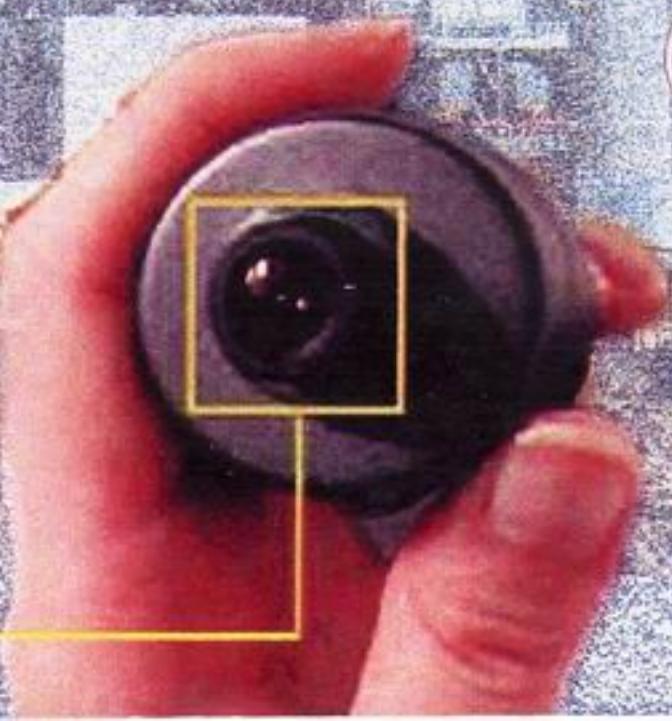
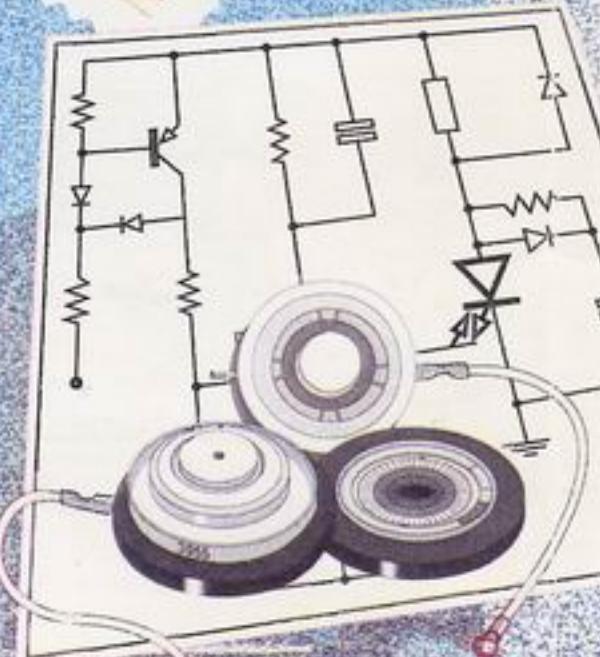
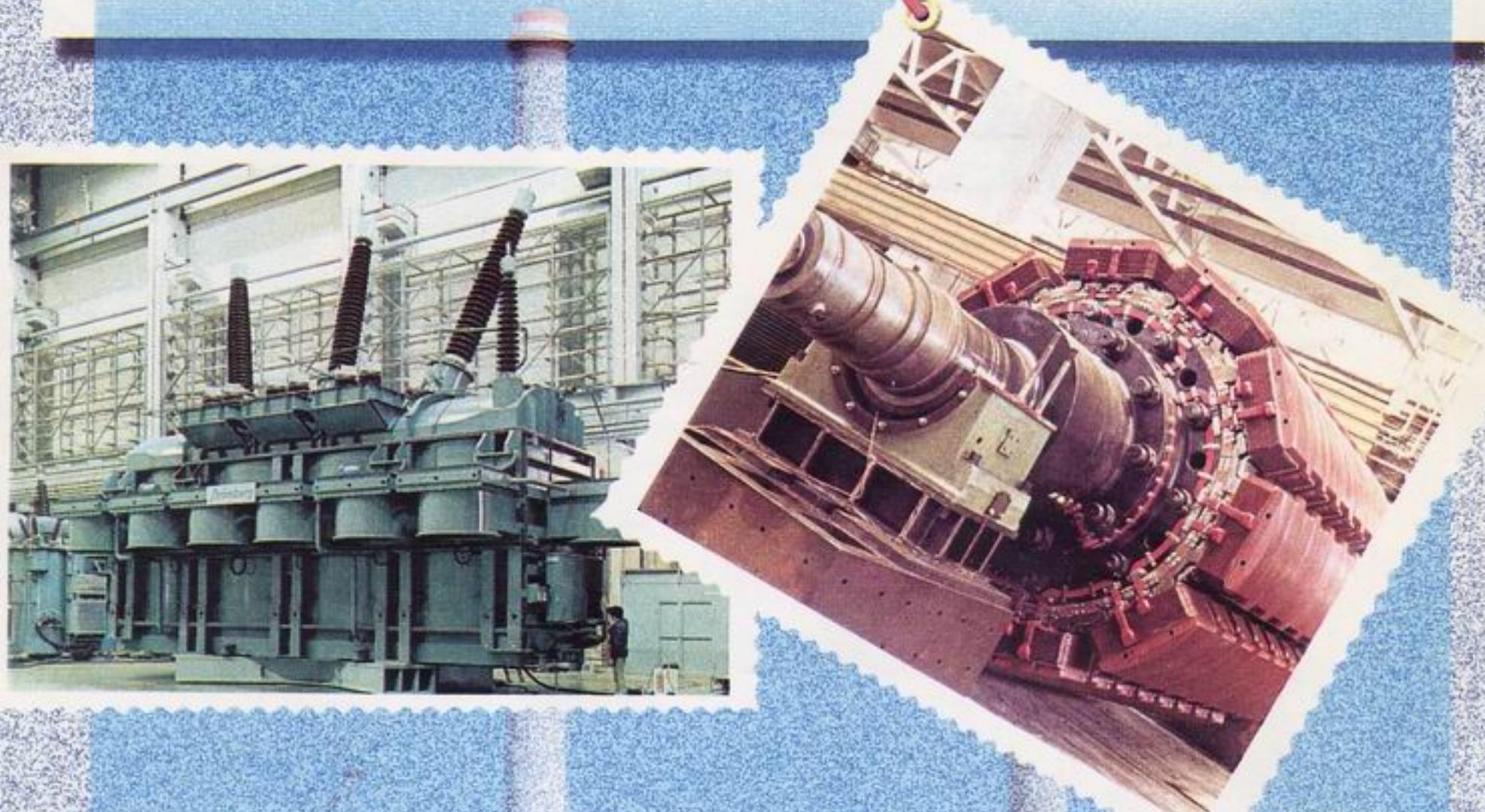
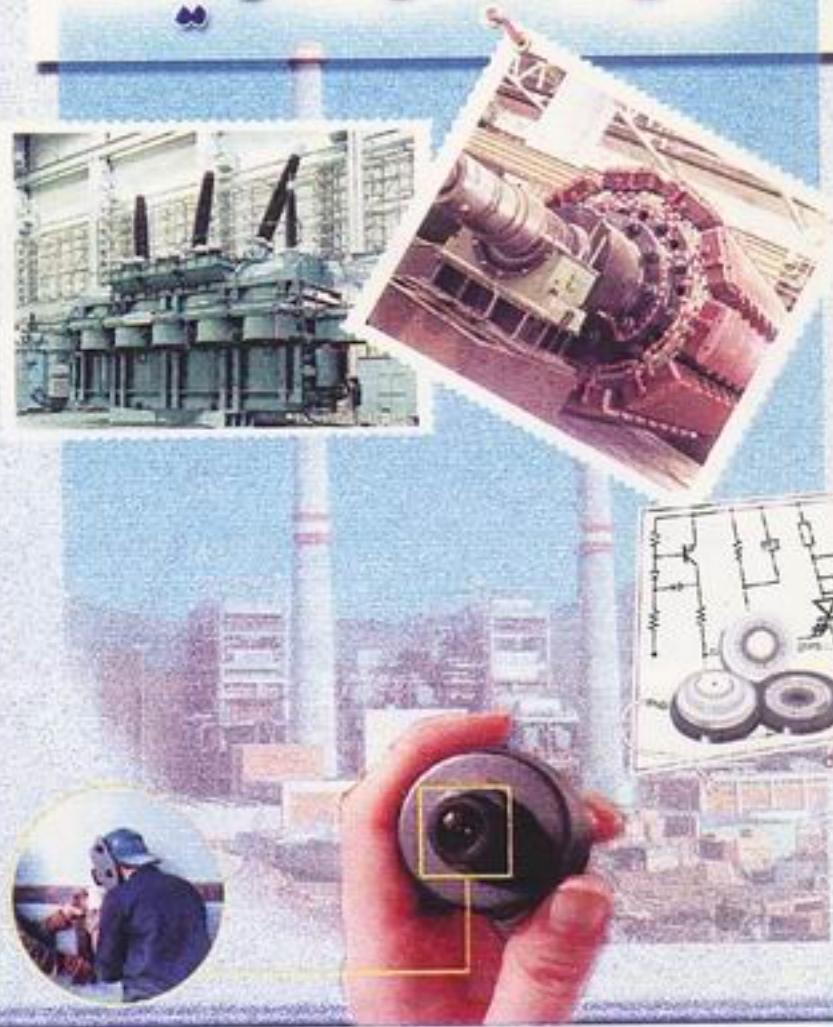


پیش شماره سوم - رامستان ۱۳۸۰

# شروعی خصی عدس نمود



# نشریه فنی تخصصی قدرت نیرو



## فهرست مقالات

۲ سرمقاله

مشخصه قدرت ژنراتور سنکرون - دکتر کاوس

۳ قصبه

۱۰ حساسیت و اهمیت شکل اتصال سیم پیچ به  
ترمینال بوشینگ در ترانسفورماتورهای  
قدرت - مهندس حسین بختیاریزاده و

۱۰ مهندس کاظم شباهنگ  
بررسی منابع و سرچشمه‌های خطأ و نحوه  
کاهش آنها در امر نظارت - مهندس محمد رضا

۲۰ غفاری

۲۵ تجهیزات هشدار دهنده به هواپیماها در رابطه  
با سازه‌های بلند (نیروگاهها) - مهندس محمود

۲۵ زندگانی

۲۸ نصب تجهیزات دوار روی فونداسیون و فرآیند  
بازرسی - فریدون خسروی

۳۴ معرفی فولادهای جدید در ساخت قسمتهای  
بحارانی بویلر نیروگاههای بخار و تاثیر آن بر  
راندمان نیروگاه - دکتر مهرداد عباسی

۴۵ بررسی پایداری گذرا با استفاده از مقاومت  
کنترل شونده با تریستور - مهندس حسین  
دانشی

۵۳ آینده‌ای که شایسته تلاش است - فریدون  
خسروی

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری راد

سردبیر: مهندس فتانه دوستدار

طراحی و صفحه‌آرایی: امور پشتیبانی

قدس نیرو

## هیئت تحریریه:

آقایان: دکتر همایون صحیحی، مهندس شادان  
کیوان، دکتر جعفر عسگری، مهندس محمد  
حسن زرگر شوشتاری، مهندس مسعود  
حبیب‌الهزاده، مهندس محمد رضا حیدری‌پور،  
مهرداد صارمی، مهندس حسن تفرشی، مهندس  
غلامرضا صفarpور، مهندس علی مقیمی،  
مهندنس فرهاد شاهمنصوریان، مهندس کیوان  
حیدری، مهندس امیر‌همايون فتحی.

خانمها: مهندس لادن پور‌کمالی، مهندس فتانه  
دوستدار

## بنام خدا

دوست و همکار عزیز

این سومین نشریه تخصصی شرکتمان است که با همت و تلاش تعداد معددی از همکاران دلسوز و علاقمند به توسعه علمی و انتقال تجربیات و اعتلای نام قدس نیرو تهیه شده است. میدانید تولید نشریه‌ای این چنین کار ساده‌ای نیست و وجود عنصر عشق و علاقه علاوه بر فراهم بودن ابزار و لوازم، مایه اصلی آن می‌باشد. خوشبختانه سیر صعودی ابراز علاقمندی همکاران برای مشارکت در بانجام رساندن این مهم به ما نوید می‌دهد که در آینده‌ای نزدیک قادر خواهیم بود مجله‌ای تخصصی در خور شان شرکت قدس نیرو نشر نمائیم و از این طریق علاوه بر تبادل دانش، نسبت به معرفی متخصصین شرکت و تواناییهای علمی و تجربی مجموعه بسیار ارزشمند شرکتمان اقدام نمائیم.

قدس نیرو از معدد شرکتهایی است که توفیق ارائه خدمات مهندسی در حیاتی‌ترین عناصر مورد نیاز جامعه امروز را دارد و افتخار می‌نماید که همواره خدمات مفید و موثری را به صنعت برق و آب کشور عزیzman تقدیم نموده است. ماحصل سالها کار و کوشش خیل متخصصین ما، منابع غنی از دانش و تجربه است که دست‌مایه شرکت در بانجام رساندن تعهداتش و ارائه خدمات مهندسی مورد نیاز صنعت کشور می‌باشد و چه بجا و مناسب است که در کنار انجام این رسالت اصلی، در قالب مقالات و مباحث علمی و تجربی اندوخته‌های خود را جهت درج در این نشریه ارائه نمائیم تا از این طریق هم انگیزه لازم برای تدوین اندوخته‌هایمان فراهم گردد و هم سودی به مشتاقان علم و تجربه و نیز شرکتمان.

در انتها پیش‌پیش حلول سال نو را خدمت کلیه همکاران عزیز خصوصاً علاقمندان به توسعه علم و دانش تبریک عرض نموده سعادت، سلامت، موفقیت و توفیقات روزافزون برای یکایک همکاران عزیز و خانواده محترمشان را از خداوند مهربان مستلت دارم.

مدیر مسئول

## مشخصه قدرت ژنراتورهای سنکرون

### آقای کاووس قصبه

سرپرست گروه تخصصی برق - مدیریت مهندسی نیروگاههای بخاری

#### چکیده:

یکی از مهمترین مشخصه‌های کاری ژنراتور سنکرون، مشخصه قدرت (*Capability Curve*) است که در آن محدوده‌های مجاز کار به ازاء محدودیت‌های نظیر حرارت ایجاد شده در ماشین، پایداری و سیستم تحریک مشخص می‌گردد. این منحنی طبق شکل (۱) در مختصات  $P, Q$  رسم می‌شود که در آن  $P$  توان اکتیو و  $Q$  توان راکتیو ماشین است. در ناحیه  $Q^+$ ، ماشین توان راکتیو تحويل شبکه میدهد و با ضریب قدرت پس فاز و تحریک اضافی کار می‌کند در حالیکه در ناحیه  $Q^-$ ، ماشین توان راکتیواز شبکه تحويل می‌گیرد و دارای ضریب قدرت پیش فاز و تحریک نقصانی است.

کار ژنراتور سنکرون اکثراً در ناحیه  $Q^+$  می‌باشد، یعنی تولید کننده توان راکتیو، زیرا بار شبکه در اکثر اوقات از نوع اندکتیو است (موتورهای اندکسیونی، ترانسفورماتور، خطوط انتقال در حالت پرباری، رآکتورها) که نیاز به اخذ توان راکتیو دارد. بنابراین ماشین با تولید توان راکتیو لازم و ایجاد تعادل بین توان راکتیو تولید شده و مصرف شده باعث تثبیت ولتاژ شبکه می‌گردد.

کار ژنراتور در ناحیه  $Q^-$  یعنی جذب کننده توان راکتیو، مربوط به موارد خاصی است که بار شبکه از نوع کاپاسیتیو باشد (خطوط انتقال در حالت کم باری، خازن شنت، کابل) که در این صورت ماشین با اخذ توان راکتیواز شبکه و ایجاد تعادل، باعث تنظیم ولتاژ می‌گردد.

تغییر مقادیر  $P$  و  $Q$  ژنراتور، به ترتیب توسط گاورنر و رگولاتور ولتاژ و بصورت مستقل از یکدیگر صورت می‌گیرد. تنظیم مقدار  $P$  باعث تثبیت فرکانس و تنظیم مقدار  $Q$  باعث تثبیت ولتاژ می‌شود.

محدوده‌های مشخصه قدرت در دو بعد طراحی و عملی قابل بررسی می‌باشند.

مجاز ماشین را در کار نرمال و ماندگار در نظر می‌گیرد و به همین علت محدوده حرارتی نیز نامیده می‌شود. این مشخصه بازه یک ولتاژ و یک فشار هیدروژن ثابت (برای ژنراتورهای بزرگ که با هیدروژن خنک می‌شوند) رسم می‌گردد و با کاهش فشار هیدروژن محدوده کاری کوچکتر می‌گردد. در شکل (۱) یک نمونه از این مشخصه

#### ۱- مشخصه قدرت از بعد طراحی

مشخصه‌ایکه توسط سازنده ماشین براساس پارامترهای طراحی ارائه می‌گردد فقط حرارت

قطبهای روتور است که به هارمونیک‌های جریان استاتور بستگی دارد.

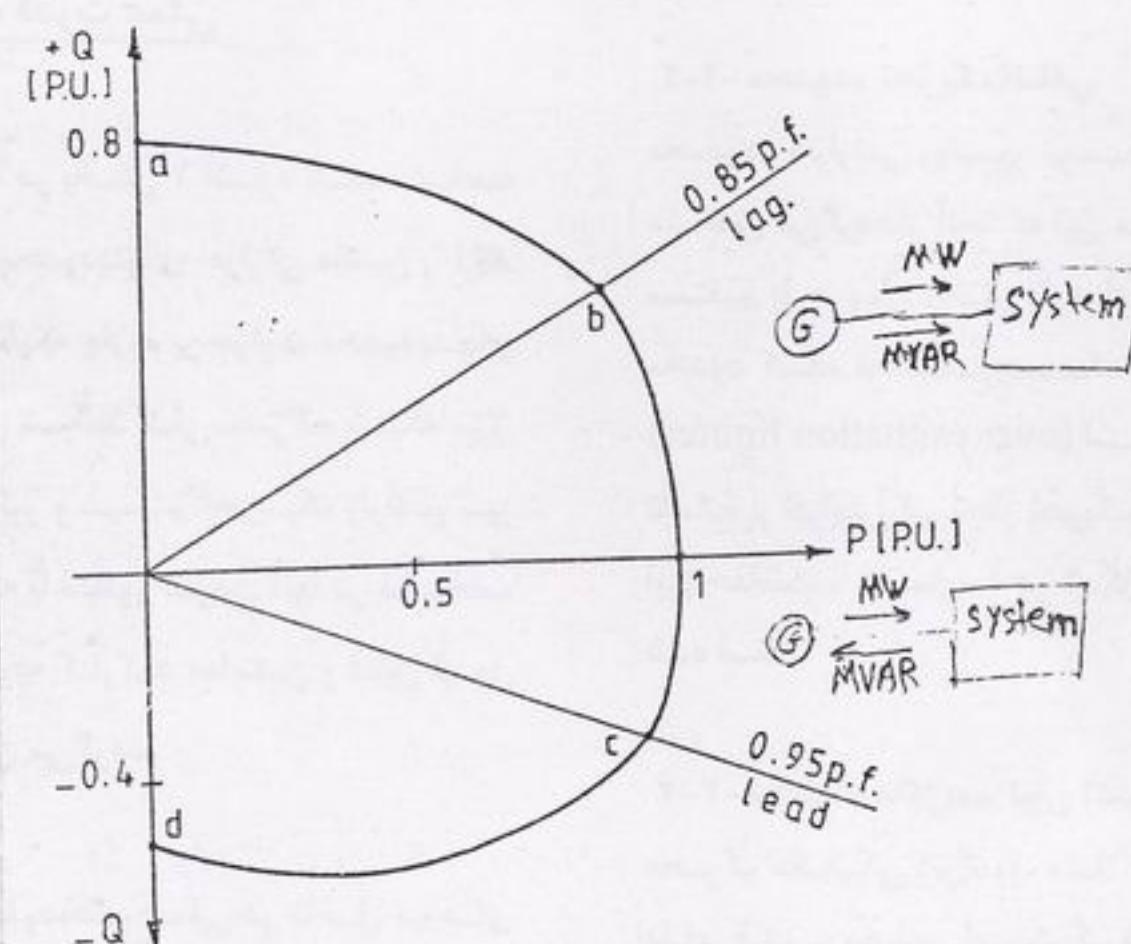
رسم شده است. کارکرد ماشین در محدوده خارج منحنی از نظر حرارتی مجاز نمی‌باشد و از نظر طراحی دارای سه ناحیه متمایز زیر است:

۱-۲- محدوده حرارتی سیم پیچ استاتور منحنی  $bc$  تعیین کننده ماکزیمم حرارت مجاز تولید شده در سیم پیچ استاتور است که به ازاء یک جریان معین استاتور، بعبارت دیگر یک  $MVA$  معین، طبق معادله زیر تعریف می‌گردد:

$$P + jQ = V \cdot 1 \cdot e^{-j\varphi}$$

۱-۱- محدوده حرارتی روتور منحنی  $ab$  تعیین کننده ماکزیمم حرارت مجاز تولید شده در روتور است که بازه یک جریان ثابت تحریک طبق معادله زیر تعریف می‌گردد:

$$P + jQ = (V \cdot E) / X_d \cdot e^{j\beta} - jV^2 / X_d$$

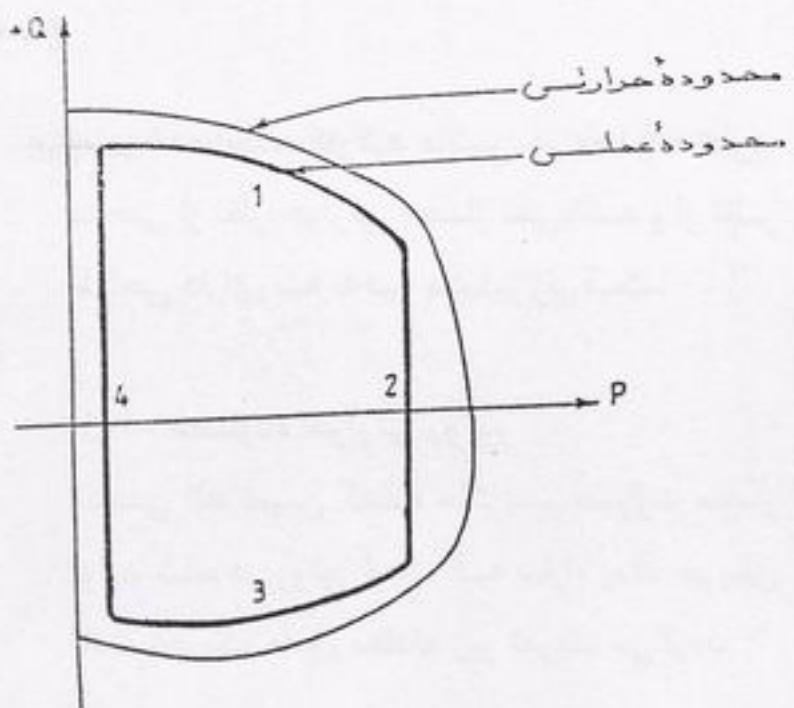


شکل (۱) مشخصه قدرت ژنراتور سنکرون

که در آن  $V$  ولتاژ خروجی،  $E$  ولتاژ تحریک،  $\beta$  زاویه بار و  $X_d$  راکتانس محور مستقیم ماشین زوییه ضریب قدرت می‌باشند.

۳-۱- محدوده حرارتی هسته استاتور منحنی  $cd$  که در ناحیه تحریک نقصانی و ضریب قدرت پیش فاز قرارداد تعیین کننده ماکزیمم حرارت مجاز در دو بخش انتهائی هسته استاتور می‌باشد. در این ناحیه کاری مقدار شار

که در آن  $V$  ولتاژ خروجی،  $E$  ولتاژ تحریک،  $\beta$  زاویه بار و  $X_d$  راکتانس محور مستقیم ماشین است. مقدار جریان تحریک در معادله فوق برابر جریان تحریکی است که برای تولید  $MVA$  اسمی در ضریب قدرت اسمی لازم است. منابع حرارتی برای این ناحیه در درجه اول تلفات مس سیم پیچ روتور است که به جریان تحریک بستگی دارد و در درجه دوم تلفات فوکو در سطح



شکل (۲) مشخصه‌های حرارتی و عملی ژنراتور سنکرون

پراکندگی استاتور بیشتر از حالت تحریک اضافی است زیرا بعلت کاهش نیروی محرکه مغناطیسی روتور (تحریک نقصانی)، حلقه انتهائی روتور شار پراکندگی استاتور دارای مقاومت مغناطیسی کمی خواهد بود. این شار که با سرعت سنکرون نسبت به هسته استاتور دوران می‌کند، با القاء جریانهای فوکو باعث ایجاد حرارت در بخش‌های انتهائی هسته و سیم‌پیچ استاتور می‌گردد.

## ۲- مشخصه قدرت عملی

همانطور که در بخش ۱ اشاره شد، مشخصه طراحی فقط محدودیتهای حرارتی ماشین را ارائه میدهد، در حالیکه علاوه بر حرارت محدودیتهای دیگری نظیر شرانط کار محرک، شبکه برق متصل به ژنراتور و سیستم تحریک ژنراتور نیز وجود دارند که با منظور نمودن آنها در مشخصه قدرت، محدوده کارکرد مطمئن و قابل قبول ژنراتور تضمین می‌گردد.

از آنجا که محدوده‌های عملی در داخل مرزهای حرارتی قرار می‌گیرند، از وسعت مشخصه حرارتی کاسته می‌گردد. واضح است که سیستم‌های حفاظتی و بپره‌برداری ژنراتور بایستی براساس مشخصه عملی تنظیم گردند تا کارکرد مطمئن ژنراتور و کلیه سیستم‌های مرتبط با آن حاصل گردد. در شکل (۲) مشخصه عملی در داخل مرزهای مشخصه حرارتی رسم شده است که در آن چهار ناحیه متمایز زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

### ۱- محدوده تحریک اضافی

محدوده حرارتی روتور توسط منحنی ab مشخص می‌گردد. از آنجا که این محدوده نسبت مستقیم با جریان روتور دارد، از حفاظتی بنام محدود کننده تحریک اضافی (over excitation limiter) استفاده می‌گردد تا مانع از افزایش غیرمجاز تحریک گردد. منحنی این حفاظت با شماره ۱ در شکل (۲) مشخص شده است.

