- بررسی و اندازه گیری کارآئی واحد با هدف تعیین نقاط ضعف

- ۱-۴- اندازه گیری کارآئی از طریق روش های محاسباتی
- ۲-۴- اندازه گیری کارآئی از طریق استفاده از مدل مشابه
- ۳-۴- اندازه گیری کارآئی از طریق supervisory computer
- ۴-۴- استفاده از تکنولوژی در دسترس بودن
- ۵-۴- استفاده از اتوماسیون
- ۶-۴- بهبود کیفیت بهره برداری و تعمیرات از طریق بهبود اطلاعات، دستورالعملها و افزایش بازدیدهای دوره ای و آنالیز تستها

پس از انجام مطالعات اولیه شرایط کارکرد و بررسی سوابق بهره برداری و تعمیرات ضمن بکارگیری تکنولوژیهای تعیین طول عمر مصرف شده و باقیمانده از جمله از طریق تستهای DT و NDT وضعیت واحد از لحاظ عمر باقیمانده تعیین میگردد. پیرو آن اقدامات لازم برای برطرف کردن نقاط ضعف و رساندن به شرایط کاری مناسب برای کارکرد حداقل ۱۵ تا ۲۰ سال آینده ضروری است. در این زمان اقدامات زیر باید انجام شود:

۵- افزایش طول عمر واحد کارکرده

- ۱-۵- تعویض و جابجایی قطعات فرسوده
- ۲-۵- تعیین و اندازه گیری اطلاعات مربوط به شرایط کارکرد سخت و اقدامات لازم برای رساندن شرایط به حالت نرمال

انجام گیرد، شاید اثرات خستگی روی بویلر قابل اغماض بوده و نهایتاً طول عمر کارکرد بویلر را با توجه به اثرات خزش بتوان مورد ارزیابی قرار داد. برای تعیین طول عمر باقیمانده، میتوان از منحنی لارسون میلر استفاده کرد.



همانطور که در شکل فوق ملاحظه میشود شرایط کاری در طول عمر باقیمانده لوله بویلر اثر دارد. افزایش درجه حرارت، یا زمان و افزایش تنفس باعث میشود که لوله به خط گسیختگی نزدیک شود.

laguer شدن جدار لوله بعلت سائیدگی - خوردگی باعث افزایش تنفس در لوله میشود و یا حتی افزایش رسوب در جداره داخلی لوله باعث افزایش درجه حرارت فلز لوله میشود.

برای بررسی اثرات زمانی درجه حرارت و تنفس مجاز بر فلز از روش لارسون- میلر بشرح زیر استفاده میشود:

$$P = T(20 + \log t)$$

P = تابع لارسون میلر

T = درجه حرارت مطلق بر حسب رانکین

t = زمان گسیختن بر حسب ساعت

مثال: قطعه‌ای طراحی شده در دمای 530°C حدود 1000 ساعت بدون خزش کار میکند. اگر دما 20°C اضافه شود چه تأثیری در عمر قطعه خواهد داشت (تنفس ثابت).

نیروگاه رکوردی در عدد تریپها و استارت و استاپها و تغییرات بار وجود داشته باشد تا بتوان طول عمر توربین را محاسبه نمود و زمان مفید باقیمانده را هم حساب کرد. مسئله خزش در توربین نسبت به خستگی از اهمیت کمتری برخوردار است. عمدتاً توربینهای امروزی دارای طول عمرهای زیاد میباشند. شاید بتوان گفت اگر توربین در شرایط خوبی کار کند بین $1/5$ تا 2 برابر عمر بویلر نیز قابلیت کارکردن دارد.

علاوه بر آن مشکلاتی که توربینهای بخار با آن مواجه بوده و در کاهش عمر تأثیر می‌گذارند بشرح زیر می‌باشد:

- ۱- افزایش ارتعاش
- ۲- افزایش درجه حرارت روغن توربین و متال
- ۳- کاهش فشار روغن توربین
- ۴- افزایش فشار بخار در Impulse Chamber بعلت Deposite Formation در پره‌ها
- ۵- کاهش فشار بخار در بند 4 بعلت تغییر اندازه clearance
- ۶- افزایش درجه حرارت بخار نقطه ورودی Extraction توربین و یا در Exhaust hood
- ۷- نشت روغن در لوله‌های روغن توربین
- ۸- نشت روغن فلنج سیلندرها Rotor Seal Clearance
- ۹- افزایش بویلر

بویلر در اثر کارکرد در دمای بالا عمدتاً در معرض خزش قرار دارد. عمدتاً طول عمر کاری لوله‌های بویلر را برای 100000 ساعت کار طراحی میکنند که بین 25 تا 30 سال خواهد بود. البته علاوه بر خزش بویلر همیشه در معرض خستگی هم میباشد که بستگی به چگونگی راهاندازی و تغییرات بار دارد که اگر سعی شود بویلر را به آرامی افزایش بار دهنده و تغییرات بار به آرامی

آقای مهدی نجات لیسانس مهندسی مکانیک از دانشگاه علم و صنعت ایران بوده و دارای ۲۴ سال سابقه کار در مهندسین مشاور قدس نیرو می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان بطور کلی تجهیزات مکانیک نیروگاه، خصوصاً بخش بویلر است.

با استفاده از فرمول لارسون-میلر

$$T_1(20+\log t_1) = T_2(20+\log t_2)$$

درجه حرارت حالت‌های ۱ و ۲ رانکین

عمر کاری در حالت‌های ۱ و ۲ (ساعت) t_1, t_2

$$R = F + 460$$

$$1446(20+\log 100000) = 1449.6(20+\log t_2)$$

$$\log t_2 = 49379$$

$$t_2 = 10^{49379}$$

$$t_2 = 86679 \rightarrow$$

$$t_2 = 86000$$

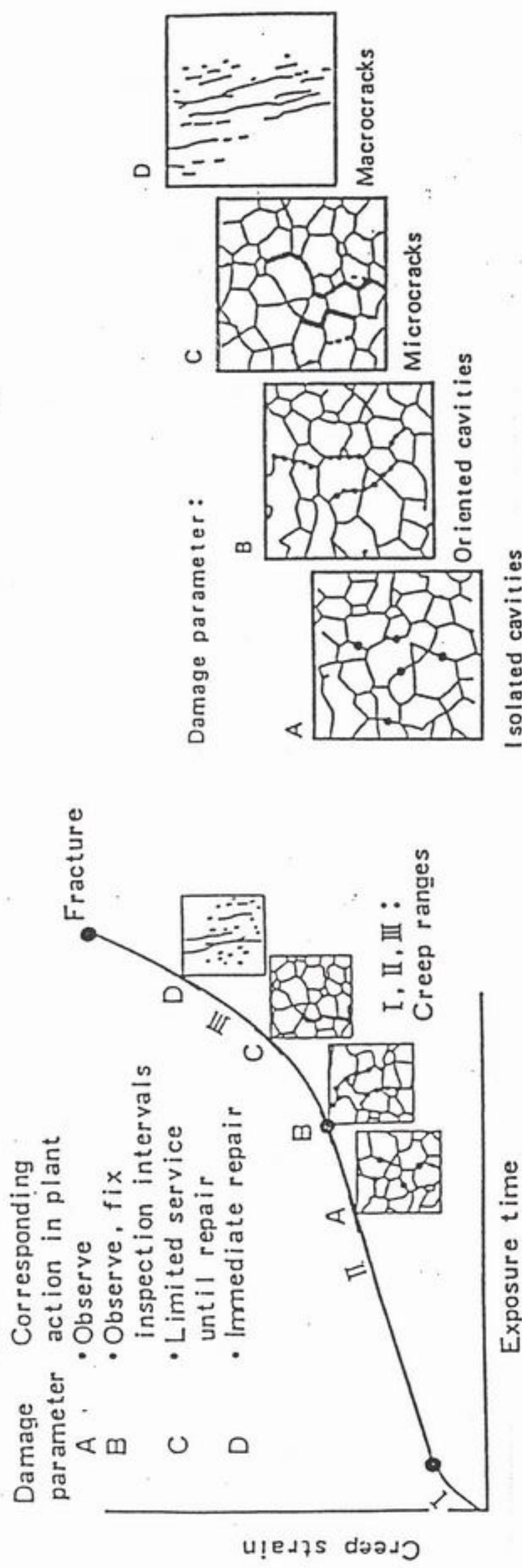
ملاحظه می‌گردد بعلت 20°C افزایش درجه حرارت، باندازه ۱۲۰۰۰ ساعت از عمر قطعه کم می‌شود و بهمین منوال افزایش فشار از شرایط طرح هم باعث افزایش خزش خواهد بود.

با توجه به طرح قسمتهای در معرض خزش برای ۱۰۰۰ ساعت طول عمر، امروزه با دستگاه replica کریستال فلز مورد بازرگانی قرار می‌گیرد که چگونگی خزش را در جاهایی از بویلر که در معرض درجه حرارت-فشار بیشتر هستند اندازه‌گیری می‌کنند و میزان طول عمر باقیمانده را با توجه به دانه‌بندی کریستالی محاسبه می‌نمایند. (شکل ۱ و ۲)

تغییرات مقاومت الکتریکی و مکانیکی فلز تحت تنش و بدون تنش در منحنی‌های ایده‌آل زیر نشان داده شده است. میزان کاهش مقاومت، منعکس کننده خزش پیش آمده در فلز و معیاری برای صدمه واردہ به آن است. در مقایسه مقاومت موجود و مقاومت در شرایط بدون تنش می‌توان حدس زد که عمدتاً تجهیزات بدون تنش بسیار طولانی و موازی زمان کار می‌کنند (شکل ۳)

مراجع

1. Preventive maintenance / life extension & advanced technology seminar for steam & hydro power plant
2. ASME Handbook, Metal Engineering-Design
3. Power plant instruction manuals.



