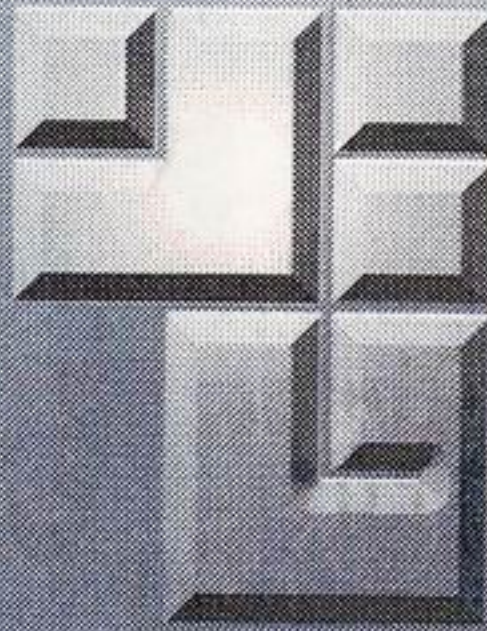


نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو



GNCE



فهرست مقالات

- ۲ سرمقاله
- برنامه ریزی اقتصادی ورود و خروج واحدها با
در نظر گرفتن پارامتر آلودگی محیط زیست -
مهندس حسین دانشی
- ۳
- تخمین طول عمر لوله های واتروال بویلر در
موضع طول خط جوشهای اجرا شده - دکتر
مهرداد عباسی
- ۱۳
- استخراج اشکالات پروژه های نیروگاهی و
مرتفع سازی آنها - مهندس محمدرضا غفاری
- ۲۳
- تئوری حفظ صاعقه - مهندس الهام ملکی
- ۲۸
- توربینهای انبساطی - مهندس غلامرضا
آقابالازاده
- ۴۷
- ویروسهای رایانه ای - مهرداد عارمی
- ۵۵
- نحوه انتخاب کمپرسور و ملاحظات طراحی
سیستم هوای فشرده - مهندس زهرا گمار
- ۵۸
- بررسی پدیده دینامیک بلند مدت سیستمهای
قدرت با استفاده از کامپیوتر - مهندس محمد
محب علیان
- ۷۴
- هدیه ای برای شما
- ۸۹

نشریه علمی تخصصی مهندسی نیرو



مدیر مسئول : مهندس احمد شکوری راد

سر دبیر : مهندس فتانه دوستدار

طراحی و صفحه آرایی : واحد طراحی و معماری داخلی

قدس نیرو

هیئت تحریریه :

مهندسین شادان کیوان، دکتر جعفر عسگری، مهندس
محمد حسن زرگر شوشتری، مهندس مسعود
حبیب الهزاده، مهندس محمد رضا حیدر پور، مهندس
حسن تفرشی، مهندس غلامرضا صفارپور، مهندس
علی مقیمی، مهندس فرهاد شاه منصوریان، مهندس
کیوان حیدری، مهندس امیر همایون فتحی، مهندس

فتانه دوستدار



بنام خدا

سپاس خدایی که قلبمان را برای پذیرش حکمتش روشن نمود، زیور عقل را پیرایه وجودمان ساخت و به فضل و کرم خود درهای ترقی و کسب علوم را بر رویمان گشود.

سپاس خدایی را که به ما قدرت و توانایی داد تا با همفکری و همکاری و همیاری شما عزیزان، با نام قدس نیرو منشأ خدمات ارزشمندی برای کشور عزیزمان باشیم.

ضرورت شتاب در انجام پژوهشهای علمی و فن‌آوریهای جدید، ارائه مقالات علمی و حمایت همه‌جانبه مدیران و مقامات علمی را می‌طلبد. با توجه به محدودیت منابع، استفاده بهینه از نیروها، استعدادها و امکانات موجود امری ضروری جهت رسیدن به هدفهاست که با پیگیری سیاستهای مشخص علمی از سوی متخصصان و مدیران میسر خواهد بود. در این راستا مسئولان شرکت در راس جریان حمایت از تحقیق از طریق ارائه مقالات علمی نقش مهمی خواهند داشت.

نشریه حاضر فتح بابی است برای قرار گرفتن در مسیر تحقیقات با استفاده از تجربیات فنی و تحقیقاتی همکاران قدس نیرو. ضمن تشکر از همکارانی که در اولین قدم ما را یاری نموده‌اند، به یاد داشته باشیم بنابر رسالتی که قدس نیرو بعنوان مهندسین مشاور برتر صنعت برق بعهدہ دارد، انتظار می‌رود با افزایش فعالیتهای علمی - تحقیقاتی و ارائه مقالات با کیفیت مطلوب این وظیفه خطیر را بنحو احسن بانجام برسانیم. به امید روزی که به توفیق نشر مقالاتی هرچه پربارتر و در سطح وسیعتر به انعکاس اندوخته‌های علمی و تجربی این مجموعه عظیم مهندسی نائل گردیم.

مدیر مسئول

برنامه ریزی اقتصادی ورود و خروج واحدها با در نظر گرفتن پارامتر آلودگی محیط زیست

از: مهندس حسین دانشی

چکیده:

یکی از مسائل مهم در بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های قدرت، برنامه‌ریزی می‌باشد. بستگی به اهداف مورد نظر، برنامه‌ریزی به سه رده بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت تقسیم می‌شود. برنامه‌ریزی ورود و خروج واحدها جزء برنامه‌های کوتاه مدت می‌باشد که باعث کاهش هزینه و بهره‌برداری صحیح از شبکه و افزایش طول عمر واحدها می‌شود. در بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های قدرت علاوه بر هدف اقتصادی، ملاکهای دیگری نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از جمله بهداشت محیط زیست و کاهش آلودگی هوا، که با شاخص میزان تولید گازهای سمی و آلوده کننده SO_2 , CO_2 , NO_x و مانند آن اندازه‌گیری می‌شود، با تنظیم تولید نیروگاهها و یا به عبارت دیگر با توزیع بهداشتی بار میسر می‌گردد.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی ورود و خروج واحدها، پخش بار اقتصادی، آلودگی محیط زیست

۱- مقدمه

برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت به سه رده بلندمدت، میان‌مدت، کوتاه‌مدت تقسیم می‌شود. برنامه‌ریزی بلندمدت (۵ تا ۱۰ سال) شامل راهکارهای توسعه شبکه و بهبود قابلیت اطمینان می‌باشد. در برنامه‌ریزی بلندمدت، با توجه به پیش‌بینی بار در درازمدت و اطلاعات مربوط به طرح تفصیلی شهرها و سیاست‌های موجود در مورد توسعه صنایع مختلف و کشاورزی در منطقه مورد نظر و با توجه به مسائلی که در توسعه بهینه شبکه تولید مطرح می‌شود نظیر عمر مفید واحدهای حرارتی، زمان پایان رسیدن عمر مفید واحدها و غیره، راهکارهایی جهت توسعه شبکه معرفی می‌گردد. برنامه‌ریزی بلندمدت نقش اصلی در برنامه‌ریزی اقتصادی ظرفیت تولید و شبکه‌های انتقال دارد.

در برنامه‌ریزی میان‌مدت (۱ ماه تا ۵ سال)، مسائلی نظیر زمان انجام تعمیرات اساسی^۱ واحدهای حرارتی و ایجاد تغییرات ساختاری در شبکه مورد توجه قرار می‌گیرد. در این راستا با توجه به معیارهای قابلیت اعتماد و مدت زمان تعمیر هر واحد، برنامه‌ریزی بهینه برای زمان تعمیرات انجام

می‌گیرد. این برنامه‌ریزی که بطور عمده در برنامه‌ریزی سوخت مصرفی و تعمیرات و نگهداری بکار می‌رود برنامه‌ریزی بهره‌برداری نیز نامیده می‌شود.

برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت (۱ روز تا چند هفته)، برای برنامه‌ریزی روزانه و هفتگی، در مدار قرار گرفتن بهینه نیروگاهها^۱، برنامه‌ریزی برای ذخیره انرژی مورد نیاز و تبادل انرژی با شبکه های مجاور استفاده می‌شود. البته برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت در پیوند زمانی چند ساعت و چند دقیقه که برنامه‌ریزی بسیار کوتاه‌مدت نامیده می‌شود، اطلاعات مورد نیاز در پخش بار اقتصادی^۲ و قابلیت اطمینان را تامین می‌کند.

۲- هدف از برنامه‌ریزی ورود و خروج واحدهای حرارتی

در برنامه‌ریزی اهداف مختلفی می‌تواند مد نظر قرار گیرد. معمولاً کمینه سازی هزینه تولید در طول مدت برنامه‌ریزی یکی از اهداف مورد نظر است. این هزینه شامل موارد زیر می‌باشد:

۲-۱- هزینه سوخت :

مهمترین قسمت هزینه‌ها، هزینه سوخت واحدها می‌باشد. تابع هزینه سوخت واحدها معمولاً به روشهای تجربی تعیین می‌شود. با جمع‌آوری اطلاعات آماری و استفاده از روشهای تطبیق منحنی، یک تابع ریاضی معمولاً درجه دوم به هزینه سوخت بر حسب قدرت تولیدی واحد نسبت می‌دهند.

$$Fuel\ Cost = \sum_{i=1}^I (A_i \times P_{G_i}^2 + B_i \times P_{G_i} + C_i) \quad (1)$$

P_{G_i} : توان تولیدی واحد i

A_i, B_i, C_i : ضرایب ثابت

I : تعداد واحد

۲-۲- هزینه راه‌اندازی واحد:

راه‌اندازی واحد یعنی اینکه واحد را روشن نمود، سرعت آن را بالا برد، آنرا با سیستم سنکرون کرد و به سیستم متصل کرد. به نحوی که توان به شبکه تزریق نماید. برای رساندن دور واحد به مقدار نامی باید مراحل خاصی سپری شوند و بسته به نوع واحد و همچنین سرد بودن یا گرم بودن واحد، این مراحل و هزینه متفاوت خواهند بود.

1 - unit commitment (UC)

2 - economic dispatch (ED)

۲-۳- هزینه از مدار خارج شدن واحد:

هزینه خاموش شدن شامل هزینه های سوخت بعد از خروج واحد و هزینه پرسنل و کارکنان بهنگام توقف واحد که معمولاً ثابت می باشد، می شود و همچنین هر خاموش کردن و راه اندازی مجدد نیروگاه حرارتی باعث تولید حجم قابل توجهی از گازهای سمی و آلوده کننده محیط زیست می شود که نسبت به حجم گازهای سمی تولید شده در هنگام کار (در مدت زمان مشابه) بسیار بیشتر و آلوده کننده تر است.

۳- محدودیتهای مسئله

۳-۱- محدودیت تولید هر واحد:

توان تولیدی هر واحد هر مقداری نمی تواند باشد. عموماً محدودیتهای حداقل بار به علت پایداری سیستم و احتراق مواد سوختی و محدودیتهای طراحی تولید کننده بخار مطرح می گردد. به عنوان مثال اغلب واحدها نمی توانند کمتر و یا بیشتر از درصدی از ظرفیت نامی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین توربینها توانایی تحمل اضافه بار را ندارند.

$$P_{i_{\min}} \leq P_{G_i}(t) \leq P_{i_{\max}} \quad (2)$$

$P_{i_{\min}}$: حداقل توان تولیدی واحد

$P_{i_{\max}}$: حداکثر توان تولیدی واحد

۳-۲- تامین بار و ذخیره گردان!

علاوه بر تامین بار شبکه، می بایست ظرفیتی را به عنوان ذخیره گردان در نظر بگیریم. ذخیره گردان در واقع تفاوت بین کل ظرفیت بالقوه فعال سیستم و مجموع بار و تلفات می باشد. ذخیره گردان باید در سیستم موجود باشد تا در صورت از دست رفتن یک یا چند واحد، افت شدیدی در فرکانس ایجاد نشود.

تقدیر سیستم؟ (۳)

$$\sum_{i=1}^I P_{G_i}(t) = P_D(t)$$

$$\sum_{i=1}^I P_{G_i}(t) \geq P_D(t) + R(t) \quad (4)$$

$R(t)$: ذخیره گردان در زمان t

$P_D(t)$: بار درخواستی شبکه در زمان t

ذخیره گردان توسط پارامتر قابلیت اعتماد تعیین و برای این منظور سه روش پیشنهاد شده است:

- الف- ذخیره‌گردان درصدی از بار پیک می‌باشد که به منحنی بار اضافه می‌شود.
- ب- ذخیره‌گردان مقداری است که کمبود تولید در اثر از دست‌رفتن بزرگترین واحد در مدار را جبران نماید.
- ج- ذخیره‌گردان در هر ساعت درصدی از تقاضای بار در آن ساعت می‌باشد.

ذخیره‌گردان نه تنها باید قابلیت تامین تولید در صورت از دست رفتن واحد را داشته باشد، بلکه باید خود از واحدهای واکنش سریع تشکیل شده باشد تا در این صورت، کنترل اتوماتیک تولید بتواند فرکانس و تبادل انرژی بین نواحی را که در اثر از دست رفتن واحدی دچار تغییر می‌شود، سریعاً به شرایط عادی باز گرداند. بجز ذخیره‌گردان، در مسئله در مدار قرار گرفتن واحدها، ممکن است ذخیره‌های دیگر غیر فعال نیز در نظر گرفته شود. این نوع ذخیره‌ها ممکن است واحدهای دیزلی با راه‌اندازی سریع، توربینهای گازی، اغلب نیروگاههای آبی و نیروگاههای آبی تلمبه ذخیره‌ای که می‌توانند سریعاً با مدار سنکرون شده و حداکثر تولید را داشته باشند، شامل شود.

همچنین ذخیره‌ها را از لحاظ مکانی باید در سرتاسر سیستم قدرت پخش کرد تا از محدودیتهای انتقال که حبس ذخیره‌ها^۱ خوانده می‌شود، جلوگیری شده و در صورت پارگی شبکه به قسمتهای مجزا، هر جزء بتواند به کار خود ادامه دهد

۳-۳- حداقل زمان روشن بودن^۲ و حداقل زمان خاموش بودن^۳:

هر واحد بعد از روشن شدن بلافاصله نمی‌تواند از مدار خارج شود و باید برای مدتی روشن بماند، که حداقل زمان روشن بودن نامیده می‌شود و به مشخصات واحد بستگی دارد و همچنین برای هر واحد حداقل زمان خاموش بودن را داریم.

۳-۴- محدودیت سوخت^۴:

یکی از مشکل‌ترین موارد در مسئله در مدار قرار گرفتن نیروگاهها این است که بعضی از واحدها قیودی از نظر مواد سوختی دارند و یا اینکه قیودی وجود دارد که بر طبق آن باید مقدار مشخصی از سوخت را در زمان معینی مصرف نمایند. سیستم سوخت رسانی از تأمین کننده های سوخت خام شروع شده و به تحویل سوخت در نیروگاه ختم میگردد. این سیستم شامل اجزاء زیر می باشد:

- 1- Bottling
- 2- minimum up time
- 3- minimum down time
- 4 - fuel constraint

• **عرضه کننده ها:** عبارتند از شرکتهای ذغال سنگ، نفت یا گاز که تأمین سوخت مورد نیاز شرکتهای تولیدکننده برق را بر عهده دارند. قراردادهای معمولاً بلند مدت (۱۰ تا ۲۰ سال) بوده و ممکن است دارای شروطی از قبیل حدود حداکثر و حداقل مقدار سوخت تحویلی در دوره زمانی مشخص باشند. این دوره زمانی ممکن است یک سال، یک ماه، یک هفته، یک روز و یا حتی چند دقیقه باشد.

• **حمل و نقل:** خطوط راه آهن، قطارها، وسایل حمل و نقل رودخانه ای، خطوط گاز و غیره همگی مسائلی را در برنامه ریزی جهت تحویل سوخت ایجاد می نمایند.

• **ذخائر:** نظیر انبارهای ذغال سنگ، منابع ذخیره نفت و گاز باید در حد معقولی نگه داشته شود تا کمبود سوخت در زمانی که بار از حد پیش بینی شده تجاوز می نماید و شرکتهای عرضه کننده سوخت قادر به تأمین آن نباشند را جبران نماید.

۳-۵- محدودیت خدمه^۱:

معمولاً هنگام راه اندازی دو یا چند واحد در یک نیروگاه بطور همزمان مطرح می شود

۳-۶- محدودیت برنامه های از پیش تعیین شده واحد

به عنوان مثال واحدهایی که به علت فرسودگی و یا عیوب فنی تجهیزات تحت تعمیر قرار می گیرند. همچنین برنامه هایی از جمله در مدار بودن اجباری^۲ و یا اینکه واحدهای پایه^۳ نیز مطرح می شود. در کل واحدها را از نظر در دسترس بودن به چهار دسته می توان تقسیم نمود:

- واحدهای پایه: که همیشه با توان ثابت به شبکه بار می دهند و معمولاً واحدهای اتمی و واحدهای بخاری خیلی بزرگ می باشند.
- واحدهای همیشه در مدار: واحدهایی هستند که همیشه در مدار می باشند ولی توان خروجی آنها تغییر می کند.
- واحدهای در حال چرخش^۴: که در طی مدت مطالعه می توانند خاموش و روشن شوند، البته با در نظر گرفتن حداقل زمان روشن بودن و خاموش بودن آن واحد

1 - crew constraint

2 - Must run unit

3 - Base unit

4 - Cycling unit

- واحدهای پیک : واحدهایی هستند که می‌توانند سریعاً در مدار قرار گرفته و یا از مدار خارج شوند.

۴- آلودگی محیط زیست!

در بهره برداری بهینه از سیستمهای قدرت علاوه بر هدف اقتصادی ملاکهای دیگری نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از جمله بهداشت محیط زیست و کمینه سازی آلودگی هوا، که با شاخص میزان تولید گازهای سمی و آلوده کننده SO_2 ، CO_2 ، NO_x و مانند آن اندازه گیری می‌شود، با تنظیم تولید نیروگاهها و یا به عبارت دیگر با توزیع بهداشتی بار میسر می‌گردد

یکی از راه‌های کاهش آلودگی محیط زیست توسط نیروگاههای حرارتی، استفاده از سوختهای فسیلی کم گوگرد است. جدا و علی‌رغم این راه حل که به علت گرانبیمنت بودن سوختهای کم گوگرد چندان قابل استفاده نیست، بحث توزیع بار بین واحدهای تولید کننده براساس معیار کمینه سازی آلودگی محیط زیست مطرح می‌شود. هر چند که باید توجه داشت این مسئله نیز مانند هر مسئله مهندسی دیگر تحت الشعاع معیارهای اقتصادی است و معمولاً هر دو تابع هدف اقتصادی و بهداشتی محیط زیست با درجه‌های مختلفی از اولویت و به طور همزمان مورد توجه قرار می‌گیرند. آژانسهای حفاظت محیط زیست با تعرفه‌های خاصی میزان گازهای آلوده کننده را که در اطراف نیروگاههای حرارتی پراکنده می‌شود، محدود می‌کنند. برای تنظیم مسئله توزیع بار با حداقل آلودگی، تحقیقاتی انجام شده است. میزان آلودگی را به صورت یک تابع خطی از قدرت تولیدی بعلاوه یک جمله نمائی از توان تولید واحد در نظر می‌گیرند:

$$(emission)_i = A_i + B_i \times P_{G_i} + C_i \times e^{D_i P_{G_i}} \quad (5)$$

با در نظر گرفتن دو یا چند معیار مختلف در مسأله بهینه سازی در واقع یک بهینه سازی چند منظوره مورد نظر است. اهداف مختلفی که در بهینه سازی چند منظوره مورد توجه قرار می‌گیرد، معمولاً با یکدیگر ناسازگاری دارند. مثلاً آلودگی محیط زیست معمولاً با استفاده بیشتر از نیروگاههای با سوخت مرغوب مثل فرآورده های نفتی کم گوگرد و در نتیجه افزایش هزینه همراه است و برعکس کمینه سازی هزینه سوخت معمولاً با افزایش نسبی میزان آلودگی میسر می‌شود.