### ۲- محدوده ماکریم توان اکتیو

محرك مکانیکی ژنراتور، مثلاً توربین بخار، دارای قدرت معینی است که تعیین کننده ماکریم توان اکتیو ژنراتور می‌باشد. توان اسمی محرك از نظر اقتصادی طوری انتخاب می‌گردد تا توان اسمی ژنراتور را تامین کند. بنابراین خط شماره ۲ در شکل (۲) مکان هندسی توان اسمی ژنراتور است که محدوده عملی کار در ناحیه حرارتی استاتور را مشخص می‌سازد.

### ۳- محدوده پایداری و تحریک نقصانی

در ناحیه پائین منحنی قدرت که قدرت راکتیو منفی است (خط شماره ۳ در شکل ۲)، یعنی

در پایداری ماندگار (Steady state stability) میزان قدرت انتقالی کم و نتیجتاً دامنه نوسانات نیز کم است. تحت شرائط ساده که قدرت  $P = V \cdot E \cdot \sin \beta / X$  تعیین می‌گردد، زاویه بار  $\beta$  میتواند ماکریم تا ۹۰ درجه الکتریکی افزایش یابد و بیش از این مقدار، ناپایداری ماشین را بهمراه دارد.

در پایداری گذرا (Transient Stability) ماشین قادر است تغییرات ناگهانی و زیاد قدرت انتقالی را تحمل کند بدون اینکه پایداری را از دست بدهد که نمونه این نوع تغییرات، وقوع اتصال کوتاه و یا از دست رفتن ناگهانی بار ژنراتور (Load rejection) می‌باشد. در پایداری گذرا زاویه بار میتواند در حین نوسانات از مقدار ۹۰ درجه نیز تجاوز کند.

محدوده پایداری ماشین در ناحیه تحریک نقصانی قرار دارد و میتوان نشان داد که منحنی آن طبق شکل ۳ توسط روابط زیر تعیین می‌گردد:

شعاع منحنی پایداری ماندگار:

$$R = \frac{V^2}{2} \left( \frac{1}{X_s + X_t} + \frac{1}{X_d} \right)$$

فاصله مرکز منحنی تا محور افقی:

$$C = \frac{V^2}{2} \left( \frac{1}{X_s + X_t} - \frac{1}{X_d} \right)$$

که در آن  $X_d, X_s, X_t$  به ترتیب راکتانس‌های محور طولی ژنراتور، ترانسفورماتور و شبکه می‌باشد. بنابراین در ناحیه تحریک نقصانی علاوه بر محدوده حرارتی هسته استاتور، پایداری نیز محدودیت ایجاد می‌کند که هنگام کار نبایستی از آن تجاوز نمود. عملکرد رگولاتور ولتاژ (AVR)

توسط ماشین از شبکه اخذ می‌گردد، دو مسأله پایداری و قطع تحریک از اهمیت خاصی برخوردارند.

۲-۱-۳-۱- پایداری: بطور کلی خاصیتی از یک سیستم که بعد از بروز اشکال مجدداً بحال اولیه بازگردد را پایداری می‌نامند. یک ژنراتور سنکرون متصل به شبکه در کار نرمال دارای سرعت ثابت سنکرون و زاویه بار ثابت است و در این شرائط قدرت تولید شده برابر قدرت اخذ شده از ژنراتور می‌باشد. هر نوع تغییر در قدرت انتقالی (قدرت تولیدی یا قدرت مصرفی بار)، که میتواند توسط عواملی نظیر اتصال کوتاه، تغییر بار و کلیدزنی صورت گرفته باشد باعث تغییر زاویه بار ماشین می‌گردد. برای تغییر زاویه بار لازمست که برای لحظاتی سرعت روتور نسبت به سنکرون تغییر یابد.

میتوان نشان داد که بعلت محدود بودن اینرسی روتور، رسیدن به زاویه بار جدید همواره بصورت نوسانی صورت گرفته و نتیجتاً روتور نیز حول سرعت سنکرون نوساناتی (Swing) خواهد داشت. علاوه بر نوسانات زاویه بار و سرعت روتور، کمیات ولتاژ و جریان و قدرت نیز نوسانی خواهند بود که مجموعاً پدیده‌ای نامطلوب بشمار می‌روند.

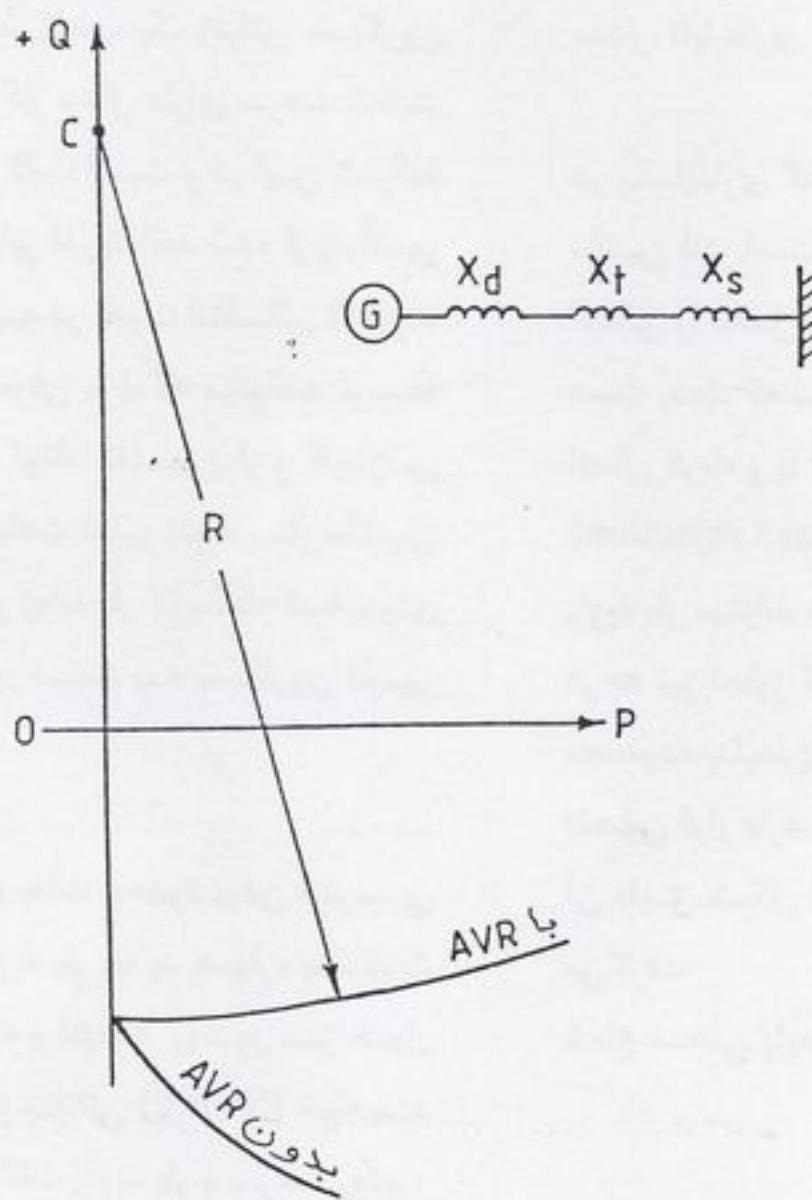
در صورتیکه نوسانات ایجاد شده پس از مدت قابل قبول میرا گردیده و زاویه بار جدید در سرعت ثابت سنکرون برقرار گردد، اصطلاحاً حالت پایدار نامیده می‌شود. بسته به میزان تغییر قدرت انتقالی، دو نوع پایداری ماندگار و گذرا تمیز داده می‌شود.

حافظت‌هاییکه در این ناحیه بکار می‌روند عبارتند از:

الف- محدود کننده تحریک نقصانی: معمولاً رگولاتور ولتاژ ژنراتورهای بزرگ، علاوه بر محدود

نقش عمده‌ای در منحنی پایداری دارد و در شکل (۳) منحنی‌های پایداری برای هر دو حالت که AVR در مدار قرار داشته یا نداشته باشد رسم شده است.

لازم به تذکر است که استفاده از رگولاتور ولتاژ با



شکل (۳) منحنی پایداری ماندگار

کننده تحریک اضافی، مجبور به محدود کننده تحریک نقصانی (Minimum Excitation Limiter) می‌باشد که مانع کاهش جریان تحریک از یک حد مینیمم مجاز می‌گردد.

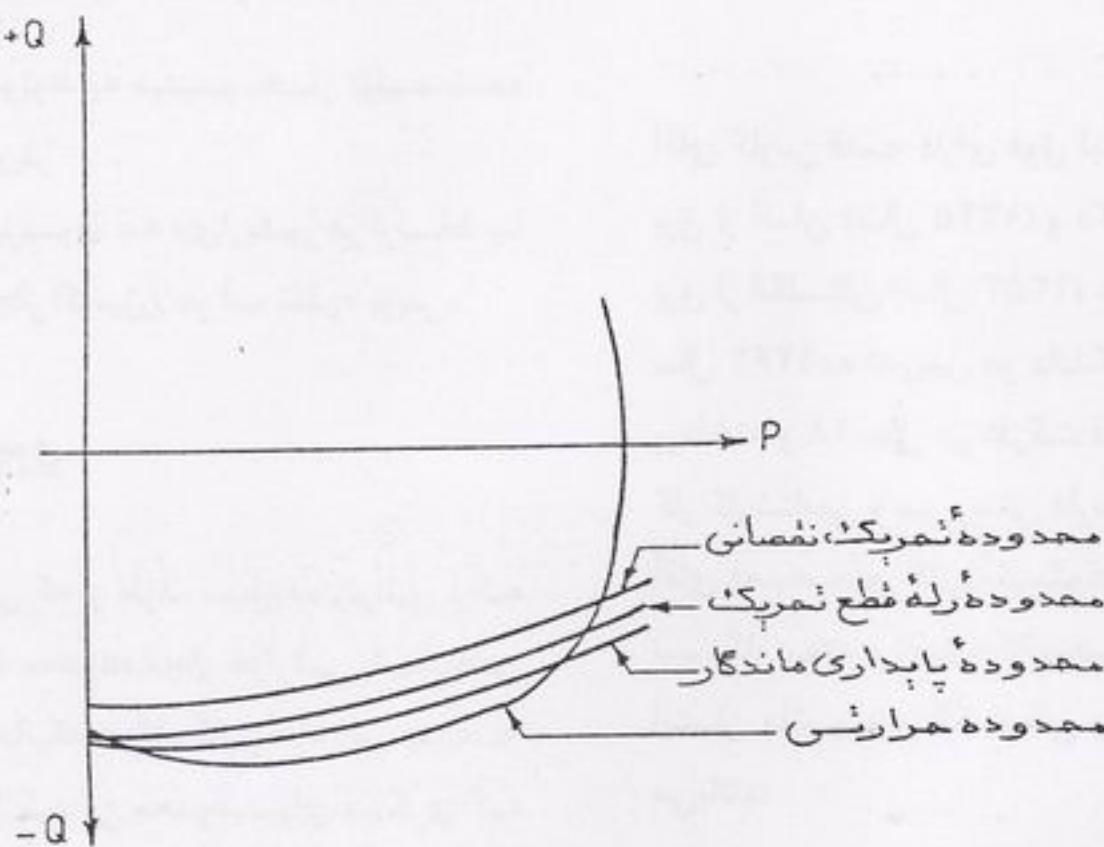
این محدوده طبق شکل (۴) در کنار و بالاتر از محدوده پایداری ماندگار قرار دارد و پیش از آنکه

سرعت پاسخ زیاد، دارای مزیت افزایش و بهبود پایداری گذرا ولی دارای عیب کاهش میرانی نوسانات می‌باشد.

۲-۳-۲-قطع تحریک: کار در ناحیه تحریک نقصانی نبایستی از محدوده‌های حرارتی و پایداری تجاوز کند و لازمه آن وجود حفاظت‌های مناسب برای سیستم تحریک و ژنراتور می‌باشد.

برای حفاظت ماشین از کار آسنکرون از رله قطع تحریک استفاده می‌شود. منحنی این رله میتواند

ماشین به محدوده ناپایداری نزدیک گردد باعث آلام یا جدا شدن ماشین از شبکه می‌گردد.



شکل (۴) حفاظتهاي ناحيه تحریک نقصانی

بسته بنوع رله بکار رفته، مشابه رله MEL (محدود کننده تحریک نقصانی) باشد که طبق شکل (۴) بین منحنی های MEL و پایداری قرار می‌گیرد. در شرائط پایداری گذرا، امکان دارد که نوسانات روتور از حد پایداری ماندگار تجاوز کند و بهمین علت رله قطع تحریک بندحوی طرح می‌گردد که در حالت پایداری گذرا، باعث قطع بیمورد ماشین از شبکه نگردد. برای حفاظت ماشین از نوسانات شدید روتور که منجر به ناپایداری می‌گردد از رله لغزش قطع (Pole Slip) استفاده می‌شود.

**۴-۲-محدوده می‌نیمم توان محرك**  
خط شماره ۴ در شکل (۲) محدوده می‌نیمم توانی است که کار کرد توربین بخار و دیگ بخار (بویلر) در کمتر از آن مجاز نمی‌باشد. دلائل عمده این محدودیت عبارتند از:

ب - رله حفاظت از قطع تحریک: جریان تحریک یک ژنراتور میتواند هنگام کار بعلت بروز اشکال در سیستم تحریک (باز شدن مدار، اتصال کوتاه مدار، خرابی رگولاتور ولتاژ ...) بیشتر از حد مجاز کاهش یابد و با کلاً قطع گردد. در حالت قطع تحریک ماشین به ژنراتور اندوکسیونی تبدیل میگردد که با سرعت بالای سنکرون از شبکه قدرت راکتیو اخذ می‌کند در حالیکه توان اکتیو به شبکه تحويل میدهد، یعنی کار در ناحیه تحریک نقصانی و ضریب قدرت پیش فاز. در این شرائط بعلت القاء جریانهای فوکو در سطح روتور خطر افزایش حرارت خصوصاً در بخش انتهایی و همچنین خطر ناپایداری وجود دارد. از آنجا که ماشین سنکرون فقط برای لحظات کوتاهی قادر به کار در شرائط آسنکرون می‌باشد لذا بایستی در برابر این خطر حفاظت گردد.

## 5- Relay catalogues of various manufacturers.

آقای کاوس قصبه دارای فوق لیسانس مهندسی برق از آلمان (سال ۱۳۴۵) و دکترای مهندسی برق از انگلستان (سال ۱۳۵۳) می‌باشد. ایشان تا سال ۱۳۶۲ به تدریس در دانشگاه صنعتی شریف پرداخته و ۱۸ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کار کارشناسی و سربستی دارد. زمینه فعالیت آقای قصبه، بطور کلی سیستم‌ها و تجهیزات برق نیروگاه بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان ماشینهای الکتریکی و ترانسفورماتورها می‌باشد.

- خلاء کم توربین که نتیجه آن افزایش درجه حرارت بخش فشار ضعیف (LP) توربین می‌باشد.

- مسائل مربوط به مینیمم بخار تولید شده توسط بویلر

- مسائل مربوط به دیاریتور در ارتباط با مقدار مجاز اکسیژن در آب تغذیه بویلر

### ۳- نتیجه‌گیری

منحنی قدرتی که از طرف سازنده ژنراتور ارائه می‌گردد فقط محدوده مجاز حرارتی را مشخص می‌سازد، در حالیکه هنگام کاربرد ژنراتور، بسته به موقعیت کارکرد آن محدودیتهای دیگری که مربوط به شبکه برق، سیستم تحریک و محرک ژنراتور است به آن اضافه خواهد شد تا کارکرد مطمئن ماشین تضمین گردد.

### ۴- مراجع

1- Interpretation and use of generator capability diagrams  
IEEE Transactions, Vol. IGA-7,  
No.6.1971

2- Capability curves and excitation requirements  
IEEE Transactions, Vol. PAS-86,  
No.7,1967

3- Synchronous generator capability curve testing  
IEEE Transactions on Power delivery, Vol.9, No.1,1994

4- Reactive capability limitation of synchronous machines  
IEEE Transactions on Power delivery, Vol.9, No.1,1994

## حساسیت و اهمیت شکل اتصال سیم‌پیج به ترمینال بوشینگ در ترانسفورماتورهای قدرت

معاونت مهندسی پستهای انتقال  
مدیر کارگاه پستهای انتقال خوزستان

آقای حسین بختیاریزاده  
آقای کاظم شباھنگ

### چکیده:

ارزش مالی و اهمیت وجودی ترانسفورماتورهای قدرت در شبکه‌های انتقال ضرورت توجه هرچه بیشتر به طراحی و ساخت این وسیله را به گونه‌ای که در حین بهره‌برداری حداقل مسائل و مشکلات و حوادث را دربرداشته باشد ایجاد نماید.

در این مقاله شکل اتصال سیم‌پیچها به بوشینگ با توجه به این واقعیت که در حد فاصل بین سیم‌پیج و تانک، فضای زیادی برای مانور وجود ندارد و تراکم میدانهای ناشی از اتصالات مختلف از جمله تپ چنجر محسوس می‌باشد مورد توجه قرار گرفته است و در این ارتباط ضمن تشریح خطای حادث شده برای یکدستگاه ترانسفورماتور ۴۰۰ کیلوولت در حین آزمایشات کارخانه‌ای بر روی LEAD سیم‌پیج فشار قوی به توضیح پارامترهای موثر بر بهبود شکل اتصالات سیم‌پیج به بوشینگ پرداخته شده است.

علت عیب و نحوه مقابله با آن توضیحاتی ارائه گردیده است.

### مقدمه:

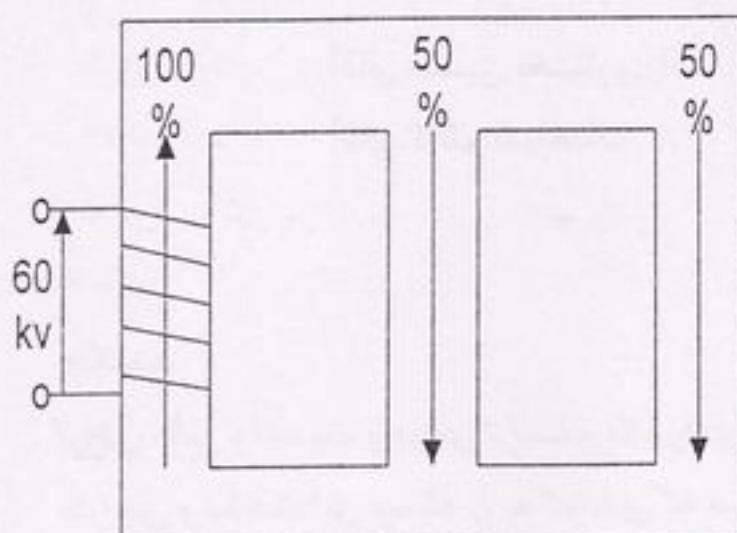
به هنگام انجام آزمایشات کارخانه‌ای یکدستگاه ترانسفورماتور ۲۰۰ مگاواتت آمپری ۴۰۰/۱۳۲/۳۳ کیلوولت و متعاقب انجام آزمایشات ایمپالیس "LIT" بر روی هر سه سیم‌پیج و در حین آزمایش ولتاژ القائی "Induced Voltage" سیم‌پیج H2 ترانسفورماتور دچار شکست عایقی گردید. در این نوشتار ضمن بیان مطالبی در مورد آزمایش انجام شده و نحوه انجام آن، عیب‌یابی و علت آن، همچنین در مورد

### شرح آزمایش ولتاژ القائی ((INDUCED VOLTAGE))

در این آزمایش تحمل و قدرت ایزولاسیون بین یک فاز و زمین، یک فاز و سایر سیم‌پیج‌ها و بین فازهای مختلف، بین حلقه‌ها و اتصالات سیم‌پیج در مقابله با اضافه ولتاژهای بافر کانس صنعتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

برای تحت ولتاژ قراردادن سیم پیچ فاز H2 (B) سیم پیچ ab ثالثیه در حالیکه نقطه a زمین شده بود با ولتاژ 60 kv برقدار گردید.

در این حالت ولتاژ فازهای دیگر با توجه به شکل هسته بشرح زیر خواهد بود:



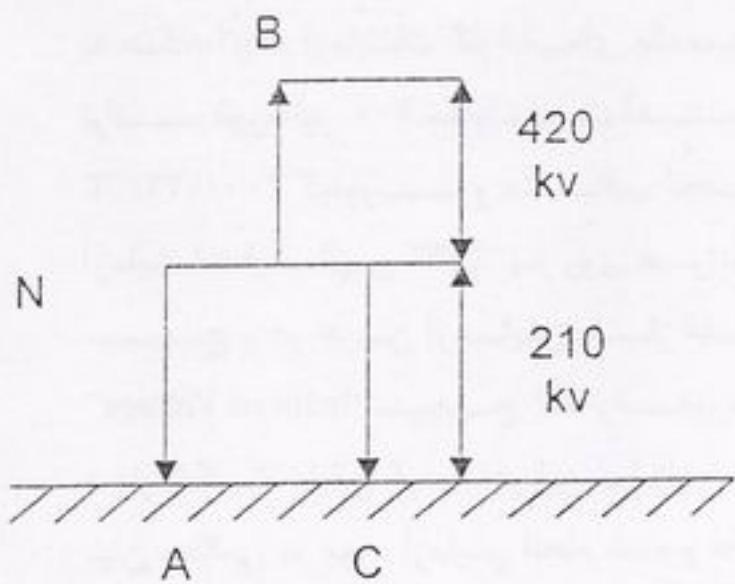
$$V_{cb} = 30 \text{ kv}, V_{ac} = 30 \text{ kv}$$

با توجه به نسبت تبدیل ترانسفورماتور مقادیر ولتاژ سیم پیچ های اولیه بشرح زیر خواهد بود:

$$V_{BN} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 33} \times 60 = 420 \text{ kv}$$

$$V_{NC} = V_{NA} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 33} \times 30 = 210 \text{ kv}$$

لذا دیاگرام برداری ولتاژ در سیم پیچ اولیه در حین آزمایش بشکل زیر می باشد:



در این آزمایش جهت جلوگیری از اشباع، هسته فرکانس حداقل به دو برابر افزایش می یابد. زمان آزمایش در دو برابر فرکانس نامی یک دقیقه بوده و در فرکانس های بالاتر از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$t = 120 \frac{50}{f(test)} \text{ ثانیه}$$

البته در هیچ شرایطی زمان کمتر از 15 ثانیه خواهد بود.

در این آزمایش:

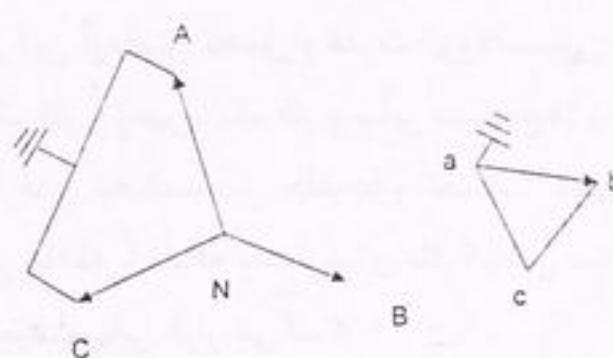
۱- توزیع ولتاژ در طول سیم پیچ ها خطی می باشد.

۲- تنش الکتریکی مابین حلقوها و همچنین بین نقاط مختلف سیم پیچ ها که از لحاظ الکتریکی جدا ولی از لحاظ فیزیکی نزدیک بهم هستند ایجاد و میزان عایقی آنها کنترل می شود.

عدم تغییر مقدار ولتاژ، جریان شارژ کننده و یکنواختی صدای ترانس در حین آزمایش نشانگر موفقیت آزمایش می باشد.

نحوه انجام آزمایش:

جهت انجام آزمایش ولتاژ القایی با توجه به دیاگرام برداری ترانس (yyod 11) بشکل زیر عمل گردید:



- افزایش نمود.
- ۳- فاز A(H1) از طریق ثالثیه تحت ولتاژ قرار گرفت و تا ولتاژ ۲۰kv را از طریق ثالثیه تحمل نمود.
- ۴- فاز C(H3) از طریق ثالثیه تحت ولتاژ قرار گرفت و تا ولتاژ ۲۰kv را از طریق ثالثیه تحمل نمود.
- با توجه به آزمایشات بعمل آمده مشخص گردید در فاز B اشکال بوجود آمده و لذا نسبت به باز کردن بام ترانس و بیرون آوردن هسته اقدام گردید.