Replicas for remaining-life estimation.

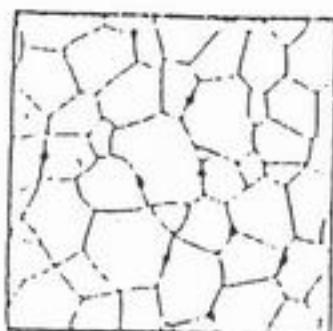
Classification of creep damage.

JUDGEMENT BY GRAIN CONDITION

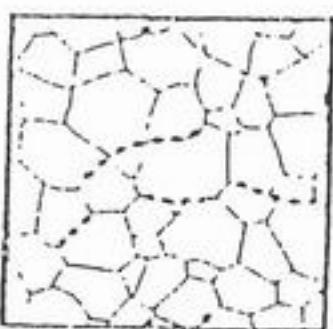
شكل (۱)

<u>Damge rating</u>	<u>Description</u>	<u>Inspection interval</u>
1-0- Not damaged	No creep damage observed	5 to 7 years
2-A- isolated cavities	Microvoids isolated on grain boundries	3 to 5 years
3-B- Oriented cavities	Microvoids are distributed	2 to 3 years
4-C. Micro cracks	Cavities cause separation of grain	1 year
5-D. M.Co cracks	Cracks many boundries long	repair & replica

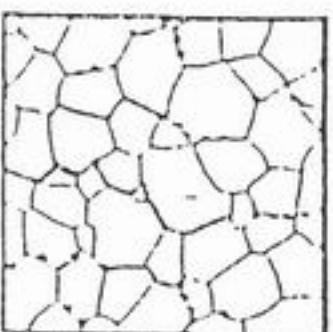
١ Structure or parts subject to creep but without cavities



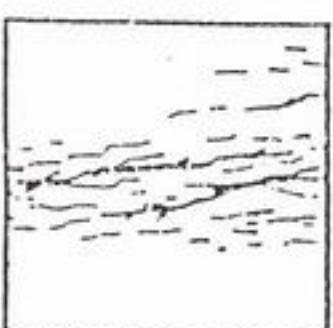
٢ Structure after prolonged creep with isolated cavities



٣ Structure with signs of incipient creep damage in the form of orientated cavities



٤ Structure with advanced creep damage in the form of microcracks



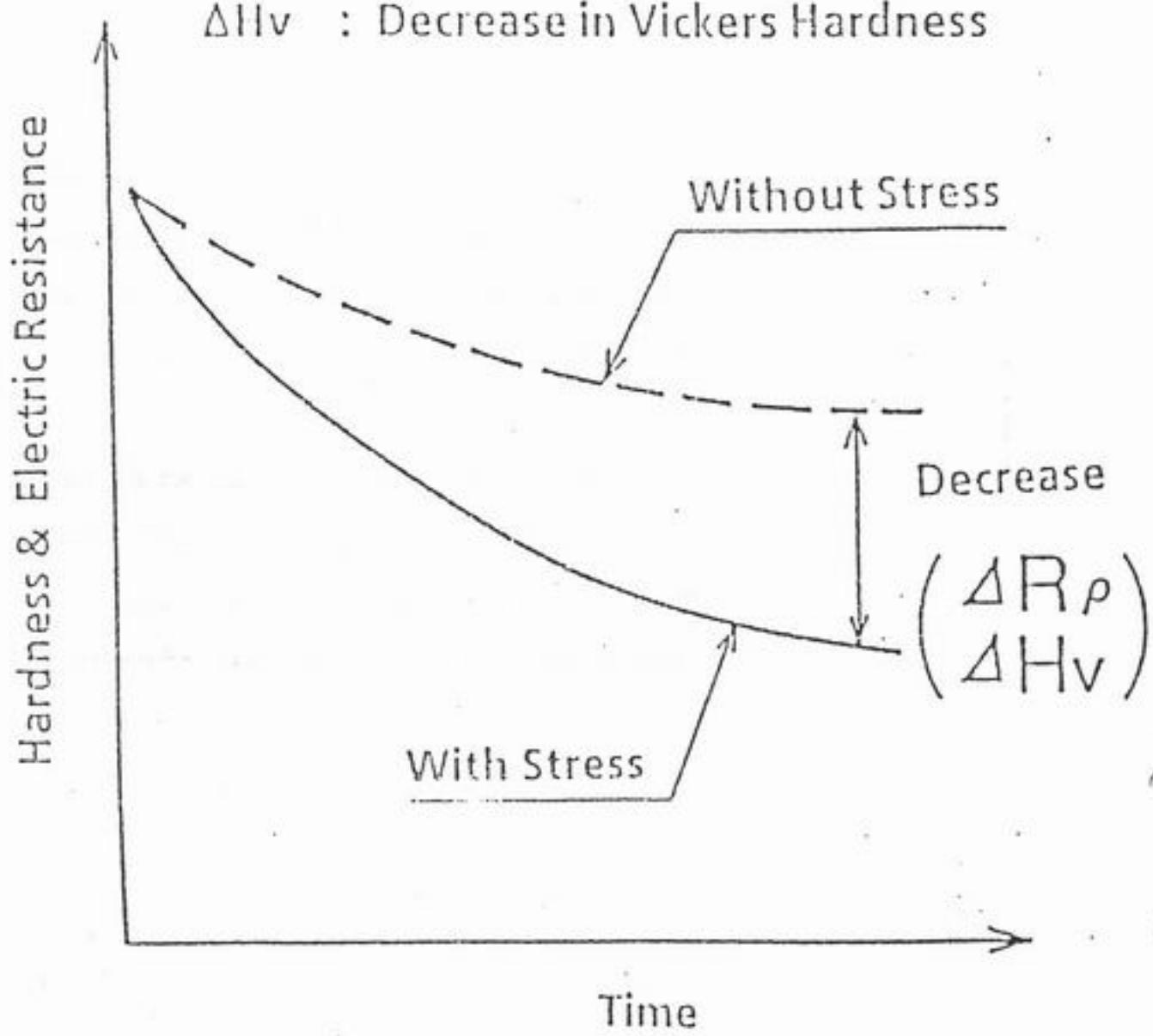
٥ Structural damage in the form of macrocracks

شكل (٢)

شیوه فنی - تکمیلی مهندسین مشاور قلابس نیاز به شماره دارم - ۰۹۱۰۸۷۶۵

ΔR_p : Decrease in Electric Resistance

ΔH_v : Decrease in Vickers Hardness



ELECTRIC RESISTANCE & HARDNESS
VS. CREEP DAMAGE

شكل (۳)

کنترل کننده جریان فازی در مبدل یکسوکننده سیستم HVDC

بهروز رضایی

کارشناس بخش توزیع - معاونت مهندسی شبکه‌های انتقال

چکیده:

در سیستم غیرخطی HVDC با عدم قطعیت مدل مواجه هستیم، بنابراین کنترل فازی از ابزارهای قدرتمند در این سیستم می‌باشد. در این مقاله سیستم کنترل فازی را برای کنترل کننده جریان در مبدل‌های فشار قوی جریان مستقیم بجای سیستم کنترل تناسبی-انگرالی (PI) مرسوم بکار می‌بریم، یک سیستم HVDC با استفاده از مدل "CIGRE BENCHMARK" برای اینکار در نظر گرفته شده است. از منطق فازی به دو صورت می‌توان بهره جست. یکی استفاده از کنترل ناظر فازی جهت تنظیم بهره‌های کنترل کننده PI و دیگری استفاده از کنترل فازی جهت کنترل مستقیم در سیستم HVDC می‌باشد. با استفاده از نتایج شبیه‌سازی نشان خواهیم داد که در روش مبتنی بر منطق فازی رفتار سیستم تحت شرایط معمول و غیرمعمول بهبود قابل ملاحظه‌ای نسبت به کنترل کننده PI مرسوم خواهد داشت.

واژه‌های کلید: کنترل فازی، سیستم HVDC، جریان ثابت، زاویه خاموشی ثابت.

سیستمهای قدرت را بهم متصل می‌کند. مخصوصاً وقتی که در نواحی مختلف یا در فرکانس‌های متفاوت واقع هستند [۲].