۵- روش‌های حل مسئله UC

روشهای حل مسائل UC را می‌توان به دو دسته روشهای کلاسیک و هوشمند تقسیم نمود که در اینجا به طور مختصر هر یک را بررسی می‌کنیم:

۵-۱- روشهای کلاسیک :

بعد از مطرح شدن بحث ورود و خروج اقتصادی واحدها به شبکه، ابتدا از روشهای کلاسیک استفاده می شد. این روشها بقرار زیر است:

- روش یکایک شماری^۱ [۱]: یکی از ابتدائی ترین روشها ، روش یکایک شماری است که در این روش، تمام حالت‌های ممکن بررسی شده و بهترین حالت انتخاب می شود. سرعت در این روش فوق العاده پائین می باشد و با بزرگتر شدن ابعاد مسئله زمان انجام محاسبات زیاد شده و حجم اشغال شده حافظه نیز بیشتر می شود.

- روش لیست حق تقدم^۲ [۲]: در این روش واحدها بر حسب هزینه تولید مرتب می‌شوند و به ترتیب وارد شبکه و یا خارج می‌شوند. این روش، روش دقیقی نیست و جوابی که بدست می‌آوریم بهینه نمی‌باشد.

- روش آزادسازی لاگرانژ^۳ [۳]: که دارای سرعت بالا برای رسیدن به جواب و قابلیت حل شبکه‌های بزرگ می‌باشد و در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت جوابی نسبتاً بهینه می‌دهد. اما دارای مشکل همگرایی در شبکه‌های بزرگ می‌باشد و جواب نسبت به مقادیر ضرایب لاگرانژ حساس می‌باشد.

- روش برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط^۴ [۴]: این روش دارای توانایی بالا برای رسیدن به جواب بهینه می‌باشد و نیاز به برنامه مجزایی برای توزیع اقتصادی بار ندارد. ولی دارای مشکل تعداد زیاد متغیرها و محدودیتهاست و زمان اجرای برنامه نیز بالا می‌باشد.

- روش برنامه‌ریزی خطی^۵: در این روش نیز با بزرگ شدن ابعاد مسئله، سرعت کاهش می‌یابد.

- روش برنامه‌ریزی پویا^۵ [۵]: این روش دارای عدم مشکل همگرایی بوده و هزینه برنامه‌ریزی نیز مناسب می‌باشد. ولی نیاز به حافظه کامپیوتری زیاد و تغییرات نمایی زمان اجرای برنامه بر حسب تعداد واحدهای موجود می‌باشد. ولی برنامه‌ریزی پویا با ترکیبات قطع شده تا حدودی از این مشکل کاسته است.

-
- 1 - exhaustive enumeration
 - 2 - priority list
 - 3 - lagrangian relaxation
 - 4 - mixed integer linear programming
 - 5 - linear programming
 - 6 - dynamic programming

روشهای دیگری نیز از جمله روش برنامه‌ریزی جریان شبکه^۱، روش شاخه و کران^۲، نظریه بازیها^۳، فروشنده دوره‌گرد^۴ را نیز می‌توان جزء روشهای کلاسیک در نظر گرفت.

۵-۲- روش‌های هوشمند:

- شبکه‌های عصبی^۵: شبکه‌های عصبی الهام گرفته از مغز و سیستم اعصاب انسان می‌باشد. شبکه‌های عصبی از تعداد زیادی واحد محاسباتی ساده به نام نرون تشکیل شده‌اند. ارتباط بسیار زیاد و پیچیده بین آنها سبب شده که هر نوع رابطه غیرخطی را مدل‌سازی کنند و همچنین سرعت حل افزایش یابد. مزایایی چون قدرت یادگیری، تطبیق و تعمیم این شبکه‌ها بود که باعث بکارگیری روزافزون آنها در شاخه‌های مختلف علوم و صنایع گردید و چون آموزش شبکه فقط یکبار انجام می‌شود، باعث بالا رفتن سرعت پردازش می‌شود [۶].

- الگوریتم ژنتیک^۶: الگوریتم ژنتیک براساس تحولات بیولوژیکی نظیر انتخاب طبیعی و باز ترکیب ژنتیکی استوار است. در کاربردهای مختلفی نظیر بهینه‌سازی توابع، شناسایی و کنترل سیستم‌ها، پردازش تصویر مورد استفاده قرار گرفته و نسبت به روشهای متداول بهینه‌سازی دارای پنج مزیت عمده می‌باشد:

الف- استفاده از اطلاعات تابع هدف

ب- استفاده از پارامترهای کد شده

ج- نقاط زیادی را مورد جستجو قرار می‌دهند.

د- استفاده از قواعد احتمالی و جستجوی تصادفی

ه- امکان رسیدن به جواب بهینه مطلق تحت شرایط خاص

با توجه به جواب‌های بدست آمده، روش GA دارای کارایی خوبی از نظر کیفیت جواب‌هاست و از نظر سرعت محاسبات و حافظه مورد نیاز در حد قابل قبولی است. این روش می‌تواند به هر دو عامل دقت (کیفیت) و سرعت (زمان) تا حدود زیادی دست یابد. زمان اجرای آن در مقایسه با روش‌های دیگر تا حدی زیادتر می‌باشد که این مشکل با استفاده از فنون پردازش موازی قابل حل است. استفاده از روش الگوریتم ژنتیک دارای محدودیت‌های زیر است:

- به نقطه شروع حساس می‌باشد.

- 1 - network flow programming
- 2 - branch and bound
- 3 - game theory
- 4 - traveling salesman
- 5 - neural network
- 6 - genetic algorithm (GA)

- برای بهینه‌سازی لازم است تابع هدف بصورت تحلیلی در دست باشد.
- تابع هدف باید پیوسته و مشتق‌ناپذیر باشد.
- در بهینه‌های محلی متوقف می‌شوند و نمی‌توانند بهینه مطلق را پیدا کنند.

- **مجموعه‌های فازی¹**: مجموعه‌های فازی که توسط دکتر عسگرزاده در دهه ۶۰ پایه‌گذاری شد، تعمیمی از نظریه مجموعه‌های کلاسیک بوده و از رفتار انسان در پاسخ به سؤالات و عملکرد آن در محیط‌های کنترلی، نشأت گرفته‌است. بعبارت دیگر می‌توان گفت که مفاهیمی مانند کم، زیاد، گرم، سرد، کوتاه، بلند و ... که در زبان و تفکر انسان وجود دارند و مرزهایی که آنها را از مفاهیم متضادشان متمایز می‌سازند، انعطاف‌پذیر و نادقیق می‌باشند، باعث شد تا انسان به مدلسازی این گونه رفتار پردازد. در نظریه مجموعه‌های کلاسیک عضویت اعضاء قطعی است، حال آنکه در مجموعه‌های فازی، تعلق یا وابستگی اعضاء به یک مجموعه با درجه عضویت آنها مشخص می‌شود. در واقع توانایی آن را دارد که با بکارگیری تابعی بنام تابع تعلق، میزان تعلق یک شیء به یک مجموعه را با انتساب عددی مابین یک و صفر از تعلق کامل تا متعلق نبودن تعریف نماید. این قابلیت مجموعه‌های فازی، امکان پردازش اطلاعات غیردقیق و حتی بیانی را میسر می‌سازد.

سیستم‌های قدرت از پیچیدگی، مدل غیرخطی و متغیر با زمان و ابعاد بزرگ برخوردارند و مشکلات فراوانی بر سر راه بهره‌برداری از آنها خودنمایی می‌کند. علاوه بر اینها، عدم امکان ذخیره انرژی الکتریکی در حد تامین مصارف بزرگ و لزوم بهره‌برداری سریع از سیستم‌های قدرت فرصت لازم برای تدارک اطلاعات و بررسی راه‌حل‌های طولانی و محاسبات مفصل را فراهم نمی‌سازد. بنابراین در اغلب موارد، با داده‌های ناقص و تقریبی از مشخصات فیزیکی سیستم مواجه هستیم. علاوه بر اینها شاخص‌های گوناگونی برای بهره‌برداری بهینه و قابل‌اعتماد از سیستم مطرح است و باید بطور همزمان ملاک‌های مختلفی را برای تامین بهینگی مد نظر قرارداد.

این عدم قطعیت داده‌ها و مدل ریاضی مسئله به همراه معیارهای چندگانه در تعریف و تامین بهره‌برداری بهینه از طرف دیگر انعطاف‌پذیری و امکان تخطی از محدوده‌های بعضی از قیود محدودکننده، مسئله را از حالت دقیق ریاضی به یک مسئله تصمیم‌گیری در فضای فازی تبدیل می‌کند.

۶- نتیجه‌گیری:

مسئله UC، در مدار قرار گرفتن نیروگاهها را مشخص نموده و پس از آن میزان تولید هر واحدی که در مدار قرار گرفته با پخش بار اقتصادی (ED) مشخص می‌شود. از این جهت به برنامه ریزی ورود و خروج واحدها، پیش پخش بار گفته می‌شود. برنامه ریزی ورود و خروج واحدها همانطور که گفته

شد باعث کاهش هزینه تولید و صرفه جوئی در مصرف سوخت می شود. بنابراین استفاده از روشهای با دقت بیشتر باعث رسیدن به جواب بهینه و صرفه جوئی در هزینه می شود. استفاده از روشهای هوشمند باعث بالا رفتن سرعت حل و گاهی افزایش دقت محاسبات می شود و اخیراً کاربرد آنها در علوم مختلف افزایش یافته است.

در مسائل ورود و خروج واحدها، علاوه بر تابع هزینه به عنوان تابع هدف می توان پارامترهای دیگری را نیز در نظر گرفت از جمله آلودگی محیط زیست که در شهرهای پرجمعیت دارای اهمیت می باشد. به عنوان محدودیت می توان ظرفیت انتقال خطوط، محدودیت افت ولتاژ (توان راکتیو) و غیره را نیز در نظر گرفت.

۷- مراجع:

1. Kerr, R.H., Scheidt, J.L., Fontana, A.J., Jr, and Wiley, J.K., "Unit Commitment" IEEE Transactions on PAS-85, No.5, pp.417-421, May 1966
2. Lee, F.N., "Short-term Unit Commitment A New Method" IEEE Transaction on PWR-3, No.2, pp.421-428, May 1988
3. Bard, J.F., "Short-term Scheduling Of Thermal Electric Generators Using Lagrangian Relaxation", Operation Research, Vol.36, No.5, pp.756-766, October 1988
4. Habibollahzadeh, H. and Bubenko, J.A., "Application of Decomposition Techniques to Short-Term Operation Planning of Hydrothermal Power System" IEEE Transactions on PWR-1, No.1, pp.41-47, February 1986
5. Hobbs, W.J., Hermon, G., Warner, S., and Sheble, G.B., "An Enhanced Dynamic Programming Approach for Unit Commitment" IEEE Transactions on PWR-3, No.3, pp.1201-1205, August 1988
6. C.Wang, Z.Ouyang, and S.M.Shahidehpour, "Unit Commitment By Neural Network" Proceeding of 1990 American Power Conference, Vol.52, pp.245-250, April 1990
7. G.B.Sheble, et al, "Unit Commitment By Genetic Algorithm With Penalty Methods" Electrical Power & Energy Systems. Vol.18, No.6, pp.339-346, 1996
8. H.J.Zimmermann, "Fuzzy set theory and its applications", Kluwer Academic Publishers.
9. Allen J.Wood, and Woollenberg, "Power generation, operation and control", John Wiley and Sons: New York

"تخمین طول عمر لوله‌های واتروال بویلر در موضع خط جوشهای اجرا شده"

از: دکتر مهرداد عباسی

خلاصه:

در این مقاله انجام محاسبات برای تخمین طول عمر لوله‌های واتروال بویلرهای نیروگاهی در موضع خط جوشهایی که برای ساخت و نصب بویلر اجرا می‌شوند ارائه شده است. محاسبات در مورد فولاد SA213-T2 که با الکتروود ER80S-B2 جوشکاری گردیده و برای خط جوشی که در ناحیه شار حرارتی بالا (High heat flux) قرار دارد انجام شده است. این محاسبات نشان می‌دهند، در صورتیکه جوش طبق روشهای استاندارد اجرا شده باشد، طول عمر خط جوش از طول عمر لوله اصلی، حتی در نواحی با شار حرارتی بالا، کمتر نخواهد بود. شرط اجرای صحیح جوشکاری طبق استانداردهای معتبر برای تحقق طول عمر یکسان در خط جوش و لوله الزامی است. خصوصاً در مورد نواحی از واتروالها که تحت شار حرارتی بالا قرار دارند، احراز صحت جوش از طریق انجام آزمونهای مضاعف غیرمخرب (NDT) ضروری است.

مقدمه:

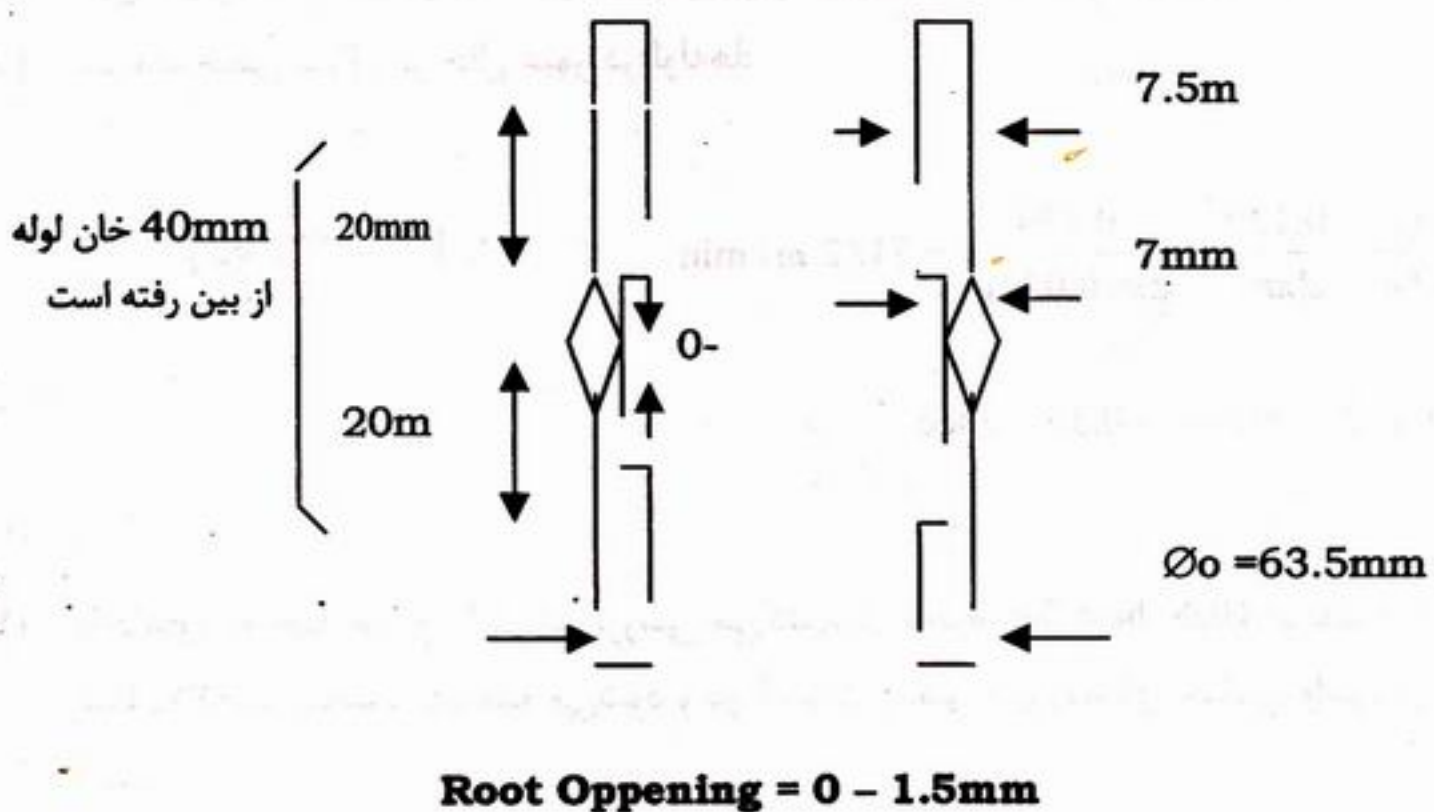
در طراحی و ساخت واتروالهای بویلرهای نیروگاهی سعی می‌شود، خط جوشهایی که در ساخت و نصب واتروالها اجرا می‌شوند، در نواحی با شار حرارتی بالا قرار نگیرند. این، بدان علت است که طراحان ناحیه جوش را ضعیف‌تر از فلز اصلی در شرایط کاری فرض می‌کنند. فولادهایی که برای ساخت لوله‌های واتروال مورد استفاده قرار می‌گیرند از نوع فولادهای کم آلیاژ و با استحکام بالا (HSLA) هستند که ترکیب آنها معمولاً شامل درصدهای مختلفی از کروم و مولیبدن است. وجود کروم و مولیبدن موجب افزایش استحکام مکانیکی و مقاومت در مقابل خوردگی، خستگی و خزش در دماهای بالا می‌گردد. یکی از فولادهایی که بصورت گسترده در ساخت لوله‌های بویلر به کار می‌رود فولاد SA213-T2 می‌باشد که ترکیب آن شامل عناصر آلیاژی $0.15\%C$, $0.5\%Cr$ $0.5\%Mo$ می‌باشد. هدف از این مقاله بررسی طول عمر خط جوش در لوله‌هایی از جنس SA213-T2 می‌باشد که با الکتروود ER80S-B2 جوشکاری شده است و در ناحیه با شار حرارتی بالا قرار دارد. نکته‌ای که در مورد موضع خط جوش وجود دارد این است که به دلیل پخش‌سازیهایی لازم برای اجرای جوش، در موضع جوش خان لوله‌های بویلر از بین می‌رود. انتظار این است که به دلیل از بین رفتن خان لوله‌ها در موضع جوش انتقال حرارت از این نواحی کمتر صورت گیرد و دما در موضع جوش نسبت به خود لوله اصلی بالاتر باشد. در تمام مباحث آتی فرض این است که جوش عاری از عیوب متالورژیکی و سایر عیوب باشد و بطور کاملاً صحیحی جوش اجرا شده باشد.

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

بیان شرایط موجود در موضع خط جوش:

مشخصات خط جوش مورد بحث را به صورت زیر در نظر می‌گیریم (شکل ۱):

- (۱) جنس لوله‌ها در ناحیه خط جوش: SA213-T2 از نوع: (0.5%Cr-0.5%Mo-0.15%C).
- (۲) طرح جوش: از نوع V-groove با اتصال لب به لب (Butt) با فاصله ریشه 0-1.5 میلیمتر.
- (۳) جوش ریشه: از روش GTAW با الکترود ER80S-B2 (1.2%Cr-0.5Mo-0.08%C-0.2%Ni).



شکل (۱): موضع خط جوش که در آن حدود ۴ سانتیمتر خان لوله از بین رفته است.

- (۴) جوش بقیه پاسها: از روش SMAW با الکترود E8016-B2 (1.2%Cr-0.5Mo-0.08%C).
- (۵) در 2cm بالا و پائین خط جوش خان لوله تراشکاری شده و از بین رفته است یعنی به مقدار 4cm در ناحیه خط جوش خان نداریم.
- (۶) دمای کاری لوله طبق ملاحظات طراحی برابر با 446°C (Design temperature) می‌باشد.
- (۷) فشار کاری لوله طبق مشخصات طراحی $202\text{kg}/\text{Cm}^2$ (تقریباً معادل 200bar) می‌باشد. (Design Pressure)
- (۸) دمای آب داخل واتروالها 360°C (Design temperature of water in water wall).

?



?



روی سطح داخل لوله رسیده به بدنه آب جوش

(۹) مقدار حرارت منتقل شده بر روی دیواره‌های بویلر در نواحی باشار حرارتی بالا 498 kW/m^2 معادل $157766 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr}$.

(۱۰) دمای گازهای گرم در برخورد با سطح لوله‌های واتروال در نواحی باشار حرارتی بالا $(1200-1350^\circ\text{C})$.

(۱۱) دبی سیال در داخل دیواره‌های واتروال سمت چپ و راست 1063.2 ton/hr .

(۱۲) تعداد لوله‌ها در دیواره‌های واتروال هر سمت: ۱۳۷ عدد.