#### بررسی عیب بوجود آمده:

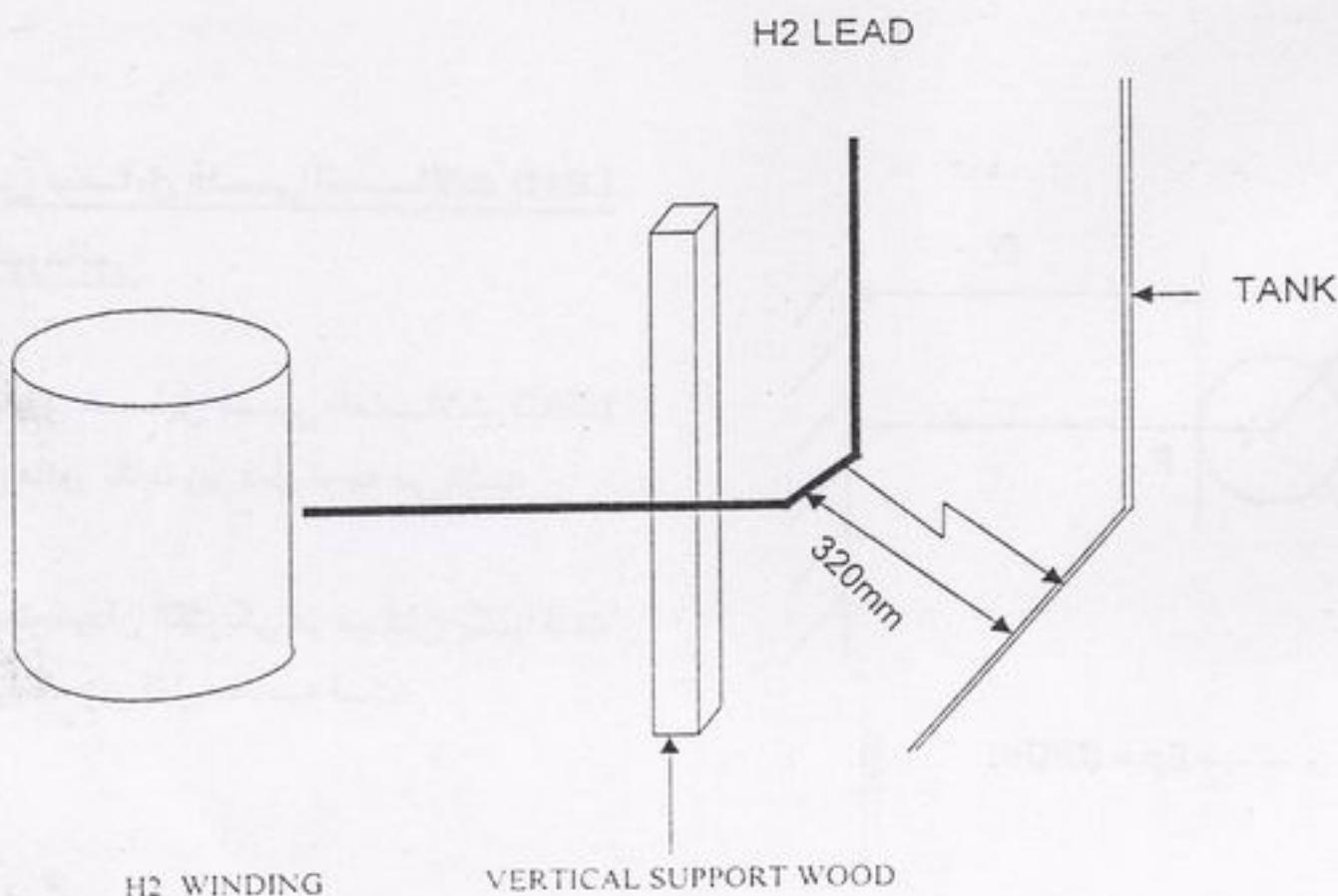
پس از باز کردن بام ترانس و بیرون آوردن هسته مشخص گردید بعلت خم‌های تند و نود درجه‌ای که در اتصال LEAD سیم پیچ وجود داشته شدت میدان الکتریکی در این نقاط افزایش یافته و بین یکی از این نقاط و تانک جرقه زده است بشکل زیر:

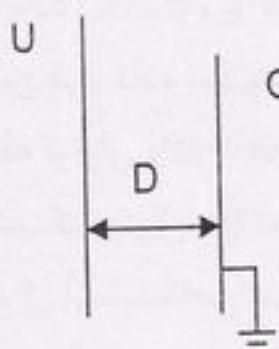
در نتیجه سیم پیچ فاز B قسمت HV تحت ولتاژ زمین قرار داده می‌شود. ضمناً با توجه به اینکه نقطه نوترال ولتاژ ۲۱۰kv را تحمل می‌نماید لذا بوشینگ نوترال HV تعویض شده و از بوشینگ نوترال آزمایشگاهی استفاده بعمل آمده است.

در این آزمایش فاز B به مدت ده ثانیه ولتاژ ۶۳۰ kv با فرکانس ۱۲۵ hz را تحمل کرده و سپس ژنراتور تغذیه بعلت بارگیری زیاد قطع نمود.

#### عیب یابی:

- متعاقب آزمایش فوق آزمایشات تکمیلی بشرح زیر بر روی ترانسفورماتور بعمل آمد:
- ۱- ترانس از طریق ثالثیه بصورت سه فاز تحت ولتاژ قرار گرفت و در ولتاژ ۷ kv جریان شروع به افزایش نمود.
  - ۲- فاز B(H2) از طریق ثالثیه تحت ولتاژ قرار گرفت و در ولتاژ ۷ kv جریان شروع به



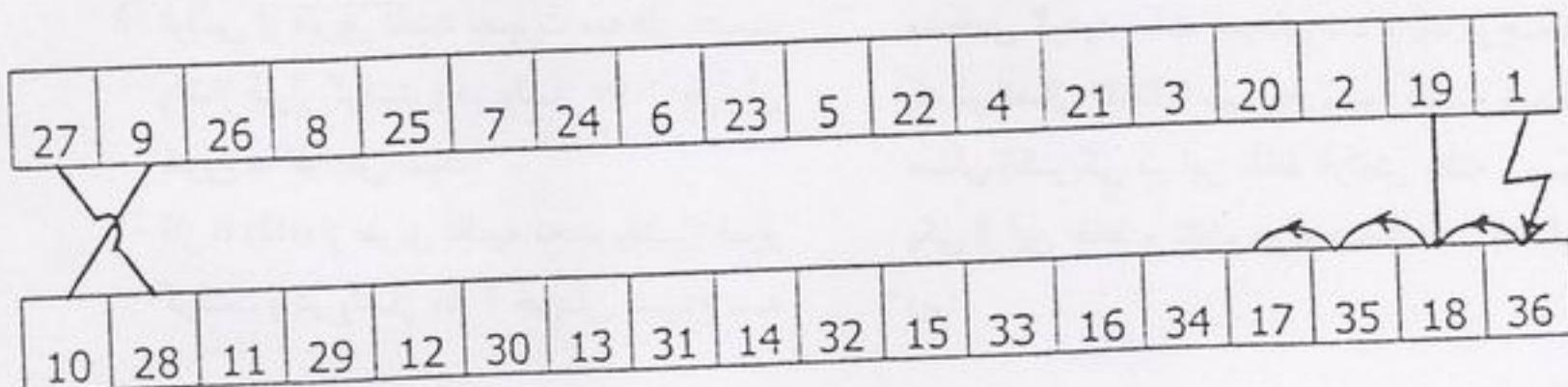


$$E = \frac{U}{D}$$

لازم به توضیح است نوع سیم پیچ BUTTERFLY (اتصال LEAD از وسط سیم پیچ) بوده و جهت افزایش مقاومت آن در مقابل ولتاژ های ایمپالس بصورت دیسک های INTERLEAVED دوبل سیم پیچی شده است.

۲- در صورتی که یکی از الکتروودها بشكل سیلندر باشد میدان الکتریکی ناهمگن شده و از رابطه زیر محاسبه می گردد:

ضمناً ملاحظه شد پس از قطع مدار تغذیه بعلت ولتاژ بالای ایجاد شده در ترمینال سیم پیچ فشار قوی، بین حلقه شماره یک و حلقه شماره ۳۶ که در مجاورت آن قرار داشته و نسبت به آن دارای بیشترین اختلاف پتانسیل بوده است جرقه زده و سپس جرقه به چند حلقه داخلی سرایت نموده است مطابق شکل زیر:

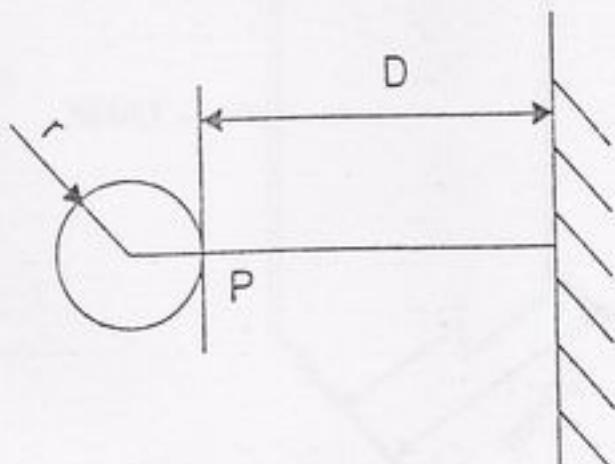


### بررسی مسایل فنی اتصالات LEAD ترانسفورماتور:

در بررسی مسایل فنی اتصالات LEAD ترانسفورماتور نکات زیر قابل توجه می باشد:

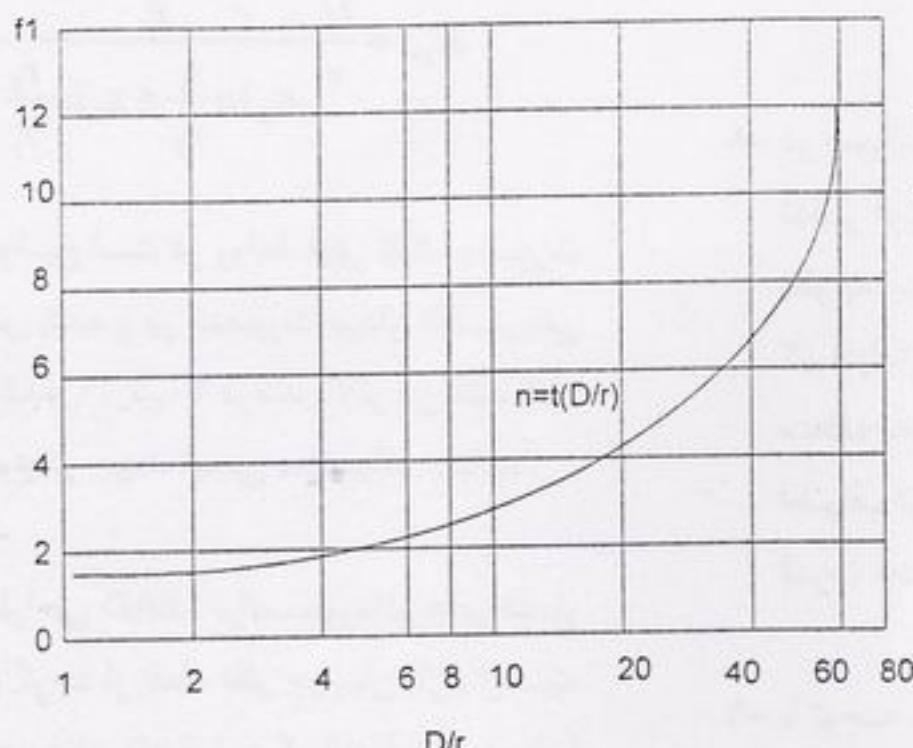
۱- شدت میدان الکتریکی در میدان یکنواخت از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E_p = (U/D)f_1$$



جامد پوشانده میشود. در نتیجه تنفس الکتریکی بالا به عایق جامد که قدرت تحمل بیشتری دارد وارد شده و روغن که قدرت

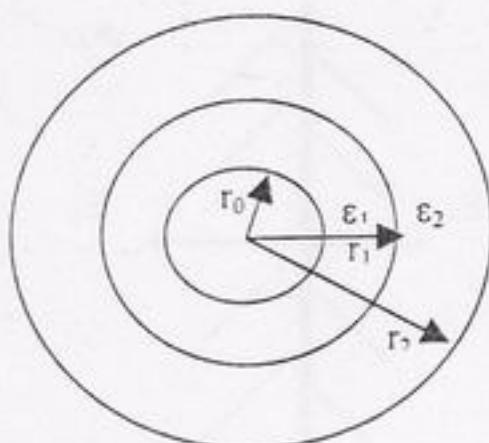
در این رابطه  $\alpha$  ضریب ناهمگنی بوده و با توجه به نسبت  $D/r$  از منحنی زیر قابل استخراج می باشد:



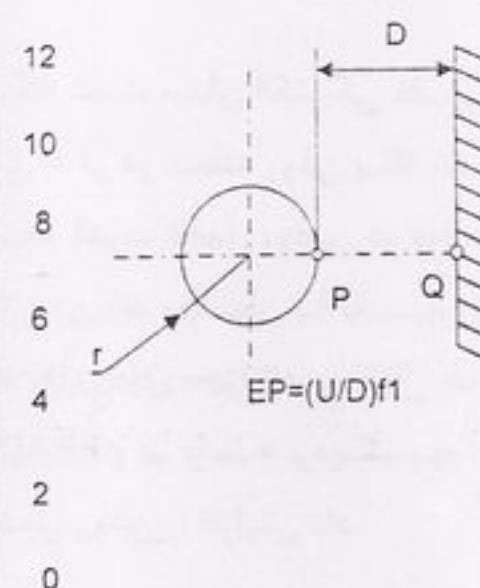
Inhomogeneity factor of cylinder-plane arrangement

تحمل کمتری نسبت به عایق جامد دارد به منطقه امن تری رانده می شود و در این منطقه روغن تحت تنفس مجاز قرار می گیرد.

۵- در صورت پوشش الکترود با عایقی به ضخامت  $t_1$  شدت میدان الکتریکی در مرز عایق و الکترود کاهش یافته و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می شود.



$$E_{1r} = \frac{U}{r} \frac{\epsilon_2}{\epsilon_2 \ln \frac{r_1}{r_0} + \epsilon_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$



توضیح: اینکه با ثابت بودن  $D$  و افزایش  $t$  ضریب ناهمگنی کاهش و در نتیجه شدت میدان الکتریکی روی سطح الکترود نیز کاهش می یابد.

۳- در طراحی LEAD ترانسفورماتور توصیه می شود فاصله LEAD تا بدنه و YOKE به مقادیر حداقل زیر رعایت گردد:

POWER FREQUENCY TEST VOLTAGE, KV	DISTANCE OF END INSULATION Mm
140	90
185	100
230	115
275	130
360	170
395	190
630	380

۴- در سیستم هایی که الکترود داخل روغن می باشد تنفس الکتریکی روی هادی بشدت بالا بوده و بصورت اکسپونانسیلی کاهش می یابد. در این سیستم ها الکترود با عایق

$$D_2 - D_1 = \rho_s = 0$$

$$D_1 = D_2$$

$$\epsilon_0 \epsilon_1 E_1 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2$$

$$\epsilon_1 = 2\epsilon_2$$

$$E_2 = 2E_1$$

-۸- در صورتیکه شدت میدان الکتریکی علیرغم تدابیر فوق الذکر در منطقه روغن بالا باشد، نظر به اینکه قدرت تحمل روغن در فواصل کم افزایش می‌یابد میتوان با تقسیم این منطقه به بخش‌های مجزا (نصب کانال عایق اطراف LEAD و در فاصله نزدیک به آن) قدرت تحمل روغن را افزایش داد.

-۹- با توجه به ضخامت عایق روی الکترود و فاصله الکترود تا تانک مقادیر شدت میدان الکتریکی محاسبه شده در مرز عایق و هادی و همچنین در مرز عایق و روغن نبایستی از مقادیر مجاز بیشتر باشند.

مقادیر شدت میدان مجاز در مرزهای فوق الذکر در صورتیکه ضخامت عایق کاغذی کم باشد برابر  $50 \text{ kv/cm}$  و در صورتیکه ضخامت عایق کاغذی زیاد باشد مقدار شدت میدان مجاز در مرز عایق و هادی برابر  $80 \text{ kv/cm} - 60$  و در مرز عایق و روغن برابر  $50 \text{ kv/cm} - 40$  می‌باشد.

-۱۰- الکترودهایی که دارای اتصالات تیزی می‌باشند شدت میدان الکتریکی و در نتیجه تنش الکتریکی در گوشه‌های آنها بشدت در این نقاط به دو برابر مقدار شدت میدان در حالت اتصال مستقیم و بدون گوشه افزایش یابد. لذا لازم است نقاط تیز در اتصالات LEAD حتی‌امکان حذف گردد. مقدار

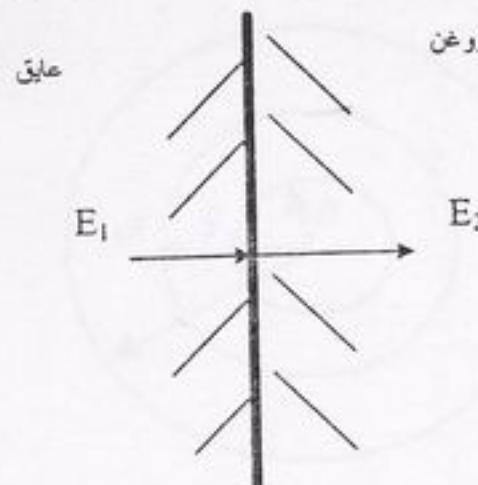
در ضمن شدت میدان الکتریکی در مرز عایق و روغن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{2r} = \frac{U}{r} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2 \ln \frac{r_1}{r_0} + \epsilon_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

لازم به توضیح است در روابط فوق تانک بصورت دایره فرض شده و در اینصورت میدان الکتریکی محاسبه شده ۱۰ تا ۲۰ درصد بالاتر می‌باشد که این موضوع در جهت اینمنی محاسبات می‌باشد.

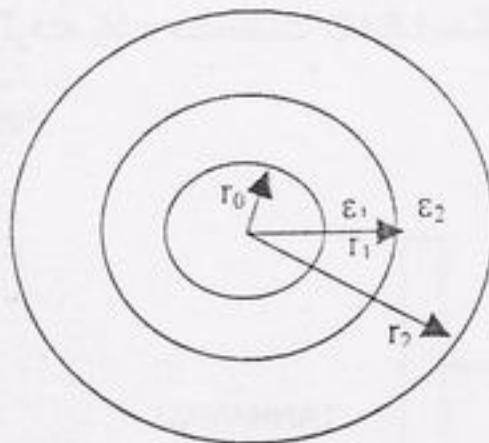
-۶- در طراحی LEAD ترانسفورماتورهای فشار قوی گرچه از نقطه نظر جریان لازم نیست سطح مقطع LEAD بزرگ انتخاب شود (با توجه به پائین بودن مقدار جریان) لیکن بعضی مواقع جهت کاهش تنش الکتریکی لازم است سطح مقطع LEAD بزرگتر انتخاب شود.

-۷- علیرغم اینکه با تعبیه عایق جامد شدت میدان الکتریکی در مرز عایق و هادی کاهش یافته و در ضخامت عایق نیز مقدار آن مجدد کاهش می‌یابد لیکن در مرز



عایق و روغن با توجه به ضریب عایقی روغن که حدود نصف ضریب عایقی کاغذ می‌باشد مقدار آن به دو برابر افزایش می‌یابد.

ابتدا از اثر خمث LEAD صرف نظر نموده و مقدار شدت میدان الکتریکی را در مرز عایق و روغن محاسبه مینماییم.



$$\begin{aligned}r_0 &= 17.5 \text{ mm} \\r_1 &= 30 \text{ mm} \\r_2 &= 350 \text{ mm} \\\epsilon_1 &= 4.5 \\\epsilon_2 &= 2.2\end{aligned}$$

$$E_{2r} = \frac{U}{r} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2 \ln \frac{r_1}{r_0} + \epsilon_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$$E_{2r} = 7.75 \text{ kV/mm}$$

با توجه به اینکه فرمول فوق حداکثر تا ۲۰٪ شدت میدان را بالاتر نشان میدهد لذا حداقل میدان برابر است با:

$$100 \quad 120 \\ X \quad 7.75 \Rightarrow x = 6.48 \text{ kV/mm}$$

این مقدار شدت میدانی است که در قسمت مستقیم LEAD دیده می‌شود. اگر اثر خمیدگی با شعاع  $r = 60 \text{ mm}$  بر روی شدت میدان الکتریکی محاسبه شود، ملاحظه می‌شود شدت میدان بعلت اثر خمیدگی ۲.۰۵ برابر افزایش می‌یابد. لذا ماکزیمم شدت میدان با در نظر گرفتن اثر خمیدگی برابر خواهد بود با:

$$\text{MAX. GRADIANT} = 6.48 \times 2.05 = 13.28 \text{ KV/mm}$$

مینیمم شعاع خمث به وضعیت نسبی LEAD به سایر اجزاء بستگی دارد.

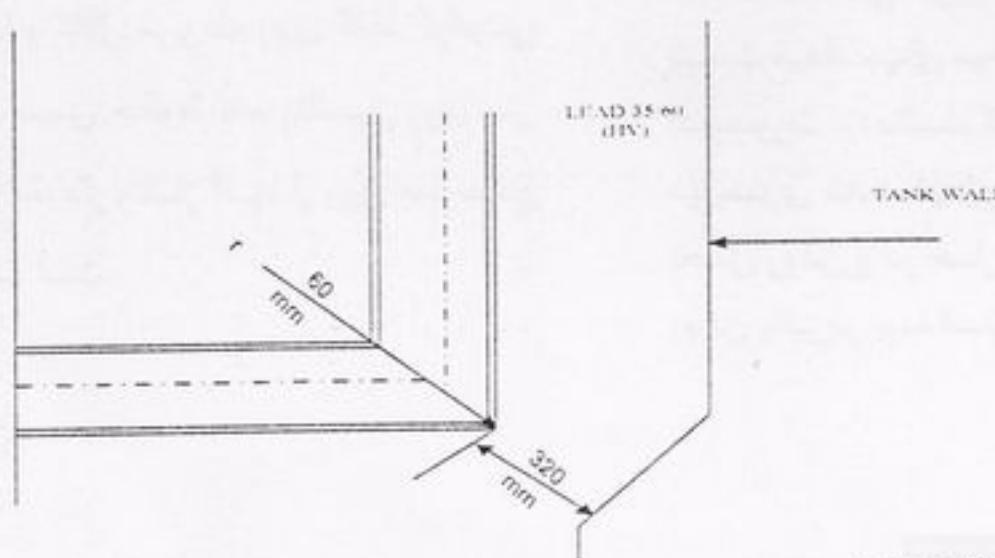
- ۱۱- با توجه به LEAD طراحی شده بایستی شدت میدان الکتریکی را در نقاط مختلف بدست آورده و مطمئن شد که تنشهای الکتریکی بوجود آمده در قسمتهای مختلف ساختمان عایقی پائین تر از حد شروع تخلیه الکتریکی (PARTIAL DISCHARGE) قرار دارند. در غیر اینصورت با انجام مانورهای لازم بایستی تنشهای الکتریکی به حد مقادیر مجاز کاهش داده شوند.

#### آنالیز عیب بوجود آمده و تعیین روش اصلاحی:

جهت آنالیز عیب بوجود آمده و تعیین روش اصلاحی لازم است گرادیان پتانسیل (شدت میدان الکتریکی) را در نقاط مختلف محاسبه نموده و آنها را با مقادیر مجاز مقایسه نماییم. با توجه به اینکه شکل هندسی اتصالات نامنظم می‌باشد لذا محاسبه شدت میدان الکتریکی با روش‌های معمولی مشکل است. برای حل موضوع ابتدا مساله را از سه بعد به دو بعد کاهش داده و سپس با استفاده از روش کاغذ گرافیتی خطوط هم پتانسیل ترسیم و مقادیر ولتاژ آنها از روی صفر سنج قرائت گردیده است.

نحوه کاهش مساله از سه بعد به دو بعد بشكل زیر بوده است:

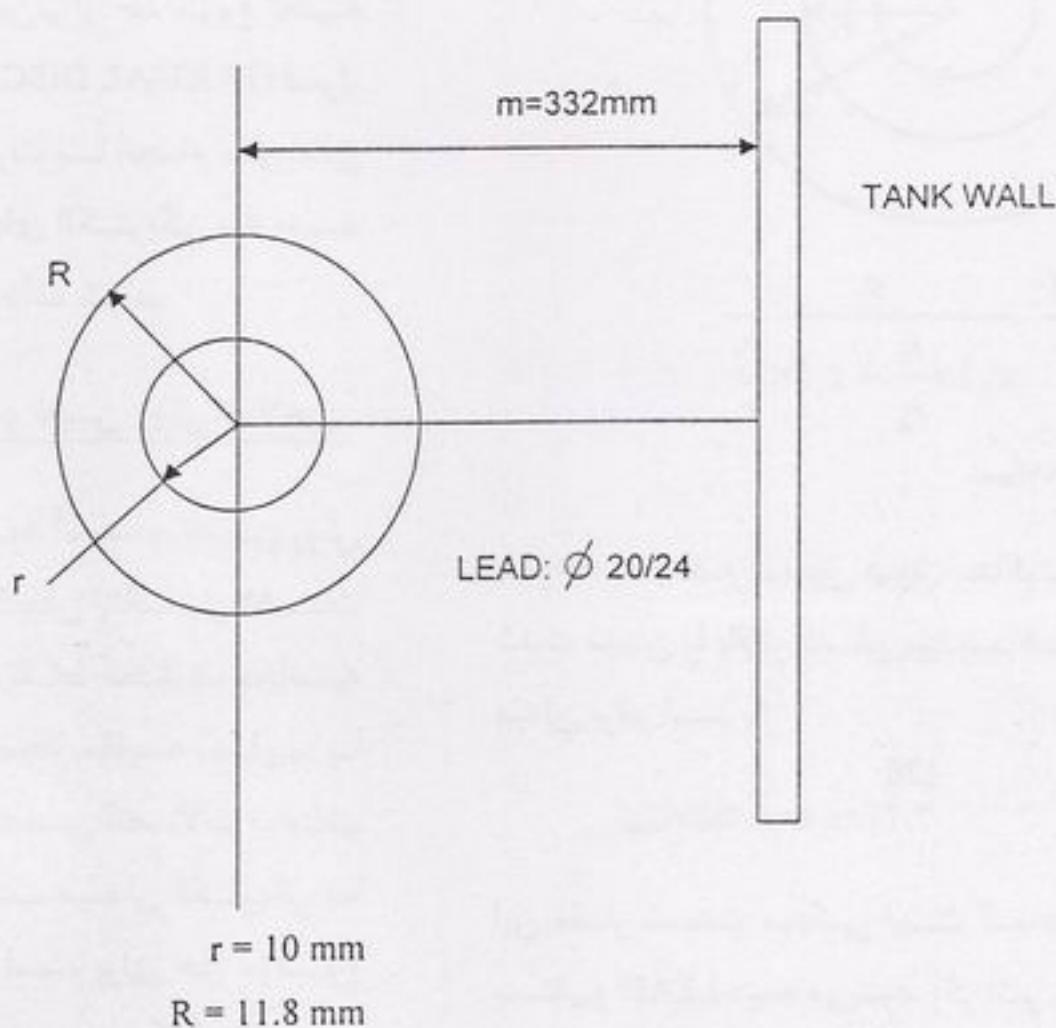
فرم LEAD به شکل زیر می‌باشد:



نتایج ثبت شده در کاغذ گرافیتی بصورت زیر بوده است:

$$\begin{aligned} E_{MAX} &= 13.26 \text{ KV/mm} \\ E_{15\text{mm}} (\text{INSIDE}) &= 9 \text{ KV/mm} \\ E_{15\text{mm}} (\text{OUTSIDE}) &= 5 \text{ KV/mm} \\ E_{300\text{mm}} &= 2 \text{ KV/mm} \end{aligned}$$

حال اگر این شدت میدان را مشابه سازی نماییم با LEAD یک ترانسفورماتور که بصورت مستقیم و بدون خمش در همان فاصله از تانک قرار گرفته باشد مشخصات LEAD بشکل زیر خواهد بود:



با توجه به اینکه روغن در فواصل کمتر میتواند شدت میدان الکتریکی بیشتری را تحمل نماید و با افزایش فاصله شدت میدان قابل تحمل توسط روغن کاهش می‌یابد لذا منحنی‌های تحمل روغن در داخل محفظه ۱۵ میلیمتری و خارج محفظه (منحنی‌های WEIDMANN) ترسیم و با شدت میدان‌های موجود مقایسه و نتیجه بدینصورت بوده است که در داخل محفظه ۱۵ میلیمتری شدت میدان الکتریکی بالاتر از حد تحمل روغن و در خارج محفظه از حد تحمل روغن پائین‌تر بوده است.