سیستم HVDC اغلب برای حلقه‌های کنترلی خود یک کنترل کننده جریان ثابت در طرف یکسوکننده و یک کنترل کننده زاویه خاموشی ثابت در طرف اینورتر دارد. [۳] طبیعت غیرخطی حلقه‌های کنترلی، نیاز به انتخاب دقیق پارامترهای کنترلی دارد که در محدوده‌ای از شرایط عملکرد، بخوبی تطبیق یابند. بنابراین باید مدل ریاضی شبکه DC و شبکه AC متصل به آن بدست آورده شود، که این

۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم در انتقال انرژی الکتریکی افزایش سطح ولتاژ و کاهش سطح جریان می‌باشد. از این طریق در واقع تلفات خط انتقال کاهش می‌یابد. با توجه به مسائل فنی و اقتصادی که در خطوط انتقال جریان متناوب برای فواصل طولانی وجود دارد، استفاده از انتقال جریان مستقیم تحت ولتاژهای بالا الزامی می‌باشد. [۱] در حقیقت انتقال HVDC یک روش برای غلبه بر محدودیتهای فنی و اقتصادی می‌باشد که

عمل کنترلی رقابت می‌کنند، این مشکل بیشتر بروز پیدا می‌کند.^[۳]

علاوه بر این استفاده از منطق فازی جهت بهبود رفتار گذرا، پاسخهای بمراتب بهتری را نسبت به کنترل کننده‌های مرسوم دیگر نتیجه می‌دهد.^[۵]

در این مقاله سیستم کنترل فازی را برای کنترل کننده جریان در مبدل یکسوکننده سیستم HVDC بجای سیستم کنترل PI بکار می‌بریم. با وجودیکه کنترل کننده‌های فازی هنوز نتوانسته‌اند در سیستمهای غیرخطی بزرگ نظیر سیستم قدرت رقیب جدی برای کنترل کننده‌های مرسوم باشند، با این حال بمنظور در نظر گرفتن نویز سنسور، عدم قطعیت مدل و شیفت نقاط کار، مشخصه‌های زبانی کنترل فازی یک روش بسیار مناسب می‌باشد.^[۶]

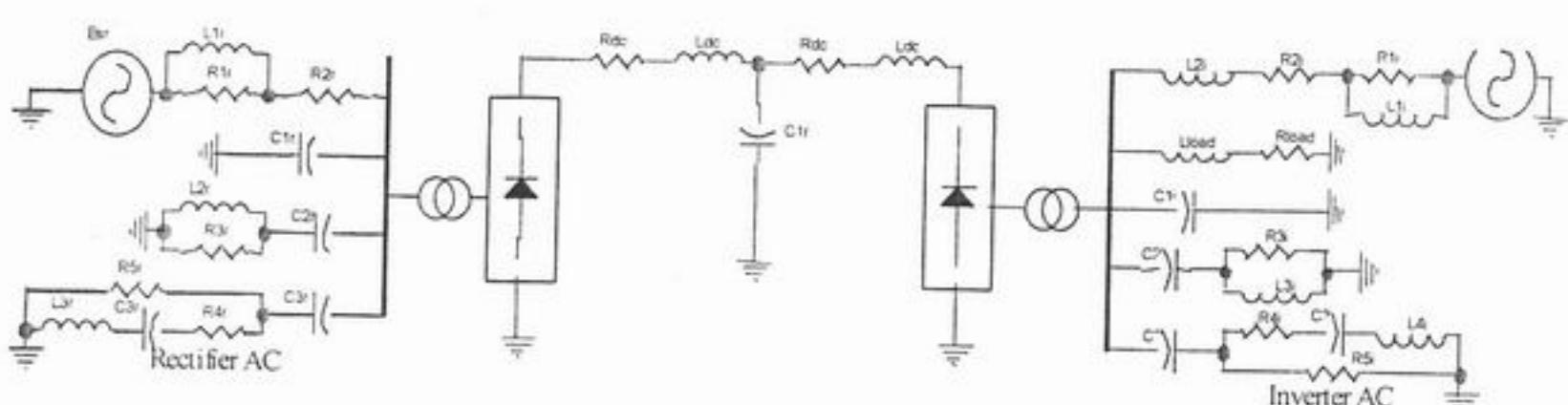
۲- مدل سیستم HVDC

مدل "CIGRE BENCHMARK" در اینجا بکار رفته است. شکل (۱) مدل نمونه‌ای از یک سیستم HVDC دوازده پالسه است که بطور شماتیک نشان داده شده است.

منجر به پیچیده شدن مدل ریاضی می‌شود و بررسی آن مشکل است. برای غلبه بر این مشکل می‌توان از ابزار توانمند کنترل فازی استفاده نمود.^[۴]

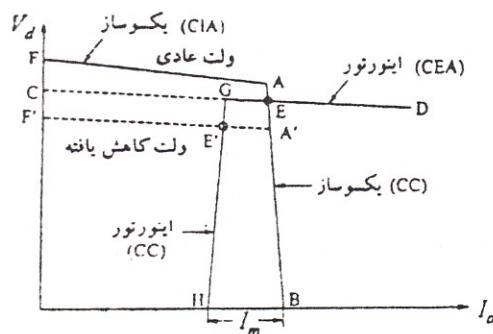
امروزه کاربردهای عملی کنترل فازی به سرعت افزایش می‌یابد. کنترل کننده‌های فازی در سیستمهای غیرخطی کوچک که توصیف ریاضی دقیق در دسترس نمی‌باشد.^[۲]

مشکلی که در کنترل کننده‌های PI با آن مواجه هستیم اینست که در سیستمهای غیرخطی مانند سیستم HVDC رفتار آنها را می‌توان فقط در حوالی نقطه کار بهینه نمود. عبارتی برای بهبود رفتار آنها در سیگنال بزرگ روشهای مختلف از قبیل بهره‌های تطبیقی یا وزنهای غیرخطی خطاهای بایستی بکار رود. در روش منطق فازی که در این مقاله استفاده می‌شود، قواعد فازی بر مبنای تطبیق خطاهای، بهره‌ها و ثابت‌های زمانی کنترل کننده‌های PI انتخاب می‌شود. مشکل دیگر اینست که باید طرح کنترلی بر اشباع کنترل کننده غلبه کند. در یک سیستم HVDC که دو یا چند حلقه کنترلی برای



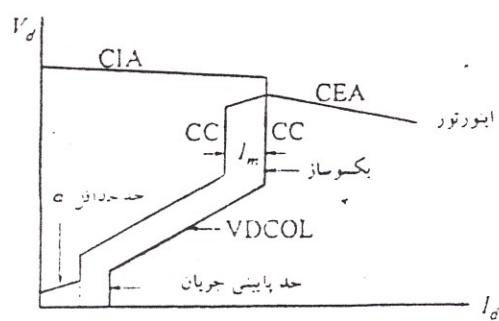
شکل (۱) مدل نمونه‌ای از سیستم HVDC مورد مطالعه

با توجه به محدودیت α ولتاژ مشخصه یکسوکننده از حدی فراتر نمی‌رود چرا که برای آتش شدن تریستورها نیاز به یک حداقل زاویه آتش داریم. بنابراین مشخصه کنترلی بصورت شکل (۴) در خواهد آمد که نقطه کار در این حالت E خواهد بود. در اثر افت ولتاژ، ولتاژ یکسوکننده افت می‌کند و تلاقی بین دو منحنی نداریم، لذا در این حالت باقیستی در اینورتر کنترل جریان داشته باشیم و نقطه کار E خواهد شد. [۱]



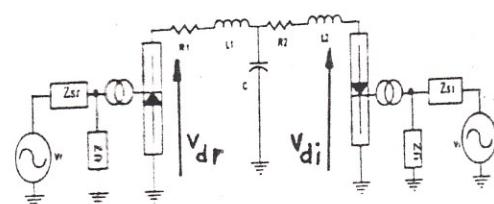
شکل (۴) مشخصه واقعی حالت ماندگار کنترل مبدل

مشخصه کامل ممکن است شامل مدهای دیگر کنترل نیز باشد. مشخصه ترکیبی حالت ماندگار V-I, VDCOL با، حد پائین جریان و حد زاویه آتش در شکل (۵) نشان داده شده است. [۱]



شکل (۵) مشخصه حالت ماندگار V-I با VDCOL, حد پائین جریان و حد زاویه آتش

مدل فوق را می‌توان به صورت شکل (۲) ساده نمود.



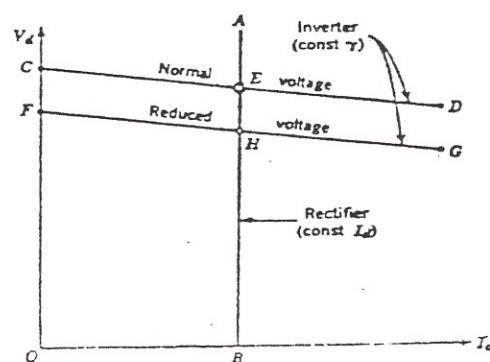
شکل (۲) مدل ساده شده خط انتقال HVDC

ولتاژ متوسط DC طبق رابطه (۱) می‌باشد.

$$\begin{aligned} V_{dr} &= V_{dor} \cos \alpha_r - R_{cr} I_{dr} \\ V_{di} &= V_{doi} \cos \alpha_i - R_{ci} I_{di} \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن V_{doi} , V_{dor} ولتاژهای معادل AC در طرف یکسوکننده و اینورتر می‌باشند و R_{ci} , R_{cr} امپدانس معادل سیستم AC در طرف یکسوکننده و اینورتر هستند. همچنین α_r و α_i زوایای آتش، I_{dr} و I_{di} جریانهای DC طرف یکسوکننده و اینورتر و نیز V_{doi} , V_{dor} مقادیر ثابتی هستند که بستگی به دامنه ولتاژ AC طرف یکسوکننده و اینورتر دارند.