(۱۳) دبی سیال در داخل هر یک از لوله‌های واتروال: 7.76 ton/hr یا $Q=0.129 \text{ m}^3/\text{min}$.

(۱۴) سرعت خطی سیال در حال عبور در لوله‌ها:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.129}{\pi r^2} = \frac{0.129}{\pi (0.024)^2} = 71/2 \text{ m/min} = 1.19 \text{ m/sec.}$$

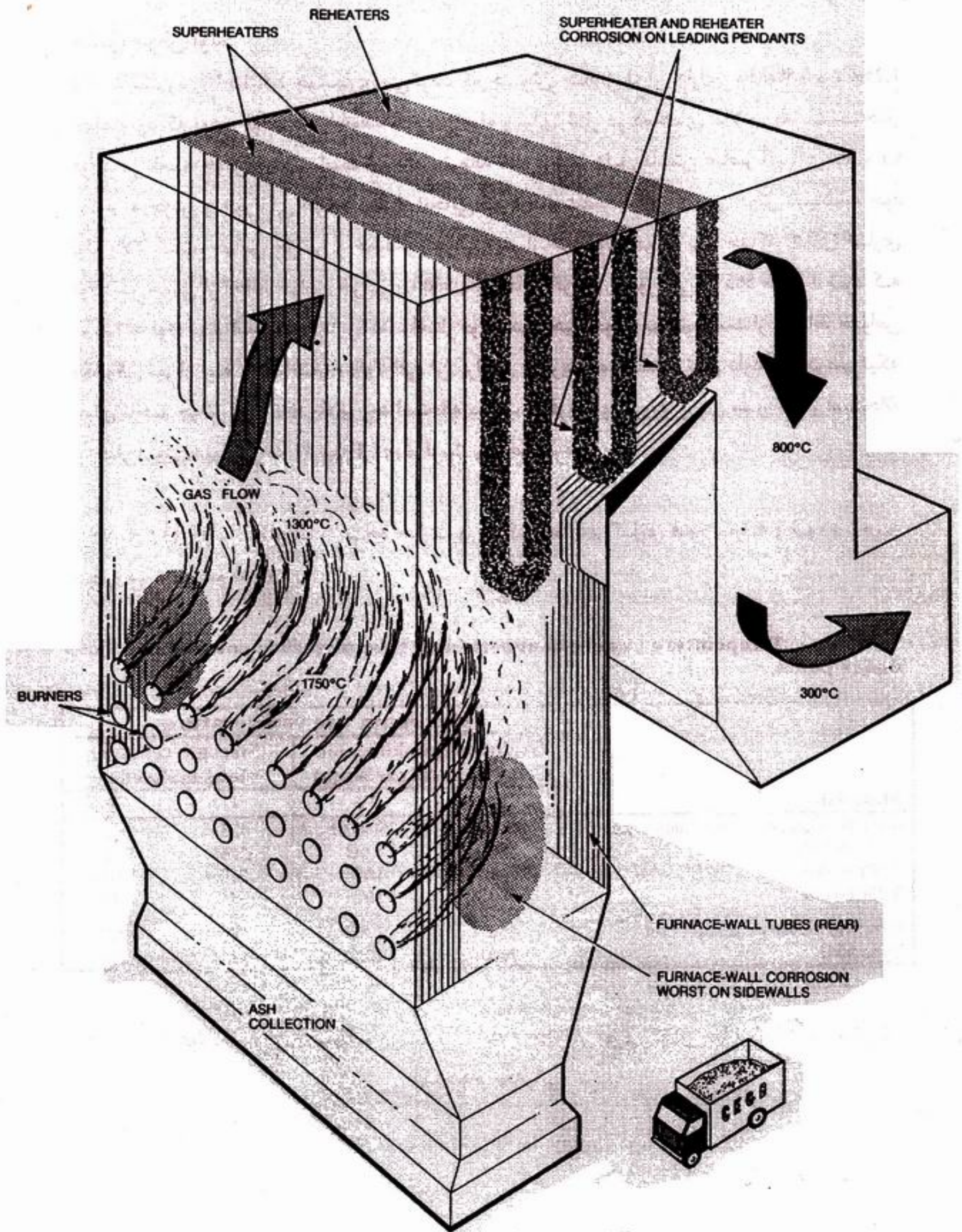
$$V = 1.1/2 \text{ m/sec} = 0.55 \text{ m/sec}$$

(۱۵) ناحیه‌ای که خط جوش را در آن بررسی می‌کنیم در ناحیه High heat flux می‌باشد که در شکل (۲) در پیوست مشاهده می‌شود و در قسمت پائین دیواره‌های جانبی واتروال واقع است.

خواص مکانیکی و متالورژیکی متریال لوله و خط جوش مورد بحث:

جنس لوله:

جنس لوله SA213-T2 می‌باشد که با حالت آنیل تولید می‌شود و نوعی فولاد کم آلیاژ برای کار در دماهای بالا می‌باشد. عناصر اصلی آلیاژساز آن $0.5\% \text{Cr}$ و $0.5\% \text{Mo}$ هستند که خواص مقاومت به خزش و خوردگی ناشی از این عناصر در فولاد حاصل می‌شود. حداکثر دمای کاری فولاد مذکور از لحاظ خواص خزشی 510°C و از لحاظ خواص خوردگی 550°C می‌باشد. ساختار متالوگرافی فولاد فریتی - پرلیتی است و در صورت بالا رفتن دما از حد 510°C ، به تدریج ساختار متالورژیکی آن دچار استحاله شده و به فریت و کاربید کرومی تبدیل می‌شود که در نتیجه استحکام و مقاومت خزشی آن بشدت کاهش می‌یابد [۱ و ۲].



شکل (۲) - نمای شماتیک بویلر و ناحیه شمار حرارتی بالا

ش

این شکل مذکور است از بخش شماتیک

جنس جوش لوله:

لوله با الکتروود E8016-B2 جوشکاری می‌گردد که جوش حاصل از آن دارای 0.5%Mo و 1.2%Cr خواهد بود که نوعی فولاد هم خانواده با جنس لوله و برای کار در دماهای بالا می‌باشد. ساختار فولاد در ناحیه جوش بینیتی است (به دلیل نرماله شدن) و به دلیل داشتن عناصر آلیاژی Cr و Mo مقاوم به خزش و خوردگی خواهد بود. از آنجایی که درصد عنصر آلیاژی Cr در جوش نسبت به خود لوله بالاتر است، خواص خزشی و خوردگی جوش بهتر از خود لوله خواهد بود. حداکثر دمای کاری فولاد در جوش از لحاظ خواص خزشی 560°C و از لحاظ خواص خوردگی 565°C خواهد بود که نسبت به لوله بهتر است. از آنجایی که ساختار فولاد در ناحیه جوش بینیتی است از لحاظ خواص مکانیکی نیز از لوله که ساختار متالوگرافی آن پرلیتی - فریتی می‌باشد برتری دارد ولی در صورتیکه دمای ناحیه جوش از 560°C بالاتر رود استحاله بینیت به فریت و کاربید کرووی سریعتر از استحاله ساختار فریتی - پرلیتی به کاربید کرووی و فریت رخ خواهد داد.

در جدول (۱) خواص مقاومت به درجه حرارت و حداکثر دماهای کاری فولاد لوله و فولاد ناحیه جوش دیده می‌شوند. [۱]

Table 1 - Temperature limits of superheater tube materials covered in ASME Boiler Codes

Material-	Maximum use temperature			
	Oxidation/graphitization Criteria, metal surface(a)		Strength criteria, Metal midsection	
	°C	°F	°C	°F
SA-106 carbon steel ferritic alloy steel	400-500	750-930	425	795
0.5 Cr-0.5Mo	550	1202	510	950
1.2Cr-0.5Mo	565	1050	560	1040
2.25Cr-1Mo	580	1075	595	1105
9Cr-1Mo Austenitic stainless steel	650	1200	650	1200
Type 304L	760	1400	815	1500

جدول (۱): فولادهای مورد استفاده در ساخت بویلر و حداکثر دمای کاری آنها از لحاظ خوردگی و استحکام مکانیکی

عواملی که می‌تواند موجب نقص و از کار افتادن لوله شود (Failure Analysis):

عواملی که می‌توانند موجب نقص و از کار افتادن (ترکیدن و سوراخ شدن) لوله‌های بویلر شوند عبارتند از [۱]:

۱) ترکیدن لوله ناشی از بالارفتن دمای لوله بیش از حد مجاز (Over heating) و بروز پدیده خزش (Creep Rupture by overheating).

۲) ترکیدن لوله ناشی از پدیده تردی (Ruptures by embrittlement).

۳) ترکیدن و شکست لوله ناشی از پدیده خستگی (Failure by fatigue).

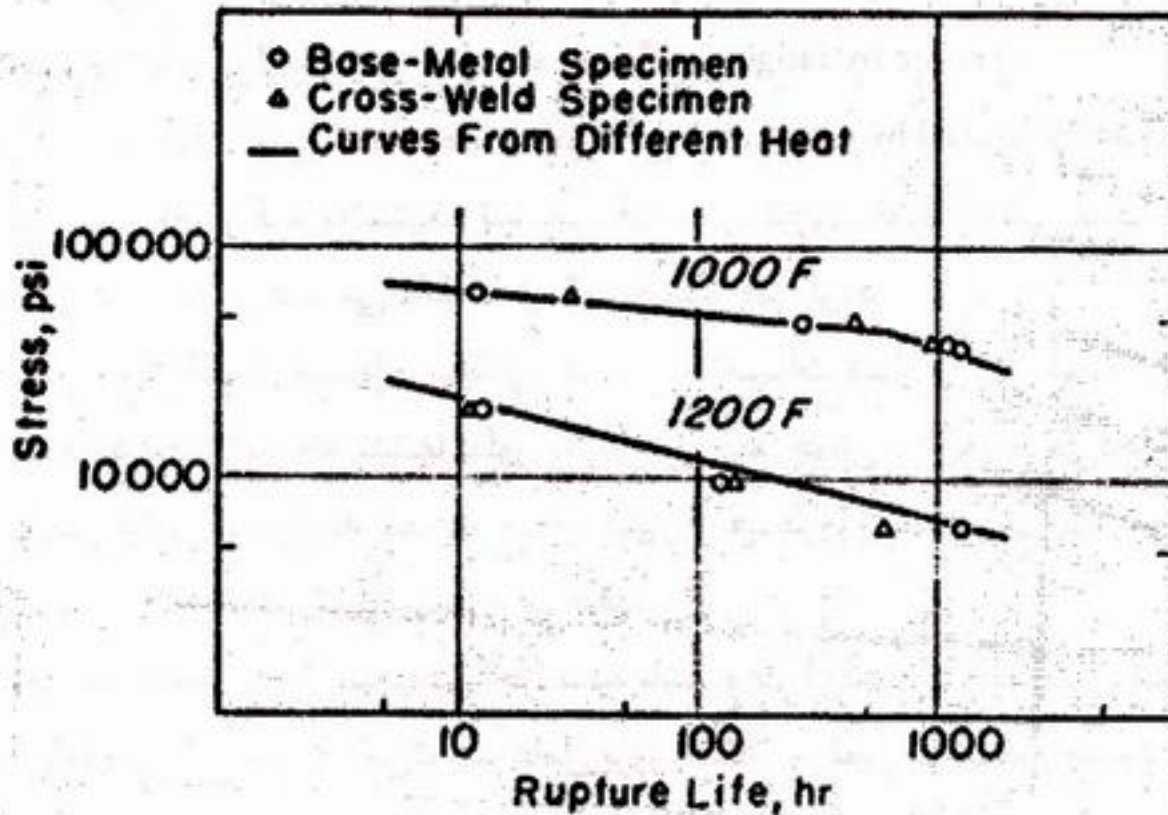
۴) سوراخ شدن لوله ناشی از پدیده‌های خوردگی (Failure caused by corrosion).

- خزش نوعی تغییر فرم پلاستیک تدریجی فلز تحت نیروی ثابت اعمالی است که در دماهای بالا رخ می‌دهد و به سرعت می‌تواند عامل گسیختگی فلز گردد.
- خستگی در اثر اعمال تنشهای سیکلی حرارتی و تغییرات فشار داخل لوله رخ می‌دهد که در حالت مورد بحث اینگونه تنشها بطور یکسان در خط جوش و لوله رخ می‌دهد.
- ترد شدن ناشی از گرافایته شدن و تردی ناشی از هیدروژن اتمی می‌تواند باشد که در مورد جوش و خود لوله به یک نسبت رخ می‌دهد.
- در صورتیکه جوش بطور صحیحی اجرا شده باشد و در آن عیوب جوشکاری نباشد از بین عوامل فوق عاملهای ۲ و ۳ و ۴ نمی‌توانند عامل بروز اشکال و نقص در موضع جوش در کوتاه مدت گردند، زیرا به همان نسبت که ناحیه جوش در معرض این عوامل قرار دارد، خود لوله و سایر نواحی نیز در معرض این عوامل هستند و از آنجائی که فلز ناحیه جوش در برابر این عوامل مقاومتر از لوله است، عمر موضع جوش در برابر این عوامل حداقل برابر عمر لوله خواهد بود.
- خطر عمده‌ای که موضع جوش را تهدید می‌کند Over heat شدن ناحیه جوش ناشی از از بین رفتن خان لوله در موضع جوش می‌باشد و عامل ترکیدن لوله در اثر Over heat پدیده خزش است.

مقایسه خواص خزشی لوله با جوش و لوله بدون جوش:

باتوجه به کارهای پژوهشی انجام شده در مورد مبحث فوق، تحقیقات نشان می‌دهد خواص خزشی لوله‌های آلیاژی Cr و Mo در یک دمای مشخص که دارای جوش لب به لب هستند در صورت اجرای صحیح جوش از لوله‌های بدون جوش و یک تکه (بدون درز) کمتر نمی‌باشد. یک نمونه از این تحقیقات طی مقاله‌ای در مرجع شماره [۳] به چاپ رسیده است.

نتیجه مقاله مذکور که در مورد متریال جوش مورد نظر و بحث ما می باشد به صورت منحنی های زیر در شکل ۳ خلاصه می شود و نشان می دهد عمر خزشی لوله با جوش سربه سر از لوله بدون جوش در شرایط یکسان دمائی برای مقایسه عمر لوله بدون جوش و با جوش، کمتر نخواهد بود.



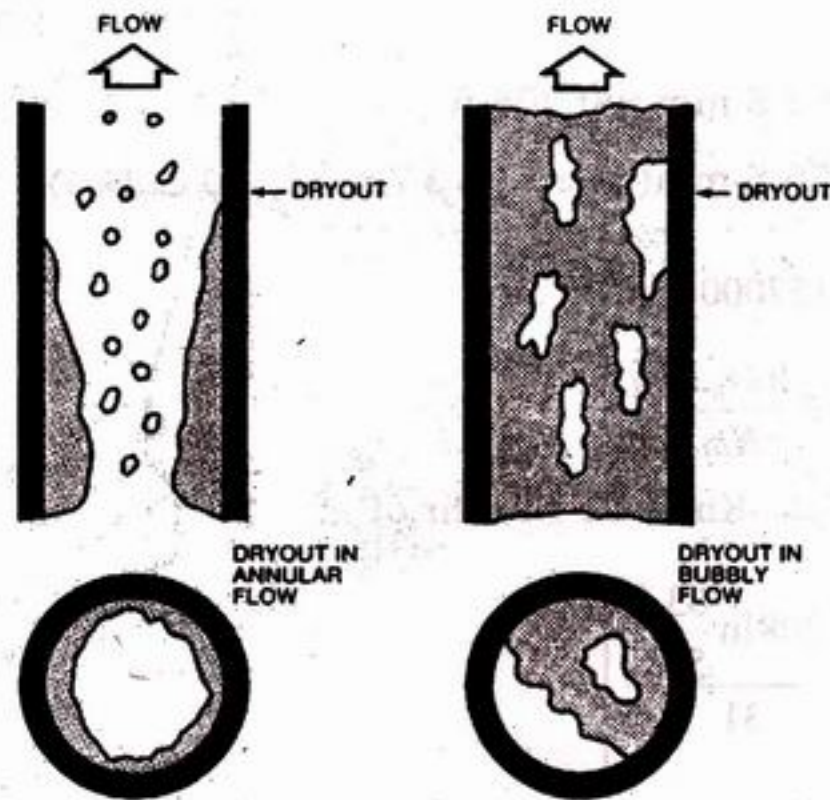
شکل (۳) مقایسه خواص خزشی لوله با جوش و لوله بدون جوش از جنس فولاد 1.25Cr-0.5Mo

تاثیر از بین رفتن خان لوله در انتقال حرارت:

در لوله های واتروال خان لوله موجب می شود همواره یک فیلم (Film) از آب در حالت مایع در تماس با جداره لوله وجود داشته باشد. در صورتیکه خان لوله وجود نداشته باشد حرکت گریز از مرکز سیال از بین می رود و در بعضی از مواضع فیلم مایع آب با جداره لوله در تماس است و در بعضی از مکانهای دیگر بخار آب. در شکل (۴) دو حالت زیر در حرکت آب/بخار در لوله های واتروال مشاهده می شوند. [۴]

صلمه دین ترانس است
 " حرکت سیال به مرکز سیال از بین می رود "

بخار



شکل (۴): دو حالت متفاوت از لحاظ حرکت آب / بخار در لوله‌های واتروال

بروز حالت فیلم آب/بخار به جای فیلم آب در بویلرهائی که در شرایط Subcritical Pressure کار می‌کنند از اهمیت برخوردار است. حالات فیلم آب/بخار با احتمال بیشتری در طبقات بالای بویلر (نه در قسمتهای پائینی بویلر که دمای آب هنوز بالا نرفته است) ممکن است رخ دهد. در صورتیکه فاز بخار تشکیل شود به صورت یک فاز که دارای هدایت حرارتی پائین است عمل خواهد کرد و دمای جداره لوله را بالا خواهد برد.

از آنجائی که طبق مشخصات طراحی دمای آب در داخل لوله‌ها بویلر بطور متوسط ۳۶۰ درجه سانتیگراد است (در طبقات بالا ۳۸۰ درجه و در طبقات پائین ۳۴۰ درجه) و از آنجا که سرعت خطی حرکت آب در داخل هر لوله ۰.۵۵m/sec بوده که سرعت متوسطی است. می‌توان با تخمین پذیرفت که دمای جداره داخلی لوله با دمای سیال به تعادل برسد و با یک تخمین می‌توان گفت در صورت از بین رفتن خان لوله و در حادثه‌ترین شرایط، دمای جداره داخلی لوله در قسمت پائین بویلر ۳۶۰ درجه خواهد بود.

*** محاسبه طول عمر لوله در موضع جوش باتوجه به از بین رفتن خال لوله و در صورتیکه دمای جداره داخلی لوله ۳۶۰ درجه باشد:**

برای محاسبه طول عمر لوله ابتدا دمای سطح لوله را محاسبه کرده و سپس با استفاده از منحنی‌های خزش طول عمر را تخمین می‌زنیم.