يعنى معادل  $\phi 20/24$  LEAD خواهد بود که بهمان فاصله از تانک قرار گرفته باشد. با توجه به اینکه اطراف LEAD یک کانال مربع شکل از فیبر و بفاصله ۱۵ mm از آن قرار گرفته است لذا شکل LEAD و کانال مربوطه روی کاغذ گرافیتی پیاده شده و سپس خطوط هم پتانسیل روی این کاغذ رسم و مقدار ولتاژ آنها از روی صفرسنج قرائت گردیده است.

- ۱- عملیات اضافی برداشتن ورقه های YOKE و جاگذاری مجدد آنها
- ۲- احتمال افزایش تلفات بی باری بعلت عملیات فوق الذکر
- ۳- تهیه سیم پیچ جدید و تعویض آن با سیم پیچی قبلی

که این درخواست بنا به دلایل زیر مورد قبول واقع نشد:

- ۱- با تعمیر سیم پیچ در محل، لازم است جوشکاری های جدیدی در آن محل انجام گیرد که کیفیت آنها مطلوب نخواهد بود.
- ۲- با تعمیر سیم پیچ در محل، بخشی از سیم پیچ و عایق کاغذی سیم پیچ صدمه خواهد دید که علیرغم ترمیم ممکن است باعث تغییر کاپاستیانس های سری سیم پیچ PARTIAL DISCHARGE شود.
- ۳- با توجه به اینکه ذرات کربن به داخل سیم پیچ رسوخ نموده است این ذرات پس از برقدار شدن ترانس در اثر چرخش روغن جابجا شده و در سطح داخلی فیبر لایه آخر و در راستای میدان الکتریکی تجمع نموده و در نهایت باعث اتصال کوتاه فاز به زمین خواهد شد.
- ۴- با توجه به اینکه تعدادی از حلقه های سیم پیچ .H.V. اتصال کوتاه شده اند لذا این موضوع باعث تغییر مرکز مغناطیسی سیم پیچ .H.V. شده و احتمال دارد در اثر آن سیم پیچ .L.V. نیز صدمه دیده باشد.

لذا توافق گردید نسبت به اصلاح LEAD مطابق محاسبات انجام گرفته و همچنین تعویض

جهت حل مساله بشرح زیر عمل شده است:

۱- با حذف تخته عمودی نگهدارنده LEAD و محکم کردن آن به تخته های افقی فاصله LEAD تا تانک به 420 mm افزایش یافته است.

۲- با حذف خمیدگی LEAD شعاع خمش آنها از 60mm به 700mm افزایش یافته است.

با عنایت به مراتب فوق و با توجه به محاسبات انجام گرفته LEAD فرضی که در فضای دو بعدی بتواند شدت میدان معادل را ایجاد نماید دارای مشخصه  $\phi 35/47$  می باشد.

فوق الذکر در کاغذ گرافیتی ترسیم و شدت میدانهای ثبت شده بشرح زیر بوده است:

$$E_{MAX} = 7.33 \text{ KV/mm}$$

$$E_{15\text{mm}} (\text{INSIDE}) = 5 \text{ KV/mm}$$

$$E_{15\text{mm}} (\text{OUTSIDE}) = 4 \text{ KV/mm}$$

$$E_{400\text{mm}} = 1 \text{ KV/mm}$$

سپس منحنی های قدرت تحمل روغن در داخل محفظه و بیرون محفظه ۱۵ میلیمتری (منحنی های WEIDMANN) ترسیم و با مقادیر فوق الذکر مقایسه گردیده و ملاحظه شده است با انجام تغییرات فوق الذکر شدت میدان الکتریکی چه در داخل محفظه و چه در خارج محفظه از قدرت تحمل روغن پائین تر می باشد (پیوست شماره دو) لذا بر این اساس نسبت به اصلاح LEAD اقدام گردیده است.

در رابطه با سیم پیچ صدمه دیده بنا به دلایل زیر درخواست شده بود سیم پیچی در محل موجود تعییر گردد.

### منابع

- ۱- گزارش سازنده در رابطه با روش مطالعه نقص و مشخص نمودن نحوه اصلاح آن
- ۲- کتاب مهندسی فشار قوی الکتریکی پیشرفتہ تالیف: دکتر حسین محسنی
- 3- LARGE POWER TRANSFORMERS K.KARSI, D. KERENYI, L.KISS
- 4- TRANSFORMERS BAHARAT HEAVY ELECTRICALS LIMITED
- 5- ENGINEERING ELECTROMAGNETICS DR.J.P.TEWARI

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

آقای کاظم شباهنگ دارای لیسانس مهندسی برق (گرایش قدرت) از دانشگاه تبریز و فوق لیسانس از دانشگاه شیراز بوده و ۲۱ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کار دارند. زمینه فعالیت آقای شباهنگ خطوط و پستهای فشار قوی و علاقمندی ایشان در مورد ترانسها جریان می‌باشد.

سیم پیچ اقدام شود که پس از انجام اصلاحات و تعویض سیم پیچ ترانسفورماتور توانست ولتاژهای تست را تحمل نماید و جهت نصب و راهاندازی به پست مربوطه حمل گردید.

### نتیجه‌گیری

- ۱- با توجه به اینکه وجود خمش در LEAD میتواند شدت میدان الکتریکی را در این نقاط تا دو برابر افزایش دهد لذا از بروز خمیدگی‌های تند در مسیر LEAD بایستی جدا پرهیز شود.
- ۲- لازم است فرم معادل LEAD در فضای دو بعدی محاسبه و مقادیر شدت میدان در نقاط مختلف اندازه‌گیری و با مقادیر شدت میدان مجاز مقایسه گردد.
- ۳- پیشنهاد می‌شود حتی الامکان فواصل LEAD نسبت به YOKE و نسبت به بدنه به مقادیر حداقل زیر رعایت گردد.

POWER FREQUENCY TEST VOLTAGE, KV	DISTANCE OF END INSULATION mm
140	90
185	100
230	115
275	130
360	170
395	190
630	380

- ۴- در صورت بروز جرقه در سیم پیچ تعمیر آن درجا توصیه نمی‌شود و لازم است پس از خارج نمودن سیم پیچ و تعمیر آن در خارج و شستشوی کامل آن با روغن تمیز و با فشار روغن مناسب مجدداً جاگذاری شود.

## بررسی منابع و سرچشمه‌های خطأ و نحوه کاهش آنها در امر نظارت

آقای محمد رضا غفاری

مدیر پروژه نیروگاه حرارتی شازند (اراک) - مدیریت مهندسی نیروگاههای بخاری

**چکیده:**

شاید نگارش چنین موضوعی، پیش پا افتاده و بدیهی بنظر آید و خوانندگان محترم را نیز با این پرسش مواجه نماید که در عصر تحولات سریع علمی و تکنولوژی شتابان اطلاعات، با وجود امکانات عظیم سهل الوصول Internet چرا منابع خطأ و لغزش پذیری مطرح می‌شود؟

نگارنده را باور بر این است که اولاً بدون نفی گرایش مطلق نگرانه در فرضیه‌ها و نظریه‌های علمی، بدون پذیرش خطأ و تقبل ممارست پیگیرانه برای کاهش آن در زمینه شناخت پدیده‌ها، پیشرفت علمی و تکنولوژی تا بدین پایه و اندازه میسر نبوده، ثانیاً علیرغم وجود منابع و مأخذ نسبتاً قبول هر دوره، به دلیل عوامل خطای انسانی (ناشی از تفسیر نادرست و یا کاربست روش‌های غلط و غیره) شاهد ابهام در روند شناخت و نتیجتاً موانع پیشرفت و یا صفات مربوطه بوده‌ایم. در این مقاله سعی شده بصورت مختصر منابع و سرچشمه‌های خطأ در زمینه نظارت بررسی و روش کاهش آنها مورد بحث قرار گیرد.

### عوامل و منابع دخیل در امر نظارت:

ب- عوامل غیرانسانی شامل قراردادها، نقشه‌ها، دستورالعمل‌ها و سایر مستندات قراردادی. حال لازم است راجع به سرچشمه خطأ و زمینه اشتباهات خاص منابع فوق الذکر اندکی سخن به میان آوریم. امید است با همکاری دوستان و کارشناسان با کرامت شرکت قدس نیرو، این مبحث به عمق بهتری برسد.

اساسی ترین عوامل و منابع مرتبط با نظارت عبارتند از:

الف- عوامل انسانی مانند زبان، روش‌های ارزیابی رفتار و اخلاق

### الف - عوامل انسانی

نمکترين اين عوامل عبارتند از:

- ۱- اشکالات و اشتباها ناشی از کاربرد زبان (گفتاري و نوشتاري)

گرچه زبان يكی از وجوده تمایز انسان و سرچشم معرفت انسان است ولی بنا به اصول علم زبان‌شناسي هرگونه کم دقتي در معناشناسي واژگانهاي مورد استفاده می‌تواند منجر به خطاهای فاحش گردد. برای مثال کلماتی مانند خوب، سرد، گرم، سنگين، قابل قبول و ... داراي مفاهيم شناور هستند. كتابي که پنج کيلوگرم وزن دارد سنگين ولی اتومبيلي که مثلاً ۳۰۰ کيلوگرم وزن داشته باشد سبک ناميده می‌شود. برهمين قياس برای جلوگيری از شناوري مفاهيم با کاربری نظارتی ضروري است، تعاريف قراردادي، تعاريف منعکس شده در ابتدائي استانداردها، مرجع اصطلاحات (Terminology) خاص هر ميدان و زمينه کار مورد مطالعه، با دقت و اهميت زياد مدنظر قرار گيرد. برای اينکه ارزيايی تجهيزات، سистемها و کارها با صحت بهتری انجام پذيرد لازم است بعضی از واژگانهاي متداول در امر نظارت از قبيل قابل قبول، غيرقابل قبول و غيره با معيارها و محکهایي نظير Range و محدوده کاري، ميزان تولرانس (Tolerance)، ميزان اشبع (Saturation) (ميزان خطی بودن مشخصه کاري Linearity)، فواصيل مجاز (Redundancy)، (Clearances)، ميزان دقت (Sensitivity)، ميزان پابداری (Stability) قابلیت کارکرد اتوماتيک و يادستي (Auto/ Manual)، طول عمر و ساعت کارکرد (Life time) و غيره از حالت شناور خارج گردد.

- ۲- اشکالات ناشی از کاربرد روش‌های غیرتحلیلی (Analytic) و ایستا در ارزیابی پدیده‌ها:

ضمن قبول اهميت بسزاي سوابق تجربى در بررسى پدیده‌ها، لازم است از کاربرى روش‌های غیر ديناميک شبیه موادر زير اجتناب گردد. عدول از اين امر بسیار خطا آفرین خواهد بود.

- قضاوت‌های قیاسی بدون در نظر گرفتن شرایط ویژه هر سیستم و پدیده از این جمله است. در اثر عدم توجه به پارامترهای مهم هر پرروزه نظیر مقاومت مکانیکی خاک، مقاومت مخصوص الکتریکی خاک حوزه کاري، شرایط شیمیایی خاک (خوردگی)، درجه حرارت freezing یا حداقل درجه حرارت محیط، عمق یخ‌بندان، ارتفاع از سطح دریا، میزان رطوبت، سرعت باد، سطح آبهای زیرزمینی و غیره، امکان کپی کردن و تقلید در طراحی بعضی سیستم‌ها مانند حفاظت کاتودیک، حفاظت Freezing و غیره بوجود می‌آيد که بعضی نتیجه‌هاش نه تنها مطلوب نخواهد بود بلکه می‌تواند تلفات سرمایه را نیز در پی داشته باشد.

- ارزیابی‌های بدون در نظر گرفتن عوامل و تاثیر ارتباط‌های تشکیل دهنده پدیده و سیستم منجر به خطا و ابهام می‌شود. به عبارت دیگر ضمن تاکید بر مشخصات فنی هر قطعه و تجهیز از سیستم با اطلاق مشخصات فنی- انفرادی (Individually)، با ایستی برای جلوگیری از هر گونه عدم انطباق یا (Non- Conformity) سیستمی، شواهد و مستندات منعکس کننده ارتباط تجهیزات و مولفه‌های يك سیستم که عموماً

Reject کردن بعضی تجهیزات بدون ارائه مستندات و استدلال‌های مربوطه از این قبیل است.

- اشتباهات ناشی از رفتار و گرایش‌های اخلاقی  
- از آنجائیکه مهندس ناظر، قاضی مکانیسم نظارت است و حفاظت و حفظ حقوق طرفین قرارداد بوسیله دستگاه نظارت اعمال می‌شود، بنابراین تاثیر گرایش‌های اخلاقی مانند شجاعت، صراحة و ... در این زمینه اهمیت بالایی دارد.

- رفتارهایی با مختصات انزواگرایی، تک روی، بحث‌های یک طرفه (مونولوگ) می‌تواند جمع‌گرایی و مشارکت قدرت آفرین را در حد بالقوه نگه داشته و فعلیت ضرور آن را که برای جلوگیری از مکاتبات تکراری، تاخیر در امر پژوه و مرتفع‌سازی به موقع اشکالات، نقش اساسی دارد، سد نماید.

- گرایش مطلق در امر ستادی و یا اجرائی بدون توجه به روابط مفید و دو جانبه ستادی و کارگاهی می‌تواند وجوده ارزیابی را با روش غیر صحیح (یکسونگری) مواجه نماید. انجام بسیاری از اصلاحات و Modificationها، همواره با اخذ اطلاعات و فیدبک از کارهای اجرائی فراهم می‌گردد و در همین راستا نظارت کارگاهی نیز بدون وجود الگوها و چهارچوب‌هایی از قبیل دستورالعمل‌های Welding procedure Specification، دستورالعمل‌های نصب و راهاندازی و غیره با مانع و یا ضعف کیفی روبرو خواهد شد.

در قالب محاسبات Calculation (ارائه می‌گردد، مورد توجه جدی قرار گیرد. هرگونه کم دقیقی در اعمال روش بالا می‌تواند کارائی سیستم‌هایی نظیر سیستم حفاظت الکترونیکی (شامل ترانس‌های جریان، کابل‌های ارتباطی و رله‌های حفاظتی)، سیستم Expansion (شامل لوله‌ها و نگهدارنده‌ها و غیره) و دیگر سیستم‌ها را با مشکلات عدیده مواجه نماید.

- بررسی هر پدیده بدون توجه به روند یا Trend آن (به عبارتی تاریخ پدیده) اشتباه آفرین خواهد بود. ارزیابی به عمل آمده حول نقاط اندازه‌گیری شده منفرد به دلیل فاکتورهایی از قبیل عوامل گذراي محیطی و سیستمی (Transient)، از کالیبره خارج شدن دستگاه‌های اندازه‌گیری، روش‌های احتمالی نادرست اندازه‌گیری و از طرفی عدم ثبت کمیت مهمی مانند روند کاهش و افزایش در طول زمان می‌تواند موجب ابهام و اشتباه گردد. برای مثال بررسی پدیده‌هایی نظیر نشت سازه‌ها، بررسی وضعیت ترانس‌ها (آزمایش کروماتوگرافی)، بررسی و ارزیابی ارتعاشات توربوزنراتورها و غیره، تنها در قابل اندازه‌گیری دوره‌ای و داشتن Trend آنها امکان‌پذیر خواهد بود.

- هرگونه استنتاج و نتیجه‌گیری بدون Justification و یا به عبارتی بدون اقناع مخاطبین و بدتر از آن تحمیل نتیجه مربوطه می‌تواند لغزش آفرین باشد و متاسفانه براساس اصول روانشناسی بند ارتباط با کارفرما را که بن مایه‌اش بنوعی اصل اعتماد است سست نماید. برای مثال تعجیل در امر

### الف- عوامل غیرانسانی (مستندات)

مهمترین موارد موضوع بالا عبارتند از:

- در تدوین مشخصات فنی قرارداد بایستی حتى المقدور از کلی گوبی و شناوری اجتناب کرد. به عبارت دیگر در انعکاس مشخصات فنی تجهیزات لازم است فاکتورهایی از قبیل محدوده و Range کار و اندازه‌گیری، جنس و نوع تجهیزات و Type دستگاه، آزمایش‌های مورد نیاز کارخانه‌ای و کارگاهی وغیره بصراحت ذکر گردد. هرگونه غفلت از این مقوله نه تنها بحث و مذاکرات مفصل و طولانی بین طرفین قرارداد را در حین اجرای کار در جهت دستیابی به نقطه نظر مشترک بدنیال خواهد داشت بلکه میتواند باعث خسارت‌های سنگین و بعضاً خسارت‌های جبران ناپذیر گردد.

- برای جلوگیری از هرگونه ابهام بعدی لازم است در مشخصات عمومی- فنی هر قرارداد، حداقل فهرست مندرجات گزارش مطالعات اولیه (مرحله یک پروژه‌های نیروگاهی و یا سایر طرح‌ها) مانند گزارش مطالعات آب، گزارش مطالعات سوخت رسانی، حفاظت از محیط زیست، گزارش نحوه انتخاب درجه حرارت طراحی و اطلاعات هواشناسی معتبر همراه با پیوست‌های مورد نیاز ذکر گردند و بدینوسیله ارتباط مطالعات اولیه و تدوین قرارداد مشخص گردد.

۲- موارد اشکال ناشی از سایر مستندات:

- برای جلوگیری از تداخلات استانداردی یا به عبارتی تضعیف کیفیت لازم است پیمانکار در ابتداء شروع قرارداد، همانطوریکه در متون قراردادی نیز به صراحت ذکر می‌شود، لیست استانداردهای مورد قبول خود را برای بخش‌های مختلف از قبیل جوشکاری،

۱- موارد اشکال ناشی از قرارداد یا قراردادها: عمدۀ ارزیابی‌های مشاور براساس مرجع قرارداد صورت می‌گیرد. بنابراین تدوین درست قرارداد بسیار مهم است. موارد مهمی که باید در پی‌ریزی قرارداد مورد توجه قرار گیرد بشرح زیر است:

- با توجه به شالوده برنامه زمان‌بندی پروژه‌های نیروگاهی شامل فعالیت‌های مهندسی، ساخت و حمل تجهیزات، کارهای ساختمانی، فعالیت‌های نصب و راهاندازی، و ارتباط آنها برای نیل به هدف پروژه، لازم است برای جلوگیری از هرگونه تأخیر در امر پروژه و توجیهات مربوطه، از چندگانگی و جزیره‌ای کردن قرارداد بشکل قرارداد ساخت و تهیه تجهیزات، قرارداد ساختمانی، قرارداد نصب و راهاندازی سیستم خنک کن، قرارداد نصب و راهاندازی سیستم پست برق، قرارداد نصب و راهاندازی سیستم توربوزناتور، بویلر و سیکل حرارتی، جلوگیری به عمل آید و در یک قرارداد واحد و Unique تاریخ شروع، مدت قرارداد، زمان سنکرون اولیه، زمان تحويل موقت هر واحد بصورت شفاف ثبت شود.

- در صورت اجبار برای تدوین قراردادهای مختلف بایستی برای جلوگیری از عدم انطباق فنی سیستم و حفظ کارایی واحدها شرایط انطباق در فصل مشترک قراردادها در نظر گرفته شده و ضمناً این شرایط بصورت شفاف در کلیه قراردادها ذکر شود.

آقای محمدرضا غفاری فوق لیسانس مهندسی برق از دانشگاه صنعتی شریف می‌باشد. ایشان ۲۱ سال سابقه کار دارند که ۱۹ سال آن در قدس نیرو بوده است. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان تجهیزات نیروگاه و پست می‌باشد.

ساختمان، سیستم زمین الکتریکی وغیره ارائه نماید. برای مثال در استاندارد جوشکاری کشور چین، رادیوگرافی صدر صد بخش‌های تحت فشار بولیر ضرورت ندارد ولی در عین حال آزمایش‌های غیرمخرب دیگر نظیر اسپکترومتری، آلتراسونیک، سخت‌سنجی وغیره توصیه شده است. برهمنیم سیاق در استانداردهای مختلف مرتبط با زمین الکتریکی (B.S یا IEEE و غیره) روش‌های اجرایی Earthing و آزمایش‌های اندازه‌گیری شبکه زمین وغیره متفاوت است. یکی معتقد به اتصال شبکه آرماتور فونداسیون‌ها به شبکه زمین الکتریکی و دیگری مخالف این امر است. روش استانداردی، زمانی می‌تواند معنی واقع خود را بدست آورد که هر استاندارد بصورت همه جانبه مد نظر قرار گیرد، نه اینکه بنا به شرایط و سایر توجیهات بصورت التقاطی با سایر استانداردها همنشین گردد.

- اشکالات ناشی از سایر مستندات نظیر نقشه‌ها و دستورالعمل‌ها در مقاله قبلی این نگارنده در فصلنامه تابستان نشریه قدس نیرو ذکر شده است.

آینه چون نقش تو بنمود راست  
خودشکن آینه شکستن خطاست

- مرجع

کتاب زبان‌شناسی از دکتر محمدرضا باطنی

## تجهیزات هشدار دهنده به هواپیماها در رابطه با سازه‌های بلند (نیروگاهها)

آقای محمود زند‌اکبری

کارشناس ارشد گروه تخصصی برق - مدیریت مهندسی نیروگاه‌های بخاری

### چکیده:

ایجاد سازه‌های بلند می‌تواند باعث بروز سوانح هوایی گردد. اقدامات اصلی بمنظور کاهش احتمال برخورد این سازه‌ها با هواپیما و هلیکوپتر نیاز به رنگ‌آمیزی و نصب چراغهای هشدار دهنده بر روی اینگونه سازه‌ها می‌باشد.

در این مقاله نحوه رنگ‌آمیزی و نصب چراغهای هشدار دهنده بر روی سازه‌های بلند از جمله دودکش و برج خنک‌کننده نیروگاه که معمولاً بلندترین سازه‌های نیروگاه می‌باشد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

قرمز (یا نارنجی) رنگ‌آمیزی شوند و عرض نوارهای رنگی (تا ارتفاع برابر ۲۱۰ متر) بمیزان  $\frac{1}{7}$  ارتفاع سازه ( $H_{\frac{1}{7}}$ ) یا ۳۰ متر (هر کدام که کمتر باشد) طبق شکل "الف" رنگ‌آمیزی گردد و برای سازه‌های بلندتر از ۲۱۰ متر باید طبق جدول زیر عمل گردد:

بمنظور کاهش سوانح هوایی یعنی برخورد هواپیماها و هلیکوپترها با سازه‌های بلند لازمست اقدام به واضح نمودن و مشخص کردن این سازه‌ها نمود و این کار از طریق رنگ‌آمیزی سازه و همچنین نصب چراغهای هشدار دهنده بر روی آنها حاصل می‌گردد.

### ۱- رنگ‌آمیزی سازه

ارتفاع سازه بیشتر از	حداکثر ارتفاع سازه	عرض نوارهای رنگی
۱/۵ متر	۲۱۰ متر	$\frac{1}{7}$ ارتفاع سازه
۲۱۰ متر	۲۷۰ متر	$\frac{1}{9}$ ارتفاع سازه
۲۷۰ متر	۳۳۰ متر	$\frac{1}{11}$ ارتفاع سازه
۳۳۰ متر	۳۹۰ متر	$\frac{1}{13}$ ارتفاع سازه
.....	.....	.....

طبق شکلهای (الف) و (ب) چگونگی رنگ‌آمیزی سازه‌ها به دو صورت زیر مشخص گردیده است:

الف- سازه‌هایی که تصویر آنها بر روی سطح قائم دارای عرض کوچکتر از  $4/5$  متر و ارتفاع بیشتر از ۱/۵ متر باشد، این سازه‌ها می‌بایستی بصورت نوارهای افقی سفید و

پائین‌تر نیز مورد نیاز باشند و به سه گروه تقسیم می‌گردند:

الف - چراغهایی با شدت روشنایی کم<sup>۱</sup> حداقل شدت روشنایی این چراغها  $10\text{ cd}$  می‌باشد.

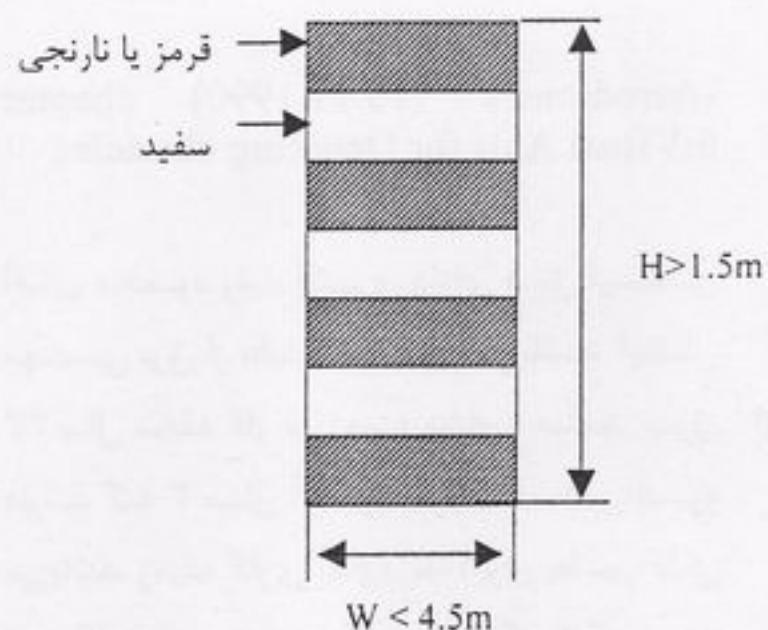
ب - چراغهایی با شدت روشنایی متوسط این چراغها در مواردی که ارتفاع سازه بیش از ۴۵ متر باشد به تنها یک یا بهمراه چراغهای دارای شدت روشنایی کم بکار می‌روند. حداقل شدت روشنایی این چراغها  $1600\text{ cd}$  می‌باشد.

ج - چراغهایی با شدت روشنایی زیاد این چراغها جهت سازه‌های بلندتر از ۱۵۰ متر بکار می‌روند. شدت روشنایی آنها بین  $4000\text{ cd}$  تا  $200,000\text{ cd}$  می‌باشد که با توجه به زمینه روشنایی سازه انتخاب می‌گردد.