شکل (۳) مشخصه حالت ماندگار ولتاژ-جریان (V-I) را در حالت ایده‌آل نشان می‌دهد، که نقطه کار E یا H می‌باشد.



شکل (۳) مشخصه خروجی مبدل HVDC

- ۲- آشکارساز صفر ولتاژ کمotaسیون
۳- نوسانگر قفل فاز

۴- مدار تولید پالسهای آتش هر عنصر کلیدی.

۳- طراحی کنترل کننده جریان در سیستم HVDC از روش کلاسیک

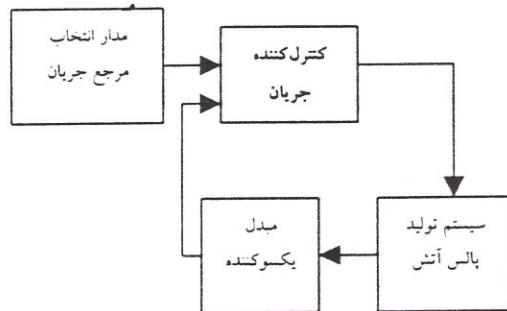
بطور معمول هر سیستم HVDC شامل یک کنترل کننده جریان در طرف یکسوکننده و یک کنترل کننده زاویه خاموشی در طرف اینورتر می باشد. در این مقاله ما حالتی را مورد بررسی قرار می دهیم که در آن فرض می شود در مبدل اینورتر کنترل کننده خوبی برای زاویه خاموشی داریم، که از نوع کلاسیک می باشد. کنترل کننده های کلاسیک مورد استفاده در سیستم HVDC معمولاً از نوع کنترل کننده های تناسبی-انتگرالی (PI) می باشند. مدل مورد استفاده برای سیستم جهت طراحی کنترل کننده های مرسوم با خطی سازی مدل مفروض سیستم در نظر گرفته می شود. با توجه به شکل (۳) معادلات مدل بصورت زیر می باشد:

$$\begin{aligned} L_1 \frac{di_r}{dt} + R_1 i_r + V_c &= V_r \\ V_c &= V_i + L_2 \frac{di_i}{dt} + R_2 i_i \quad (3) \\ C \frac{dV_c}{dt} + i_i &= i_r \end{aligned}$$

و اگر $X_1 = i_r$, $X_2 = i_i$, $X_3 = V_c$ معادلات حالت بصورت زیر می باشند :

$$\begin{aligned} \dot{X}_1 &= -\frac{R_1}{L_1} X_1 - \frac{1}{L_1} X_3 + V_r / L_1 \\ \dot{X}_2 &= -\frac{R_2}{L_2} X_2 + \frac{1}{L_2} X_3 - V_i / L_2 \quad (4) \\ \dot{X}_3 &= -\frac{1}{C} X_1 - \frac{1}{C} X_2 \end{aligned}$$

پیاده سازی سیستم کنترل HVDC بصورت شکل (۶) می باشد.



شکل (۶) ساختار کلی کنترل کننده جریان در مبدل یکسوکننده سیستم HVDC

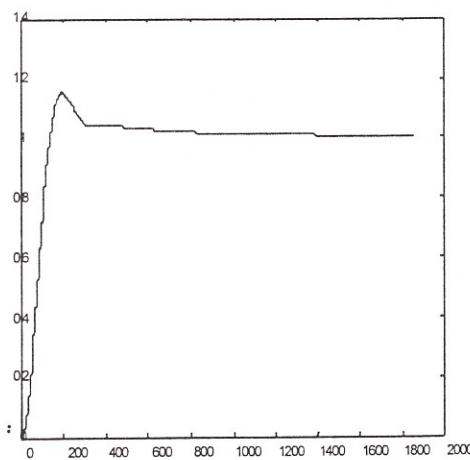
مکانیزم سیستم تولید پالس آتش از روش کنترل هم فاصله پالس می باشد. به این صورت که زمان تولید اولین پالس آتش در هر پریود لحظه عبور از صفر ولتاژ کمotaسیون می باشد و سایر پالسهای آتش در هر پریود طبق رابطه (۲) ایجاد می گردد :

$$P_{i+1} = P_i + \phi + u \quad (2)$$

که P_i فاز پالس تولیدی i ام و $\phi = \frac{360}{P}$ می بین تعداد پالسهای آتش است و u سیگنال کنترل می باشد. در حالت ماندگار u برابر صفر است. بعلت وجود تغییرات در ولتاژ کمotaسیون امکان ناپایداری وجود دارد. بهمین جهت وجود یک نوسانگر قفل فاز^۱ (PLO) در این مدار الزامی است. در این روش نوسانگر از طریق یک حلقه قفل فاز^۲ (PLL) با ولتاژ خط کمotaسیون سنکرون می گردد و کنترل می شود. از این طریق ناپایداری در سیستم در صورت بروز خطا کاهش خواهد یافت. مداری که بمنظور تولید پالسهای آتش بکار می رود، از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

۱- مداری بمنظور اندازه گیری فرکانس بخش AC

پاسخ پله آن بصورت شکل (۸) می‌باشد:



شکل (۸) پاسخ پله سیستم با کنترل کننده PI کلاسیک

۴- طراحی کنترل کننده جریان در سیستم HVDC با استفاده از منطق فازی

از منطق فازی به دو صورت می‌توان بهره جست: یکی استفاده از کنترل ناظر فازی جهت تنظیم بهره‌های کنترل کننده PI و دیگری استفاده از کنترل فازی جهت کنترل مستقیم در سیستم HVDC می‌باشد، که در اینجا به بررسی آنها می‌پردازیم.

۱-۴- استفاده از کنترل فازی جهت تنظیم بهره‌های کنترل کننده PI

شکل (۹) ساختار یک سیستم کنترل فازی دو سطحی را نشان می‌دهد، که در آن لایه اول یک کنترل کننده PI بوده و لایه دوم شامل سیستم فازی است که بر عملکرد کنترل کننده متعارف نظارت داشته و در صورت لزوم آنرا اصلاح می‌کند.

و با خطی‌سازی دسته‌معادلات (۴) حول نقطه کار خود خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\dot{X}_1 &= -\frac{R_1}{L_1} X_1 - \frac{1}{L_1} X_3 + \Delta V_r \\ \dot{X}_2 &= -\frac{R_2}{L_2} X_2 + \frac{1}{L_2} X_3 + \Delta V_i \\ \dot{X}_3 &= -\frac{1}{C} X_1 - \frac{1}{C} X_2\end{aligned}$$

مقادیر $\Delta V_i, \Delta V_r$ بصورت زیر می‌باشند:

$$\begin{aligned}\Delta V_r &= \frac{6\sqrt{3}}{\pi} \cos \alpha_{r0} \Delta E_{mr} - \frac{6\sqrt{3}}{\pi} E_{mrr0} \sin \alpha_{r0} \Delta \alpha_r \\ \Delta i_r &= \frac{6\sqrt{3}}{\pi} \cos \beta_{i0} \Delta E_{mi} - \frac{6\sqrt{3}}{\pi} E_{mi0} \sin \beta_{i0} \Delta \alpha_r\end{aligned}$$

قسمت اول معادله دومی و نیز معادله اولی در دسته معادلات حکم اختشاشات ورودی به سیستم HVDC خطی شده را دارد. بنابراین در صورتیکه خروجی سیستم را Δi_r بگیریم،تابع تبدیل حلقه بصورت زیر در خواهد آمد:

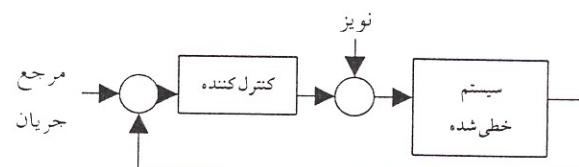
$$G_1 = \frac{\Delta i_r}{\Delta \alpha_r} \quad (6)$$

ولذا جهت دستیابی به پاسخ قابل قبول، کنترل کننده‌ای با ساختار زیر طراحی می‌شود:

$$K(s) = K \cdot \frac{1 + T_1 s}{s(1 + T_2 s)} \quad (7)$$

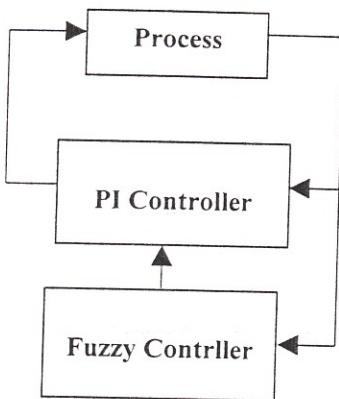
که در آن $T_1 = 3.56\text{ms}$ ، $T_2 = 10.2\text{ms}$ و $K = 6717.02$ می‌باشد.

بلوک دیاگرام سیستم خطی شده HVDC بهمراه کنترل کننده‌ای آن بصورت شکل (۷) می‌باشد:



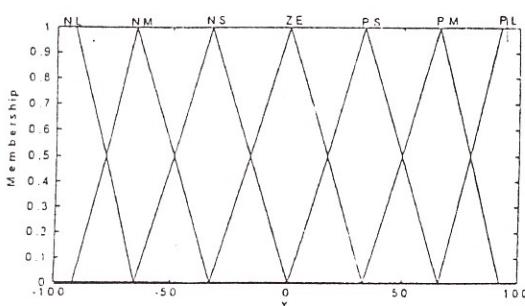
شکل (۷) بلوک دیاگرام کنترل کننده جریان اعمالی به سیستم HVDC خطی شده

کنترل کننده جریان از سه سیستم فازی دو ورودی و یک خروجی مانند شکل (۱۰) تشکیل شده است.