شعاع خارجی لوله: $r_o = 63.5 \text{ mm} = 0.208 \text{ ft}$

ضخامت لوله را 7 mm فرض کرده ایم: شعاع داخلی لوله: $r_i = 56.5 \text{ mm}$

دست ۱۵ به ۲۴ mm بود؟

شارژ حرارتی: $\frac{Q}{A_o} = 157000 \text{ Btu} / \text{ft}^2 \cdot \text{hr}$

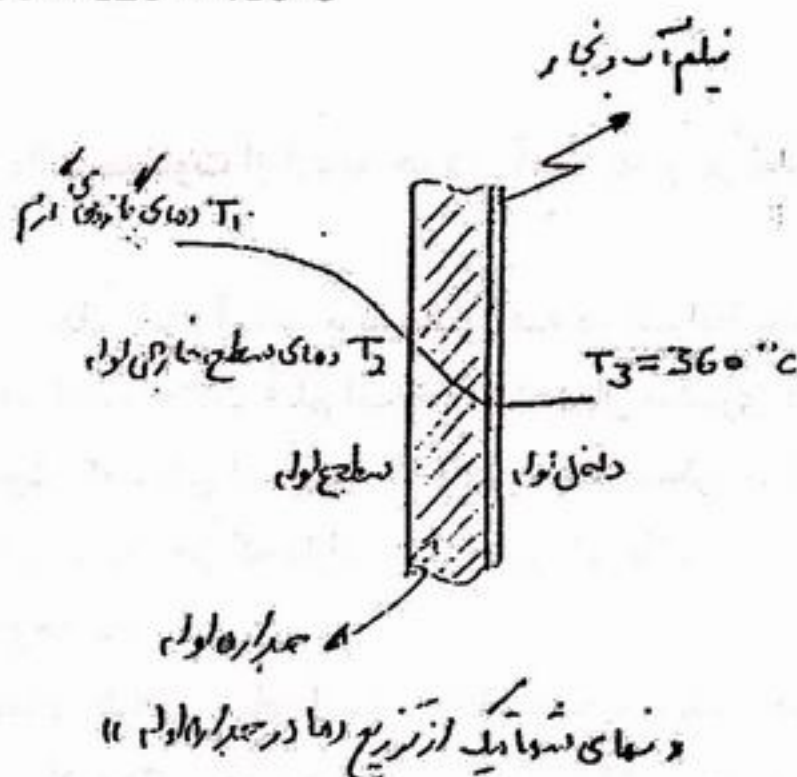
$$\Delta T_m = T_2 - T_3 = \frac{Q}{A_o} \left(\frac{r_o \ln(r_o / r_i)}{K_m} \right)$$

ضریب هدایت حرارتی فولاد: $K_m = 31 \text{ Btu} / \text{hr} \cdot \text{oF}$

$$T_2 - 360 = 157000 \left(\frac{0.208 \ln \frac{63.5}{56.5}}{31} \right)$$

دمای سطح لوله $T_2 = 360 + 123 = 483^\circ \text{C}$

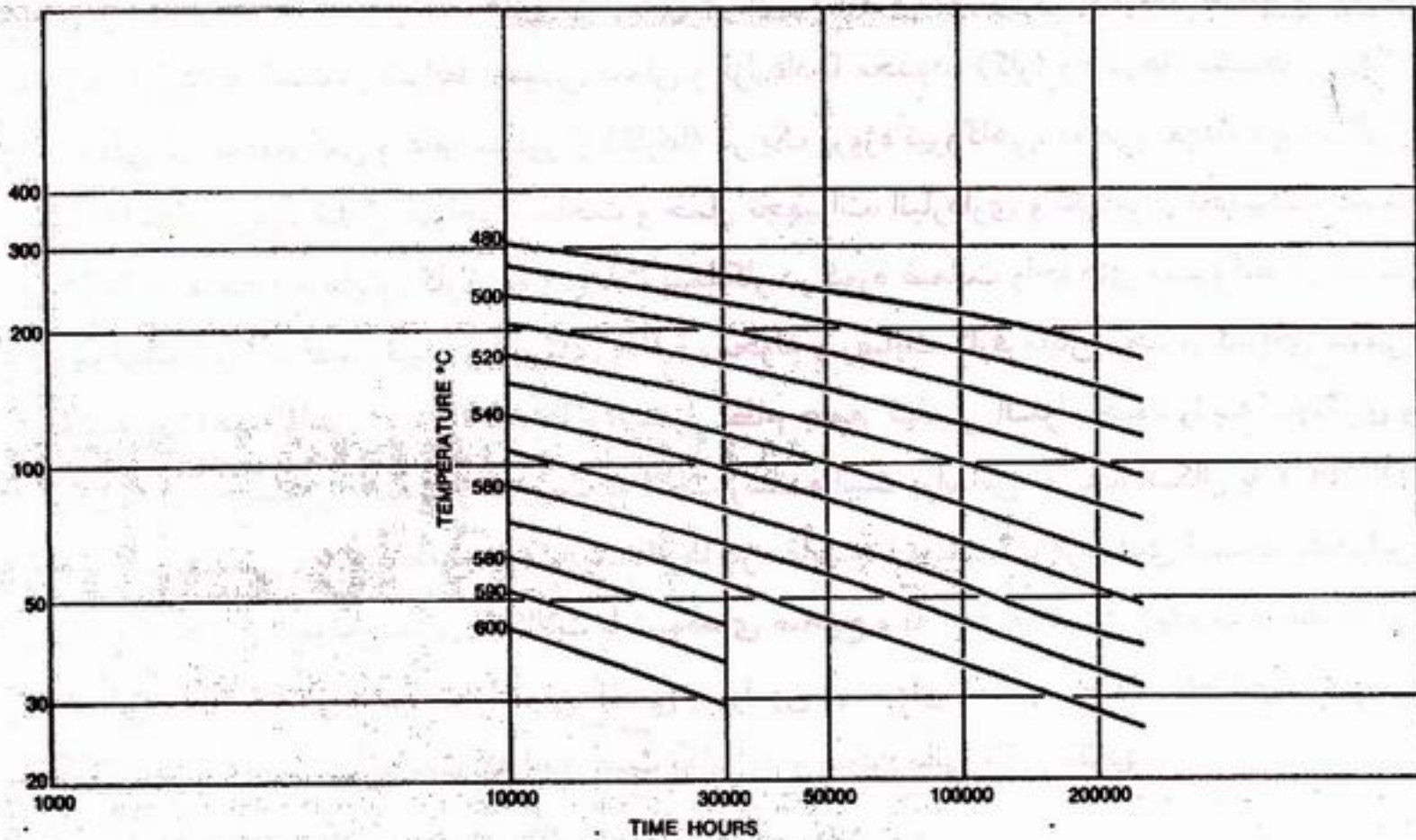
$T_2 = 483^\circ \text{C}$



نتیجه:

با استفاده از منحنی خزش که در شکل (۵) دیده میشود [۵]. برای فولاد ناحیه جوش که در اثر جوشکاری عناصر آلیاژی آن رقیق می شود و به حدود $1\% \text{Cr}$ و 0.5Mo می رسد و با توجه به اینکه دمای سطح لوله $T_2 = 483^\circ \text{C}$ و فشار داخل لوله 200 N/mm^2 است عمر لوله در موضع جوش حدود $150,000$ ساعت تخمین زده می شود که تقریباً معادل 17 سال است. به عبارت دیگر در مورد لوله و شرایط فوق الذکر نتیجه بالا در صورتی صحت دارد که جوش بطور صحیح اجرا شده باشد و عیب و نقص داخلی نداشته باشد و همچنین فرضهای محاسبات بالا دارای صحت باشد. همچنین بهره برداری صحیح و رسوب زدائی در زمانهای مشخص "Over Haul" در طول عمر بالا موثر است.

به همین ترتیب می‌توان محاسبات را برای طبقات بالای بویلر انجام داد و عمر خط جوش را تخمین زد. در هر دو حالت عمر خط جوش از عمر خود لوله کمتر نخواهد بود. زیرا آلیاژ خط جوش دارای خواص مکانیکی و متالورژیکی بهتری نسبت به خود لوله می‌باشد.



شکل (۵): عمر خزشی فولاد 1%Cr-0.5%Mo بر حسب ساعت در دماها و فشارهای کاری مختلف

مراجع:

- 1- Metals handbook, ASM, Volume 1, 1994
- 2- ASME, SectionII, Part A, C, 1997
- 3- R.G. Sheheard and M.S. Donachie, "Creep- Rupture Behavior of 1.25Cr- 0.5Mo steel Weldments", Material Research and Standards, Vol.2, April 1992, P276.
- 4- Modern Power Station Practice, Perganon Press, Vol.B, 1991
- 5- Atlas of Creep and Stress- Rupture Curves, ASM, 198

استخراج اشکالات پروژه‌های نیروگاهی و مرتفع‌سازی آنها

از: مهندس محمدرضا غفاری

مقدمه:

یکی از مهمترین اهداف و رسالت‌های مهندسين مشاور، حفظ و نگهداری کیفیت کارها براساس موازین قراردادی است. در شرایط عمومی پیمان و قراردادهای محدود (کار) و (کارها) مشخص شده است ولی در مفهوم کلی و عام، منظور از (کارها) در یک پروژه نیروگاهی، تمامی تعهدات پیمانکار از ابتدا تا انتهای پروژه شامل: طراحی، ساخت و حمل تجهیزات، انبارداری و نگهداری تجهیزات، نصب و راه‌اندازی و انجام آزمایش کارائی و تعهدات پیمانکار در دوره ضمانت واحدهای نیروگاهی است. خوشبختانه شرکت قدس نیرو در راستای وظایف محوله و رضایت کارفرمایان محترم گامهای مهمی برداشته و با اخذ گواهی ایزو ISO 9001 و استقرار نظام جامع کیفی التزام خود را به بازنگری و نگرش به آینده شتابان صنعت و مدیریت به اثبات رسانده است براساس تعریف، اشکال یا DEFECT برابر نفی و کاستی و عدم تطابق در کیفیت کارها در مقایسه با مستندات قراردادی است. بنابراین ردیابی، استخراج و مرتفع‌سازی اشکالات با شیوه‌های صحیح و به موقع، عین کیفیت و حفظ آن است. این مقاله تلاش در راه برداشتن گامی پیرامون روشهای مطلوب و دسته‌بندی و تدوین اشکالات و مرتفع‌سازی آنهاست که امید است بکار آید و سخن دانی تلقی نگردد.

الف - کمبودها و اشکالات در مدارک (SHORTAGE OR DEFECTS IN DOCUMENTS):

یکی از منابع تولید اشکال در نیروگاهها کمبود مدارک، نبودن بعضی مراجع و نقص مدارک از نقطه نظر فرم و چهارچوب (FORMAT) است.

برای مثال:

- عدم ارائه دستورالعمل نگهداری و انبار تجهیزات در بسیار اوقات می‌تواند، فعالیت‌های زمان بر نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری را با موانع، دوباره کاری و تاخیر مواجه نموده و یا باعث کاهش عمر تجهیزات گردد. در دستورالعمل‌های نگهداری و انبار تجهیزات بایستی جایگاه تجهیزات از نقطه نظر زیرسازی، INDOOR یا OUTDOOR بودن، تجهیز محیط از نظر تهویه، رطوبت‌زدایی و غیره مشخص شود. در همین راستا ارائه نحوه PRESERVATION کوتاه مدت، درازمدت تجهیزات مربوطه مانند بویلر، ترانسفورماتورها، مبدلهای حرارتی و غیره، ضروری است.

- نحوه آدرس دهی در نقشه‌های WIRING-DIAGRAM باید بنحوی باشد که با حداقل صفحات، بتوان ارتباط و اتصالات تجهیزات و سیستمها را ارزیابی نمود. در بعضی از نقشه‌ها به

دلیل آدرس دهی کلی، ردیابی محل اتصالات در مراحل نصب و راه اندازی و برخورد با اشکالات به سختی صورت می گیرد و بعضاً لازم است چندین نقشه حجیم را کنار هم قرار داد.

- برای جلوگیری از هر گونه اشتباه در نصب، لازم است مدارک تحت عنوان LINE LIST, VALVE LIST در دسترس مشاور قرار گیرد. در مدارک فوق می بایستی تمامی مشخصات و پارامترهای مهم شامل نوع والو، فشار طراحی، فشار کار، فشار موردنیاز هیدرواستاتیک، نحوه FAIL-SAFE بودن والو، نوع سیال، کلاس لوله، ضخامت لوله، KKS مربوطه و غیره بیان گردد.

- یکی دیگر از مدارک مورد نیاز مراحل نصب و راه اندازی و بهره برداری DATA-SHEET تجهیزات ابزار دقیق، از جمله کنترل والوها است. مدارک فوق نه تنها بعنوان شناسنامه تجهیزات ابزار دقیق در نصب و تنظیم تجهیزات فوق کارائی دارند بلکه برای سفارش و خرید آنها و قطعات یدکی مربوطه بسیار ارزشمند هستند.

- ارائه لیست سیستمهای کنترل با LOGIC چند ورودی (برای مثال دو از سه) در بخشهای TRIP، کنترل و اندازه گیری در ابتدای شروع پروژه نیروگاهی بسیار ضروری است. برای مثال هر گونه قصور در اعمال سیستم بالا برای حفاظتهای مهم از قبیل سیستم روغن توربین (دمای یاتاقان و غیره) می تواند موجب TRIP های ناخواسته در واحدها گردد.

- تجربه نشان داده است که تهیه نقشه های ایزومتریک برای تمامی لوله های تحت پروسس نیروگاه ضروری است، حذف نقشه های فوق با عنوان کردن اندازه B.O.P.elevation لوله های مربوطه قابل توجیه نبوده و می تواند برای مثال در بخش لوله های ارتباطی مشعلهای بویلر با توجه به فاکتورهای درجه حرارت، EXPANSION، دسترسی و غیره اشکالات متعددی را بیار آورد.

ب - اشکالات نصب و راه اندازی (ERECTION & COMMISSIONING- DEFECTS):

در مورد حفظ کیفیت نصب و راه اندازی به اشکالات نمونه ای ذیل می بایستی اشاره نمود:

- یکی از منابع مشکل ساز در نصب و راه اندازی عدم شناسائی لوله های آلیاژی از غیر آلیاژی بخصوص برای لوله های با قطر کوچک است. این اختلاط عموماً از رعایت نکردن کد گذاری لوله ها (بشکل رنگ آمیزی و غیره) توسط کارخانه سازنده بوجود می آید. بنابراین برای جلوگیری

از دوباره کاری و صدمات بعدی بخصوص برای لوله‌های اختصاص یافته جهت فشار و درجه حرارت بالا لازم است اولاً در مورد رعایت این امر مهم به سازندگان تاکید شود و در صورت نارسائی و هر گونه تردید نسبت به شناسایی درست لوله‌ها، انجام آزمایش اسپکترومتری لوله‌های مربوطه ضروری گردد.

- یکی از معایب مهم در نصب و راه‌اندازی، نادیده انگاشتن SUPPORTها و تکیه‌گاه‌های مختلف لوله‌ها (GUIDED, FIXED- POINT) و یا عدم پیش‌بینی صحیح انبساط آنها است. برای مثال هر گونه سهل انگاری در اجرای نقاط ثابت یا لغزشی و ایجاد مانع برای انبساط لوله‌های حامل بخار کمکی در مخازن سوخت باعث پاره‌گی لوله‌های مربوطه و به تبع آن الزام به خالی کردن مخزن مربوطه برای تعمیر و تحمل خسارات بهره‌برداری خواهد شد. عدم رعایت این امر مهم در نصب لوله‌های آب‌گردشی می‌تواند خسارات عمده‌ای به پمپ‌های آب‌گردشی و خنک‌کن اصلی نیروگاه وارد نماید.

- قبل از نصب تجهیزات، لازم است با انجام نقشه‌برداری صحیح از فونداسیون‌های مربوطه و کنترل نشست دوره‌ای آنها از آسیب‌های بعدی منتج از MISALIGNMENT و تراز نبودن تجهیزات جلوگیری بعمل آید.

- استفاده از ابزار و ادوات مخصوص نصب و راه‌اندازی در جلوگیری از اشکالات مربوطه بسیار مهم است. برای مثال در تعبیه TAP- POINT لوله‌های حامل سیال (برای سنجش‌های سیستم کنترل و ابزار دقیقی) نبایستی از TORCH گاز استفاده کرد، زیرا این عمل باعث تغییر دمای سیال و اختلال در روش صحیح سنجش و به تبع آن کنترل و حفاظت پروسس را نیز با کاهش دقت مواجه خواهد ساخت. براساس تجارب بدست آمده در نیروگاه‌های مختلف، عدم تامین پیش‌نیازهای مربوط به سیستم OIL FLUSHING از قبیل گرم کردن و سرد کردن روغن (شوک حرارتی) و همچنین تامین کننده فلوی مناسب روغن باعث طولانی شدن OIL FLUSHING شده و می‌تواند عملکرد بعدی تاسیسات هیدرولیک توربوژنراتور را نیز تحت تاثیر قرار دهد.

- قبل از راه‌اندازی تجهیزات بایستی از اتمام نصب یا ERECTION- COMPLETION آنها اطمینان لازم حاصل گردد. منظور از اتمام نصب کنترل مواردی مانند: وضعیت WIRING، نحوه اتصال الکتریکی زمین، کنترل ALIGNMENT، بررسی وضعیت ظرفیتهای مورد نیاز موتورها پمپ‌ها، بررسی مستندات مورد نیاز جوشکاری و آزمایشهای N.D.T، وضعیت فونداسیون از نظر

نشست، نحوه جلوگیری از FREEZING (عایقکاری و ELEC. TRACING)، انجام حفاظتهای الکتریکی و ابزار دقیقی مورد نیاز، وضعیت تمیزی و غیره است. تجربه نشان داده است عدول از مرجع فوق نه تنها باعث خسارت به تابلوها، تجهیزات و تاسیسات می شود بلکه بدلیل دوباره کاری برنامه زمانبندی را نیز با تاخیرات طولانی مواجه می نماید.

- یکی از اشکالات اساسی نیروگاهها در امر راه اندازی، اهمیت ندادن یا نپرداختن کامل به مرحله TUNING واحدها است. منظور از TUNING هر واحد، کنترل کمیت و میزان پارامترهای مهم از قبیل درجه حرارت بخار خشک ورودی به توربین (SUPERHEAT) بخار خارج شده از بویلر جهت گرمایش مجدد (REHEAT) و سایر کمیت های مشخص شده در حین تغییرات بار واحد با نرخ های پیش بینی شده است. بعضی از واحدهای نیروگاهی بدلیل عدم انجام دقیق مرحله فوق افزایش و کاهش غیرمجاز دمای بخار SUPERHEAT می توانند لوله های بویلر را با پدیده OVERHEAT و سوراخ شدن و با ایجاد صدمات در توربین عمر آنها را کاهش داده و عملکرد آنها را با خطرات جدی مواجه نمایند. لازم است بویلرهای با سوخت دوگانه (گاز طبیعی و مازوت) برای هر دو سوخت و بخصوص احتراق (COMBUSTION) تحت TUNING قرار گیرند.

ج - اشکالات کارهای ساختمانی

اشکالات موجود در کارهای ساختمانی هم می توانند به نوعی در امر راه اندازی دخالت داشته باشند از جمله نشست فونداسیون ها ، نصب ناصحیح ANCHOR BOLTS، عدم انجام به موقع و صحیح EMBEDDED ها، عدم رعایت دقیق فرمول اختلاط بین، نمونه های گیری های غیردقیق و

د - تجزیه و تحلیل اشکالات

برای دریافت صحیح اشکالات و مرتفع سازی آنها لازم است با استفاده از روشهای علمی از اشکال تراشی احتراز و ضمناً با رعایت اقدامات نمونه ای بشرح زیر ابهامات را به حداقل رساند:

- اولین شرط دریافت درست اشکالات، جلوگیری از پیش داوری و عدم مراجعه صرف به تجارب نیروگاههای قبلی، بدون توجه به شرایط محیطی، مشخصات فنی تایید شده و سایر مستندات قراردادی است.

- معیارپذیری قدم مهمی در رهیافت درست اشکالات است. ضابطه و معیار با به میدان آوردن سئوالاتی مانند چرا؟ به چه دلیل؟ برچه اساسی؟ با چه مقدار و میزانی؟ کدام قسمت یک تجهیز؟ اندازه گیری با چه روشی؟ و غیره روشهای سلیقه ای اشکال یابی را به حداقل رسانده و

بدین ترتیب ما را در شناسایی ریشه اشکالات یاری میدهد. برای مثال در موقع اظهار نظر میزان ارتعاش یک دستگاه دوار اولاً لازم است با استفاده از یک دستگاه کالیبره ارتعاش سنج، مقدار ارتعاش را اندازه گیری و سپس با استفاده از استاندارد مورد تأیید و حفظ جوانب و تفسیر صحیح آن در مورد مجاز و یا غیرمجاز بودن مقدار ارتعاش قضاوت نمود.

- یکی از روشهای قدرتمند در پیگیری و دریافت ریشه اساسی اشکالات مستندسازی و ثبت اشکالات در زمان بروز اشکال است و بعبارتی تنها با مراجعه به اشکالات یک تجهیز در طول زمان و بازنگریهای انجام شده است که میتواند ما را از قضاوت عجولانه برای شناخت منبع اشکال برحذر دارد.