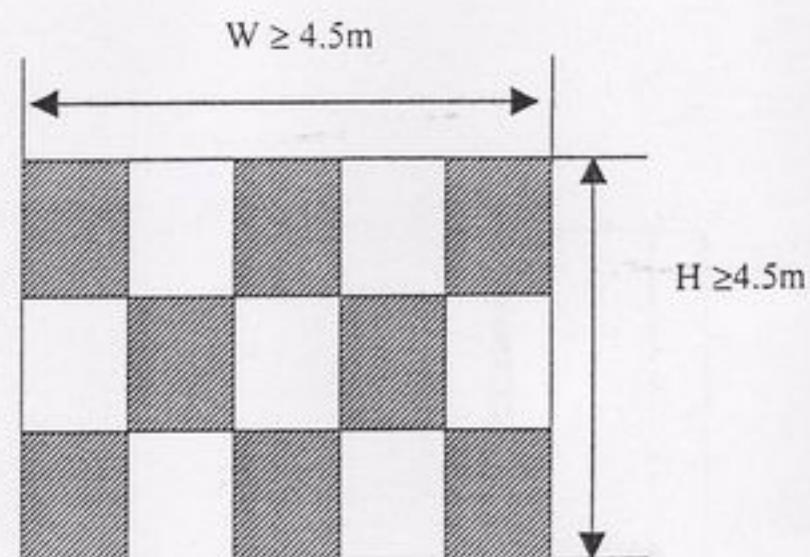
### ۳- محل نصب چراغهای هشدار دهنده

۱-۳- یک یا چند چراغ در بالای سازه نصب می‌گردد ولی در مورد دودکش‌ها چراغهای بالایی طبق شکل ج باید در ارتفاع  $1/5$  تا  $3$  متر پائین‌تر از بالای دودکش نصب شوند.

۲-۳- وقتی ارتفاع سازه از  $45$  متر بیشتر باشد چراغهای اضافی باید در سطوح پائین‌تر و فواصل مساوی نصب گردد، بطوریکه فواصل بین چراغها از  $45$  متر تجاوز ننماید (شکل د)



شکل الف



شکل ب

ب - سازه‌هایی که تصویر آنها بر روی سطح قائم دارای عرض و ارتفاع بیشتر از  $4/5$  متر باشد باید بصورت شطرنجی و با رنگبایی سفید و قرمز (یا نارنجی) رنگ‌آمیزی گردد. اندازه اضلاع مستطیل‌های رنگی باید حداقل  $1/5$  متر و حداقل  $3$  متر باشد.

### ۲- چراغهای هشدار دهنده

این چراغها در بالای سازه نصب می‌گردد و با توجه به ارتفاع سازه ممکن است در سطوح

#### ۴- مراجع

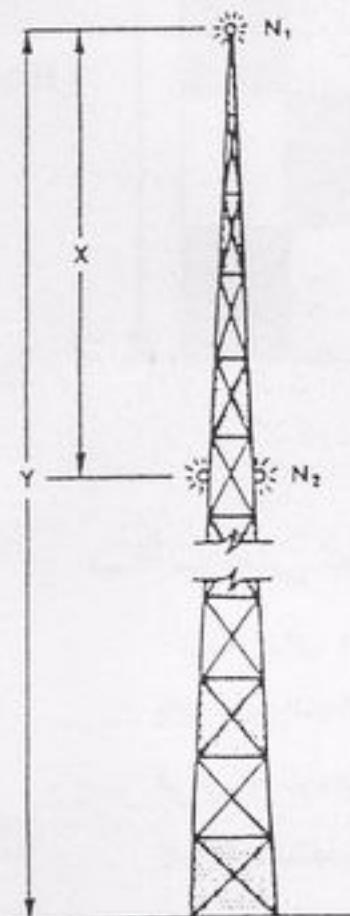
-Aerodromes (15.11.1990) chapter  
6:Visual Aids for Denoting obstacles

آقای محمود زند اکبری دارای فوق لیسانس  
مهندسی برق از دانشگاه تبریز می‌باشد. ایشان  
۲۲ سال سابقه کار در زمینه مشاوره صنعت برق  
دارند که ۳ سال آن در شرکت قدس نیرو  
می‌باشد. زمینه کاری آقای زند اکبری بطور کلی  
نیروگاههای بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و  
پستهای فشار قوی می‌باشد.

۳-۳- فواصل چراغهای با شدت روشنایی زیاد  
ناید از ۱۰۵ متر تجاوز نماید.

۴-۳- در مورد دودکش‌ها و برج‌های خنک‌کننده  
باید چراغهای هشدار دهنده در چهار  
طرف آنها نصب گردند (شکل ج)

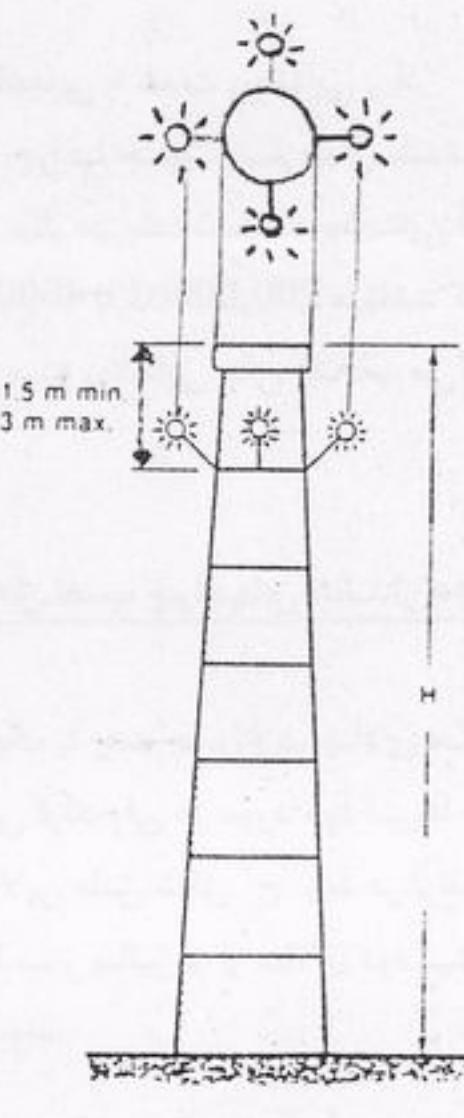
۵-۳- توصیه می‌شود چراغها در هر محل به  
صورت دو تایی در نظر گرفته شوند و از  
برق نرمال و اضطراری تغذیه گردند.



شکل د

$$\text{Number of lights} = N = \frac{Y \text{ (metres)}}{45}$$

$$\text{Light spacing} = X = \frac{Y}{N} \leq 45 \text{ m}$$



شکل ج

## نصب تجهیزات دوار روی فونداسیون و فرآیند بازرسی

آقای فریدون خسروی

بازرس پروژه‌های کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

**چکیده:**

نصب ماشین‌آلات و تجهیزات دوار<sup>۱</sup> از قبیل توربین، کمپرسور، پمپ و غیره در پروژه‌های نیروگاهی، پالایشگاه و پتروشیمی بخش مهمی از عملیات اجرائی نصب تجهیزات را به خود اختصاص می‌دهد و به دلیل عملکرد و حساسیت آنها نصب این تجهیزات از اهمیت و دقت بیشتری برخوردار بوده و ضروری است که تمام مراحل نصب آن مطابق با دستورالعمل مدون و استانداردهای مربوطه و با تواتر صحیح اجرا گردد.

بنابراین شناخت فرآیند اجرائی نصب و آشنایی با پروسه بازرسی براین عملیات مهمترین بخش دستگاه نظارت بشمار می‌رود.

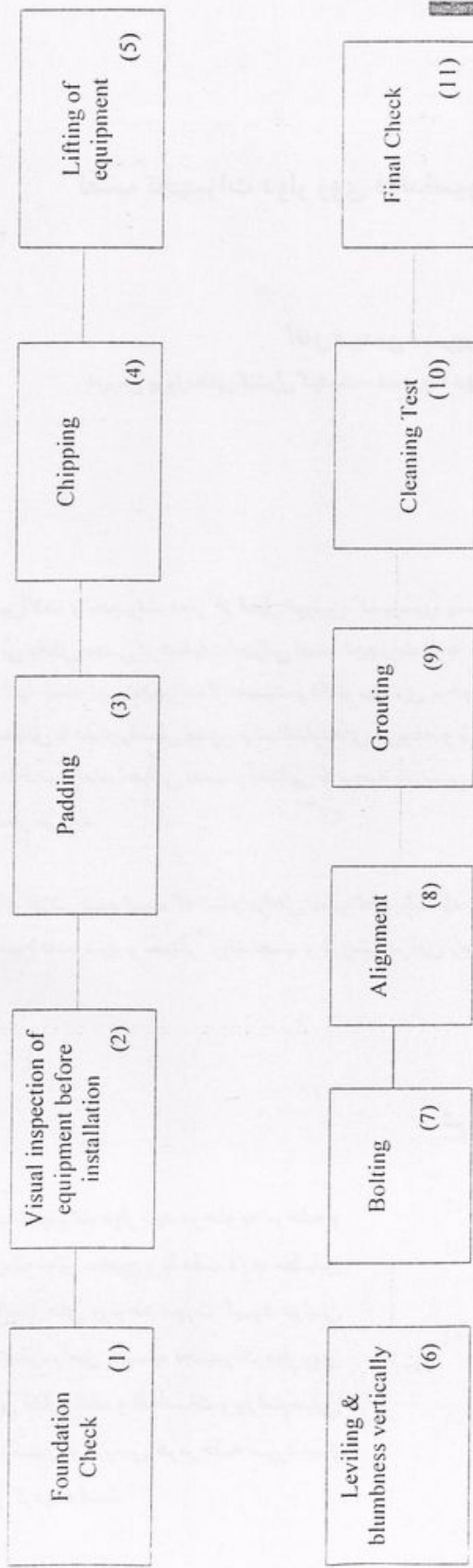
در این مقاله تلاش شده است که تمام مراحل نصب تجهیزات یاد شده و ایستگاههای بازرسی مربوط به هر مرحله توضیح داده شود و نمودار<sup>۲</sup> روند نصب و بازرسی در این رابطه نیز ارائه گردد.

### شرح بازرسی‌های لازم در هر مرحله نصب

مقدمه

- ۱- بازرسی از فونداسیون تجهیزات قبل از نصب<sup>۳</sup>
- ۱-۱- بررسی اندازه‌های فونداسیون و مطابقت آن با مقادیر مشخص شده در نقشه‌ها
- ۱-۲- بررسی و کنترل مختصات و ارتفاع<sup>۴</sup> فونداسیون در جهت  $U$  و  $X$
- ۱-۳- حصول اطمینان از سپری شدن دوره سفت شدن<sup>۵</sup> فونداسیون

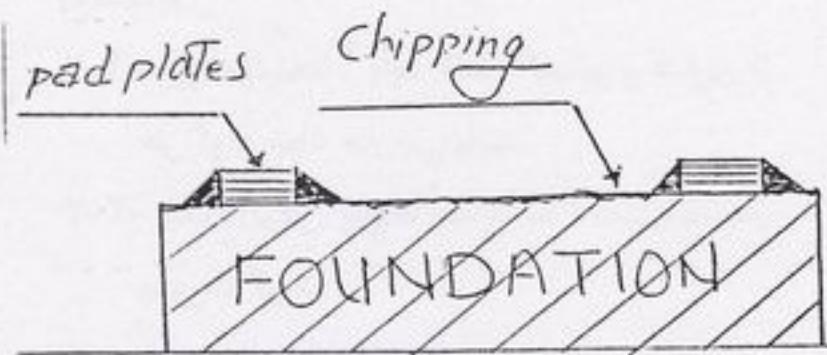
روند نصب تجهیزات دوار باید مرحله به مرحله و بر مبنای یک تواتر صحیح و با دقت لازم، مطابق با دستورالعمل‌های مربوطه صورت گیرد. در این راستا به تمام مراحل نصب تجهیزات دوار روی فونداسیون اشاره شده و اقدامات و پارامترهایی که جهت کنترل و بازرسی هر مرحله مورد نیاز است ذکر گردیده است.



نمودار نصب تجهیزات دور روتاری فونداسیون (Flow chart for erection & Rotary Equipment)

**نیشنل پلی فنچر = نیشنل پلی مهندسین مشاور فنی نیشنل پلی مهندسین مشاور فنی**

- ۴- عمل اتصال و پیوستگی<sup>۱۰</sup> فونداسیون
- ۴-۱- عمل Chipping که برای اتصال و پیوستگی بین فونداسیون و گروت انجام می‌گیرد باید در تمام سطح فونداسیون (سطح بالاتر) انجام پذیرد.
- ۴-۲- عمل اتصال و پیوستگی باید به نحوی انجام گیرد که سطح صاف بتن بروز شده و به سنگ دانه‌های بتن برسد.



- ۵- بارگیری تجهیزات جهت نصب روی فونداسیون<sup>۱۱</sup>
- ۵-۱- بازدید و بررسی زمین اطراف فونداسیون ( محل ایستادن جرثقیل ) و حصول اطمینان از کوبیدگی زمین اطراف فونداسیون<sup>۱۲</sup>
- ۵-۲- انتخاب جرثقیل و سیم بکسل و شاهین مناسب با وزن تجهیزات و ابعاد آن
- ۵-۳- قرار دادن چوب‌های چهار تراش توسط تسمه فولادی زیر پایه‌های جک
- ۵-۴- بازرسی از وزنهای پشت جرثقیل
- ۶- عملیات تراز نمودن<sup>۱۳</sup> و شاقول نمودن<sup>۱۴</sup>
- ۶-۱- جهت تراز نمودن تجهیزات باید از تراز مکانیکی با دقت ۰.۰۲/۱۰۰۰ استفاده شود.

- ۴-۱- اطمینان از اینکه دوره بارگذاری فونداسیون سپری شده است
- ۴-۲- ترانس مورد قبول سطح فونداسیون در حد مجاز
- ۴-۳- مشخص نمودن و علامت گذاشتن خط مرکزی طولی و عرضی فونداسیون
- ۴-۴- بازرسی از تجهیزات قبل از نصب روی فونداسیون
- ۴-۵- بازرسی چشمی<sup>۱۵</sup> از تجهیزات قبل از نصب روی فونداسیون
- ۴-۶- تمیز کاری زیر فریم پایه<sup>۱۶</sup> تجهیزات قبل از نصب
- ۴-۷- بازرسی از عملیات پدگذاری<sup>۱۷</sup>
- ۴-۸- محل نصب ورقهای پد<sup>۱۸</sup> باید روی فونداسیون کاملاً مسطح و تراز باشد.
- ۴-۹- ورقهای پد باید دارای سطح صاف و عاری از رنگ باشد.
- ۴-۱۰- ارتفاع مورد نظر پدگذاری با حداقل تعداد ورق انجام گردد.
- ۴-۱۱- بازرسی از ورقهای پدگذاری و حصول اطمینان از تمیز بودن آنها و عاری از هر نوع روغن، گریس و آلودگی.
- ۴-۱۲- اندازه ورقهای پدگذاری عموماً مطابق با جدول زیر می‌باشد:

ردیف	پهنا (میلیمتر)	طول (میلیمتر)	ضخامت (میلیمتر)
۱	۶۰ تا ۱۱۰	۱۵۰ تا ۲۰۰	۲۰ تا ۱۰۰
۲	۱۱۰ تا ۱۵۰	۲۰۰ تا ۲۵۰	۱۵ تا ۲۵

۵-۸- محل نصب Alignment tools روی کوپلینگ‌ها جهت عملیات هم محور نمودن (شکل ۲)

روابط هم محور نمودن بین راننده و چرخنده بر مبنای مقادیر ارائه شده دستورالعمل کارخانه سازنده شکل (۳)

در ادامه عملیات هم محور نمودن در تراز عمودی<sup>۲۲</sup> در محور عمودی (FT, BT, FB, BB) ابزار نشان دهنده و مقادیر ذکر شده در دستورالعمل کارخانه سازنده جهت شیم‌گذاری از دو رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$NF = BE + \left( \frac{FE}{DF} \right) D1$$

$$FF = BE + \left( \frac{FE}{DF} \right) D2$$

*NF = Near Foot Correction*

*FF = Far Foot Correction*

*BE = (Actual - Expected)*

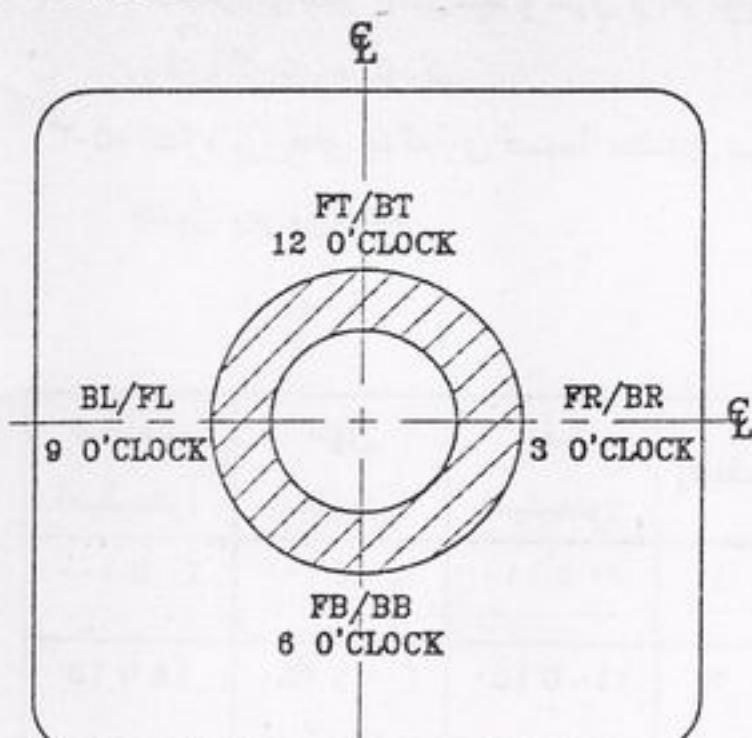
*BE = Outside Bore error*

*FE = Face Error*

*D1 = Distance From near foot to shaft end*

*D2 = Distance From Far foot to shaft end*

*DF = Face Diameter*



شکل (۱)

۶-۲- تراز تجهیزات می‌بایستی در طول و عرض (در محور *Y* و *X*) انجام گیرد.

۶-۳- با شیم‌گذاری<sup>۱۵</sup> در زیر فریم پایه در محل پدگذاری، عمل تراز نمودن صورت می‌گیرد.

۶-۴- تجهیزات مورد نظر باید به همان وضعیت خواسته شده در محور *X* و *Y* و نصب گردد.

۶-۵- بازرسی ماشین‌آلات نصب شده از نظر شاقولی بودن

۷- عملیات سفت کردن پیچ تجهیزات به فونداسیون

۷-۱- رزوه بولت‌ها<sup>۱۶</sup> باید کاملاً تمیز و عاری از هر گونه مواد خارجی باشد.

۷-۲- سفت کردن پیچ‌ها باید با آچار مناسب صورت گیرد.

۸- عملیات هم محور نمودن<sup>۱۷</sup> کوپلینگ<sup>۱۸</sup> بین راننده<sup>۱۹</sup> و چرخنده<sup>۲۰</sup>

۸-۱- بازرسی از ابزار اندازه‌گیری هم محوری<sup>۲۱</sup> از قبیل ابزار نشاندهنده<sup>۲۲</sup> و حصول اطمینان از کالیبره بودن آنها (داشتن گواهی کالیبراسیون)

۸-۲- جهت هم محور نمودن باید همزمان از ۲ عدد ابزار نشاندهنده استفاده شود.

۸-۳- ابزار نشاندهنده مورد استفاده باید دارای دقت در حد ۰.۰۱mm باشد.

۸-۴- موقعیت کوپلینگ جهت هم محور نمودن شکل (۱)

FT= FACE TOP

FB=FACE BOTTOM

BT=BORE TOP

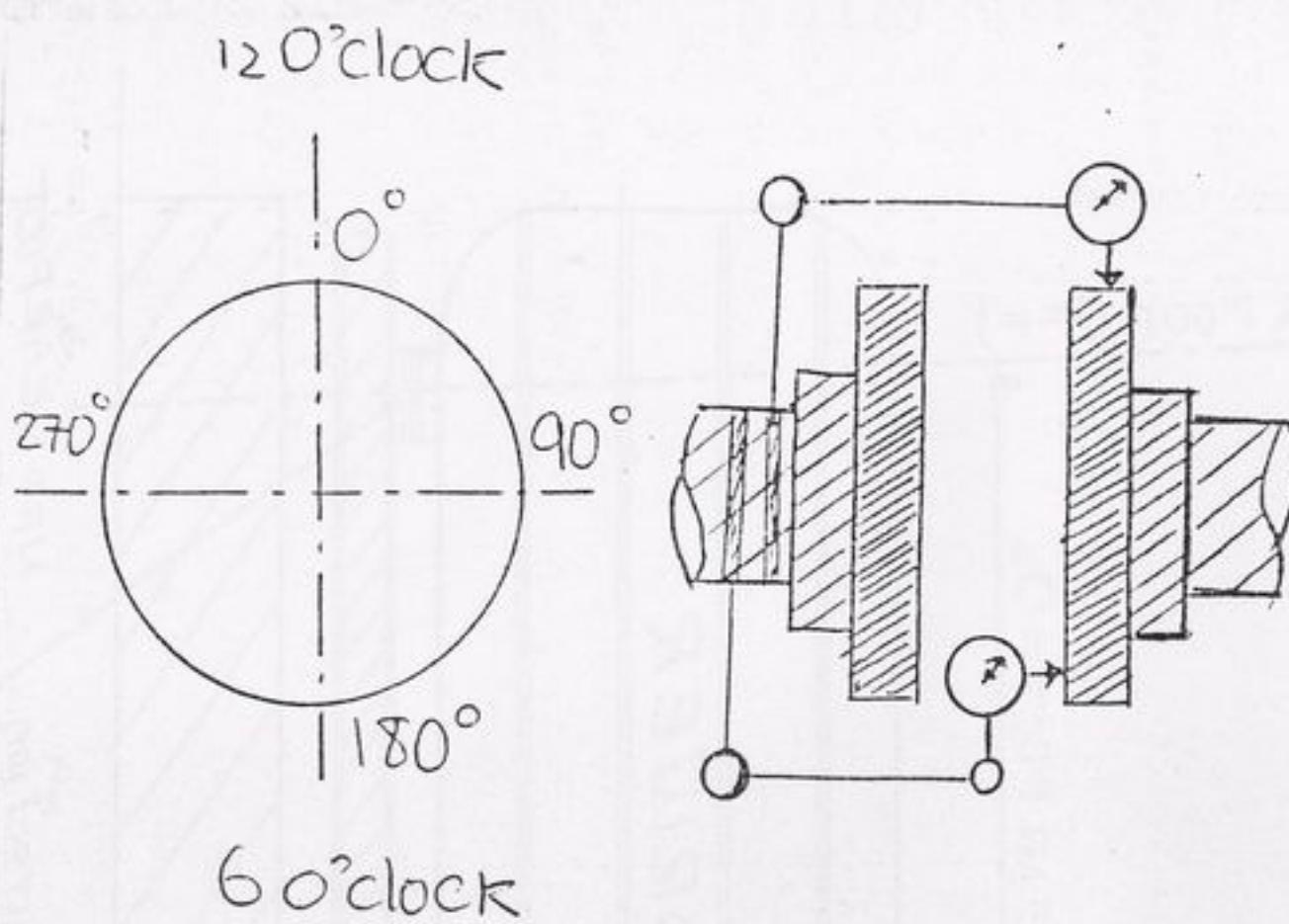
BB=BORE BOTTOM

FR=FACE RIGHT

FL=FACE LEFT

BL=BORE LEFT

BR=BORE RIGHT



شکل (۲)

۹- عملیات گروت ریزی

۱-۹- پس از پایان عملیات نصب گروت ریزی انجام می‌گیرد و سیمان گروت باید از نوع مرغوب باشد.

۲-۹- محل لبه‌های گروت ریزی باید بصورت پخ باشد.

- 1- Rotary equipment
- 2- Flow chart
- 3- Foundation check
- 4- Orientation & elevation
- 5- Curing
- 6- Visual inspection
- 7- Base Frame
- 8- Padding
- 9- Pad plate
- 10- Chipping
- 11- Lifting
- 12- Compaction
- 13- Leveling
- 14- Blumbness vertically
- 15- Shims
- 16- Bolt threads
- 17- Alignment
- 18- Coupling
- 19- Driver
- 20- Drivern
- 21- Alignment tools
- 22- Dial Indicator
- 23- Vertical Alignment
- 24- Grouting

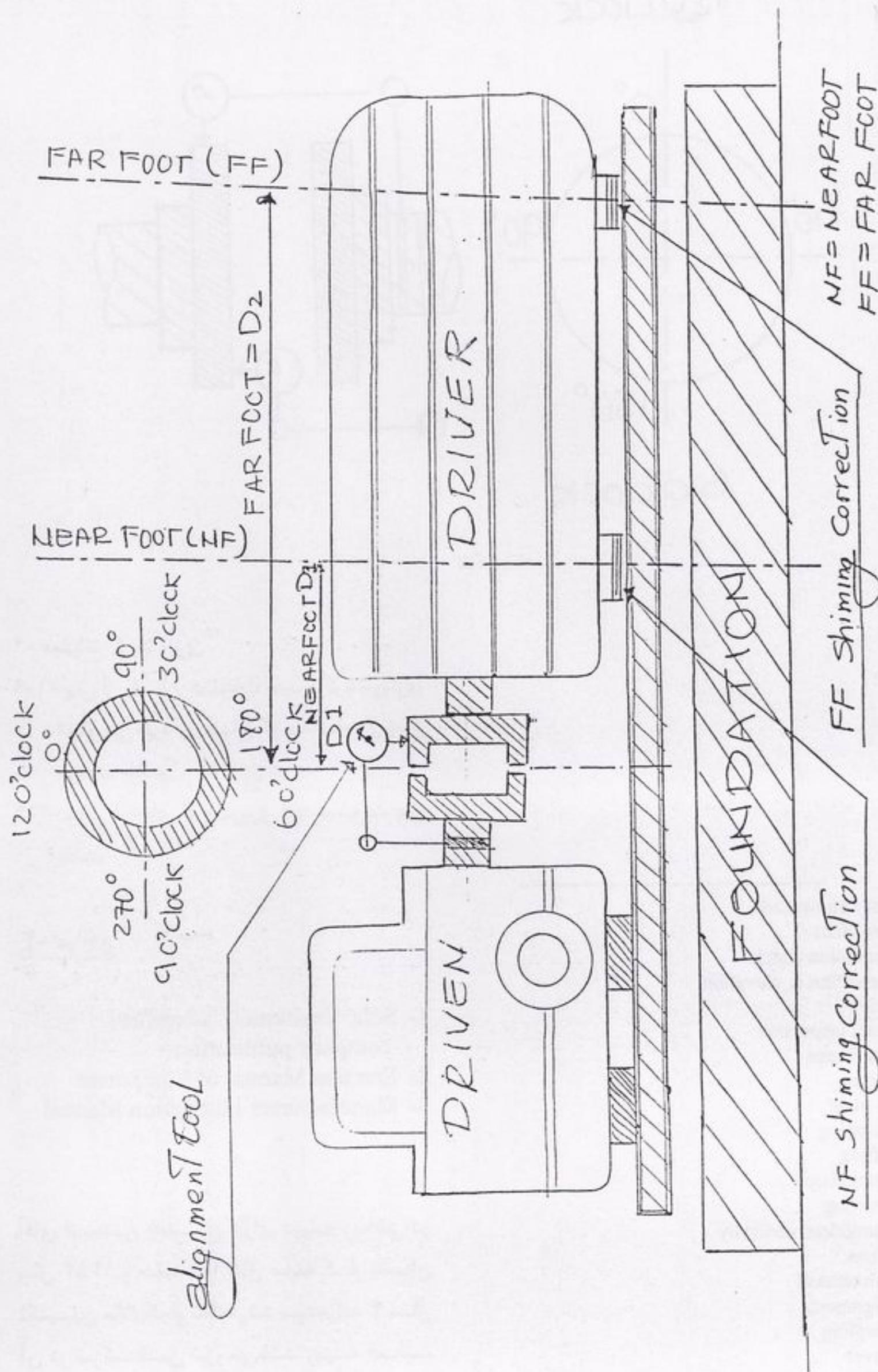
## ۲- مراجع

- 1- Solar Turbines (Caterpillar) company publication
- 2- Erection Manual of Equipment
- 3- Manufacturers Instruction Manual

آقای فریدون خسروی دارای دیپلم ریاضی در سال ۱۳۵۴ و جمعاً 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.