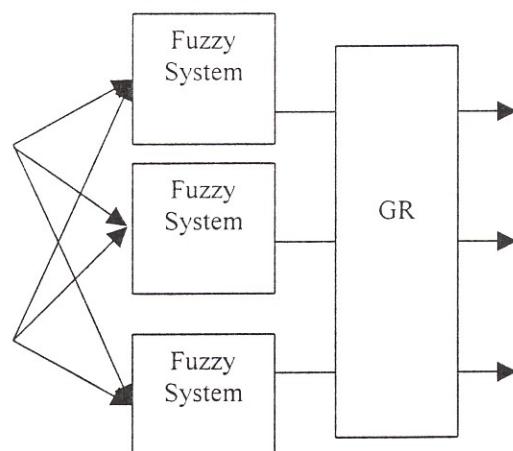


شکل (۱۰) سیستم فازی تنظیم کننده پارامترها

در اینجا GR محدوده تغییرات پارامترها را مشخص می کند. مجموعه های فازی برای ورودی های e_1, e_2 به صورت زیر است :



شکل (۱۱) مجموعه های فازی ورودی



شکل (۹) ساختار کنترل کننده فازی دوسطحی

کنترل کننده PI با توجه به ساختار و عملکرد مقاوم بعنوان یک کنترل کننده عمومی در سیستم HVDC مورد استفاده قرار می گیرد. در صورتی که حالت کلی یعنی PID را در نظر بگیریم، در مورد کنترل کننده جریان با ساختار موجود خروجی سیستم فازی پارامترهای K_p ، K_d و K_i می باشد، بنحوی که در شرایط معمول و غیرمعمول این پارامترها جهت حصول بهترین پاسخ تنظیم می گردند. سیستم فازی بهره های PID را بصورت بلادرنگ تعیین می کند. سیستم فازی از یک مجموعه قواعد اگر-آنگاه بنا نهاده شده است که چگونگی انتخاب بهره های PID را تحت شرایط عملکرد مشخص، تشریح می نماید. فرض کنید محدوده های K_p ، K_d و K_i را بتوان چنان تعیین نماییم که همواره مقادیر این پارامترها در آن محدوده ها قرار داشته باشند و با توجه به این محدوده ها، مجموعه های فازی را تشکیل می دهیم. ورودی های سیستم کنترل فازی در مورد کنترل کننده جریان خطای جریان و نرخ تغییرات آن می باشد. سیستم فازی تعیین کننده پارامترها در

که مجموعه‌های M.S.B به ترتیب نشانده‌اند
مجموعه‌های بزرگ، کوچک و متوسط می‌باشند.
قواعد فازی برای تنظیم هر یک از پارامترها نیز
 بصورت جداول زیرمی‌باشد :

جدول (۱) قواعد فازی برای تنظیم Kd

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	S	S	S	S	S	S	S
NM	B	B	S	S	S	B	B
NS	B	B	B	S	B	B	B
ZE	B	B	B	B	B	B	B
PS	B	B	B	S	B	B	B
PM	B	B	S	S	S	B	B
PB	S	S	S	S	S	S	S

جدول (۲) قواعد فازی برای تنظیم Kp

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	B	B	B	B	B	B	B
NM	S	B	B	B	B	B	S
NS	S	S	B	B	B	S	S
ZE	S	S	S	B	S	S	S
PS	S	S	B	B	B	S	S
PM	S	B	B	B	B	B	S
PB	B	B	B	B	B	B	B

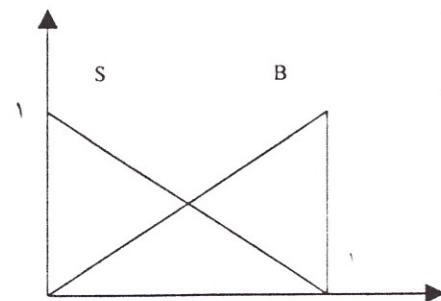
جدول (۳) قواعد فازی برای تنظیم α

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
NM	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۳
NS	۴	۳	۳	۲	۳	۳	۴
ZE	۵	۴	۳	۲	۳	۴	۵
PS	۴	۳	۳	۲	۳	۲	۴
PM	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۳
PB	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲

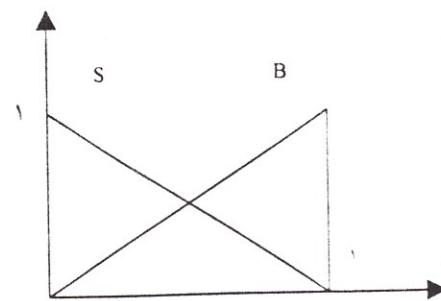
انتخاب مجموعه‌های فازی ورودی و خروجی و پایگاه
قواعد براساس تجربیت می‌باشد.

با استفاده از این تنظیم کننده فازی، تحت شرایط
عادی و غیرعادی سیستم، نتایج بمراتب بهتر از
عملکرد کننده PI خواهد بود.

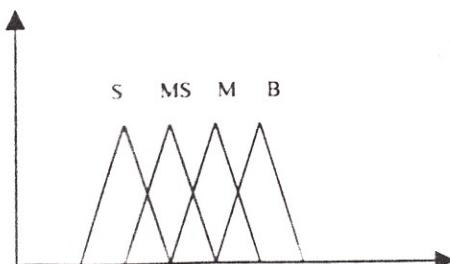
مجموعه‌های فازی برای خروجیها نیز بصورت شکل
(۱۲) است :



شکل (۱۲-ا) مجموعه‌های فازی خروجی (Kd)



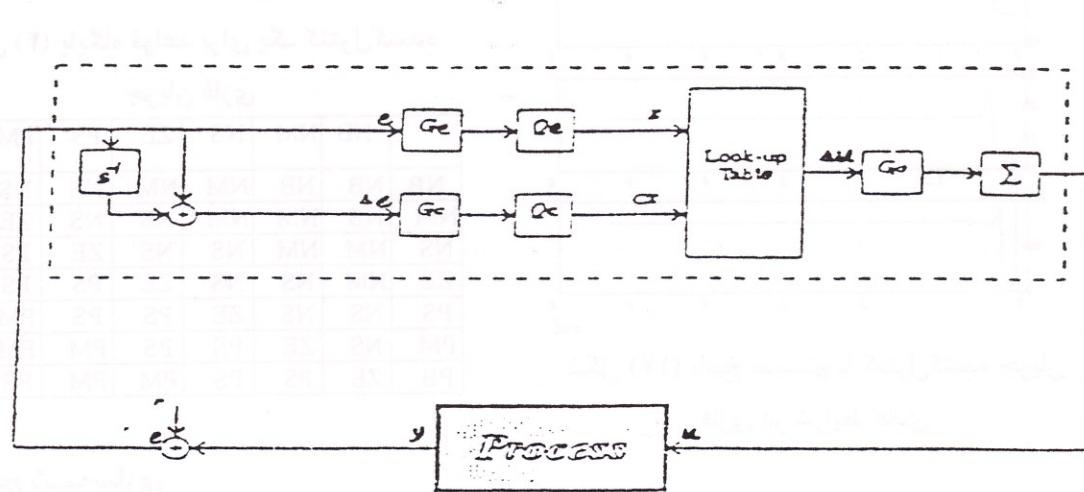
شکل (۱۲-ب) مجموعه‌های فازی خروجی (Kp)



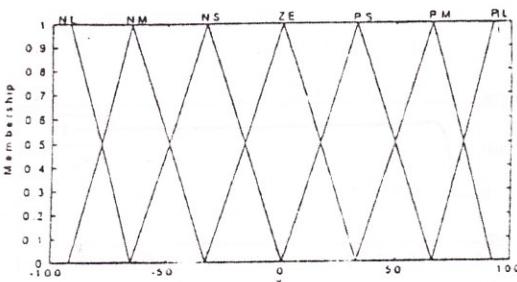
شکل (۱۲-ج) مجموعه‌های فازی خروجی (α)

۲-۴- کنترل کننده فازی در سیستم HVDC

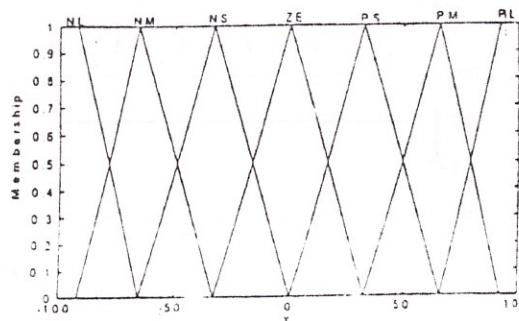
شکل (۱۳) بلوك دیاگرام يك کنترل کننده فازی را نشان می دهد :