- علیرغم اهمیت روشهای استقراء و قیاس (منطق) و تجربه در تدوین اشکالات و شناخت منبع اساسی آنها، بایستی به صراحت اعلام نمود که انگیزه و التزام به تکلیف ناظر، نقش بسیار حیاتی در حفظ کیفیت و شناخت ریشه‌ای اشکالات دارد.

تئوری حفاظت صاعقه

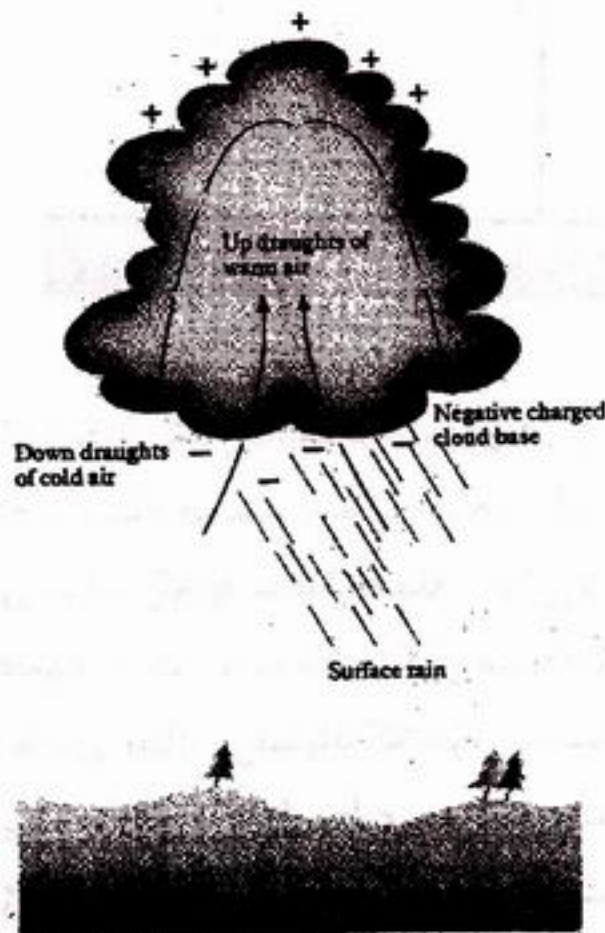
از: مهندس الهام ملکی

مقدمه‌ای بر تئوری صاعقه:

بنجامین فرانکلین (۱۷۹۰-۱۷۰۷) بعنوان پدر تئوری حفاظت صاعقه شناخته می‌شود. کایت آزمایشی او برای نخستین بار ثابت کرد ابرهای طوفانی، الکتریسیته ساکن را که تولید می‌کنند، در خود نگه میدارند و سپس آن را دشارژ می‌کنند.

مشخصه صاعقه:

صاعقه یک پدیده طبیعی است که در اثر جدا شدن بارهای الکتریکی ساکن و تخلیه الکترواستاتیکی بین ابر و زمین و در نتیجه دشارژ این بارها بوجود می‌آید. اینکه ابرها چگونه شکل می‌گیرند امری کاملاً شناخته شده است و در مورد جدا شدن بارهای الکتریکی از ابرها محققین براین عقیده هستند که در یک ابر طوفانی^۱ کریستالهای یخ دارای شارژ مثبت هستند. در مقابل این بارهای مثبت، قطرات آب دارای الکتریسیته منفی می‌باشند. توزیع این ذرات عموماً باعث ایجاد شارژ منفی در قسمت تحتانی ابر می‌شود. (شکل ۱)



شکل (۱)

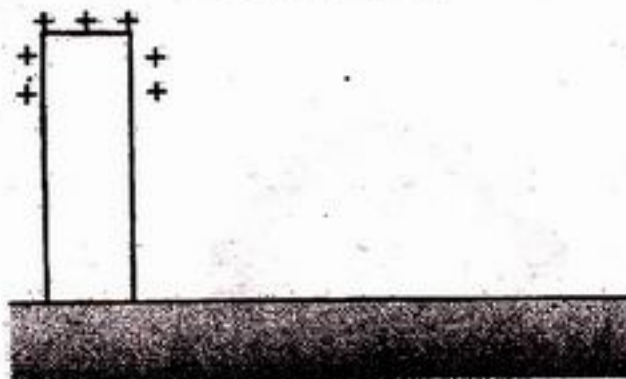
تشکیل بار منفی در پائین ابر منجر به شکل‌گیری بار مثبت در سطح زمین می‌گردد. این تشکیل بارهای مخالف ادامه می‌یابد تا اینکه ولتاژ بین قسمت تحتانی ابر و زمین به اندازه‌ای زیاد می‌شود که باعث شکست مقاومت هوا می‌شود. در این دشارژ بارهای الکتریکی بصورت صاعقه رخ می‌دهد.

اولین مرحله دشارژ ظهور یک علمدار پله‌ای به سمت پائین در درون ابر است که به سمت زمین در حرکت است. این حرکت رو به پائین با طول حدود ۵۰ متر ادامه می‌یابد. این پدیده با چشم غیرمسطح قابل رویت نیست. وقتی که علمدار جمله به زمین نزدیک می‌شود.

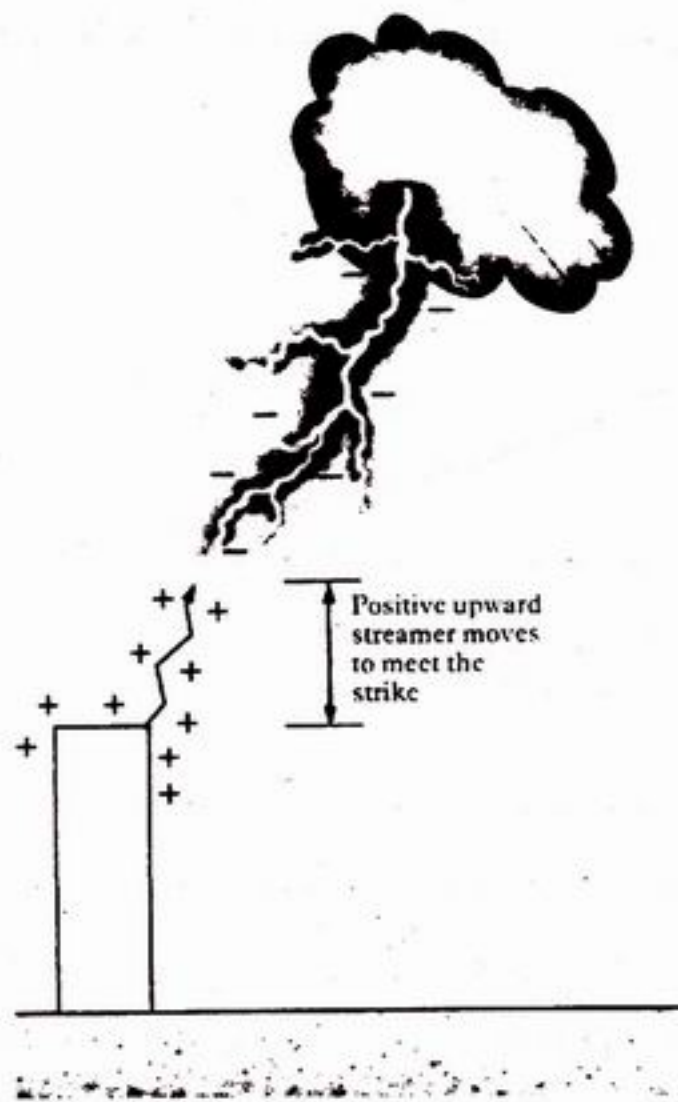


شکل (۲)

Potential is reached where a negative downward stepped leader leaves the cloud



مقدار بار منفی نسبتاً زیاد آن، مقدار شارژ مثبت بیشتری روی زمین زیر خودش القاء می‌کند، خصوصاً در مورد اشیائی که برجسته هستند (شکل ۲). چون این بارهای مخالف تمایل به جذب یکدیگر دارند بار مثبت تلاش میکند که به علمدار جمله نردبانی در حال حرکت به زمین متصل شود و به همین دلیل یک علمدار جمله رو به بالا تشکیل میدهد (شکل ۳). این دو به هم برخورد می‌کنند و یک مسیر کاملاً هادی ایجاد می‌نمایند که جریان بسیار زیادی در طول آن جهت خنثی کردن بارها و از بین بردن این اختلاف پتانسیل جاری می‌شود و نتیجه همان برقی است که ما مشاهده می‌کنیم. این دشارژ صاعقه مرسوم‌ترین نوعی است که بشر مشاهده کرده که برمبنای ضربه بار منفی از بالا به پائین بیان می‌شود، انواع دیگری از صاعقه ممکن است رخ دهد که از آن جمله می‌توان تشکیل یک کانال علمدار جمله مثبت از قله کوهها، بدلیل بار مثبت بسیار زیاد در آن نام برد.



شکل (۳)

مشخصات ضربه صاعقه:

۱- جریان در یک ضربه صاعقه:

بخش مهم یک برق صاعقه بر حسب میزان تخریب "ضربه بازگشت" است. این پدیده بخشی از ضربه صاعقه است که در آن سلول شارژ شده در یک ابر طوفانی به زمین دشارژ می‌شود. جریان در این ضربه بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ آمپر تغییر میکند و توزیع مقادیر آن از نقطه نظر رخ دادن مثل آنچه اکثراً در طبیعت رخ میدهد توزیع لگاریتمی است:

۱٪ ضربه‌های بالغ بر $200000A$ ($200KA$)

۱۰٪ ضربه‌های بالغ بر $80000A$

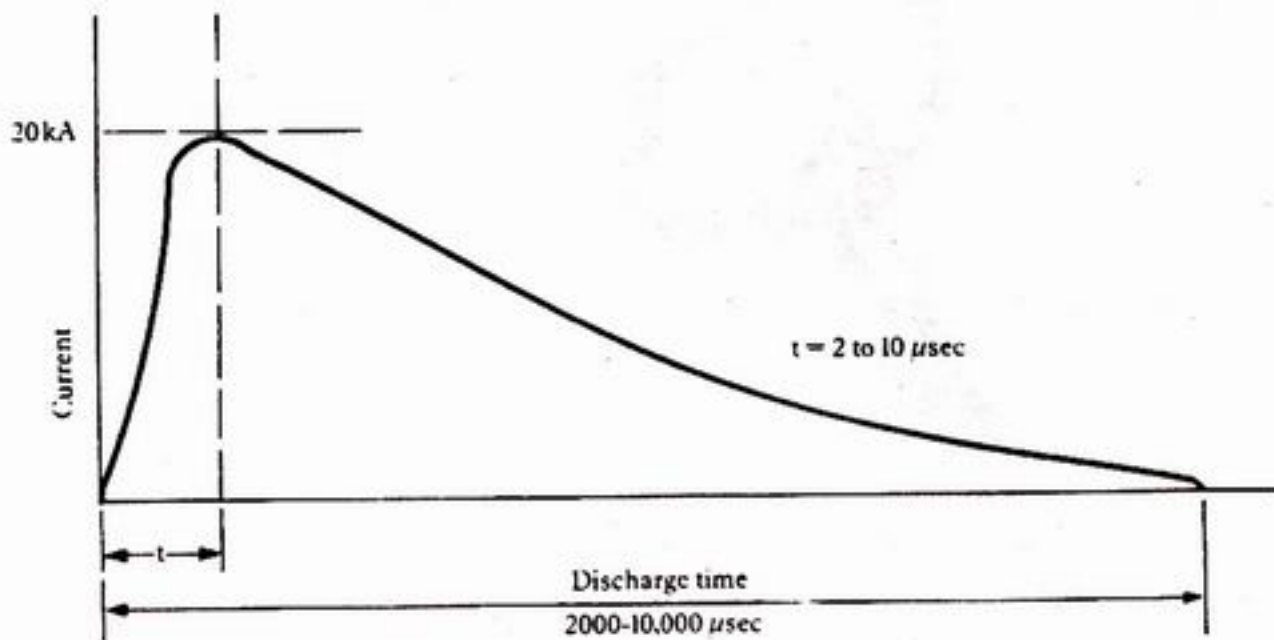
۵۰٪ ضربه‌های بالغ بر $28000A$

۹۰٪ ضربه‌های بالغ بر $8000A$

۹۹٪ ضربه‌های بالغ بر $3000A$

جریان در بیشتر برق‌های صاعقه از نوع شارژ منفی است و بنابراین جریان منفی از ابر به زمین جاری می‌شود. ممکن است صاعقه‌هایی نیز از بخش مثبت ابر رخ دهد ولی تعداد آنها کمتر است. به هر حال، جریان یکسو با هر پلاریته با زمان کمتر از $10\mu s$ برای برق منفی (برای برق مثبت به طور

قابل ملاحظه‌ای این مقدار، بزرگتر است) به مقدار ماکزیمم افزایش می‌یابد و سپس یک کاهش سریع وجود دارد که برای یک ضربه منفرد ساده $10\mu s$ یا کمتر به طول می‌انجامد. (شکل ۴)



شکل (۴)

بعضی از صاعقه‌ها شامل دو یا چند ضربه هستند که هر کدام به تنهایی همان توصیف ضربه منفرد¹⁰ را دارند ولی در فاصله زمانی ۵۰ الی ۱۰۰ میلی ثانیه رخ می‌دهند. موارد نادری از برقه‌های چندضربه‌ای نیز وجود دارند که شامل بیش از ۱۰ ضربه می‌باشند و بالغ بر یک ثانیه به طول می‌انجامد.

برای طراحی حفاظت صاعقه مقدار ماکزیمم ۲۰۰ کیلوآمپر و نرخ افزایش جریان ۲۰۰ کیلوآمپر بر میکروثانیه بعنوان بدترین حالت در نظر گرفته می‌شود.

۲- ولتاژ در یک ضربه صاعقه:

قبل از اینکه فلاش یا برق صاعقه رخ دهد پتانسیل ناشی از شارژ الکتریکی سلول با تقریب زیاد با فرض بار Q سلول برابر با $(C) 100$ کولن و شعاع معادل کروی سلول ۱ کیلومتر قابل محاسبه است. ظرفیت خازنی سلول بر این اساس $(F) 10^{-7}$ فاراد و از فرمول $Q=CV$ پتانسیل V حدود 10^9 ولت تخمین زده می‌شود. بنابراین منطقی است که فرض شود که پتانسیل ابر بیش از $100MV$ مگا ولت باشد.

این پتانسیل به اندازه کافی بزرگ است که ولتاژ شیء را که تحت اصابت صاعقه قرار می‌گیرد بتوان از حاصلضرب جریان در امپدانس آن بدست آورد.

اثرات و خسارات ناشی از صاعقه:

با توجه به اعداد و ارقام جمع‌آوری شده، تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰۰۰ طوفان در هر زمان مشخص در دنیا وجود داشته باشد و در هر ثانیه بیش از ۳۰ تا ۱۰۰ جرقه به زمین ساطع شود.

بنابراین در هر سال بیش از سه بیلیون صاعقه زمین را بمباران می‌کند و باعث خسارات جانی و مالی بیشماری خواهد شد که برخی از آنها به شرح ذیل می‌باشند:

- ۱- اصابت مستقیم به اشخاص
- ۲- خفگی یا جراحت ناشی از آتش‌سوزی یا انهدام ساختمان در اثر صاعقه
- ۳- تخلیه جانبی
- ۴- ولتاژهای تماسی و گامی

اصابت مستقیم صاعقه به اشخاص ممکن است باعث صدمات مغزی، قلبی، اختلالات تنفسی، فلج، سوختگی و مشکلاتی از این قبیل شود. خسارات ناشی از اصابت صاعقه به ساختمانها با توجه به شیب تند و پیک جریان صاعقه، که باعث بروز اثرات مکانیکی شدید و ریزش مصالح ساختمانی و در نتیجه صدمات به اشیاء و اشخاص مجاور این ساختمانها هستند می‌باشد. دامنه جریان صاعقه بین ۳KA تا ۲۰۰KA تغییر می‌کند. (شکل ۴) نمونه‌ای از شکل موج جریان برحسب زمان را نشان می‌دهد. جریانهای کوتاه‌مدت می‌توانند باعث آتش‌سوزی شوند در حالیکه جریانهای کوتاه‌مدت با پیک بزرگ باعث خم کردن یا جدا کردن قطعات فلزی می‌شوند که این امر به دلیل افزایش نیروی الکترومغناطیسی متناسب با مربع جریان لحظه‌ای می‌باشد. به دلیل همین نیروهای مکانیکی ضروری است که هادیهای سیستم حفاظت صاعقه به طور محکم به ساختمان تحت حفاظت محکم شوند. اگر مواد عایق و یا نیمه عایق مورد حمله صاعقه قرار گیرند ممکن است یک واکنش انفجاری در آنها رخ دهد که خسارات شدیدی به بار خواهد آورد. وقتی صاعقه به یک ساختمان حفاظت نشده برخورد میکند، جریان دشارژ معمولاً مسیری با کمترین امپدانس به زمین را جستجو میکند و اکثراً از سیمها و لوله‌های آنها عبور می‌نماید. برای رسیدن به این مسیرهای فلزی جریان دشارژ باید از میان سدهای گوناگونی عبور کند. در عبور از چنین سدهایی معمولاً خساراتی در اثر واکنش انفجاری رخ میدهد که در اثر انفجارات نیروهای قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌شود و قطعات نسبتاً بزرگ مواد (مصالح) ساختمانی را به اطراف پرتاب میکند.

مساله تخلیه جانبی در طراحی سیستم حفاظت صاعقه از اهمیت بسیاری برخوردار است و رعایت نکردن آن در طراحی سیستم صدمات جبران‌ناپذیری برای افراد و ساختمانها بدنبال خواهد داشت. تخلیه جانبی ممکن است به یکی از دلایل زیر رخ دهد:

- ۱- عیب و نقص در سیستم حفاظت صاعقه
- ۲- مسیردهی غلط به هادیها
- ۳- امپدانس بالای سیستم حفاظت صاعقه



هنگامیکه صاعقه به یک سیستم حفاظت برخورد میکند، جریان در سیستم جاری می‌شود. بسته به مقدار مقاومت یا امپدانس که هادیهای سیستم از خود نشان میدهند اختلاف پتانسیل بین هادیها و زمین قابل تعیین است. این اختلاف پتانسیل به طور لحظه‌ای می‌تواند در حدود مگاولت (10^6) (نسبت به زمین) باشد. در حالتیکه یک سازه فلزی زمین شده در نزدیکی هادی صاعقه وجود داشته باشد ولتاژ سازه نسبت به زمین در مقایسه با ولتاژ مورد بحث صفر است. از آنجا که تخلیه جریان همواره از طریق مسیر با امپدانس پائین‌تر صورت خواهد گرفت چنانچه جریان دشارژ عبوری از هادی صاعقه در نزدیکی اش سازه فلزی با امپدانس پائین‌تر (نسبت به زمین) را حس کند، با یک تخلیه جانبی^۱ به سازه مزبور منتقل شده و از آن طریق تخلیه می‌شود. یک سیستم حفاظت صاعقه معیوب، انتخاب نادرست سائز هادیها، طراحی بد کلمپها، نصب نادرست نگهدارنده‌ها و یا جنس نامرغوب مواد ممکن است باعث ایجاد هر یک از موارد ۱ تا ۳ فوق و در نتیجه تخلیه جانبی گردد. در ادامه این مقاله روشهای جبران این مشکل در سیستم حفاظت صاعقه به اختصار بیان شده است. (بخش روشهای جلوگیری از تخلیه جانبی)

ولتاژ تماسی و گامی:

هنگام اصابت صاعقه گرادیان ولتاژی در محلی که دشارژ به زمین وارد میشود تشکیل می‌گردد. اختلاف ولتاژ در فاصله‌هایی که توسط گام یک شخص ایجاد می‌شود ممکن است مرگ‌آور باشد. در خاکهایی با مقاومت یکنواخت گرادیان ولتاژ قابل ملاحظه‌ای بین دو نقطه با فواصل مختلف از الکتروود بوجود می‌آید. اختلاف پتانسیل گام انسان نسبت به حیوانات خیلی پائین‌تر است و مسأله ولتاژ گامی در حیوانات خطرناکتر است. ولتاژ تماسی هم به روشی مشابه، ولی برحسب گرادیان ولتاژ بین محل تماس با یک شیء الکتریکی و نقطه خروج جریان از بدن شخص، عمل می‌کند. به دلایل مطروحه فوق نیاز به حفاظت در مقابل صاعقه شدیداً احساس می‌گردد.