نیشنل فیٹ - نیشنل فیٹ مہینا سینی فیشنل فیٹ لائس نیشنل فیشنل فیٹ زستی ۱۹۶۰

شکل (۳)



## معرفی فولادهای جدید در ساخت قسمتهای بحرانی بویلر نیروگاههای بخار و تاثیر آنها بر راندمان نیروگاه

آقای مهرداد عباسی

کارشناس ارشد پروژه کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

### چکیده:

در بویلر نیروگاههای بخار بالاترین درجه حرارت و فشار در قسمت لوله‌های سوپر هیتر و ری هیتر می‌باشد و به همین دلیل بحرانی‌ترین قسمتهای بویلر از لحاظ انتخاب مواد همین قسمتهایا می‌باشند. در دو دهه اخیر در اروپا و امریکا و زاپن تحقیقات مستمری در جهت استفاده از فولادهای جدید و با کیفیت بهتر در ساخت قسمتهای بحرانی بویلر صورت گرفته است. هدف از این تحقیقات استفاده از فولادهایی است که دما و فشارکاری بویلر را افزایش دهند و در عین حال عمر متوسط ۳۰ سال را برای قسمتهای بحرانی بویلر تضمین نمایند. با افزایش هر ۱۰ درجه سانتیگراد در دمای بخار خروجی از لوله‌های سوپر هیترهای (Live steam) بویلر نزدیک به ۵٪ درصد بر بازده نیروگاه (plant efficiency) اضافه می‌شود. همچنین با افزایش هر ۱۰ بار در فشار بخار خروجی از سوپر هیترها تقریباً ۲٪ درصد بر راندمان نیروگاه افزوده می‌گردد. به همین دلیل علاوه بر بهینه کردن طراحی و کوشش در بازیابی انرژی در نیروگاهها، تلاش می‌شود تا با استفاده از فولادهای جدید دما و فشار کاری بویلر را افزایش دهند. در مقاله‌ای که از نظردان می‌گذرد فولادهای جدیدی که با هدف جایگزین کردن آنها با فولادهای رایج در قسمتهای بحرانی بویلر تولید شده‌اند، معرفی می‌گردند. این فولادهای جدید قادر خواهند بود، افزایش دما و فشار بخار خروجی از بویلر را از ۵۴۵ درجه سانتیگراد و ۲۳۰ بار در بویلرهای معمولی و رایج به ۶۰۰ درجه سانتیگراد و ۳۰۰ بار در بویلرهای جدید برسانند و در نتیجه راندمان نیروگاه را از حدود ۴۳ درصد به ۴۶ درصد افزایش می‌دهند.

### ۱- مقدمه

هستند که تصویر شماتیکی از آنها در شکل (۱) دیده می‌شود. قسمتهای مهم این نوع بویلرها عبارتند از: لوله‌های دیواره کوره (water walls) لوله‌های سوپر هیتر (Superheater tubes).

بویلرهای امروزی نیروگاههای بخار اکثراً از نوع بویلرهای تاورهای (Tower-type boiler)

بخار با دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲۰۰ بار را به توربین‌ها تحویل دهنده در عین حال دارای عمر متوسطی در حدود ۳۰ سال باشند. از آنجائی که دمای سطح جداره لوله‌ها معمولاً ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد از دمای بخار بیشتر است. بنابراین لازم است که ریز ساختار متالورژیکی این فولادها تا دمای حدود ۶۶۰ درجه سانتیگراد برای مدت زمان طولانی پایدار بماند و دچار تغییر فاز نشود. قابل توجه است که برنامه تحقیقاتی cost-501 از طرف کمپانی‌های بزرگ اروپایی SIEMENS, BOHLER, ALSTOM, AEG, ABB پشتیبانی می‌شود. تولید این فولادهای جدید به کمک بهیته‌سازی آلیاژهای آنها از طریق کم و زیاد کردن عنصر آلیاژی مانند Nb, W, V, Mo, Cr, Ni, Br انجام می‌شود. در طی برنامه تحقیقاتی cost-501 ابتدا آلیاژهای فولادی مورد نظر از روش‌های فولادسازی، با کنترل دقیق بر عنصر شیمیائی، مانند فولادسازی تحت خلاء (Vacuum Induction melting) و فولادسازی تحت سرباره (Electroslag remelting) تولید می‌شوند و سپس لوله‌های با ابعاد حقيقی ساخته و در شرایط واقعی مورد آزمایش‌های طولانی مدت قرار می‌گیرند. تغییر ریز ساختار متالورژیکی این نمونه‌ها بعد از دوره‌های زمانی مشخص با انجام متالوگرافی مورد بررسی قرار می‌گیرد و همچنین خواص خزشی آنها با انجام آزمایشات مکانیکی در درجه حرارت‌های بالا حدود ۶۰۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌گردد. در این مقاله خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده تا سال ۱۹۹۳ مدون شده و برخی از فولادهای جدید معرفی می‌گردد. با استفاده از فولادهای جدید می‌توان راندمان کلی نیروگاه (Plant efficiency) را از حدود ۴۳٪ به حدود ۴۶٪ افزایش داد.

لوله‌های ری‌هیتر (Reheater tubes)، لوله‌های بازیافت حرارتی (economizer tubes) و درام بویلر (Boiler drum) هریک از این قسمتها دارای درجه حرارت و فشار کاری مخصوص به خود و متفاوت می‌باشند. بحرانی ترین قسمتها بویلر از لحاظ وضعیت دما و فشار لوله‌های سوپر‌هیتر و ری‌هیتر می‌باشند که می‌باید قادر به تحمل درجه حرارت‌ها و فشار بالا باشند. بخار خروجی از لوله‌های سوپر‌هیتر و ری‌هیتر است که وارد توربین‌های فشار بالا (HP) و متوسط (IP) نیروگاه می‌گردد. این بخار به بخار زنده (Live steam) مشهور است و بالاترین دما و فشار را در بویلر دارد. عامل محدود کننده در افزایش دما و فشار کاری لوله‌های سوپر‌هیتر و ری‌هیتر، استحکام گرم (Hot strength) فولاد بکاررفته در ساخت این لوله‌ها می‌باشد. فولادهای که بطور معمول در ساخت لوله‌های سوپر‌هیتر و ری‌هیتر بکار می‌روند، قادرند بخار با فشار ۲۳۰ بار و درجه حرارت ۵۴۵ درجه سانتیگراد را به توربین‌ها تحویل دهند. افزایش هر ۱۰ درجه سانتیگراد و هر ۱۰ بار در دما و فشار بخار زنده به ترتیب ۱/۵ درصد و ۱/۲ درصد بر راندمان نیروگاه (plant efficiency) می‌افزاید. افزایش هر یک درصد راندمان نیروگاه‌های بخار، صرفه‌جویی اقتصادی عظیمی را در طول بهره‌برداری نیروگاه به همراه دارد. به منظور افزایش فشار و دمای بخار خروجی از بویلر لازم است از فولادهای با کیفیت برتر (advanced steel) در ساخت لوله‌های سوپر‌هیتر و ری‌هیتر استفاده گردد. در دو دهه اخیر در اروپا طی یک برنامه تحقیقاتی به نام cost-501 بر روی بهبود خواص مکانیکی، شیمیائی و طراحی فولادهای کم آلیاژ و پرآلیاژ تحقیقات مستمری انجام شده است. هدف از این تحقیقات تولید فولادهایی است که قادر باشند،

شده‌اند و سپس در هر دما تحت آزمایش کشش قرار گرفته‌اند. همانطور که از این نمودار مشاهده می‌شود در مورد فولاد ساده کربنی با افزایش دما استحکام فولاد بطور مستمر کاهش می‌یابد بطوریکه استحکام نهائی از ۳۷۰ مگاپاسکال در دمای محیط به حدود ۲۹۰ مگاپاسکال در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد. در مورد فولادهای آلیاژی انتظار می‌رود خواص مکانیکی حتی در درجه حرارت‌های بالا در محدوده‌های مشخصی ثابت بماند. بعنوان مثال در شکل (۳) اثر افزایش درجه حرارت بر روی استحکام تسلیم و استحکام نهائی نمونه‌های متعدد فولاد آلیاژی دمایی مختلف نگهداشته شده است، مشاهده می‌گردد. در این نوع فولاد استحکام نهائی فولاد از دمای محیط تا دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد تقریباً ثابت است و حتی با مکانیزم سختی رسوی (Precipitation hardening) افزایش استحکام نیز در این محدوده از دما مشاهده می‌شود. ولی با افزایش دما از ۵۰۰ درجه به ۶۵۰ درجه استحکام نهائی از ۵۵۰ مگاپاسکال به حدود ۴۵۰ مگاپاسکال کاهش می‌یابد. فولادهای آلیاژی جدید قادرند تا دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد خواص مکانیکی پایدار و ثابت داشته باشند.

۲-۲- استحکام خرزی مناسب:  
از خواص مهم دیگر فولادها برای کاربرد در درجه حرارت‌های بالا مقاومت در مقابل خرزش می‌باشد. خرزش پدیده‌ای است که به سه عامل درجه حرارت، تنش اعمالی و زمان بستگی دارد. در صورتیکه در دمای‌های بالا فولاد را تحت تاثیر تنشهای پائین‌تر از تنش تسلیم آن قرار دهیم مشاهده می‌شود برخلاف انتظار فولاد بتدریج در

## ۲- خواص ویژه فولادها برای کاربرد در درجه حرارت‌های بالا

فولادهایی که در درجه حرارت‌های بالا برای مدت زمان طولانی به کار گرفته می‌شوند باید دارای خواص ویژه‌ای باشند که مهمترین این خواص به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود:

۱-۱- پایداری ریز ساختار متالورژیکی:  
افزایش دما موجب تغییر ساختار متالورژیکی و فازی در فولادها می‌گردد و استحکام تسلیم (yield point) و استحکام نهائی (ultimate strength) گرفتن فولادها در دمای بالا با گذشت زمان موجب درشت شدن دانه‌های فولاد، حل شدن ذرات فازها در زمینه فولاد و گرافیته شدن فازهای کاربیدی می‌گردد و تمام عوامل مذکور منجر به کاهش استحکام فولادی می‌گردد. برخی از عناصر آلیاژی از طریق قرار گرفتن در شبکه کریستالی فازها و از طریق تشکیل محلول جامد موجب پایدار شدن فازها و جلوگیری از رشد دانه‌ها می‌گردند و در نتیجه موجب پایدار شدن خواص مکانیکی می‌شوند. فولادهایی که دارای ساختار پایدار در مقابل درجه حرارت هستند اصطلاحاً از استحکام گرم (Hot strength) مناسب برخوردارند. از جمله مهمترین عناصر آلیاژی که قادرند فازها را پایدار کنند و از طریق تشکیل محلول جامد استحکام گرم مناسب در فولادها ایجاد نمایند عبارتند از: Nb, Ni, Br, W, V, Cr, Mo در شکل (۲) اثر افزایش درجه حرارت بر روی استحکام تسلیم و استحکام نهائی فولاد ساده کربنی مشاهده می‌شود. برای تهییه این نمودارها نمونه‌های فولادی متعدد به مدت ۸۳۰۰ ساعت در دمای‌های مختلف نگهداشته

طول زمان، دچار تغییر فرم می‌شود و این تغییر فرم تا گسیخته شدن (rupture) فولاد ادامه می‌یابد. در لوله‌های سوپر هیتر و ری هیتر پدیده خرز از عوامل مهم در تعیین طول عمر لوله‌ها می‌باشد. به دلیل وجود فشار ثابت و درجه حرارت بالا در این لوله‌ها شرایط رخ دادن پدیده خرز در طول زمان کاملاً مهیا می‌باشد. معیار مقاومت در مقابل خرز را معمولاً با پارامتر استحکام خرزشی بیان می‌کنند. برای فولادها استحکام خرزشی (Creep strength) به این صورت تعریف می‌شود که استحکام خرزشی فولاد در یک درجه حرارت خاص، تنی است که در مدت زمان ۱۰۰۰۰۰ ساعت باعث ۱٪ تغییر فرم نسبی در فولاد می‌شود. فولادهای ساده کربنی قادر استحکام خرزشی مناسب در دماهای بالاتر از ۳۷۰ درجه سانتیگراد هستند. در نمودار شماره (۴) مقایسه‌ای بین استحکام خرزشی انواع فولادهای مختلف شده است. عنوان مثال استحکام خرزشی فولاد کربنی C ۰.۲۰٪ در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد حدود ۶۵ مگاپاسکال است، در صورتیکه استحکام خرزشی فولاد کم آلیاز ۲.۲۵٪Cr-۱٪Mo در همان دما (۴۵۰ درجه سانتیگراد) حدود ۱۷۵ مگاپاسکال می‌باشد. با افزایش دما به ۵۰۰ درجه سانتیگراد استحکام خرزشی فولاد کربنی به ۳۰ مگاپاسکال و استحکام خرزشی فولاد کم آلیاز به ۱۰۰ مگاپاسکال کاهش می‌یابد. در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد فولاد ساده کربنی قادر استحکام خرزشی می‌باشد و استحکام خرزشی فولاد کم آلیاز ۲.۲۵٪Cr-۱٪Mo حدود ۲۵ مگاپاسکال می‌باشد. هدف از تولید فولادهای جدید دستیابی به استحکام خرزشی در حدود ۱۰۰ مگاپاسکال در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

#### ۳-۲- استحکام خستگی مناسب:

در اثر کم و زیاد شدن فشار داخل لوله‌ها، پدیده خستگی رخ می‌دهد. در طی این پدیده، در اثر تنشهای سیکلی اعمالی فولاد دچار تغییر فرم‌های مشبّت و منفی متناوب می‌شود که در نهایت در اثر اعمالاً تعداد مشخص شیکل تغییر فرم فولاد گسیخته می‌گردد. هرچه تنشهای اعمالی دارای دامنه تغییرات بزرگ‌تر باشند، دامنه تغییر فرم بزرگ‌تر و فولاد در اثر تعداد سیکلهای کمتری گسیخته و شکسته می‌شود. در دماهای بالا پدیده خستگی و خرز به صورت توام انجام می‌شوند و بطور تجربی مشاهده شده است که در این حالت تعداد سیکلهای منجر به گسیختگی کاهش می‌یابد. در شکل شماره (۵) مشاهده می‌شود که سه مکانیزم برای ایجاد گسیختگی در فولادها در اثر خستگی مطرح است که عبارتند از خستگی تحت سیکلهای کم، خستگی توام با خرزش و خستگی تحت سیکلهای زیاد. در بویلر نیروگاهها خستگی توام با خرزش و خستگی تحت سیکلهای کم مکانیزم‌های غالب می‌باشند. خستگی تحت سیکلهای کم نیاز به اعمال تنشهای با دامنه زیاد دارد که منجر به تغییر فرم نسبتاً زیاد (بیش از ۱/۵ درصد) در حین اعمال سیکلها شود، ولی خستگی توام با خرزش در اثر تنشهای (تغییر فرم‌های) با دامنه کم نیز رخ می‌دهد و احتمال وقوع آن بیشتر است. هدف از تولید فولادهای جدید دستیابی به حداقل عمر  $^{10}$  سیکل در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد با دامنه تغییر فرم ۱٪ می‌باشد.

#### ۴-۲- مقاومت در مقابل خوردگی

علاوه بر خواص مکانیکی فولاد در درجه حرارت‌های بالا که تنشهای مجاز (Allowable design-stress)

حرارت، هدایت حرارتی فولادها کاهش می‌یابد. هدایت حرارتی فولادهای جدید نباید کمتر از  $W/m^2 \cdot k$  ۲۵ در دمای  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد باشد.

### ۳- معرفی فولادهای جدید

با توجه به شرایط کاری قسمتهای بحرانی بویلر و با هدف بالا بردن راندمان نیروگاه لازم است فولادهایی که در قسمتهای سوپر هیتر و ری هیتر به کار برده می‌شوند بتوانند دمای حدود  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد و فشار ۳۰۰ بار را تحمل کنند و با توجه به مباحثی که در بخش ۲ این مقاله بیان شد دارای خواص زیر باشند:

۱- ساختار متالورژیکی آنها تا دمای حدود  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد پایدار باشد و تغییرات فازی و درشت شدن دانه‌ها در آنها مشاهده نشود.

۲- از استحکام گرم مناسب طبق شرایط طراحی برخوردار باشند. (استحکام مناسب در دمای  $600^\circ C$  درجه).

۳- دارای استحکام خزشی در حدود  $100 \text{ MPa}$  مگاپاسکال در دمای  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد باشند.

۴- از لحاظ مقاومت در برابر خستگی توان با خزش دارای حد خستگی حداقل  $10^\circ$  سیکل در دمای  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد با دامنه تغییر فرم  $1\%$  باشند.

۵- مقاومت خوردگی آنها در دمای  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد بالا باشد و مقدار خوردگی آنها از

کاربرد مشخص می‌کند عامل محدود کننده دیگر در کاربرد فولادها مقدار خوردگی آنها در درجه حرارت مورد نظر می‌باشد. در شرایط بویلر فولادها عمدتاً تحت خوردگی ناشی از اکسید شدن (oxidation) قرار دارند. لوله‌ها هم از سطح داخلی که در معرض بخار و آب قرار دارد و هم از سطح بیرونی که تحت محصولات حاصل از احتراق قرار دارد به دلیل اکسیداسیون خورده می‌شوند. در نمودار شکل (۶) سرعت اکسیدشدن انواع فولادهایی که در ساخت بویلر بکار برده می‌شوند در درجه حرارت‌های مختلف دیده می‌شود. در درجه حرارت حدود  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد خوردگی فولاد سازه کربنی به حدود  $0.5 \text{ mm/year}$  می‌رسد که سرعت خوردگی فولاد بسیار بالائی است. در همان دما خوردگی فولاد  $9\% Cr - 1\% Mo$  تقریباً صفر می‌باشد. سرعت خوردگی فولادهای جدید باید در حدود  $0.05 \text{ mm/year}$  می‌لیمتر و در دمای  $600^\circ C$  درجه سانتیگراد تحت شرایط کاری سوپر هیتر و ری هیتر باشد.

### ۴-۵- هدایت حرارتی مناسب:

فولادهایی که در ساخت قسمتهای مختلف بویلر مانند سوپر هیتر و ری هیتر به کار می‌روند باید دارای هدایت حرارتی مناسب باشند تا حرارت بطور مناسبی از گازهای گرم به آب و بخار داخل لوله‌ها منتقل شود. از این نظر فولادهای موجود را می‌توان به دو گروه فولادهای فریتی و فولادهای آستانیتی تقسیم نمود که فولادهای فریتی دارای هدایت حرارتی بالاتری نسبت به فولادهای آستانیتی می‌باشند. به همین دلیل در بویلرهای امروزی سعی می‌شود از کاربرد فولادهای آستانیتی خودداری شود. در نمودار شکل (۷) تغییرات ضریب هدایت حرارتی فولادهای فریتی با درجه حرارت مشاهده می‌شود. با افزایش درجه

کاهش مصرف سوختهای فسیلی در نیروگاهها می‌گردد.

۱۰۵ میلیمتر در سال تحت شرایط کاری بویلر تجاوز نکند.

#### - مراجع

- 1- e. Berger; S.M.Beech: European Achivment In the Development of Materials For Advanced power plant, ASME conference, Floreida. 1993.
- 2- B.Scarlin, S.W. Amacker: Material for advanced steam turbines and boiler, ASME conference, Florieda, 1993
- 3- G.V.Smith: Evaluation of the elevated temperature tensile and creep-rupture properties of high strength low alloy steel, DS50, American society for testing and material, 1992.
- 4- G.S.Saugdahl and H.R. Voorhees: Steel at elevated temperatures steel in pressure vessels and piping, American society of Mechanical Engineers, 1982.
- 5- T.B.Gibbons: Elevated- temperature properties of ferritic steels, "American society of Metal, 1994.

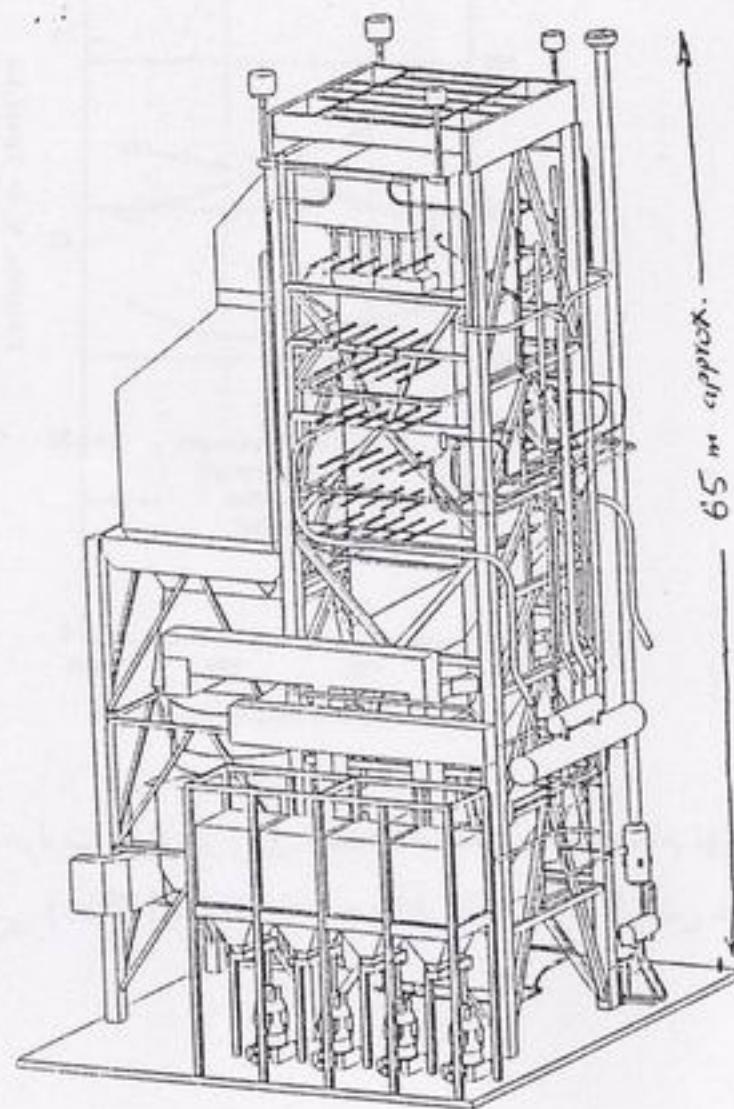
آقای مهرداد عباسی دکترای مهندسی متالورژی از دانشگاه علم و صنعت ایران (فارغ التحصیل در خرداد ۱۳۸۰) جمعاً دارای ۱۲ سال سابقه کار در دانشگاه و صنعت بوده که سابقه همکاری ایشان با شرکت قدس نیرو ۵ سال می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای عباسی ساخت و کنترل کیفیت تجهیزات فلزی تحت فشار نیروگاهی می‌باشد.

۶- از هدایت حرارتی مناسب برخوردار باشند و این هدایت حرارتی در دمای  $600^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد نباید کمتر از  $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{k}$  باشد.