شکل (۱۳) بلوك دیاگرام يك کنترل کننده جريان فازی



شکل (۱۴) مجموعه های فازی ورودی



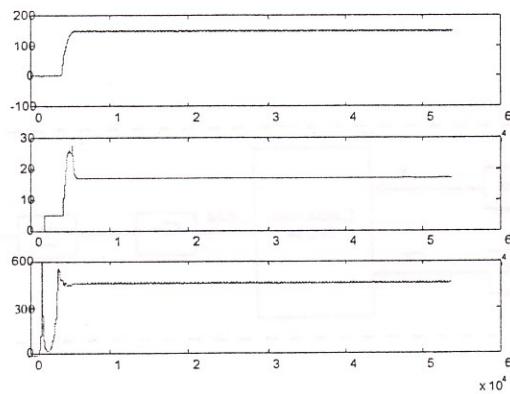
شکل (۱۵) مجموعه های فازی خروجی

که در آن :

$$\begin{aligned} e_I &= I_d - I_{ref} \\ \Delta e_I &= e_I(n) - e_I(n-1) \end{aligned} \quad (A)$$

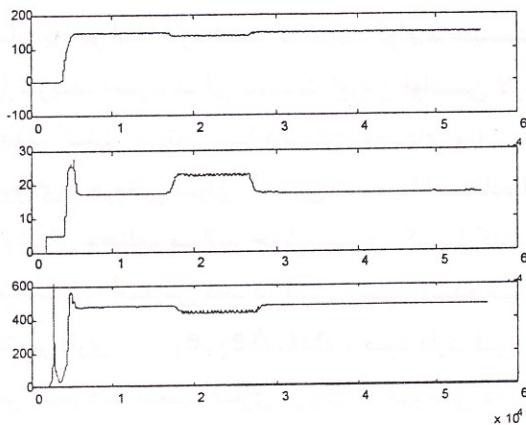
بنابراین در ابتدا لازم است که پایگاه قواعد سیستم را تعریف نمود. برای بدست آوردن قوانین لازم جهت کنترل می توان با داشتن زوجهای مناسب ورودی- خروجی برای کنترل کننده با استفاده از روشهای مختلف مانند خوشسازی، کنترل کننده مناسب را آموزش داد. در این کنترل کننده سه متغیر فازی $\Delta\alpha$, Δe_I , e_I وجود دارد. فرض می کنیم هر متغیر فازی ورودی و خروجی دارای هفت مجموعه زبانی PB, PM, PS, ZE, NS, NB, NM باشد که بصورت شکلهاي (۱۴) و (۱۵) می باشند:

در شرایط عملکرد عادی سیستم، نمودار جریان مستقیم در کنترل کننده فازی بصورت شکل (۱۷) می‌باشد.



شکل (۱۷) پاسخ سیستم با کنترل کننده جریان فازی در شرایط عادی

در شرایط عملکرد غیرعادی با کنترل کننده کلاسیک قادر به پاسخگویی نیستیم و باید تغییر مد کنترلی انجام شود. یعنی یکسوکننده در مد کنترل ولتاژ و اینورتر در مد کنترل جریان قرار گیرد. اما در سیستم فازی نیازی به اینکار نیست. پاسخ سیستم با کنترل کننده فازی بصورت شکل (۱۸) می‌باشد.



شکل (۱۸) پاسخ سیستم با کنترل کننده جریان فازی در شرایط تغییرولتاژ AC در مبدل یکسوکننده

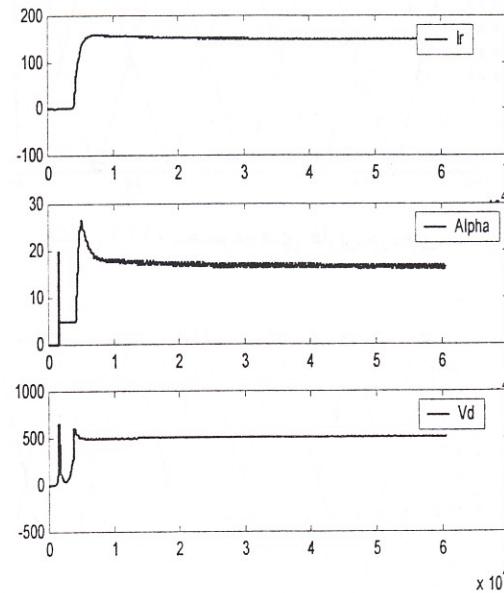
با توجه به ماهیت سیستم HVDC که منجر به بدست آوردن تجربیات مامی گردد، می‌توان پایگاه قواعد سیستم را بدست آورد که بصورت جدول (۴) می‌باشد:

جدول (۴) پایگاه قواعد برای یک کنترل کننده جریان فازی

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	ZE
NM	NB	NM	NM	NS	NS	ZE	PS
NS	NM	NM	NS	NS	ZE	PS	PS
ZE	NM	NS	NS	ZE	PS	PS	PM
PS	NS	NS	ZE	PS	PS	PM	PM
PM	NS	ZE	PS	PS	PM	PM	PB
PB	ZE	PS	PS	PM	PM	PB	PB

۵- نتایج شبیه‌سازی

پاسخ سیستم با استفاده از کنترل کننده‌های کلاسیک در شرایط عادی عملکرد سیستم بصورت شکل (۱۶) می‌باشد.



شکل (۱۶) پاسخ سیستم با کنترل کننده PI

- 2- E. Olcer, B. Karagoz, E. Ozdmir, E. Karakas, H. Dincer, "Fuzzy Logic Control Of Converter In High Voltage DC Transmission System", 1997, IEEE Int. Conf. On Intelligent Processing System
- 3- A. Daneshpooy, A. M. Gole, D. G. Chapman, J. B. Danvies, "Fuzzy Logic Control For HVDC Transmission", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 12, No. 4, pp 1690-1697, Ocotber 1997
- 4- کنترل کننده های HVDC برای بهبود رفتار دینامیکی سیستم، آیت الله رضا زاده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۴
- 5- P. K. Dash, A. C. Liew, A. Routry, "High-Performance Controller For HVDC Transmission Links", IEE Proc. Gen. Trans. Dist. Vol. 141, No. 5, September 1994
- 6- P. K. Dash, S. K. Panda, "A Fuzzy Self-Tunning PI Controller For HVDC Links", IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 11, No. 5, September 1996
- 7- P. K. Dash, S. K. Panda, "Fuzzy Tunning Of DC Link Controller", Proceeding Of EMPD'1995 International Conference, Vol. 1, pp. 370-375
- 8- طراحی و شبیه سازی کنترل کننده های محلی و مرکزی سیستم HVDC از روش های کلاسیک، زهرا رحمانی چراتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، پائیز ۱۳۷۹

همانطور که ملاحظه می شود، در شرایط عادی هر دو روش کلاسیک و فازی پاسخهای نسبتاً خوبی دارند. اما در شرایط غیر عادی با وجود کنترل کننده های فازی بهبود قابل ملاحظه ای یافته اند. در واقع ضعف وابستگی به نقطه کار در کنترل کننده های کلاسیک، با کنترل کننده های فازی از بین می رود.

۶- نتیجه گیری و پیشنهاد

در این مقاله کنترل کننده فازی جهت تنظیم پارامترهای کنترل کننده PI و نیز کنترل مستقیم فازی جریان در مبدل یکسو کننده یک سیستم HVDC مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفت. در کل مزیت روش فازی نسبت به روش مرسوم PI با استفاده از نتایج شبیه سازی نشان داده شد و ملاحظه گردید که در شرایط عملکرد عادی و غیر عادی سیستم کنترل فازی پاسخهای بمراتب بهتری را نتیجه می دهد.

جهت تنظیم بهینه پارامترهای سیستم فازی پیشنهاد می شود از روش های هوشمند مانند شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک استفاده شود. با توجه به اینکه انتخاب بهینه این پارامترها در عملکرد سیستم فازی تاثیر زیادی دارد، به نظر می رسد با استفاده از این روشها نتایج مطلوبی حاصل گردد.

منابع

- کنترل کننده های هوشمند در سیستم HVDC، بهروز رضائی، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، اردیبهشت

ماه ۱۳۸۰

آفای بهروز رضایی لیسانس مهندسی برق
قدرت از دانشگاه شهید چمران اهواز در
سال ۷۵ و فوق لیسانس برق کنترل از
دانشگاه علم و صنعت در سال ۸۰ می باشد.
ایشان دارای سابقه کار به مدت ۱ سال در
شرکت توزیع نیروی برق کرمانشاه و
سال در شرکت قدس نیرو بوده، زمینه
فعالیت آفای رضایی شبکه های توزیع برق و
برنامه نویسی کامپیوتر و زمینه علاقمندی
وی اتماسیون در سیستم قدرت و
سیستمهای فازی و عصبی است.

آموزش جوشکاران در سایت و نتایج حاصله

فریدون خسروی

کاردان فنی پروژه کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

این دستورالعمل جهت آموزش جوشکاران برای دستیابی به اجرای جوش مطلوب و جلوگیری از ایجاد عیوب غیرقابل قبول در جوش‌های اجرا شده می‌باشد تا در هزینه و زمان نیز صرفه‌جویی گردد. عیوب جوش در حد معمول تا ۱۰٪ بوده ولی بعضاً تا ۵۰٪ هم رسیده است و بطور کلی هزینه تعمیرات و جوشکاری مجدد هم ۲ الی ۳ برابر جوش مرتبه اول می‌باشد.