نیاز به حفاظت:

ساختمانهایی با احتمال انفجار، مثل کارخانجات، مغازه‌ها، کمپها، تانکهای سوخت اغلب نیاز به حفاظت با بالاترین کلاس را دارند. برای ساختمانهای دیگر طبق استاندارد میتوان سیستم حفاظت را طراحی نمود. تنها سؤال باقیمانده اینست که آیا حفاظت ضرورت دارد یا خیر؟ در بسیاری موارد لزوم حفاظت بدیهی است، برای مثال مکانهایی که تعداد زیادی از مردم تجمع دارند، سرویسهای عمومی، مکانهای تاریخی و فرهنگی، ساختمانهای حاوی مواد قابل اشتعال و انفجار و ساختمانهای بلند به هر حال بعضی از عوامل در ارزیابی وارد نمی‌شوند و ممکن است مستقیماً ملاحظات دیگر را در نظر نگیرند. برای مثال تمایل به اینکه هیچ خطری برای جان افراد



وجود نداشته باشد یا اینکه محل مورد نظر از ایمنی کامل برخوردار باشد، در این حالت استفاده از سیستم حفاظت ضروری است. ولی در حالت کلی براساس احتمال قرارگیری در معرض صاعقه می توان یک ارزیابی انجام داد و عاملهای زیر را در نظر گرفت:

۱- چه ساختمانی مورد حفاظت قرار می گیرد (نوع استفاده از سازه مورد نظر)

۲- نوع مصالح ساختمانی

۳- حجم محتویات و اثرات منتهجه

۴- محل قرارگیری ساختمان از نظر تراکم منطقه (موقعیت محل)

۵- ارتفاع ساختمان

۶- وضعیت جغرافیایی ساختمان (کوهستانی، تپه، صاف، دشت)

۷- تناوب رخ دادن رعد و برق در محل مورد مطالعه

تخمین احتمال اصابت:

احتمال اصابت صاعقه به یک ساختمان عبارتست از حاصلضرب چگالی فلاشهای صاعقه در سطح موثر جمع کننده ساختمان، چگالی فلاشهای صاعقه "Ng" عبارتست از تعداد فلاشهایی که در سال در Km^2 به زمین برخورد می کنند و توسط محاسبات چگالی سالانه متوسط براساس مشاهدات چندساله تخمین زده می شود (نتیجه این تخمینها در شکل ۵ و جدول ۱ آورده شده است) سطح موثر جذب کننده یک ساختمان به طول L، عرض W و ارتفاع H (برحسب متر) برابر است با مساحت پلان ساختمان که در تمام جهات توسعه داده شده و برابر است با:

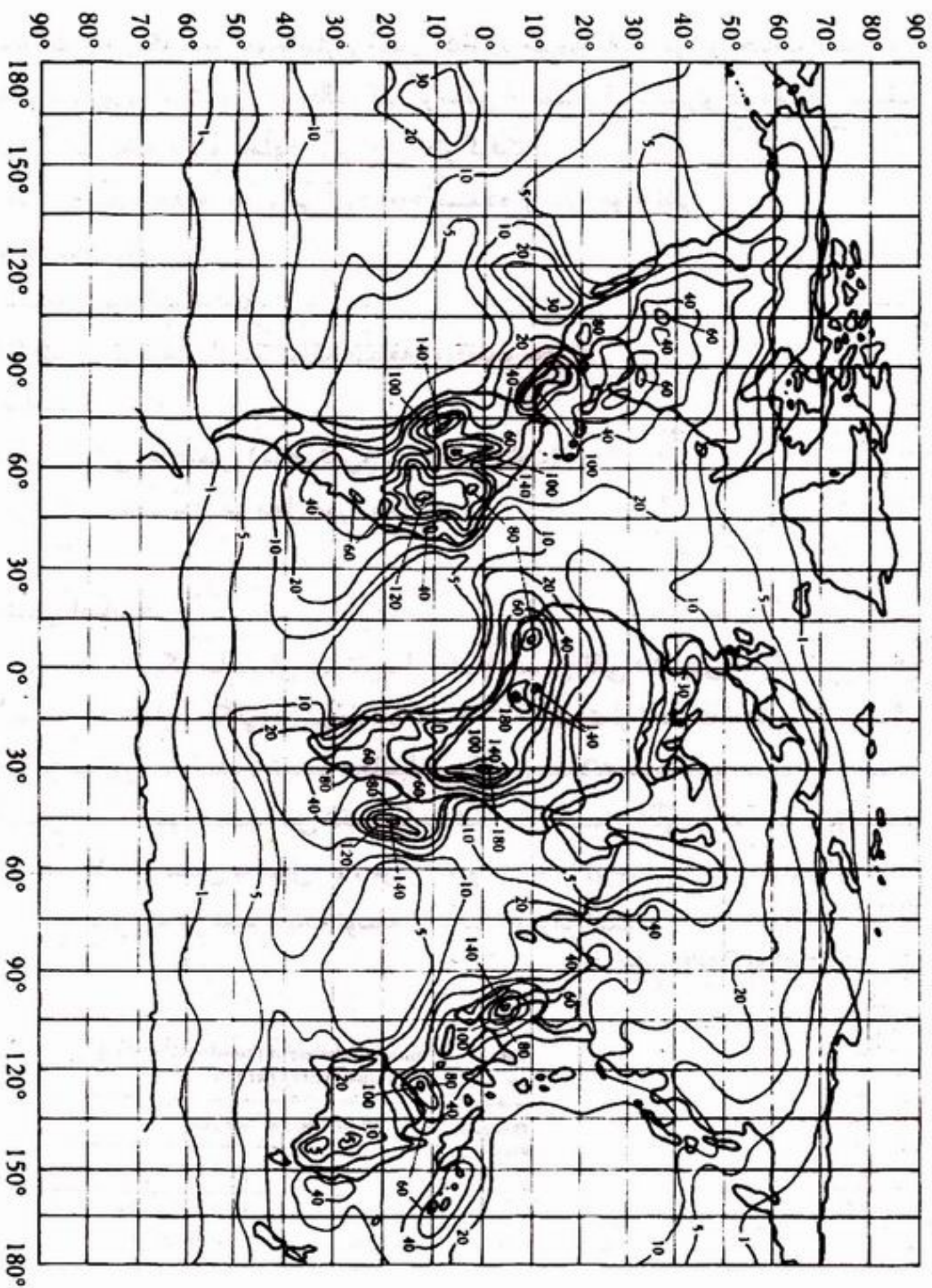
$$A_c = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2$$

Table 1. Relationship between thunderstorm days per year and lightning flashes per km^2 per year

Thunderstorm days per year	Flashes per km^2 per year	
	Mean	Limits
5	0.2	0.1 to 0.5
10	0.5	0.15 to 1
20	1.1	0.3 to 3
30	1.9	0.6 to 5
40	2.8	0.8 to 8
50	3.7	1.2 to 10
60	4.7	1.8 to 12
80	6.9	3 to 17
100	9.2	4 to 20

جدول (۱)

NOTE The data for this table has been extracted from information in Anderson, R.B. and Eriksson, A.J. (Conference internationale des grands reseaux electriques (CIGRE)) Lightning Parameters for Engineering Application. *Electra*, 1980, 69, 65-102.



NOTE: This map is based on information from the World Meteorological Organisation records for 1955.

شکل (۵)

تعداد ضربه‌هایی که در یک سال ممکن است به ساختمان برخورد کند.

$$P = A_c \times N_g \times 10^{-6}$$

با بدست آوردن مقدار P گام بعد اعمال ضرایب وزنی که براساس فاکتورهای ۱ تا ۵ (بند نیاز به حفاظت) براساس جداول زیر است (جداول ۲ تا ۶):

Table 2

Weighting factor A (use of structure)	
Use to which structure is put	Value of factor A
Houses and other buildings of comparable size	0.3
Houses and other buildings of comparable size with outside aerial	0.7
Factories, workshops and laboratories	1.0
Office blocks, hotels, blocks of flats and other residential buildings other than those included below	1.2
Places of assembly, e.g. churches, halls, theatres, museums, exhibitions, department stores, post offices, stations, airports and stadium structures	1.3
Schools, hospitals, children's and other Homes	1.7

Table 4

Weighting factor B (type of construction)	
Type of construction	Value of factor B
Steel framed encased with any roof other than metal*	0.2
Reinforced concrete with any roof other than metal	0.4
Steel frame encased or reinforced concrete with metal roof	0.8
Brick, plain concrete or masonry with any roof other than metal or thatch	1.0
Timber framed or clad with any roof other than metal or thatch	1.4
Brick, plain concrete, masonry, timber framed but with metal roofing	1.7
Any building with a thatched roof	2.0

*A structure of exposed metal which is continuous down to ground level is excluded from the table as it requires no lightning protection beyond adequate earthing arrangements.

Table 6

Weighting factor E (type of country)	
Type of country	Value of factor E
Flat country at any level	0.3
Hill country	1.0
Mountain country between 300m and 900m	1.3
Mountain country above 900m	1.7

Table 3

Weighting factor C (contents or consequential effects)	
Contents or consequential effects	Value of factor C
Ordinary domestic or office buildings, factories and workshops not containing valuable or specially susceptible contents	0.3
Industrial and agricultural buildings with specially susceptible* contents	0.8
Power stations, gas installations, telephone exchanges, radio stations	1.0
Key industrial plants, ancient monuments and historic buildings, museums, art galleries or other buildings with specially valuable contents	1.3
Schools, hospitals, children's and other Homes, places of assembly	1.7

*This means specially valuable plant or materials vulnerable to fire or the results of fire.

Table 5

Weighting factor D (degree of isolation)	
Degree of isolation	Value of factor D
Structure located in a large area of structures or trees of the same or greater height, e.g. in a large town or forest	0.4
Structure located in an area with few other structures or trees of similar height	1.0
Structure completely isolated or exceeding at least twice the height of surrounding structures of trees	2.0

جدول (۲-۶)

چنانچه فاکتور ریسک کلی ($P \times A \times B \times C \times D \times E$ = ضریب ریسک کلی) از مقدار ریسک قابل قبول (10^{-5}) بزرگتر باشد برای مثال 10^{-4} ، در بیشتر موارد سیستم حفاظت در نظر گرفته می‌شود.

محدوده حفاظت:

حجمی است که در آن هادی صاعقه با هدایت ضربه صاعقه به سمت خودش، حفاظت آن حجم را در مقابل برخورد مستقیم صاعقه تامین میکند. اندازه و شکل محدوده حفاظتی بسته به نوع سیستم پایانه هوایی و ارتفاع ساختمان تغییر میکند. برای تعیین محدوده حفاظت ساختمانهای بلند (بیش از ۲۰ متر) معمولاً از روش کره غلتان و برای ساختمانهای زیر ۲۰ متر، با زوایای حفاظتی 25° ، 30° ، 35° ، 45° ، 55° و 63° می‌توان محدوده حفاظتی را تعیین کرد (استانداردهای مختلف با توجه به سطح حفاظتی مورد نظر^۴ زوایای متفاوتی را توصیه میکنند).

مفهوم کره غلتان:

با توصیفی که در ابتدای مقاله ارائه شد منطقی است که فرض کنیم صاعقه به نقطه‌ای در زمین (یا در ساختمان) ختم می‌شود که علمدار بالا رونده در ابتدا از آنجا روانه می‌شود. این علمدار از نقاطی ساطع می‌شود که بیشترین شدت میدان الکتریکی در آنجا وجود دارد. محل بزرگترین شدت میدان روی زمین و ساختمانها نقاطی خواهد بود که به انتهای علمدار حمله قبل از آخرین گام نزدیکتر باشد. فاصله آخرین گام فاصله ضربه نامیده میشود و بوسیله میزان جریان صاعقه قابل تعیین است. برای مثال نقاطی از ساختمان که فاصله آنها از نوک علمدار حمله مساوی با فاصله ضربه است احتمال دریافت صاعقه در آنها مساوی بوده و بیشتر از نقاط دورتر خواهد بود. این فاصله اصابت به وسیله کره‌ای به شعاع فاصله ضربه قابل نمایش است. از آنجائیکه علمدار از هر جهتی می‌تواند نزدیک شود تمام زوایای ممکن برای نزدیک شدن آن با استفاده از یک کره تخیلی در تمام اطراف روی ساختمان که باید حفاظت شود تا روی زمین قابل شبیه‌سازی است. جایی که کره با ساختمان تماس پیدا میکند حفاظت صاعقه موردنیاز است. با همین استدلال قسمتهایی که کره غلطان و ساختمان تماس ندارند بنظر میرسد که محفوظ بوده و احتیاج به حفاظت نداشته باشند. (شکل ۶)

اجزای سیستم حفاظت صاعقه:

اجزاء اصلی یک سیستم حفاظت صاعقه به شرح ذیل است:

۱- ترمینالها یا پایانه‌های هوایی

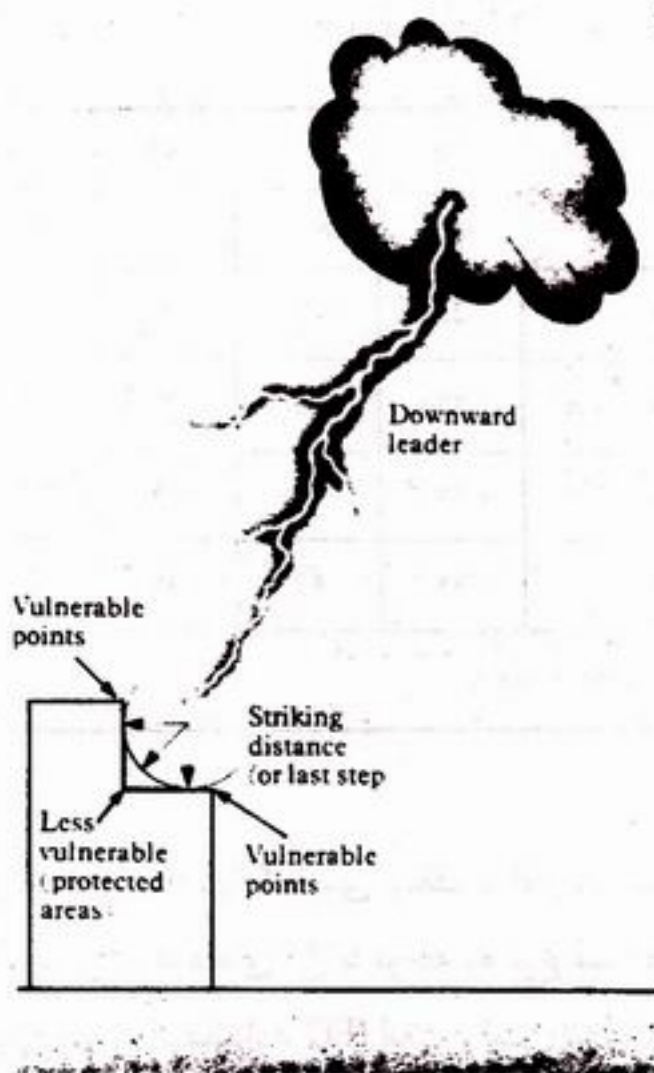
۲- هادیهای میانی

۳- اتصالات و بستها

۴- نقطه اتصال تست

۵- ترمینالها یا پایانه‌های زمینی

۶- الکترودهای زمین



شکل (۶)

توصیه‌هایی برای انواع گوناگون ترمینالهای هوایی در استانداردهای مختلف آمده است که از آن جمله می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱- هادیهای عمومی ساده (مشهور به میله فرانکلینی)

استفاده از این هادیها با شعاعهای حفاظتی متفاوت برحسب میزان حفاظت مورد نیاز برای ساختمان و ارتفاع ساختمان تعیین می‌شود برای مثال استاندارد بین‌المللی IEC زاویه حفاظت برای استفاده از میله ساده را براساس جدول ۷ توصیه میکند، استاندارد BS برای ساختمانهای تا ارتفاع ۲۰ متر بسته به تعداد این رادها زوایای حفاظتی ۳۰ و ۴۵ درجه و استاندارد NFPA زوایای ۴۵ یا ۶۳ درجه را پیشنهاد میکند. استفاده از میله ساده برقرگیر با شعاع حفاظتی محدود ساده‌ترین نوع حفاظت برای پایانه هوایی است که برای ساختمانهایی که کلاس حفاظتی پائینی را نیاز دارند و ارتفاع کمی دارند استفاده میشود. شایان ذکر است که درجه حفاظتی یک هادی صاعقه با کاهش زاویه حفاظت افزایش می‌یابد.

جدول (۷)

Protection level	h (m)		20	30	45	60	Mesh width (m)
	R (m)		$u^{(a)}$	$u^{(b)}$	$u^{(c)}$	$u^{(d)}$	
I	20		25	•	•	•	5
II	30		35	25	•	•	10
III	45		45	35	25	•	10
IV	60		55	45	35	25	20

* Rolling sphere and mesh only apply in these cases.

۲- قفس فارادی (شبكة مش)

این قفس شامل شبکه‌ای است از هادیها که روی سقف و اطراف ساختمان مورد حفاظت گسترده می‌شود. ابعاد این شبکه و سایز پنجره‌های آن با توجه به نوع ساختمان، ارتفاع آن و میزان حفاظت مورد نیاز تغییر میکند. برای مثال استاندارد IEC ابعاد این شبکه را براساس جدول ۷ پیشنهاد میکند و استاندارد BS ابعاد این مش را برای ساختمانهای معمولی با ارتفاع کمتر از ۲۰ متر (۱۰×۲۰m)، برای ساختمانهای خاص (حاوی مواد قابل اشتعال و انفجار (۱۰×۵m) و برای ساختمانهای بیش از ۲۰ متر ارتفاع شبکه بزرگتر و فشرده‌تری را پیشنهاد میکند. شبکه مش بدلیل پخش گسترده در تمام ساختمان و امکان جذب بسیار خوب صاعقه هم دشارژ صاعقه را آسانتر میکند و هم امکان تخلیه جانبی را کاهش میدهد.

۳- استفاده از ترکیب دو مورد ذکر شده فوق یعنی شبکه هادیهای عمودی و افقی جهت تامین حفاظت بالاتر در حالتی که ملاحظات خاص مورد نظر باشد توسط استاندارد BS توصیه می‌گردد. در این حالت ارتفاع رادها نباید کمتر از ۰/۳ متر باشد و باید در میان هادیهای مش به فواصل کمتر یا مساوی ۱۰ متر از یکدیگر قرار گیرند.

استاندارد برای ساختمانهای بیش از ۲۰ متر و هندسه پیچیده، روش کره غلتان را برای تعیین محل پایانه‌های هوایی پیشنهاد میکند.

۴- پایانه هوایی معلق (توصیه BS)

در ساختمانهایی که حاوی مواد قابل اشتعال یا انفجار می‌باشند، پایانه هوایی شامل یک سیم افقی متصل به دو هادی عمودی است. فاصله این هادی افقی تا سقف حداقل ۰/۳ متر توصیه می‌شود و زاویه حفاظتی اتخاذ شده نباید از ۳۰° بیشتر باشد. اگر دو یا چند هادی افقی موازی استفاده شود

فلزی یا بتون مسلح ساخته شده ممکن است نیازی به هادیهای اضافی نداشته باشد، چون فلزهای درون ساختمان به تنهایی شبکه طبیعی مناسبی با مسیرهای موازی به زمین پدید می‌آورند. سیستم هادیهای میانی باید تا جائیکه امکان داشته باشد مستقیماً از شبکه پایانه هوایی به شبکه پایانه زمینی وصل شود و باید بطور متقارن روی دیوارهای بیرونی ساختمان با شروع از گوشه‌ها نصب شود. در تمام موارد باید به مساله تخلیه جانبی و رعایت پیوستگی در سراسر سیستم توجه کامل شود. در سراسر مسیر هادیهای میانی بستهای لازم برای جلوگیری از تخلیه جانبی مطابق با استانداردهای لازم می‌باید بکار گرفته شود.