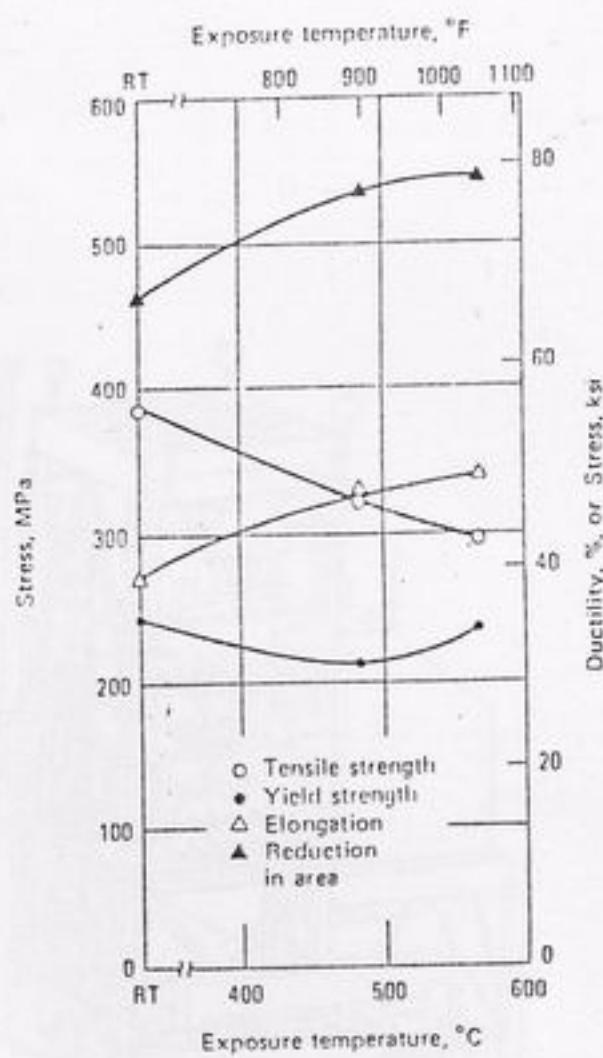
در جدول شماره (۱) فولادهای جدیدی که در آمریکا، ژاپن و اروپا برای کار در شرایط بحرانی بویلر تولید شده‌اند مشاهده می‌شود. در این جدول مشخصات فولادهای قبلی نیز آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود استحکام خوشی فولادهای جدید بعد از ۱۰۰۰۰ ساعت کارکردن در دمای  $600^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد در حدود  $100 \text{ MPa}$  باشد در صورتیکه فولادهای رایج قبلی دارای چنین استحکامی نیستند. فولادهای جدید با وجود خواص بهتر، از لحاظ هزینه تولید اختلاف زیادی با فولادهای قبلی ندارند و خواص لازم برای تحويل بخار  $600^{\circ}\text{C}$  درجه با فشار ۳۰۰ بار به توربینها را دارا می‌باشند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

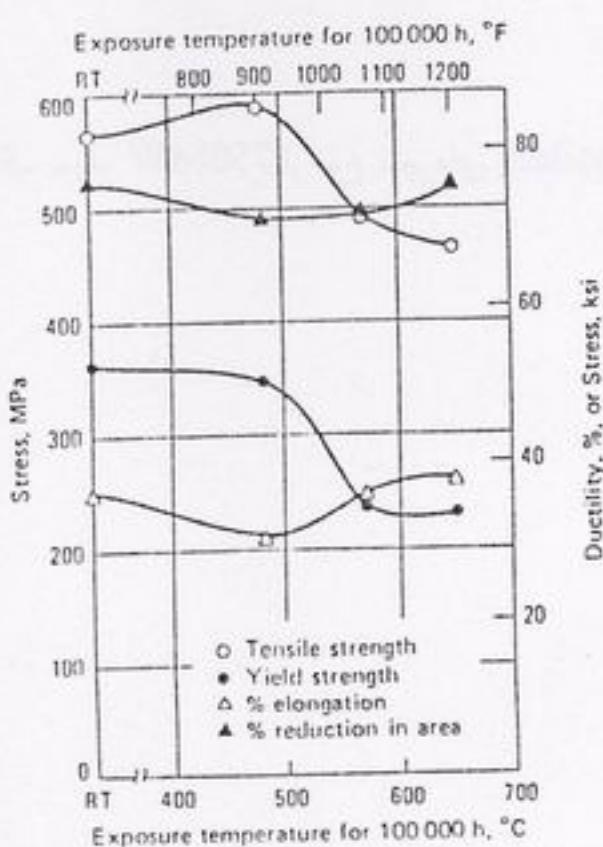
در این مقاله اهمیت استفاده از فولادهای مرغوب در بالا بردن راندمان نیروگاههای حرارتی مورد بحث قرار گرفت و فولادهای جدیدی که قادرند فشار و درجه حرارت بخار تحولی به توربین را افزایش دهند معرفی شده‌اند با استفاده از این فولادهای جدید که در قسمتهای بحرانی بویلر مورد استفاده قرار می‌گیرند میتوان راندمان کلی نیروگاههای بخار را تا حدود ۳٪ افزایش داد که این افزایش موجب صرفه‌جویی هنگفت اقتصادی و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست از طریق



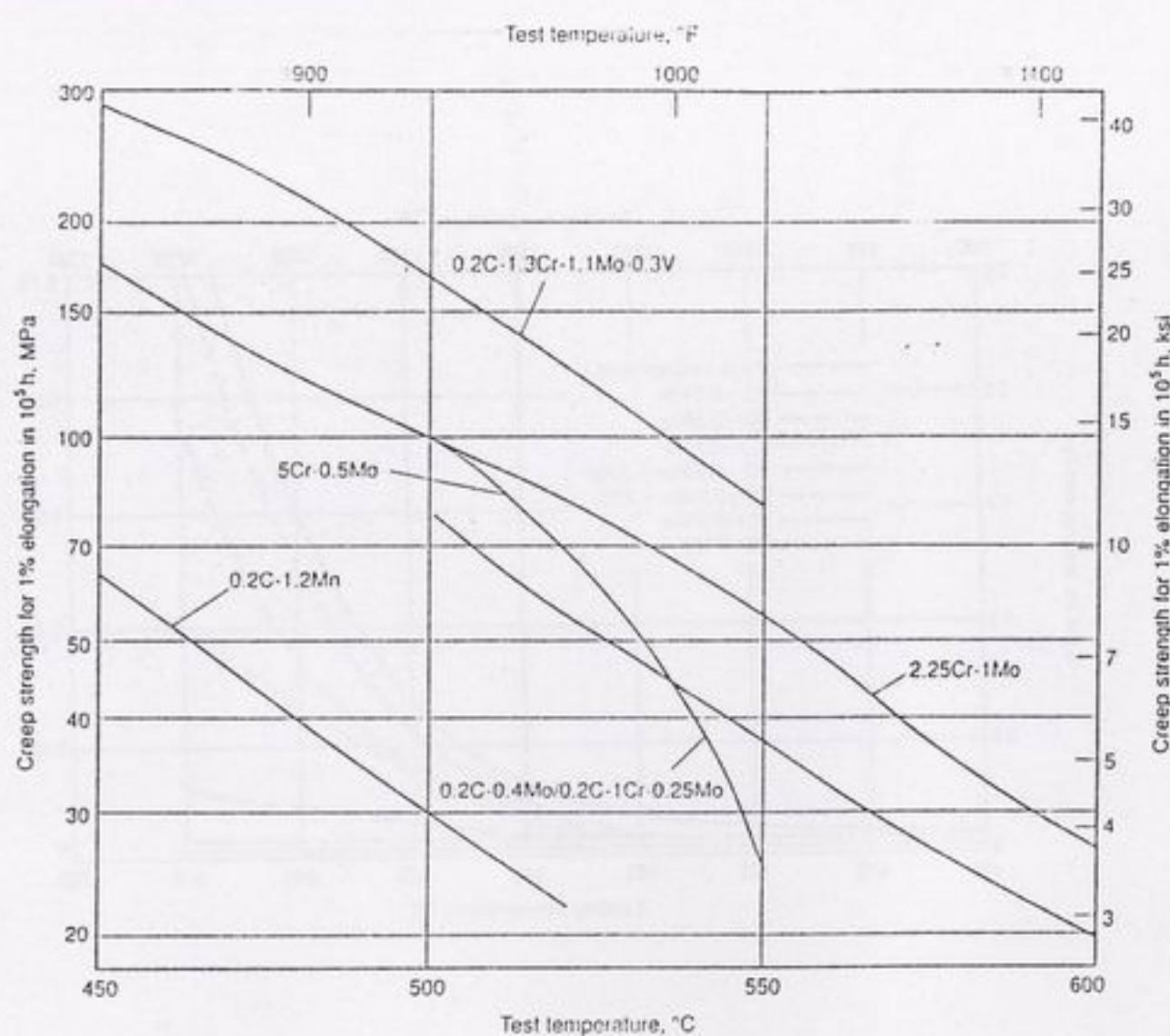
شکل (۱): نمای بیرونی یک بویلر 750MW از نوع تنوره‌ای (tower- type boiler)



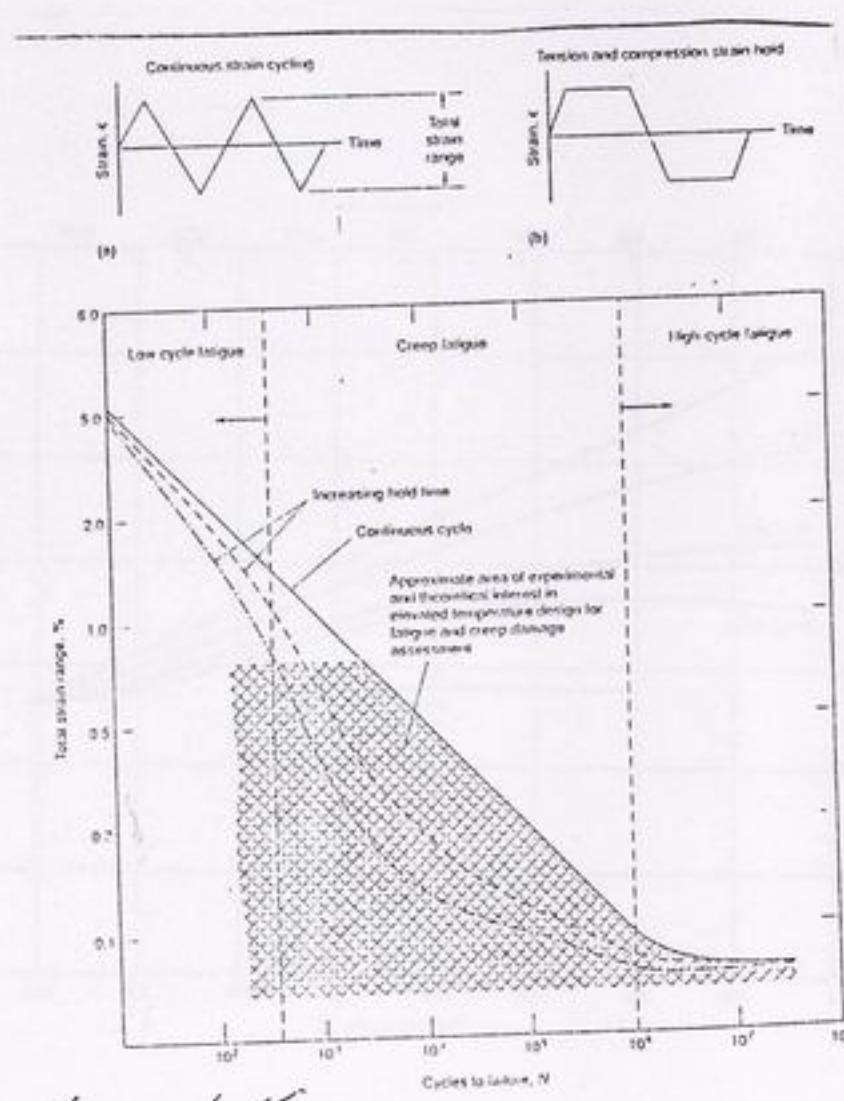
شکل (۲): اثر افزایش درجه حرارت کاری بر روی استحکام نهائی و درصد تغییر فرم فولاد ساده کربنی (۰.۱۷%c) بعد از ۸۳۰۰ ساعت قرار گرفتن در هر دما



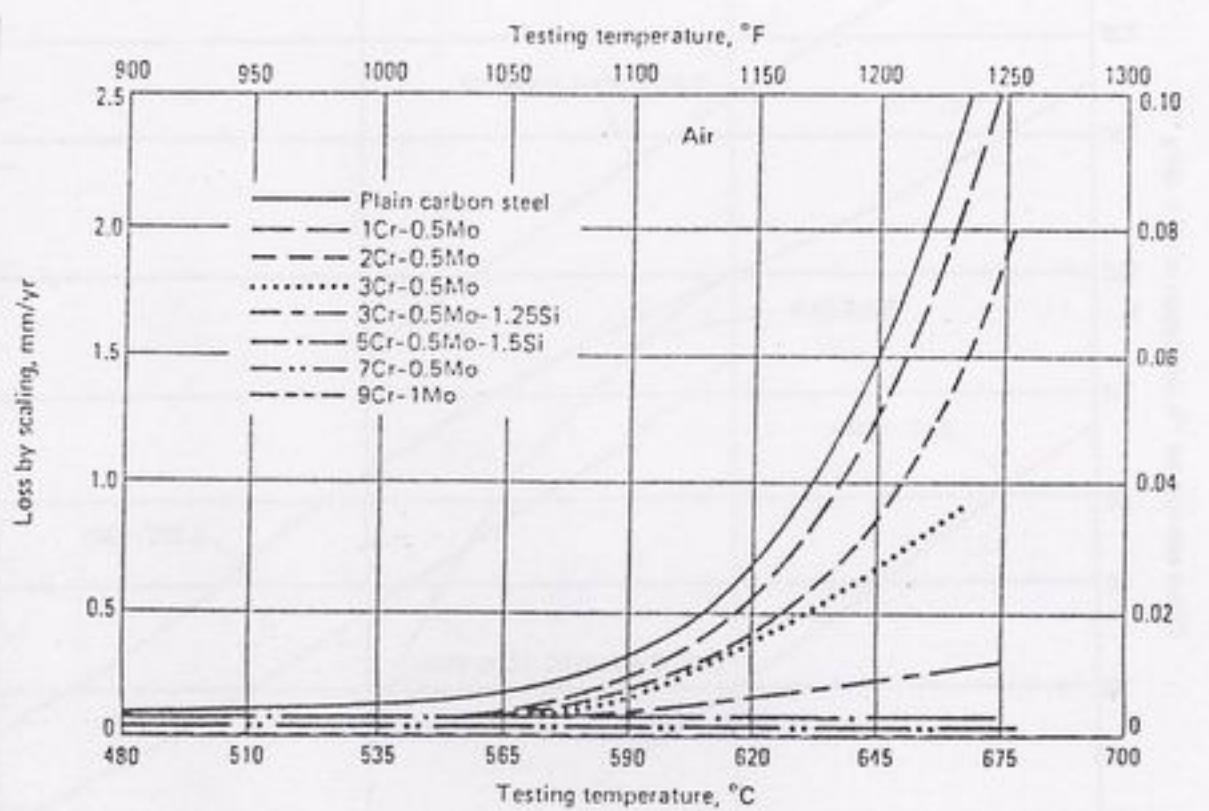
شکل (۳) اثر افزایش درجه حرارت کاری بر روی استحکام نهائی، استحکام تسلیم، این ۱%Mo-9%Cr کم آلیاژ بعد از ۱۰۰۰۰ ساعت قرار گرفتن در هر دما



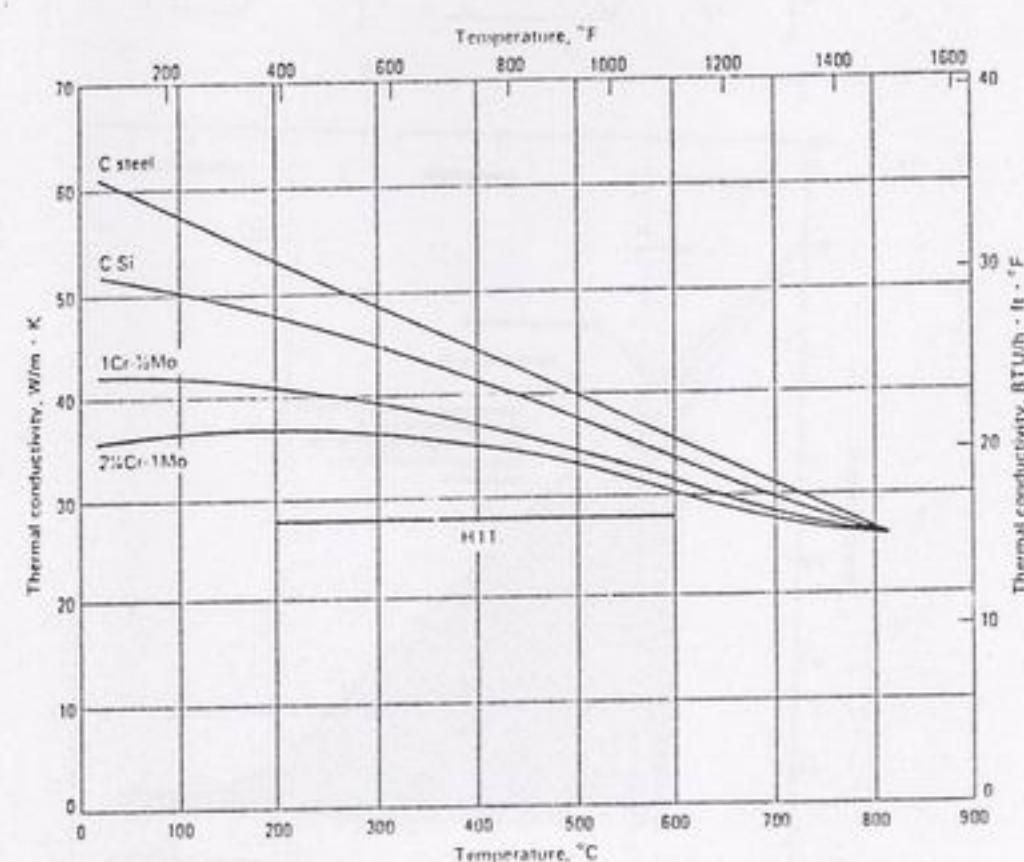
شکل (۴) مقایسه بین استحکام خرشی فولادهای مختلف در درجه حرارتی های گوناگون



شکل (۵) انواع سیکلیتی که در بویلر موجب خستگی می گردند و مکانیزمهای مختلف خستگی (سیکل پائین، خستگی توان با خرس و سیکل بالا)



شکل (۶) تأثیر درجه حرارت بر روی مقدار خوردگی ناشی از اکسیداسیون در فولادهای مختلف



شکل (۷) تأثیر درجه حرارت بر روی هدایت حرارتی فولادهای مختلف

دانشگاه صنعتی - زنجیره‌گردی مهندسی مکانیک \* فناوری پلیمر \* پژوهش شهرهای روزانه

Country	Steel	Chemical Composition in %										Creep Strength MPa at 600 °C	
		C	Cr	Mo	Ni	W	V	Nb	N	B	$10^{4}h$	$10^{5}h$	
<b>Basic Steels (service experience up to 565°C):</b>													
USA	T 9 (X12CrMo91)	0.12	9.0	1.00							59	34	
BRD	X22CrMoV121	0.20	12.0	1.00	0.50	(0.5)	0.30				103	59	
UK	H 46 (X16CrMoVNbN111)	0.16	11.5	0.65	0.70		0.30	0.300	0.050		118	62	
France	EM 12 (X10CrMoVNbN92)	0.10	9.0	2.00			0.20	0.450			120	82	
USA	AISI 422 (X22CrMoWV121)	0.23	12.5	1.00	0.75	1.00	0.25				130	60	
UK	FV 488 (X13CrMoVNbN101)	0.13	10.5	0.75	0.70		0.15	0.450	0.050		139	64	
France	56T5 (X19CrMoVNbN111)	0.19	11.0	0.80	0.40		0.20	0.450	0.050		160	64	
USA	11%CrMoVNbN (GE)	0.18	10.5	1.00	0.70		0.20	0.085	0.060		165	(85)	
Japan	TAF (12%CrMoWVNbB)	0.18	10.5	1.50	0.05		0.20	0.150		0.040	216	-	
<b>Newly developed Steels (service temperatures up to 600°C):</b>													
USA	T 91 (X10CrMoVNN91)	0.10	9.0	1.00	<0.40		0.22	0.080	0.050		124	94	
Japan	TR 1100	0.14	10.2	1.50	0.60		0.17	0.055	0.040		170	(100)	
	TR 1150	0.13	10.3	0.30	0.50	2.00	0.17	0.050	0.050		185	(120)	
	NF 616	0.07	9.0	0.50	0.06	1.80	0.20	0.050	0.060	0.004	172	(132)	
COST 501-2	X18CrMoVNbB91	0.18	9.5	1.50	0.05		0.25	0.050	0.010	0.010	170	(122)	
	X12CrMoWVNbN1011	0.12	10.3	1.00	0.80	0.80	0.18	0.050	0.055		165	(107)	

جدول (۱) ترکیب شیمیائی و خواص خزشی فولادهای فریتی مقاوم به درجه حرارت‌های بالا که جدیداً توسط محققان اروپائی، آمریکایی و ژاپنی تولید شده‌اند و مقایسه آنها با فولادهای قدیمی

## بررسی پایداری گذرا با استفاده از مقاومت کنترل شونده با تریستور

آقای حسین دانشی

کارشناس ارشد گروه تخصصی برق - مدیریت مهندسی نیروگاههای بخاری

چکیده:

یکی از مهمترین مسائلی که در سیستمهای قدرت مورد توجه بوده و هست، کارکرد سیستم در محدوده مجاز می‌باشد. یکی از عواملی که باعث خارج شدن سیستم از محدوده مجاز می‌گردد، اغتشاشات ناگهانی بوده که ممکن است تغییر ناگهانی شرایط بار و یا پارامترهای سیستم در حال کار باشد. در پایداری گذرا معمولاً اغتشاشات بزرگ مورد نظر می‌باشد. یکی از روش‌های بهبود پایداری گذرا استفاده از ترمز دینامیکی است. روش‌های کنترل ترمز دینامیکی با استفاده از تریستور نیم موج، تمام موج و سوئیچ در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: پایداری گذرا، ترمز دینامیکی، پایداری و امنیت سیستم

### ۱- مقدمه

می‌کنیم. چنانچه سیستم قدرت دچار یک اغتشاش بزرگ گردد، از نقطه کار عادی خود به مقدار زیادی دور شده، رفتار آن به صورت غیرخطی و پیچیده در خواهد آمد. اگر شدت و مدت اغتشاش به اندازه کافی کوچک باشد پس از طی حالت گذرا و از بین رفتن نوسانات، سیستم قدرت به نقطه تعادل پس از اغتشاش باز خواهد گشت ولی چنانچه اغتشاش به اندازه کافی بزرگ باشد سیستم و اگرا شده پایداری آن از دست خواهد رفت که با توجه به افزایش به هم پیوستگی در سیستمهای قدرت و با سریعتر شدن پاسخهای دینامیکی و همچنین در اثر افزایش بارگذاری بر خطوط انتقال انرژی به منظور

بطور کلی امنیت در سیستمهای قدرت را می‌توان

به سه دسته تقسیم نمود:

- ۱- امنیت استاتیکی
- ۲- امنیت دینامیکی
- ۳- امنیت گذرا

امنیت گذرا که در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرد خود به دو شاخه "مطالعه حالت گذرا در اولین نوسان" و "مطالعه حالت گذرا پس از اولین نوسان" تقسیم می‌گردد، که بسته به فرکانس سیستم در پریود اول و بعد از آن، سیستم را بررسی

توان مکانیکی ورودی باعث شتاب گرفتن روتور شده آنرا ناپایدار خواهد ساخت. حال چنانچه کاهش سریع توان مکانیکی ورودی امکان پذیر باشد، از شتاب گرفتن روتور جلوگیری می‌شود. برای این منظور می‌توان با باز و بسته کردن سریع شیرهایی که دارای ثابت زمانی کوچک هستند مقداری از بخار توربین را از مسیر موجود بین توربین فشار بالا، متوسط و یا کم، خارج کرد و بدین ترتیب تراز انرژی گذرا را در ماشین سنکرون در مدت وقوع خطا حفظ نمود.

- جبران سازی با خازن متوالی: در این روش با قرار دادن یک خازن سری در خط انتقال باعث کاهش امپدانس معادل شده و حداکثر ظرفیت انتقال توان در خط را بالا می‌برند. با بالا رفتن ظرفیت انتقال خط، حد پایداری گذرا نیز افزایش می‌یابد. این خازنهای در حالت معمولی توسط کلید اتصال کوتاه می‌شوند و در صورت خطا کلید باز می‌شود.

- سیستم ذخیره انرژی مغناطیسی با استفاده از فوق هادیها: یک ذخیره ساز مغناطیسی فوق هادی معمولی از دو پل تریستوری که به صورت سری قرار گرفته‌اند و یک سیستم پیج فوق هادی تشکیل شده است. با کنترل زاویه آتش تریستورها، می‌توان اکتیو و راکتیو را به طور مستقل کنترل و برای پایداری سیستم بکار گرفت.

- در مدار قرار دادن مقاومت: این ایده، یعنی در مدار قرار دادن مقاومت جهت حفظ پایداری گذرا یک ایده نسبتاً قدیمی است. چنانچه دو ناحیه توسط یک خط انتقال

بهره‌برداری اقتصادی بیشتر، که نقطه کار خطوط را به آستانه پایداری گذرا آنها نزدیک‌تر می‌سازد، تاثیر اغتشاشهای واردہ بر سیستمهای قدرت خصوصاً بر رفتار گذرا غیرخطی آنها بسیار شدیدتر و نامطلوب‌تر شده است.

## ۲- روشهای کنترل و بهبود پایداری گذرا

### سیستمهای قدرت

- استفاده از ترانسفورماتورهای ایجاد اختلاف فاز سریع: در این روش در مرحله خطا اختلاف فاز در ترانسفورماتور صفر است و برای مرحله پس از خطا اعمال کنترل مناسب بر روی اختلاف فاز ترانسفورماتور باعث می‌شود انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم قدرت افزایش یابد و این باعث حفظ پایداری ماشین سنکرون در اولین نوسان می‌شود. اعمال کنترل بر ترانسفورماتور و ایجاد اختلاف فاز به صوت فیدبک از مشتق توان و مشتق زاویه روتور ژنراتور و با توجه به توان حداکثر ژنراتور صورت می‌گیرد.

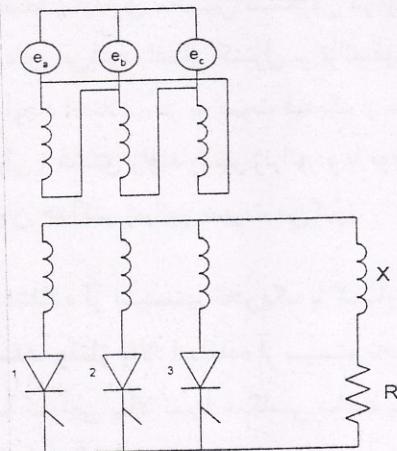
- استفاده از سیستم تحریک با کارآیی و سقف ولتاژ بالا: استفاده از سیستم تحریک با کارآیی بالا تنها هنگامی باعث بهبود پایداری گذرا یک ماشین سنکرون می‌شود که با پایدار ساز به کار گرفته شود. در غیر اینصورت اثرات زیان‌آوری بر روی پایداری خواهد گذاشت. برای استفاده از تحریک کننده باید دقت اثرات آنها مطالعه شده باشد زیرا تحریک کننده بزرگتر و قدرتمندتر باعث خرابتر شدن وضعیت پایداری خواهد شد.

- باز و بسته کردن سریع: در صورت وقوع خطا نیان خروجی ژنراتور کاهش می‌یابد و

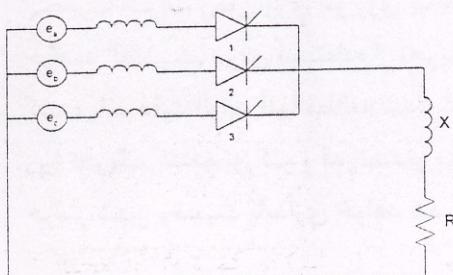
- نیاز به پیدا کردن زمان قطع بحرانی نیست.
- قدرت قطع متناسب با سرعت نسبی رotor ژنراتور سنکرون می‌باشد.
- روشن و خاموش شدن بصورت اتوماتیک می‌باشد.