بنابراین در بعضی از کارگاهها سعی شده با آموزش جوشکارانی که دارای گواهی صلاحیت جوشکاری نیز هستند نکاتی یاد آور شود که عدم رعایت آنها منجر به ایجاد عیوب غیرقابل قبول می‌گردد. در حالیکه میتوان با درنظر گرفتن این نکات درصد خطای رساند و با حفظ پارامتر زمان در هزینه‌ها هم صرفه‌جویی نمود.

عنوان مثال سایت مسجد سلیمان به دلیل عیوب عملکرد جوشکاران در جوش حلقه‌ای و رینگ ثابت که در حدود ۲۵ الی ۳۰ درصد بود هزینه‌های زیادی متتحمل گردید.

اهمیت این موضوع ایجاب کرد تا با آموزش جوشکاران در مقاطع قبل از شروع جوشکاری، در حین جوشکاری و بعد از عملیات جوشکاری با درنظر گرفتن نحوه استفاده از الکترودها و نگهداری آنها و همچنین عملیات حرارتی و تنظیم برق مناسب، آمپر و سرعت در اجرای کار و ایجاد ذوب کامل، عیوب جوشکاری با به حداقل بررسی، بطوریکه با بکارگیری تدبیر ذکر شده و آموزش جوشکاران مورد تائید و کنترل بیشتر فرایند اجرایی عیوب جوش‌های اجرا شده تا حد ۲٪ کاهش نموده است.

مقدمه

راندمان کاری آنان به جهت کیفیت جوشکاری و بعد از انجام آزمایشات غیرمخرب (N.D.T)^۱ مطلوب نبوده و در برخی جوش‌ها، عیوب غیرقابل قبولی وجود دارد که نیاز به تعمیر می‌باشد و لذا ضرورت آموزش نقاط حساس و کلیدی محسوس می‌گردد.

تجربه نشان داده شده است که جوشکاران، جوشکاری را بر مبنای تجربه و بطور عملی آموخته‌اند و به آموزشی که بر مبنای علمی و استانداردهای مربوطه است کمتر پرداخته‌اند. لذا

دامنه و حدود دستورالعمل

- عدم رعایت اصول بالا و رطوبت دیدن روپوش الکترود باعث ایجاد عیب در جوش خواهد شد.
- محل اتصال جوشکاری باید توسط برس برقی از هر گونه زنگ زدگی- گریس و روغن تمیز گردد.
- عملیات حرارتی قبل از جوشکاری (پیش گرمایی) در محل اتصال باید دقیقاً طبق مشخصات و دستورالعمل جوشکاری باشد.
- مقدار درجه حرارت خواسته شده در مرحله پیش گرمایی باید توسط گج حرارتی کنترل شود (یک عدد گج حرارتی باید نزد جوشکار باشد).
- از سالم بودن دستگاه جوشکاری (ترانس جوش/ دینام جوش / موتور جوش) اطمینان حاصل شود و درجه آمپر و ولتاژ براساس دستورالعمل تنظیم گردد.
- به همراه هر جوشکار می‌بایستی ۲ نفر یکی برای سنگزندن و یک نفر برای تنظیم جریان و ولتاژ دستگاه جوش حضور داشته باشند.
- همراه هر جوشکار باید تحهیزات پیش گرمایی و همچنین سنگ جت و برس برقی باشد.
- انبر و کابل جوشکاری باید مورد بازدید قرار گیرد و سالم بودن آن تائید شود.
- حصول اطمینان از شماره الکترود، اندازه قطر الکترود و اطمینان از سالم بودن روپوش الکترود مصرفی بایستی مورد توجه قرار گیرد.
- در حالتی که لازم باشد جوشکار در ارتفاع کار کند، محل کار و ایستادن او کاملاً باید مناسب بوده و شرایط ایمنی را دارا باشد.

ب - در حین جوشکاری

- بعد از حصول اطمینان از پیش گرمایی، پاس ریشه با دقت کامل باید اجراء شود. برق

این دستورالعمل فقط برای آموزش جوشکاران و استفاده نمایندگان کنترل کیفیت که با جوشکاران در ارتباط هستند بوده و عمدتاً تجربی می‌باشد.

همچنین دستورالعملی برای پروژه سد و نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی مسجد سلیمان تهیه شده که می‌تواند برای سایر پروژه‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد.

آموزش جوشکاران

آموزش به جوشکاران در آزمینه زیرارائه خواهد شد:

- الف - قبل از جوشکاری
- ب - در حین جوشکاری
- ج - بعد از عملیات جوشکاری

الف - قبل از جوشکاری

- الکترودها باید قبل از استفاده پخته شوند. این کار با استفاده از کوره پخت در دمای خواسته شده و زمان مشخص شده انجام می‌پذیرد و سپس در کوره نگهداری قرار می‌گیرد.

ب - حمل الکترودها از کوره پخت و یا نگهداری

- باید توسط آون دستی انجام گیرد و اکیداً از حمل این الکترودها در هوای آزاد خودداری شود.

ج - بعد از برداشت هر الکترود از داخل آون دستی جهت استفاده باید درب آن بسته شود.

- درجه حرارت آون دستی نزد جوشکاری باید بین 100°C تا 120°C باشد.

ج - بعد از عملیات جوشکاری

- در پاس نهایی، سرباره جوش نباید بلافاصله بعد از پایان جوشکاری برداشته شود. زیرا این سرباره به عنوان یک پوشش باعث کند شدن سرعت سرد شدن جوش می‌گردد. که بسیار مفید می‌باشد.
- برگرداندن الکترودهای اضافی در آون دستی به داخل کوره پخت و یا کوره نگهداری در پایان کار روزانه الزامی است.

عملکرد کنترل کیفیت

با توجه به اینکه فرآیند عملیات جوشکاری از نقطه شروع تا مرحله نهایی شامل مراحل متفاوتی است که همچون حلقه‌های یک زنجیر به هم وابسته‌اند، لذا مفقود شدن و یا ضعیف شدن یک و یا چند حلقه از این زنجیر باعث عدم کارایی مجموعه خواهد شد.

بنابراین لازم است که این پروسه (فرآیند تولید جوش)، کاملاً تحت کنترل باشد و مراحل کار مرحله به مرحله مورد بازدید و بازررسی قرار گیرد.

سرعت جوشکاری (in/min)

سرعت مناسب جوشکاری، آمپر و ولتاژ مناسب از پارامترهای اساسی است که اگر به درستی رعایت شود، از ایجاد عیوب بالا در جوش جلوگیری خواهد شد.

برای بهینه‌سازی سرعت جوشکاری لازم است از طرف نمایندگان کنترل کیفیت- این کنترل صورت گیرد و با ثبت ولتاژ و آمپر سرعت جوشکاری، (j/in) heat input را مطابق فرمول ذیل محاسبه کرد:

مناسب و سرعت مناسب جوشکاری در پاس ریشه بسیار حائز اهمیت است.

- چنانچه جوش نفوذی مورد نظر باشد پس از پایان این پاس، سنگ زده شود. در غیر اینصورت با برس برقی سرباره آن کاملاً باید تمیز گردد.

- بعد از پایان هر پاس دقت کامل و کافی شود تا کلیه سرباره‌های جوش توسط برس برقی برداشته شده و هیچ گونه سرباره و به هر اندازه‌ای روی جوش و بین لایه‌ها باقی نماند.

- سرعت کم جوشکاری و برق زیاد دستگاه جوش ایجاد بریدگی در کناره‌های جوش خواهد نمود^۴ که باید در این مورد دقت کافی به خرج داد.

- بایستی دقت شود که بین فلز جوش و قطعه کار در دیوارها، ذوب کامل صورت گیرد تا عیب عدم ذوب^۵ در دیوارهای ایجاد نگردد. برق مناسب، مهارت و دقت جوشکار، پیش گرمایی خوب، در ذوب کامل نقش موثری دارند.

- رعایت درجه حرارت میان پاس‌ها^۶ مطابق W.P.S.^۷ حائز اهمیت است که باید در فرآیند عملیات جوشکاری دیده شود.

- بعد از سنگ زدن و هر نوع گوجینگ^۸، باید آن محل مورد آزمایش مایع نافذ (P.T.)^۹ قرار گیرد.

- با توجه به اینکه تولید و اجراء یک جوش مطلوب نیاز به تجربه و دقت کافی و مناسب دارد، هرگونه فشار به جوشکار، برای سرعت در اجرای کار می‌تواند تبعات زیان‌باری داشته باشد.

- ساعت کار یک جوشکار نباید از حداقل ۱۰ ساعت در شباهه روز بیشتر گردد. لازم به یادآوری است که عدم رعایت مطالب ذکر شده در فرآیند جوشکاری نتایج مطلوبی را به بار خواهد آورد.

و بر مبنای heat input فلز مورد جوش که در یک محدوده (دارای مینیمم و ماکزیمم) می‌باشد قرار گیرد، تا بر آن اساس بتوان سرعت جوشکاری مناسب را پیدا نمود.

نتیجه

با بکارگیری اصول بالا و آموزش به جوشکاران تأثید شده و کنترل بیشتر فرآیند اجرائی - در واحد شماره Stay ring No.3 ، عیوب جوش‌های اجراء شده در حد ۲٪ بود و همین پروسه و کنترل در رابطه با Spiral case No.3، نیز اجرا گردیده و نتایج حاصله مطلوب بوده است.