بستها و اتصالات:

بستها برای وصل کردن قطعات مختلف یک سیستم حفاظت صاعقه، با اشکال و ترکیبات مختلف بکار می‌روند ولی آنچه که باید در نصب اینگونه قطعات به آن توجه شود رعایت استانداردهای لازم برای حفظ پیوستگی سیستم و جلوگیری از خوردگی آنها است.

نقطه اتصال تست:

هر هادی میانی باید یک نقطه اتصال تست در محلی که برای تستها متداول است داشته باشد. همچنین صفحاتی که نشان دهنده موقعیت، تعداد و نوع الکترودهای زمین است باید در بالای هر نقطه اتصال برای تست نصب شود.

شبکه پایانه زمینی:

کل شبکه پایانه زمینی باید مقاومت کمتر از 10Ω بدون در نظر گرفتن اتصال به سرویسهای دیگر را داشته باشد. اگر مقدار بدست آمده برای مقاومت کل شبکه از 10Ω تجاوز نماید باید با اضافه کردن یا طولانی کردن الکترودها یا اتصال آنها به یک هادی مدفون در 0.6 متر زیرزمین که الکترودهای حلقوی زمین نامیده می‌شود مقاومت را کاهش داد. این الکترودهای حلقوی باید ترجیحاً زیر سرویسهای دیگر قرار گیرد. کاهش مقاومت زمین به زیر 10Ω باعث کاهش گرادیان پتانسیل در اطراف الکترودهای زمین هنگام تخلیه صاعقه خواهد بود. همچنین می‌تواند احتمال تخلیه جانبی را کاهش دهد.

روشهای جلوگیری از تخلیه جانبی:

همانطور که در قسمتهای قبل نیز به طور مشروح ذکر شد هرگونه عیب و نقص در سیستم حفاظت صاعقه و عدم پیوستگی آن می‌تواند باعث تخلیه جانبی و دشارژ جریان صاعقه از مسیرهای فلزی

فلزی یا بتون مسلح ساخته شده ممکن است نیازی به هادیهای اضافی نداشته باشد، چون فلزهای درون ساختمان به تنهایی شبکه طبیعی مناسبی با مسیرهای موازی به زمین پدید می‌آورند. سیستم هادیهای میانی باید تا جاییکه امکان داشته باشد مستقیماً از شبکه پایانه هوایی به شبکه پایانه زمینی وصل شود و باید بطور متقارن روی دیوارهای بیرونی ساختمان با شروع از گوشه‌ها نصب شود. در تمام موارد باید به مساله تخلیه جانبی و رعایت پیوستگی در سراسر سیستم توجه کامل شود. در سراسر مسیر هادیهای میانی بستهای لازم برای جلوگیری از تخلیه جانبی مطابق با استانداردهای لازم می‌باید بکار گرفته شود.

بستها و اتصالات:

بستها برای وصل کردن قطعات مختلف یک سیستم حفاظت صاعقه، با اشکال و ترکیبات مختلف بکار می‌روند ولی آنچه که باید در نصب اینگونه قطعات به آن توجه شود رعایت استانداردهای لازم برای حفظ پیوستگی سیستم و جلوگیری از خوردگی آنها است.

نقطه اتصال تست:

هر هادی میانی باید یک نقطه اتصال تست در محلی که برای تستها متداول است داشته باشد. همچنین صفحاتی که نشان دهنده موقعیت، تعداد و نوع الکترودهای زمین است باید در بالای هر نقطه اتصال برای تست نصب شود.

شبکه پایانه زمینی:

کل شبکه پایانه زمینی باید مقاومت کمتر از $10\ \Omega$ بدون در نظر گرفتن اتصال به سرویسهای دیگر را داشته باشد. اگر مقدار بدست آمده برای مقاومت کل شبکه از $10\ \Omega$ تجاوز نماید باید با اضافه کردن یا طولانی کردن الکترودها یا اتصال آنها به یک هادی مدفون در 0.6 متر زیر زمین که الکترودهای حلقوی زمین نامیده می‌شود مقاومت را کاهش داد. این الکترودهای حلقوی باید ترجیحاً زیر سرویسهای دیگر قرار گیرد. کاهش مقاومت زمین به زیر $10\ \Omega$ باعث کاهش گرادیان پتانسیل در اطراف الکترودهای زمین هنگام تخلیه صاعقه خواهد بود. همچنین می‌تواند احتمال تخلیه جانبی را کاهش دهد.

روشهای جلوگیری از تخلیه جانبی:

همانطور که در قسمتهای قبل نیز به طور مشروح ذکر شد هرگونه عیب و نقص در سیستم حفاظت صاعقه و عدم پیوستگی آن می‌تواند باعث تخلیه جانبی و دشارژ جریان صاعقه از مسیرهای فلزی

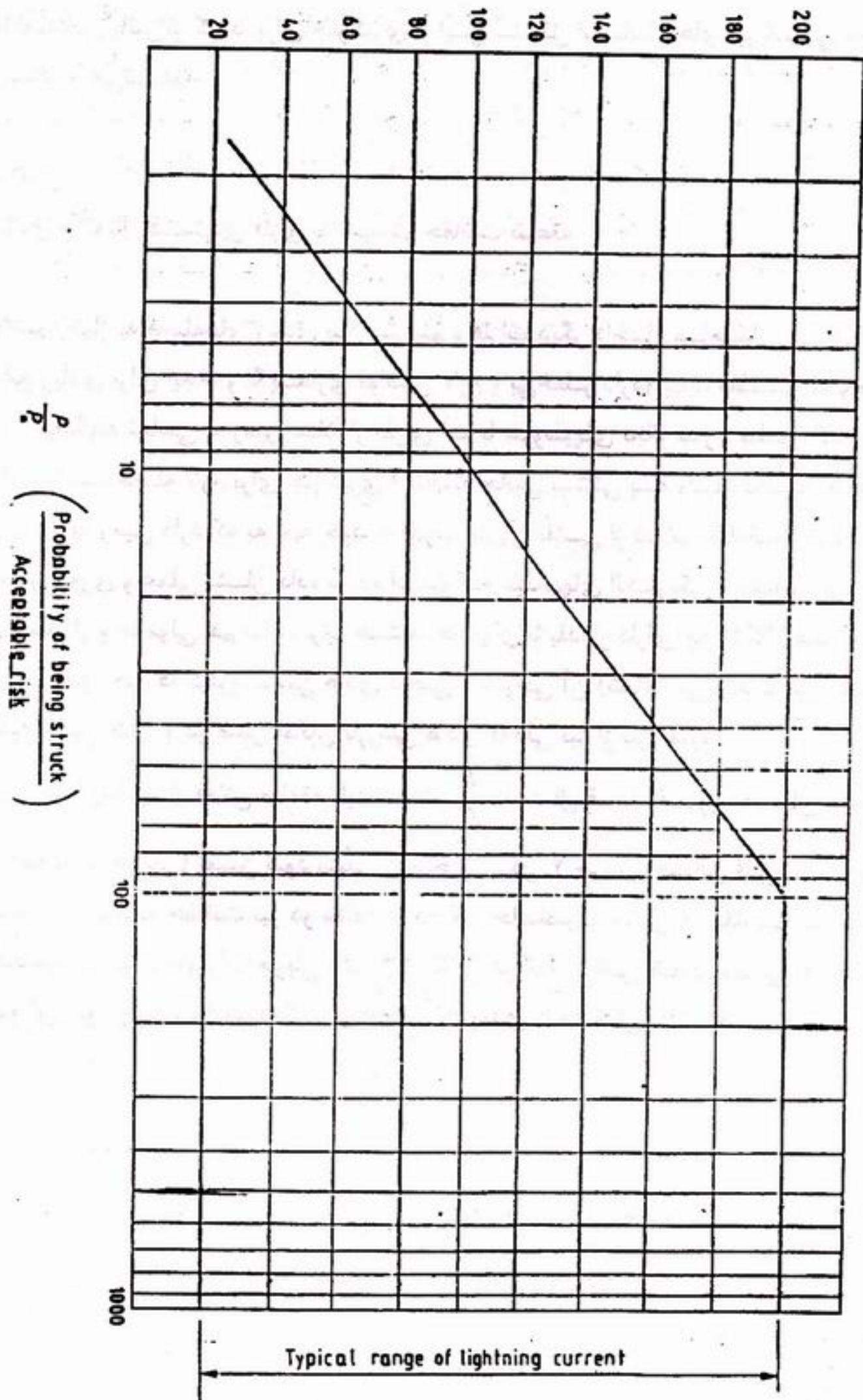
مجاور با امیدانس پائین تر گردد. برای جلوگیری از این مشکل استانداردهای بین‌المللی دو روش ذیل را پیشنهاد می‌نمایند:

۱- ایزولاسیون

۲- هم‌بندی و اتصال قسمت‌های فلزی به سیستم حفاظت صاعقه

در ایزولاسیون نیاز به فاصله‌های زیادی بین سیستم و فلزات دیگر داخل ساختمان می‌باشد این روش موانع زیادی برای ایجاد و نگهداری فواصل لازم و بی‌خطر دارد و باید مطمئن شویم فلز ایزوله شده هیچگونه تماسی به زمین مثلاً از طریق آب یا سروسپه‌های دیگر ندارد. بطور کلی روش دوم متداولتر است. فاصله لازم برای جلوگیری از تخلیه جانبی بستگی به ولتاژ تحمیل شده به سیستم نسبت به زمین دارد که به نوبه خود به قدرت جریان ناشی از فلاش صاعقه ارتباط پیدا میکند. بطور تئوری و عملی نشان داده شده است که میدانهای الکتریکی و مغناطیسی برای هادیهای شیلددار و معمولی هم سائز، برابر هستند. هادیهای شیلددار دارای این اشکال هستند که پتانسیلی در حدود هزارها کیلوولت بین هادی داخلی و خارجی آن (شیلد) می‌تواند بروز کند که باعث تخلیه جانبی شده و در ضمن امکان بازرسی هادی داخلی نیز از بین می‌رود.

برای تعیین جریان ناشی از فلاش صاعقه باید نسبت $\frac{P}{P_0}$ (احتمال قابل قبول / احتمال تخمینی اصابت صاعقه به ساختمان) تعیین شود سپس از منحنی شکل ۷ جریان احتمالی قابل تعیین است. ولتاژ تحمیلی به سیستم حفاظت نیز دو مؤلفه دارد: یکی حاصلضرب جریان در مقاومت تا زمین و دیگری حاصلضرب شیب تغییرات جریان نسبت به زمان در اندوکتانس هادی میانی. در بدترین حالت جمع این دو مؤلفه ولتاژ موردنیاز برای محاسبات بعدی را مشخص می‌نماید.



شکل (۷)

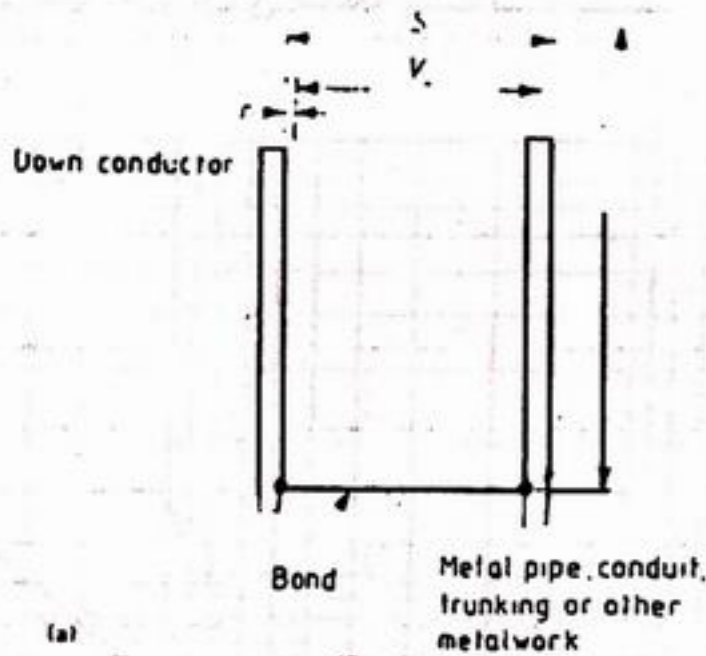
نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

تعیین ولتاژهای القایی بین هادی صاعقه و فلزکاری‌های مجاور: در عمل ولتاژهای القایی در حلقه متشکل از هادی میانی و فلز مجاور آن بروز میکنند که میتوان گفت کوپلاژ با سلف اندوکتانس (L) منهای اندوکتانس متقابل (M) نسبت به این فلزات مجاور ایجاد میشود. این مقدار (L-M) اندرکتانس انتقالی نامیده میشود و در محاسبات ولتاژی که به این صورت ایجاد می‌شود، جایگزین سلف اندوکتانس می‌شود. این ولتاژ به صورت زیر قابل محاسبه است:

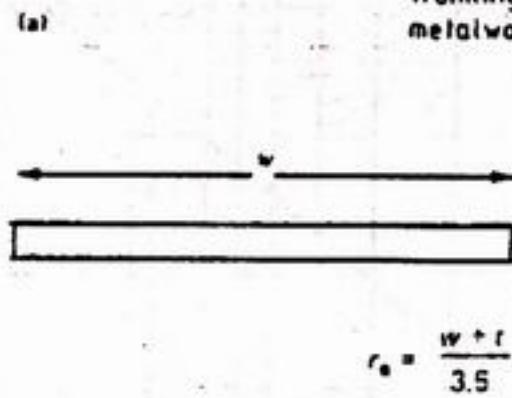
برای یک هادی صاعقه با سطح مقطع دایره‌ای شکل به شعاع r (برحسب متر) که با فاصله S از فلزات عمودی دیگر قرار گرفته است در شکل λa اندوکتانس انتقالی M_T برحسب $\mu H/m$ از رابطه

$$M_T = 0.46 \log_{10} \frac{S}{r}$$

زیر بدست می‌آید:



شکل (۸a)



شکل (۸b)

برای هادیهای میانی که سطح مقطع آنها دایره نیست شعاع موثر مورد نظر می‌باشد و محاسبه می‌گردد شکل λb برای مثال یک نوار با ابعاد $w \times t$ از معادله زیر بدست می‌آید:

$$re = \frac{w+t}{3.5}$$

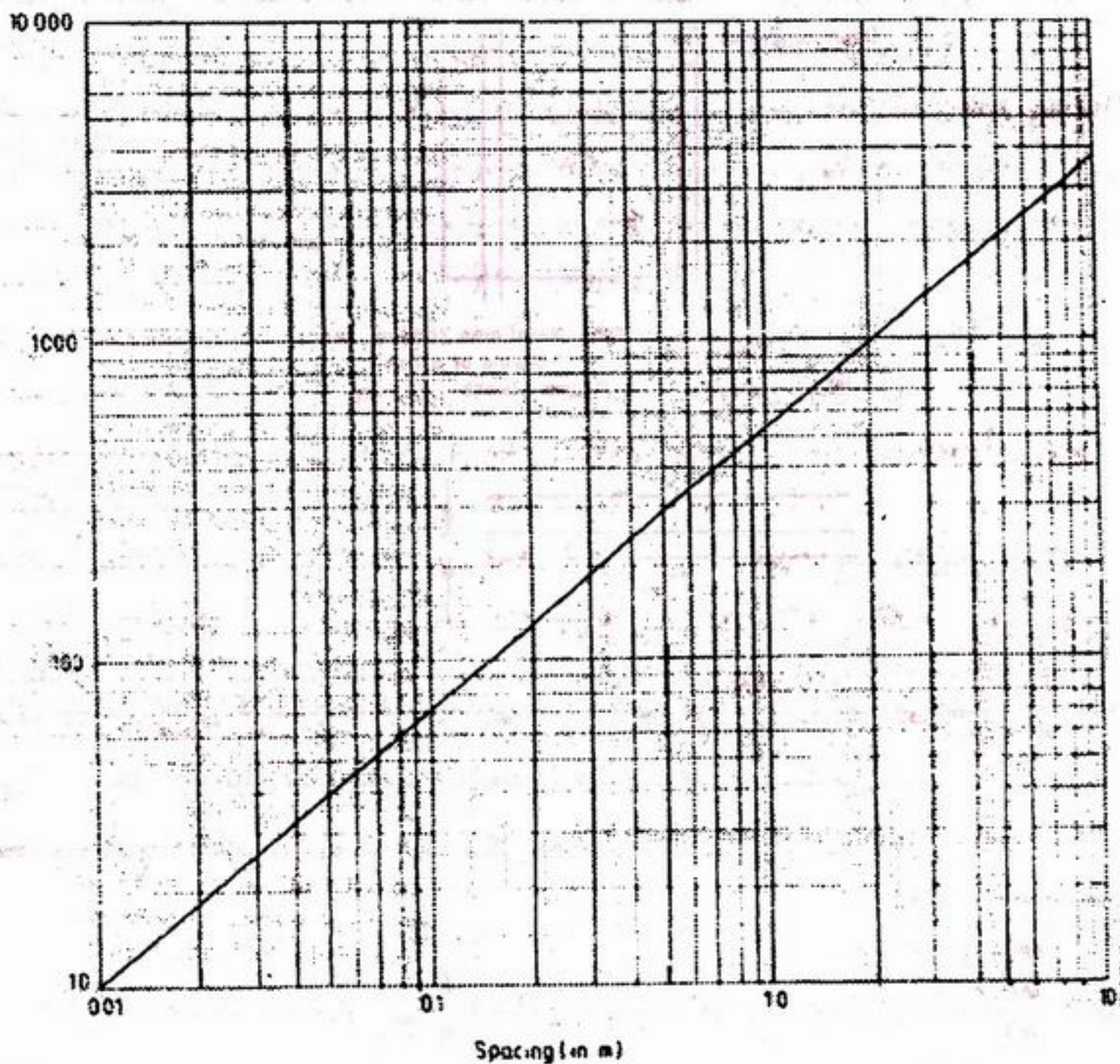
محاسبه M_T ولتاژ القایی V_L که در حلقه شکل λa نشان داده شده برابر است با:

$$V_L = \left(\frac{di}{dt} \right)_{\max} \frac{LM_T}{n}$$

که L طول حلقه برحسب متر، $\left(\frac{di}{dt} \right)_{\max}$ ماکزیمم شیب تغییرات جریان برحسب $\frac{KA}{\mu S}$ یعنی

$$200 \frac{KA}{\mu S} \text{ (به بند جریان در یک ضربه صاعقه رجوع نمائید).}$$

n تعداد هادیهای میانی است که جریان صاعقه بین آنها بطور مساوی تقسیم می شود و s فاصله نزدیکترین هادی خواهد بود. با توجه به شکل ۹ فاصله ای که منجر به تخلیه جانبی خواهد شد مشخص می گردد. چنانچه فاصله سازه تا هادی میانی کمتر از مقدار بدست آمده از شکل باشد، باید برای ایمنی به هادی صاعقه وصل شود. در ساختمانهای مربع یا چهار ضلعی با بیش از چهار هادی میانی، هادیهای گوشه سهم جریانی بیشتری از خود عبور میدهند. بنابراین ضریب ۳۰٪ باید به ولتاژ بدست آمده در گوشهها اضافه شود. متقابلاً در نقاط مرکزی ساختمان که هادیهای میانی زیادی دارد یعنی هادیهای میانی دور از گوشهها مقدار $\left(\frac{di}{dt}\right)$ تقریباً با یک ضریب ۳۰٪ کوچکتر از مقداری است که با تعداد هادیهای میانی به دست می آید و احتمال تخلیه جانبی کمتر است، با فرض اینکه کلیه سرویسها به هادیهای صاعقه بسته شده باشند.