#### ۴- مدلسازی TCDB

نمودار شماتیک TCDB نیم موج در شکل (۲) و مدار معادل آن در شکل (۳) نشان داده شده است.  $X_k$  (شکل ۵ و ۶) نشان دهنده راکتانس کمتواسیون می‌باشد که شامل راکتانس اتصال کوتاه منبع و راکتانس نشتی ترانسفورمر می‌باشد. R و X بترتیب مقاومت و راکتانس بار می‌باشند. ولتاژ خط به زمین ژنراتور سنکرون با  $e_a$ ,  $e_b$ ,  $e_c$  نشان داده شده است [۲].



شکل (۲): نمودار تک خطی TCDB نیم موج

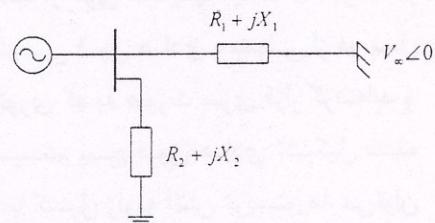


شکل (۳): مدار معادل

مبادله توان کنند، در صورت پیش آمدن خطای در یکی از دو ناحیه به علت توزیق انرژی جنبشی سرعت زاویه‌ای آن ناحیه افزایش می‌یابد و به علت انحراف سرعت آن ناحیه در مرحله پس از خطای، در صورت بالا بردن توان انتقالی خط انتقال و برطرف نشدن سریع خطای امکان ناپایداری گذرا بسیار زیاد می‌باشد. حال چنانچه بلا فاصله پس از بروز خطای مقاومتهای الکتریکی وارد مدار گردد از شتاب گرفتن رotor ژنراتورها جلوگیری و پایداری سیستم حفظ می‌شود. با توجه به اینکه حد توان پایداری گذرا بسیار کمتر از حد توان حالت دائم یک خط انتقال می‌باشد در صورت استفاده مقاومتهای اتفاق توان بالا، می‌توان ظرفیت انتقال توان خطوط را به میزان قابل ملاحظه افزایش داد.

#### ۳- ترمز دینامیکی کنترل شده با تریستور

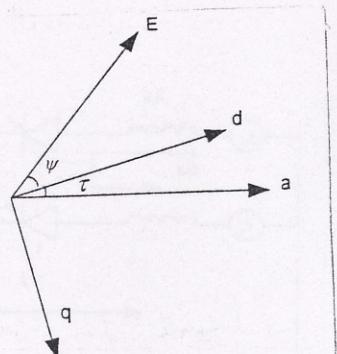
مدار مورد مطالعه یک ژنراتور که از طریق یک خط به باس بینهایت وصل شده می‌باشد.



شکل (۱) : مدار مورد مطالعه

در روش ارائه شده، ترمز دینامیکی از طریق یک پل تریستوری وارد مدار می‌شود و باعث میراث شدن نوسانات می‌گردد. مزایای یک ترمز دینامیکی قابل کنترل با تریستور عبارتند از:

برای اینکه معادلات، مستقل از زمان باشند از تبدیل پارک استفاده شده است [۳]. شکل (۴) دیاگرام فازوری مربوط به شرایط نسبی محور  $d$ ,  $q$  (یک ژراتور سنکرون که بوسیله TCDB نیم موج تغذیه می‌شود) را نشان میدهد، محور ثابت فاز  $a$  و فازور  $E$  که  $Emf = E \cos(\Psi + \tau)$  نوشته می‌شود. زوایای  $\tau$  و  $\Psi$  هر کدام در شکل تعریف شده‌اند.



شکل (۴): دیاگرام فازوری ولتاژ

#### ۱-۴- شرایط کاری (۲-۱)

پریودهای متولی کمotaسیون و هدایت آزاد برای شرایط کاری ۲-۱ براساس مقدار خاصی از زاویه تاخیر آتش  $\alpha$  و زاویه همپوشانی  $\beta$  در شکل (۷) و مدار معادل در هر حالت در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است. با فرض حالت ماندگار تریستور نیم موج، لحظه‌ای را در نظر می‌گیریم که تریستور ۲ با تریستور ۳ در حال کمotaسیون می‌باشند و معادلات جریان هدایت آزاد  $\alpha$  و جریان اتصال کوتاه  $\beta$  در طی پریود کمotaسیون را بدست می‌آوریم.

در مورد تمام موج آتش کردن تریستورها متناسب با تفاضل سرعت روتور نسبت به سرعت سنکرون انجام می‌شود و ترمز دینامیکی فقط در پریودهای افزایش سرعت عمل می‌کند و در پریودهای کاهش سرعت غیرفعال می‌باشد. اما TCDB سه فاز نیم موج ممکن است شرایط کاری متفاوت داشته باشد که بستگی به تعداد تریستورهای در حال هدایت در یک زمان دارد. با توجه به مقادیر معمول راکتانس کمotaسیون که در تحقیقات پایداری گذرای سیستم قدرت در نظر گرفته می‌شود، دو شرایط کاری برای TCDB نیم موج وجود دارد که عبارتند از:

شرط (۲-۱): وقتی که یک تریستور در پریود هدایت می‌باشد و دو تریستور در پریود تغییر جهت هدایت می‌باشند.

شرط (۱-۰): وقتی که فاصله هدایت برای یک تریستور در یک زمان وجود دارد.

مقدار زاویه آتش از یک طرف بوسیله زاویه آتش  $\alpha = 0^\circ$  و از طرف دیگر بوسیله مقدار بحرانی  $\alpha = \alpha_{cr}$  محدود می‌شود و با در نظر گفتن موارد فوق برای مدل ریاضی TCDB نیم موج محاسبات زیر مورد نیاز است:

- منبع قدرت براساس میزان  $emf$  سینوسی یک فرکانس مبنا

- تریستورها مقاومت مستقیم ندارند ولی مقاومت هدایت معکوس آنها بی‌نهایت است.

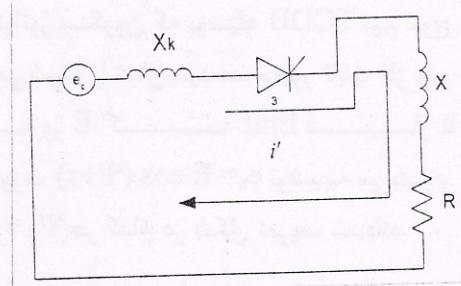
- تریگر کردن تریستورها در فواصل مساوی از یک سوم سیکل ( $120^\circ$ ) الکتریکی انجام می‌شود.

(۲)

$$i_{sc} = \frac{\sqrt{3}E}{2X_k} \cos(\tau + \Psi) + \frac{i}{2} + \frac{\sqrt{3}E}{2X_k} \cos(\alpha) - \frac{I}{2}$$

۱: جریان در ابتدای کمotaسیون و در انتهای فاصله هدایت آزاد

امپدانس‌های معادل در طی هدایت آزاد و کمotaسیون بصورت  $Z'$ ,  $Z$  می‌باشند.



شکل (۵): جریان در طی هدایت آزاد

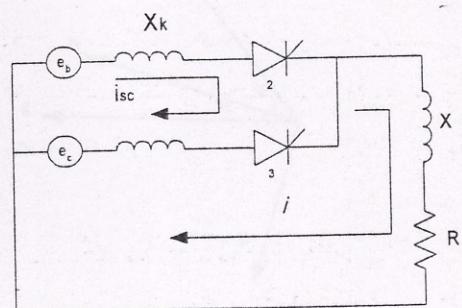
$$Z' = \sqrt{\left(\frac{X_k}{2} + X\right)^2 + R^2} \quad (3)$$

$$Z = \sqrt{(X_k + X)^2 + R^2} \quad (4)$$

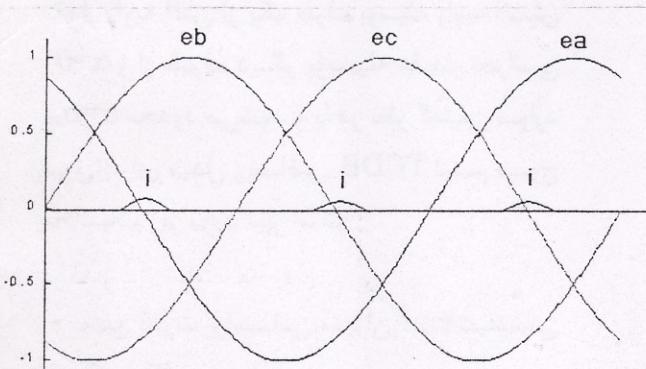
و در طی هدایت آزاد جریان بصورتی که در ضمیمه (I) نشان داده شده است می‌باشد.

#### ۴-۲-۴- شرایط کاری (۱-۰)

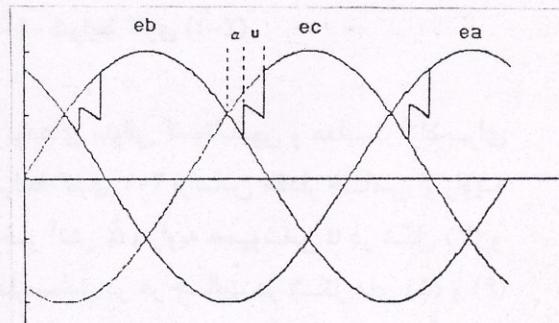
زمان هدایت برای شرایط کاری (۱-۰) در شکل (۸) نشان داده شده است. با در نظر گرفتن هدایت تریستور ۳ جریان هدایت  $i$  بدست می‌آید.



شکل (۶): جریان در طی هدایت کمotaسیون



شکل (۸): شکل موج ولتاژ در شرایط کاری ۱-۰



شکل (۷): شکل موج ولتاژ با زاویه آتش  $\alpha$  و زاویه همپوشانی  $U$

(۵)

$$i = \frac{E}{Z} \cos(\tau + \psi + \frac{2\pi}{3}) - \frac{E}{Z} \cos(\alpha - \tau - \frac{\pi}{3}) \times e^{-\frac{(\tau-\tau')}{\omega T}}$$

$$i = \left[ -\frac{E}{2Z} \right] \cos(\tau + \psi - \tau') + \left[ I - \left( -\frac{E}{2Z} \right) \cos(\alpha - \tau') \right] e^{-\frac{(\tau-\tau')}{\omega T}}$$

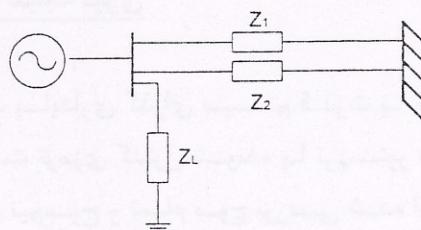
(۱)

مدل گاورنر ترکیب صلیبی است و نوع سوم گاورنر هیدرولیک است که مدل مورد استفاده در این مقاله گاورنر معمولی می‌باشد.

## ۶- شبیه‌سازی مسئله

یک روش استفاده از R.B. وارد و خارج کردن آن در چند مرحله است. روش کار به این صورت است که بسته به میزان مشخص افت توان انتقالی و همچنین سرعت زاویه‌ای نسبی، مقاومت به مدت کوتاهی وارد و سپس خارج می‌شود و با تعداد دفعات مشخص نوسانات میرا می‌شوند. روش دیگر، استفاده از یک مقاومت ثابت و تغییر توان انتقالی مقاومت است. انتخاب بهینه مقاومت براساس پارامترهای ماشین و خط باید بصورت جدأگانه محاسبه شود. [۱].

برای بررسی روش فوق مدل زیر در نظر گرفته شده است که ژنراتور توسط دو خط انتقال به باس بینهایت وصل و بار محلی را تغذیه می‌کند. با ایجاد افتشاش در خطوط انتقال پایداری گذرای سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد. شکل (۹) مدار معادل قبل از وقوع خطا و شکل (۱۰) مدار معادل هنگام وقوع خطا می‌باشد.



شکل (۹): قبل از وقوع خطا

در TCDB تریگر کردن تریستورها بصورت زیر کنترل می‌شود:

$$\begin{cases} \alpha = (\frac{5\pi}{6} - K_{\omega} \cdot \Delta\omega) & \Delta\omega > 0 \\ \alpha = \frac{5\pi}{6} & \Delta\omega \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

$\Delta\omega$ : سرعت زاویه‌ای نسبی روتور rad/s

$K_{\omega}$ : برهه

## ۵- مدل‌سازی ماشین سنکرون

ماشین سنکرون مورد بحث دارای سه سیم پیچ استاتور، یک سیم پیچ میدان و دو سیم پیچ دمپینگ می‌باشد. این شش سیم پیچ بصورت مغناطیسی به یکدیگر کوپل شده‌اند. میدان مغناطیسی کوپل شده بین سیم‌پیچ‌ها تابعی از موقعیت روتور می‌باشد. ولتاژ لحظه‌ای ترمینالهای

هر سیم پیچ بصورت زیر است:

$$V = \pm \sum ri \pm \sum \lambda \quad (7)$$

که  $\lambda$  فلو و  $r$  مقاومت سیم‌پیچ و  $i$  جریان خروجی از ترمینال ژنراتور می‌باشد. که معادلات ماشین سنکرون مذکور در مرجع [۳] ذکر شده است.

سیستم تحریک مورد استفاده از نظر کنترل نوع A می‌باشد که سیستم تحریک گردان با ولتاژ DC پیوسته است، که جزئیات آن در مرجع [۳] ذکر شده است.

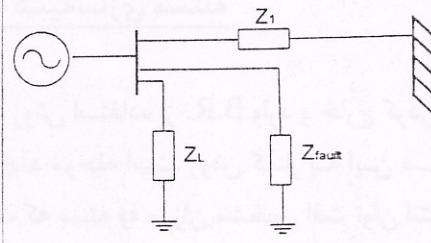
در مرجع مورد نظر سه نوع گاورنر مشخص شده است. یک نوع مدل گاورنر معمولی است که آن را می‌توان هم برای توربینهای بخار و هم برای توربینهای آبی مورد استفاده قرار داد. نوع دوم

از TCDB نیم موج است. اما نوسانات بعدی بوسیله TCDB نیم موج بهتر میرا می‌شود. در TCDB تمام موج به علت مولفه‌های هارمونیکی کوچکتر جریان خط بهتر می‌باشد ولی از لحاظ قیمت گرانتر است اما در شرایط عملی بدلیل کوتاه بودن زمان سوئیچ شدن مقاومت، اندازه مولفه‌های هارمونیکی بزرگ‌تر در TCDB نیم موج قابل اغماض و این نوع برای استفاده پیشنهاد می‌شود.

#### ۸- مراجع

- 1- M.L.Shelton, W.A.Mittelstadt, "Boneville Power Administration 1400MW B.R", IEEE Transaction on Power System, Vol PAS 94
- 2- T.K.Nag Sarkar and C.S.Rao, "Some Aspects of Transient Stability Improvement With Thyristor Controlled", IEEE Winter Power Meeting 1980
- 3- "Power System Control and Stability", P.M.Anderson, A.A.Fouad
- 4- "Electric Energy System Theory", Olle.I.Elgerd
- 5- "Computer Controlled System", Karl.J.Astrom, Bjorn, Wittenmark.

آقای حسین دانشی فوق لیسانس مهندسی برق (گرایش قدرت) از دانشکده فنی دانشگاه تهران در سال ۱۳۷۹ بوده و جمعاً دارای ۵ سال سابقه کار است که ۲ سال آن در شرکت قدس نیرو می‌باشد. زمینه فعالیت ایشان در سیستم‌های الکتریکی نیروگاه، کاربرد هوش



شکل (۱۰): لحظه وقوع خطا

$X_{fault}$  بستگی به محل وقوع خطا دارد. در این کار تحقیقاتی پایداری سیستم برای مقادیر مختلف  $X_{fault}$  در زمانهای متفاوت اغتشاش بررسی شده است. تغییر توان انتقالی مقاومت می‌تواند به کمک پل تریستور نیم موج یا تمام موج انجام شود. در این روش با تغییر زاویه تاخیر آتش  $\alpha$  مقدار توان جذبی مقاومت کنترل می‌شود. مقدار زاویه فوق براساس تغییر توان انتقالی و یا تغییر سرعت زاویه‌ای نسبی روتور می‌باشد. در روش فوق بسته به شدت fault و همچنین زمان رفع fault مقدار مقاومت حائز اهمیت است.

#### ۷- نتیجه‌گیری

بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت با کمک مقاومت ترمی کنترل شونده با تریستور به دو روش نیم موج و تمام موج بررسی شده است. مقایسه کارآیی یک TCDB نیم موج با تمام موج و یک مقاومت سوئیچ شونده، نشان میدهد که میراثی نوسان اول در مقاومت سوئیچ شونده بهتر

مصنوعی و شبکه‌های عصبی در سیستم‌های قدرت و استفاده از تخمین فازی در شبکه‌های قدرت است. زمینه علاقمندی آقای دانشی حفاظت سیستم‌های قدرت می‌باشد.

فرمول ضمیمه (I) :

$$i' = \frac{E}{Z} \cos(\tau + \psi + \frac{2\pi}{3}) + \left[ \frac{E}{2Z'} \cos(\alpha + u + \tau') - \frac{E}{Z} \cos(\alpha + u - \tau - \frac{\pi}{3}) \right] e^{\frac{(\tau - \tau')}{\omega T}}$$

## آینده‌ای که شایسته تلاش است

برای دستیابی به آینده‌ای خوب و درخشان و افق‌های زیبای فراروی ما که از هم اکنون برای آن برنامه‌ریزی کردہ‌ایم، باید تلاش نمائیم، سخت کوشی مداوم همواره به موفقیت منجر می‌گردد. زندگی دوست داشتنی و قابل ستایش است و جلوه‌های با شکوه و زیبایی دارد که با سعی و تلاش و کار سازنده برای آرمانهای بزرگ، ما را به مقصد میرساند.

کار و تلاش ما در قدس نیرو با زندگی مان پیوندی عمیق و عاطفی دارد. قدس نیرویی که حاصل تلاش و کار تمام کارکنان با ارزش آن است، باید به آن افتخار کنیم با سخت کوشی و تلاش فوق العاده‌تر همراه با نوگرانی و خلاقیت، قدمهای بزرگتری را برای سربلندی و سرافرازی بیشتر آن برداریم.

موفقیت فردی و احساس رضایت درونی از عملکرد خودمان با رشد و ترقی قدس نیرو وابسته است. برای گذر از جاده موفقیت که ما را به آینده‌ای ایده‌آل خواهد رسانید، باید دشواری‌ها و زحمات زیادی را تحمل کرد تا با عبور از فرازها و فرودها و گذر از دورانی همراه با بیم و امید به روزهای خوب و درخشان آینده رسید.

پس باشد که ما کارکنان قدس نیرو با دوست داشتن یکدیگر با پیمانی استوار و با صداقتی شفاف برای آینده‌ای پربار حرکت و تلاش کنیم. خود باوری فردی و تلاش گروهی، سرافرازی سازمانی و جمعی را به دنبال خواهد داشت و این راهی است برای موفقیت فردی و جمعی. روزهایی با زحمات بسیار خواهد گذشت تا از ما انسانهایی نیرومند بسازد و به موفقیت قدس نیرو بیانجامد.

فریدون خسروی

زمستان ۸۰

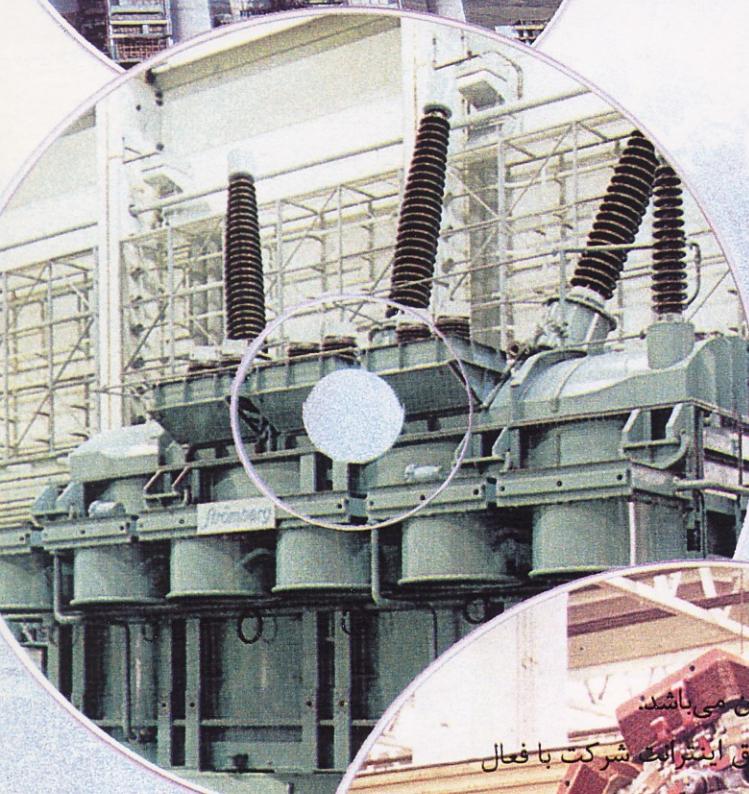
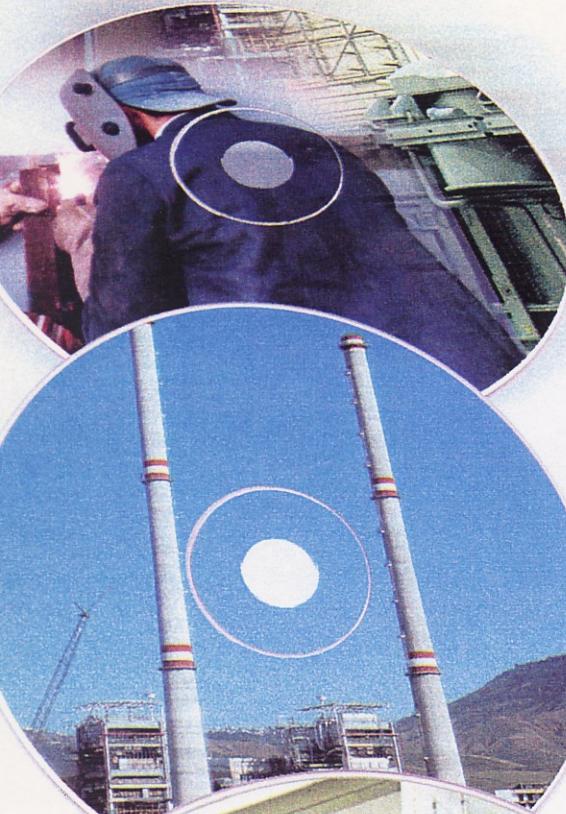
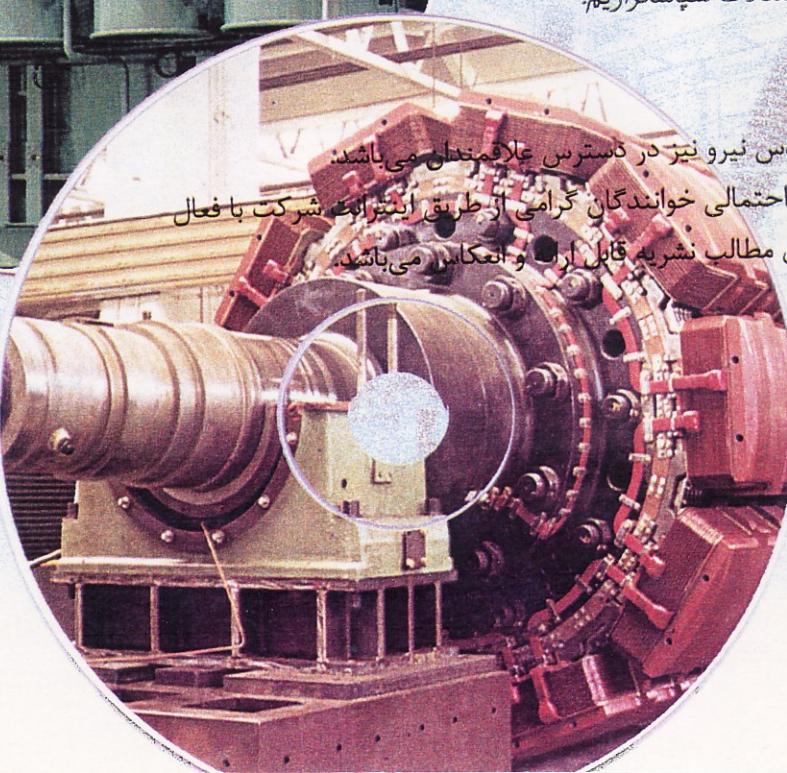
# GNCE

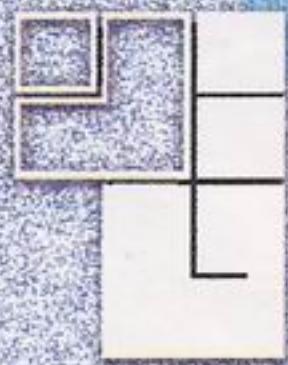
با تشکر از همکاری آقایان:

- ۱- مهندس حسین بختیاریزاده
- ۲- مهندس احمد فردی دون در افشار
- ۳- مهندس علی شاهحسینی
- ۴- دکتر سلیمان شکارچی
- ۵- دکتر همایون صحیحی
- ۶- مهندس منصور قزوینی
- ۷- مهندس شادان کیوان

از خانم بهرامعلی جهت تایپ مقالات سپاسگزاریم.

این نشريه از طريق اينترانت قدس نيرو نيز در دسترس علاقمندان می باشد:  
نظرات، پيشنهادات و سوالات احتمالي خوانندگان گرامي از طريق اينترانت شركت با فعال  
نمودن آيکون مربوطه در انتهای مطالب نشريه قابل ارسال و عکاسان می باشد.





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

تلفن: ۸۴۱۱۷۰۴ - ۸۴۰۳۶۱۳ فاکس: ۸۴۱۱۷۰۴ - ۸۷۰۰۴۵۴

تلگراف: شرقدس نیرو ایران تلکس: جی ان سی آئی ایران ۲۲۴۵۰۷

No: 98 OSTA'D MOTAHARI AVE. TEHRAN 15664 - IRAN

TEL: 8403613 - 8700454 - 8411319 Email: [info@ghods-niroo.com](mailto:info@ghods-niroo.com)

CABEL: SHERGHODS NIROO IRAN - FAX: 8411704