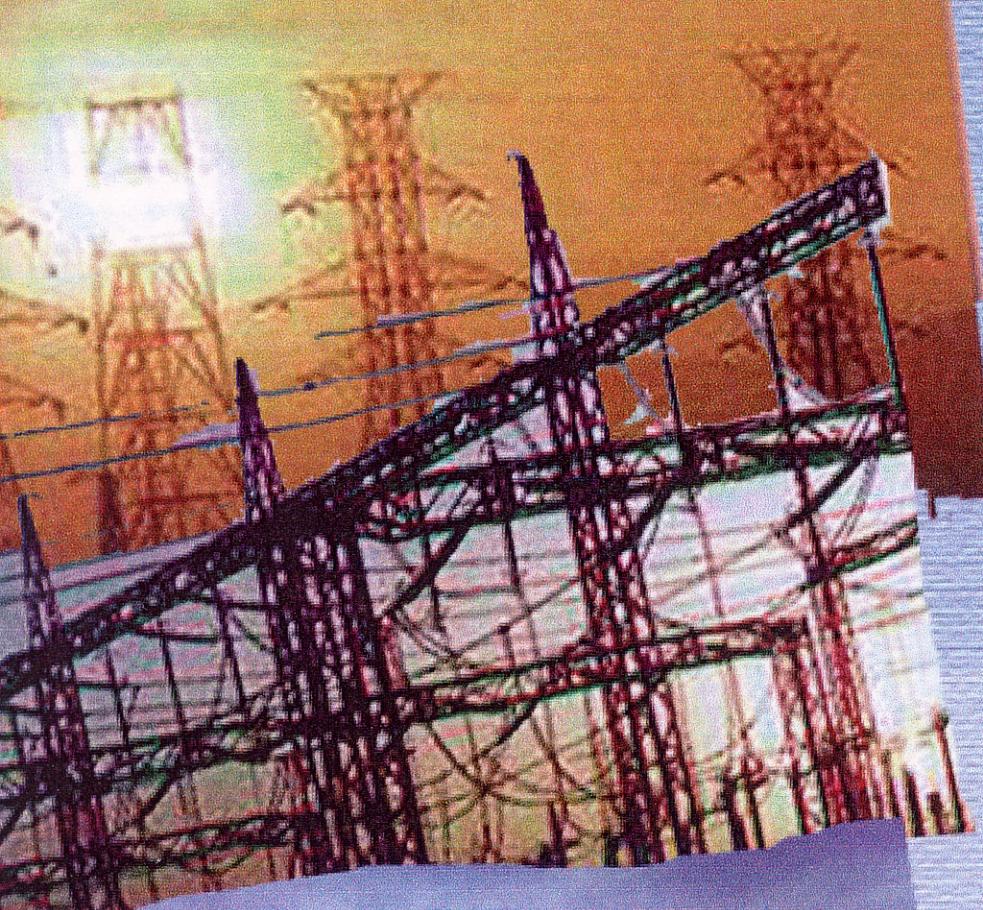
بنابراین مشاهده می‌شود که با رعایت اصول ساده و در عین حال مهم که هزینه چندانی هم به دنبال ندارد تولید جوش با کیفیت بالاتر و با هزینه پائین‌تر امکان‌پذیر می‌باشد.

منابع:

- 1- بر مبنای تجربیات راهبردی در اجراء
- 2- ASME- "Welding procedure qualification"
- 3- The procedure Handbook of arc welding.

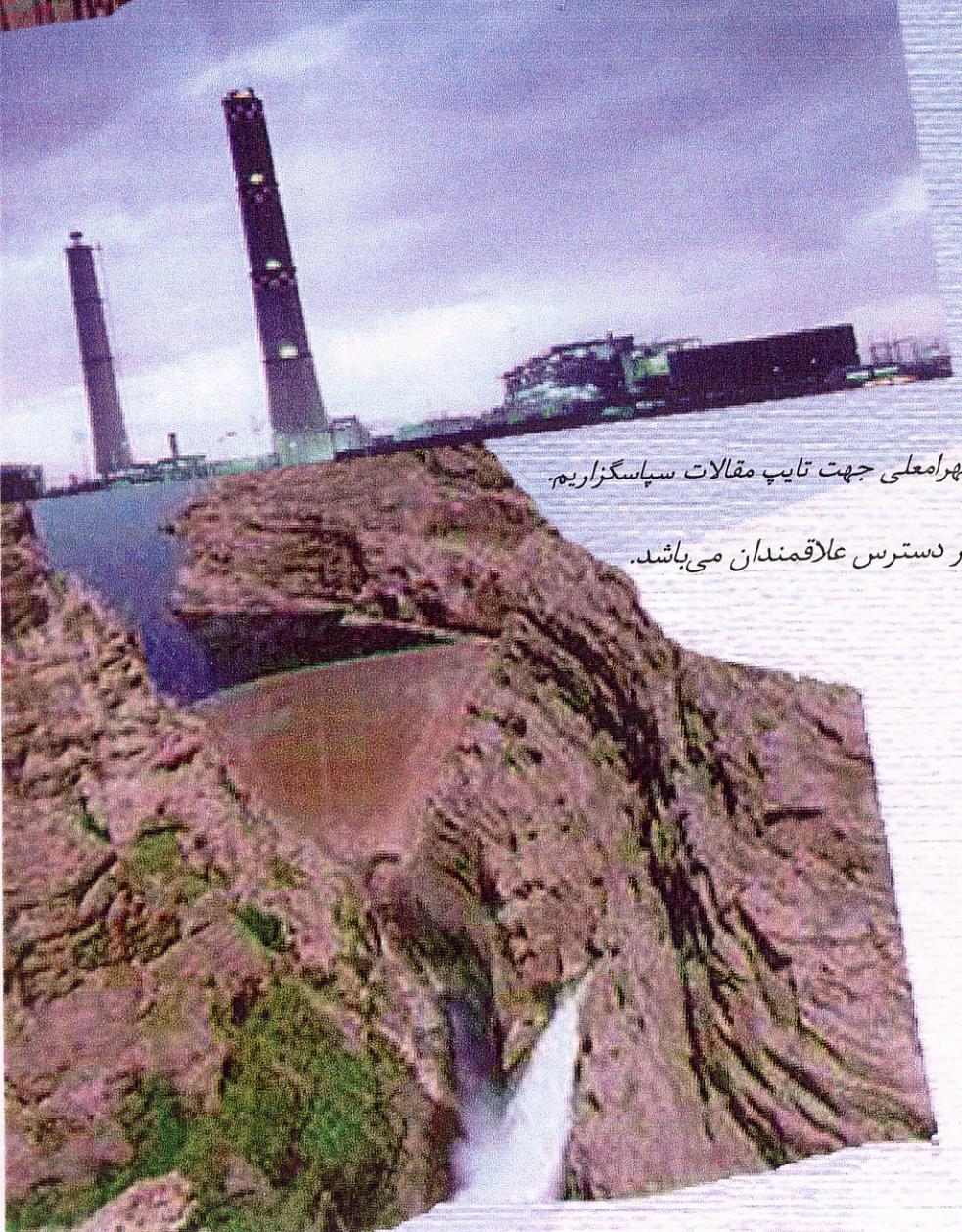
آقای فریدون خسروی دارای دیپلم ریاضی در سال ۱۳۵۴ و "جمعا" ۲۲ سال سابقه کار بعنوان تکنیسین مکانیک و ناظر ارشد بوده که ۴ سال آن در شرکت قدس نیرو می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان تهیه دستورالعمل‌های جوشکاری و نظارت بر نصب جوشکاری و تجهیزات مکانیک است.

-
- 1- Non Destructive Testing
 - 2- Power brush
 - 3- Preheat
 - 4- under cut
 - 5- Lack of side wall fusion
 - 6- interpass temperature
 - 7- welding procedure specification
 - 8- gouging
 - 9- Penetration test



با تشکر از همکاری آقایان:

- ۱- مهندس حسین بختیاریزاده
- ۲- مهندس احمد فردی دون درافشان
- ۳- مهندس شادان کیوان
- ۴- مهندس علی شاهحسینی
- ۵- دکتر همایون صحیحی
- ۶- مهندس منصور قزوینی



از خانم مهندس خاضعی جهت ویرایش و خانم بهرامعلی جهت تایپ مقالات سپاسگزاریم.

این نشریه از طریق اینترنت قدس نیرو نیز در دسترس علاقمندان می باشد.
نظرات، پیشنهادات و سئوالات
احتمالی خوانندگان گرامی از طریق
اینترنت شرکت با فعال نمودن آیکون
مریبوطه در انتهای مطالب نشریه قابل
ارائه و انعکاس می باشد.



تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه شهروردی، شماره ۹۸، کدپستی: ۱۵۶۶۴

تلفن: ۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۷۰۰۴۵۴ - ۸۴۱۱۷۰۴ فاکس: ۸۴۰۳۶۴۵۴

تلگراف: شر قدس نیرو ایران تلکس: جی ان سی آنی ایران ۲۲۴۵۰۷

No.98 OSTAD MOTAHARI AVE. TEHRAN 15664 - IRAN
TEL: 8403613 - 8700454 - 8411319 Email:ghods-niroo>com
CABEL : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 8411704