شکل (۹)

- در یک سیستم ملاحظات بسیاری مطرح است که برخی از آنها به شرح ذیل می‌باشند:
- سیستم حفاظت صاعقه باید هر ۱۲ ماه یکبار یا ترجیحاً در فواصل کوتاه‌تر، هنگام تغییر فصلها تست شود تا از پیوستگی بین اجزاء آن اطمینان حاصل گردد.
 - معمولاً بعد از هر اصابت صاعقه می‌باید یک بازدید کلی از تمامی اجزای سیستم بعمل آید، قطعات آسیب دیده تعویض گردد و تست مجددی برای اطمینان از سلامتی سیستم و مقاومت زمین مناسب انجام شود.
 - جدا از سیستم حفاظت صاعقه برای ساختمان، کامپیوترها یا تجهیزات الکترونیکی حساس در ساختمان نیاز به حفاظت ثانویه مربوط به خودشان دارند که این می‌تواند توسط نصب یک وسیله حفاظت surge مناسب انجام شود. اگر این تجهیزات بطور صحیح طراحی و نصب شوند این تجهیزات حساس را حفاظت خواهند کرد.
 - جنس مواد قابل استفاده در سیستم حفاظت صاعقه می‌تواند هر یک از مواد آلومینیوم، مس، آلیاژهای مس، فولاد آبکاری شده و یا مواد مشابه با قابلیت رسانایی بالا باشد اما آنچه که در انتخاب این مواد بسیار مهم است مقاومت آنها در برابر خوردگی است. معمولاً مس و آلومینیوم برای تاسیساتی که نیاز به عمر طولانی دارند و فولاد آبکاری شده برای تاسیسات کوتاه‌مدت پیشنهاد می‌شود، گاهی در انتخاب جنس هادیها ملاحظات دیگری مثل تناسب با رنگ ساختمان از نظر زیبایی نما نیز در نظر گرفته می‌شود.
 - در انتخاب جنس اجزای مختلف سیستم حفاظت صاعقه باید سعی شود که از موادی با یک جنس استفاده شود تا احتمال خوردگی در اثر مجاورت دو فلز مجاور کاهش یابد.
 - هرگونه پوششی که به عنوان عایق عمل کند راندمان سیستم را کاهش میدهد. اگر برای جلوگیری از خوردگی پوششی لازم است بهتر است از PVC استفاده گردد.
 - انتخاب اتصالات بسته به نوع کاربرد آن دارد. اتصالات پیچی برای fitting به همان اندازه‌ای که کلمپها در جایی که هادیها باید برای تست بازرسی شوند مناسب هستند اتصالات جوشی^۱ برای اتصالات زیرزمینی ایده‌آل هستند اما در نهایت عواملی که در تعیین کیفیت اتصالات نقش دارند ظرفیت عبور جریان بالا، قابلیت اطمینان، مقاومت الکتریکی پائین و استحکام مکانیکی است.

مراجع و منابع:

1. BS 6651
2. NFPA 780
3. IEC 1024-1
4. IEC 1024-1-1
5. Handbook of Lightning protection system (furse)

1- Thermit weld

توربین‌های انبساطی

از: مهندس غلامرضا آقابالازاده

چکیده:

در این مقاله نحوه کاربرد توربین‌های انبساطی جهت بازیافت انرژی و تولید سرمایه‌های مورد بحث قرار خواهد گرفت. همچنین فرآیند از نظر ترمودینامیکی بررسی شده و پارامترهای موثر در توربین بیان شده است.

کلمات کلیدی:

توربین‌های انبساطی (Turbo Expander, Expansion Turbine)، بازیافت انرژی (Energy Recovery)، فرآیند آیزونتروپیک (Isentropic process)، فرآیند سرمایه‌های (Cryogenic process).

مقدمه:

مدتهاست که بشر از انرژی‌های موجود و قابل استفاده که مهمترین آنها انرژی فسیلی است بهره‌مند شده است. تا چند دهه اخیر این انرژی‌ها چنان ارزان بدست می‌آمد که استفاده بهینه و بازیافت آن چندان مورد توجه قرار نمی‌گرفت، ولی امروزه با بروز بحران انرژی و احساس خطر از به پایان رسیدن منابع انرژی فسیلی مسائل مربوط به بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و مصرف انرژی مورد توجه جدی قرار گرفته است. در این راستا سه نوع عملکرد را میتوان تشخیص داد:

- پیدا کردن منابع جدید انرژی نظیر انرژی خورشیدی (Solar Energy) و زمین گرمائی (Geothermal)
- اصلاح روشهای موجود تولید انرژی
- بازیافت انرژی‌های تلف شده

در مقاله حاضر بازیافت انرژی با استفاده از توربین‌های انبساطی بررسی گردیده است.

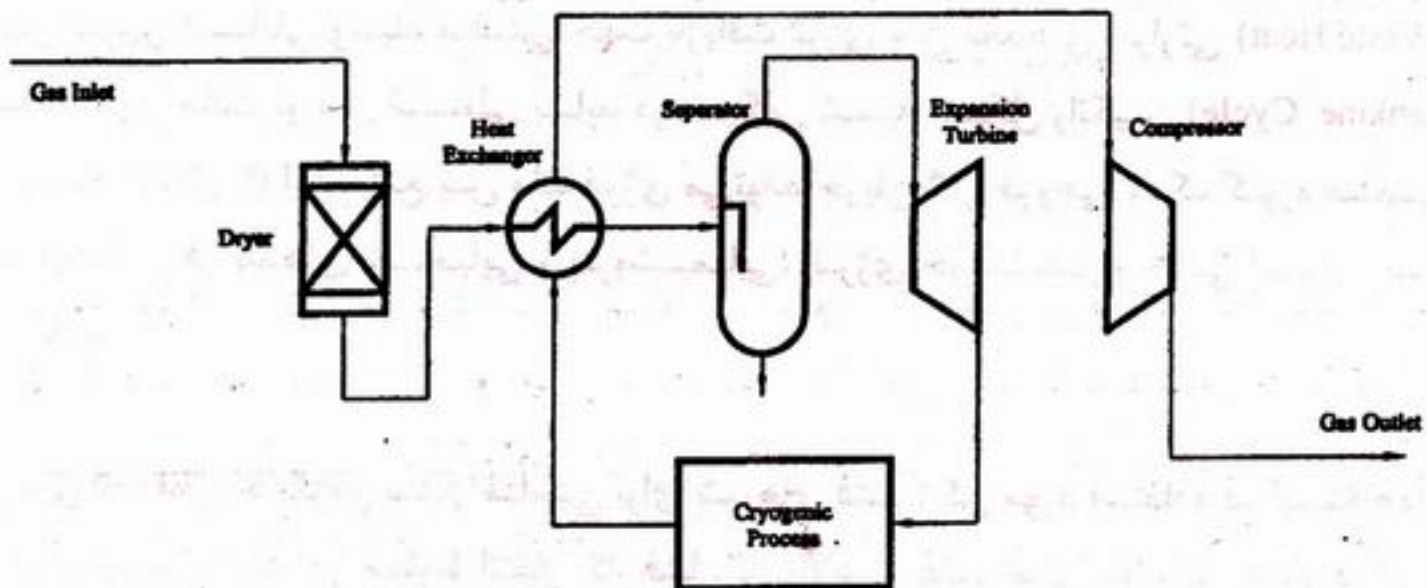
توربین‌های انبساطی و کاربرد آن:

توربین انبساطی وسیله‌ای است جهت تبدیل انرژی فشار یک جریان گاز یا بخار به کار مکانیکی که نتیجه آن انبساط گاز است. از آنجا که هر توربین نظیر توربین بخار (Steam Turbine) وظیفه انبساط سیال مربوطه و تولید انرژی را بعهده دارد می‌توان به آنها نیز این لفظ را اطلاق نمود ولی معمولاً توربین‌های انبساطی شامل توربین‌های بخار و توربین‌های گازی (Combustion Gas Turbine) نمی‌شود و فقط به توربین‌هایی که در مسیر سایر جریان‌های تحت

فشار قرار داده می‌شود اطلاق می‌گردد. انرژی مکانیکی تولید شده توسط توربین‌های انبساطی معمولاً به دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- سرمایه‌ش:

از آنجا که انبساط یک گاز با کاهش آنتالپی و در نتیجه کاهش دمای آن همراه است می‌توان جهت سرمایه‌ش از توربین‌های انبساطی استفاده کرد. سرمایه‌ش حاصل را می‌توان برای سیستم تهویه ساختمانها (Air Conditioning)، با قرار دادن یک مدول حرارتی در مسیر گاز سرد و تهیه آب خنک (Chilled Water) جدا کردن مواد قابل کندانس (Condensable) از جریانهای گاز و مایع کردن گازها بکار برد. در شکل (۱) بطور شماتیک فرآیند سرمایه‌ش توسط توربین انبساطی به منظور جدا کردن مواد قابل کندانس نشان داده شده است.

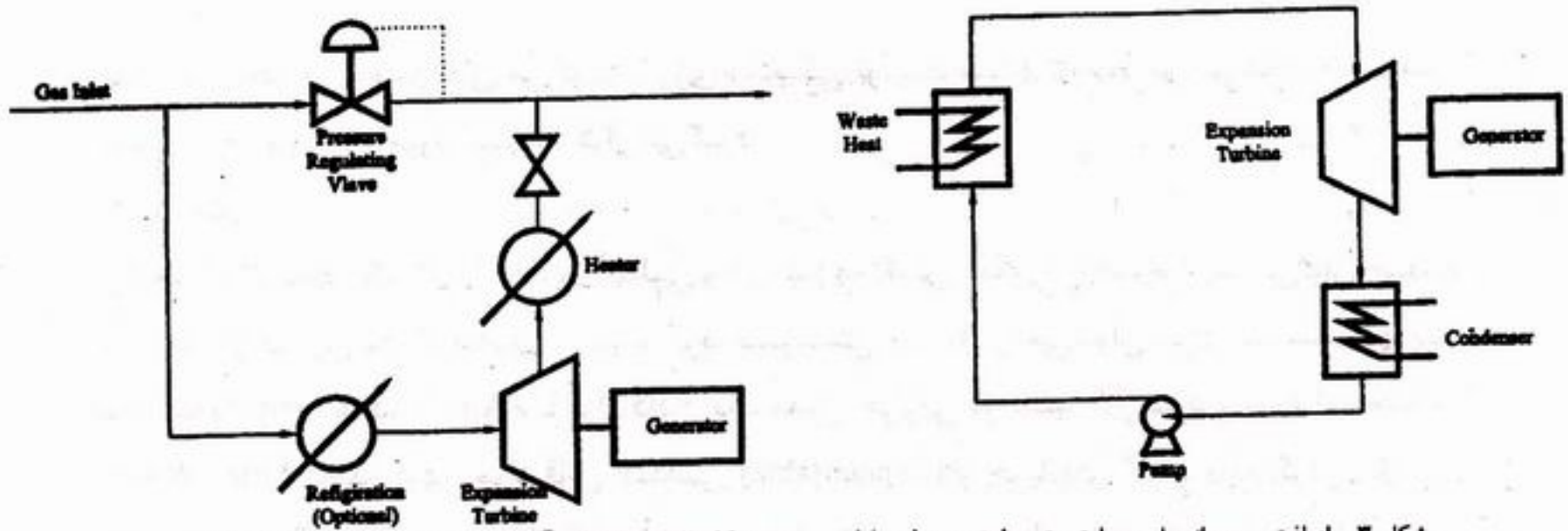


شکل ۱- فرآیند سرمایه‌ش به منظور جدا کردن مواد قابل کندانس

در این فرآیند گاز ورودی ابتدا خشک شده و سپس سرد می‌شود. این سرمایه‌ش معمولاً با کندانس شدن بخشی از مواد موجود همراه است. این مایعات در یک جدا کننده، جدا شده و گاز خشک حاصل توسط توربین انبساطی منبسط می‌شود و با کاهش دمای گاز مواد قابل کندانس به مایع تبدیل می‌شود. از سرمایه‌ش حاصل می‌توان در یک فرآیند سرمایه‌ش استفاده کرد. گاز سرد نهایی در صورت نیاز در انتها توسط یک کمپرسور تا فشار مورد نظر متراکم می‌گردد.

- بازیافت انرژی:

با قرار دادن توربین انبساطی در مسیر جریانهای گاز تحت فشار نظیر Fuel Gas, Waste Gas, Purge Gas و ... می‌توان انرژی فشاری موجود در این جریانها را بازیافت نمود. جریانی که دارای دما و فشار بالا باشد منبع مناسبی برای بازیافت انرژی توسط توربین انبساطی است. شکل (۲) یک نمونه از فرآیندهای بازیافت انرژی را نشان می‌دهد که در آن توربین انبساطی در مسیر یک جریان گاز تحت فشار قرار داده شده است.



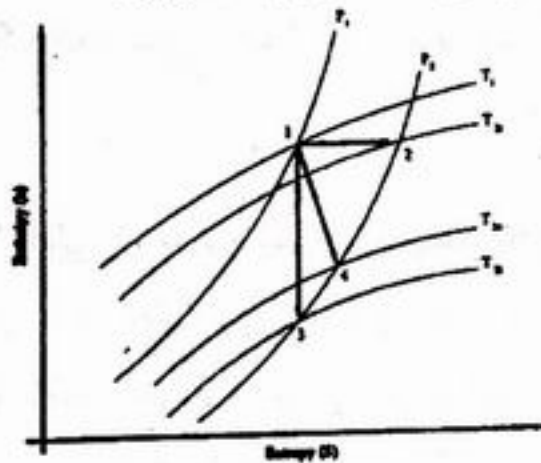
شکل ۲- توربین انبساطی در مسیر یک جریان فشار بالا
شکل ۳- بازیافت پس ماندهای حرارتی توسط توربین انبساطی

همچنین توربین انبساطی وسیله مناسبی جهت بازیافت انرژی پس ماندهای حرارتی (Waste Heat) می باشد. در این حالت توربین انبساطی باید در سیکلی شبیه سیکل رانکین (Rankine Cycle) استفاده شود (شکل ۳) این منبع پس ماند انرژی می تواند جریان گاز خروجی یک کوره صنعتی، بخارات حاصل از فرآیندهای شیمیایی و پتروشیمیایی، انرژی خورشیدی و حتی انرژی زمین گرمایی باشد.

توربین های انبساطی جایگزین بسیار مناسبی برای شیرهای فشارشکن مورد استفاده در ایستگاههای تقلیل فشار نیز می باشند. در خطوط انتقال گاز فشار گاز بالاست. علت اصلی بالا بودن فشار در این خطوط این است که بتوان گاز را توسط لوله های با قطر کمتر منتقل نمود. این فشار معمولاً خیلی بالاتر از فشار مورد نیاز در محل مصرف است. در حال حاضر کاهش فشار گاز توسط شیرهای فشارشکن (Throttling valves) انجام می شود. در صورت جایگزینی این شیرها با توربین های انبساطی، انرژی فشاری موجود در گاز قابل بازیافت خواهد بود.

ترمودینامیک فرآیند:

فرآیند انبساط یک گاز توسط توربین انبساطی را میتوان با استفاده از نمودار مولیر (شکل ۴) تشریح کرد.



شکل ۴- مسیر فرآیند انبساط روی نمودار مولیر

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

با فرض اینکه شرایط اولیه گاز دمای T_1 و فشار P_1 باشد کاهش فشار آن تا P_2 توسط یک شیرفشارشکن مسیر ۱-۲ را که یک فرآیند آنتالپی ثابت است طی خواهد کرد. همانطور که مشاهده می شود این مسیر همراه با کاهش دمای گاز به مقدار کم می باشد. این کاهش دما حدود 0.5°C به ازای هر ۱ Bar افت فشار است. از آنجا که در این فرآیند آنتالپی گاز خروجی با گاز ورودی یکسان است انرژی تولید نخواهد شد.

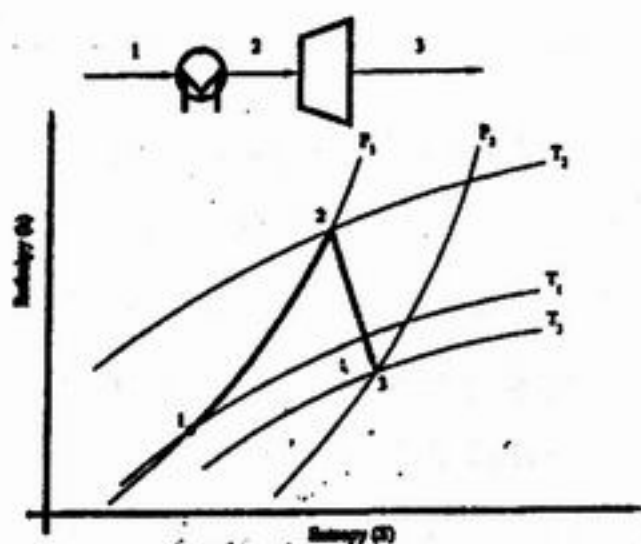
انبساط گاز از همین شرایط اولیه به فشار P_2 توسط یک توربین انبساطی در حالت ایده آل مسیر ۱-۳ را که فرآیند آنتروپی ثابت یا آیزونتروپیک است طی خواهد کرد. همانطور که ملاحظه می شود این فرآیند باعث کاهش شدید دما می شود. همچنین همانطور که از شکل استنباط می شود در این فرآیند آنتالپی گاز خروجی کمتر از گاز ورودی است و این اختلاف آنتالپی همان انرژی بازیافت شده در حالت ایده آل می باشد. در عمل یک توربین انبساطی را بعلافت های موجود نمی توان کاملاً ایده آل در نظر گرفت و در نتیجه یک توربین انبساطی نمی تواند کاملاً در مسیر فرآیند آیزونتروپیک حرکت کند و به جای آن مسیر ۱-۴ طی خواهد شد. در این حالت بازده توربین بصورت زیر قابل تعریف است:

$$\xi_T = \frac{h_1 - h_4}{h_1 - h_3}$$

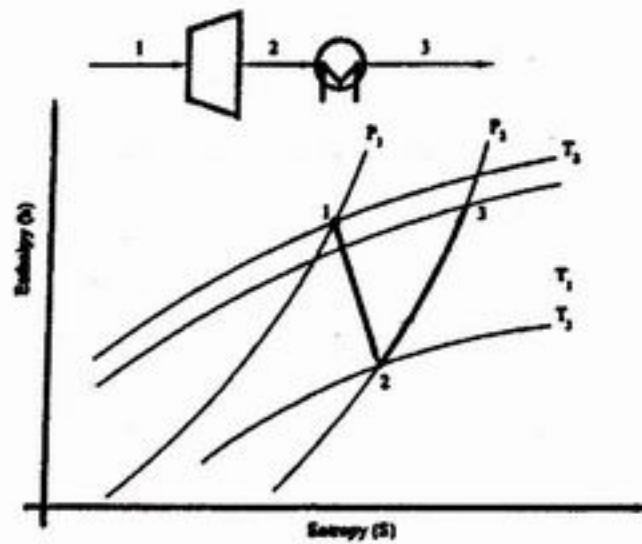
که h_i نشان دهنده آنتالپی به ازای واحد جرم در نقطه i می باشد توان تولید شده در این فرآیند نیز بصورت زیر محاسبه می شود:

$$P = \dot{m}(h_1 - h_4) = \dot{m}\xi_T(h_1 - h_3)$$

که \dot{m} شدت جریان جرمی گاز می باشد. همانطور که بیان شد دمای گاز خروجی از توربین به شدت کاهش می یابد. این کاهش دما حدود $2-8^\circ\text{C}$ به ازای هر ۱ Bar کاهش فشار است. در صورتی که دمای خروجی جهت مصرف نهایی مناسب نباشد باید توسط یکی از دو روش زیر آنرا افزایش داد:



شکل ۵- گرمایش گاز قبل از توربین انبساطی



شکل ۶- گرمایش گاز بعد از توربین انبساطی

بازده حرارتی کل سیستم در این حالت بصورت زیر قابل محاسبه است:

$$\xi_p = \frac{\text{Recovered Energy}}{\text{Consumed Heat}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad \text{برای شکل ۵}$$

$$\xi_p = \frac{\text{Recovered Energy}}{\text{Consumed Heat}} = \frac{h_1 - h_2}{h_3 - h_2} \quad \text{برای شکل ۶}$$

معمولاً فرآیندها طوری طراحی می‌شوند که آنتالپی گاز ورودی و خروجی سیستم نزدیک بهم باشد. بنابراین بازده فوق نزدیک ۱۰۰٪ خواهد بود. یعنی انرژی بازیافت شده تقریباً برابر گرمای داده شده به سیستم خواهد بود.

ساختار توربین‌های انبساطی:

از نظر طراحی اساساً دو نوع طراحی در توربین وجود دارد:

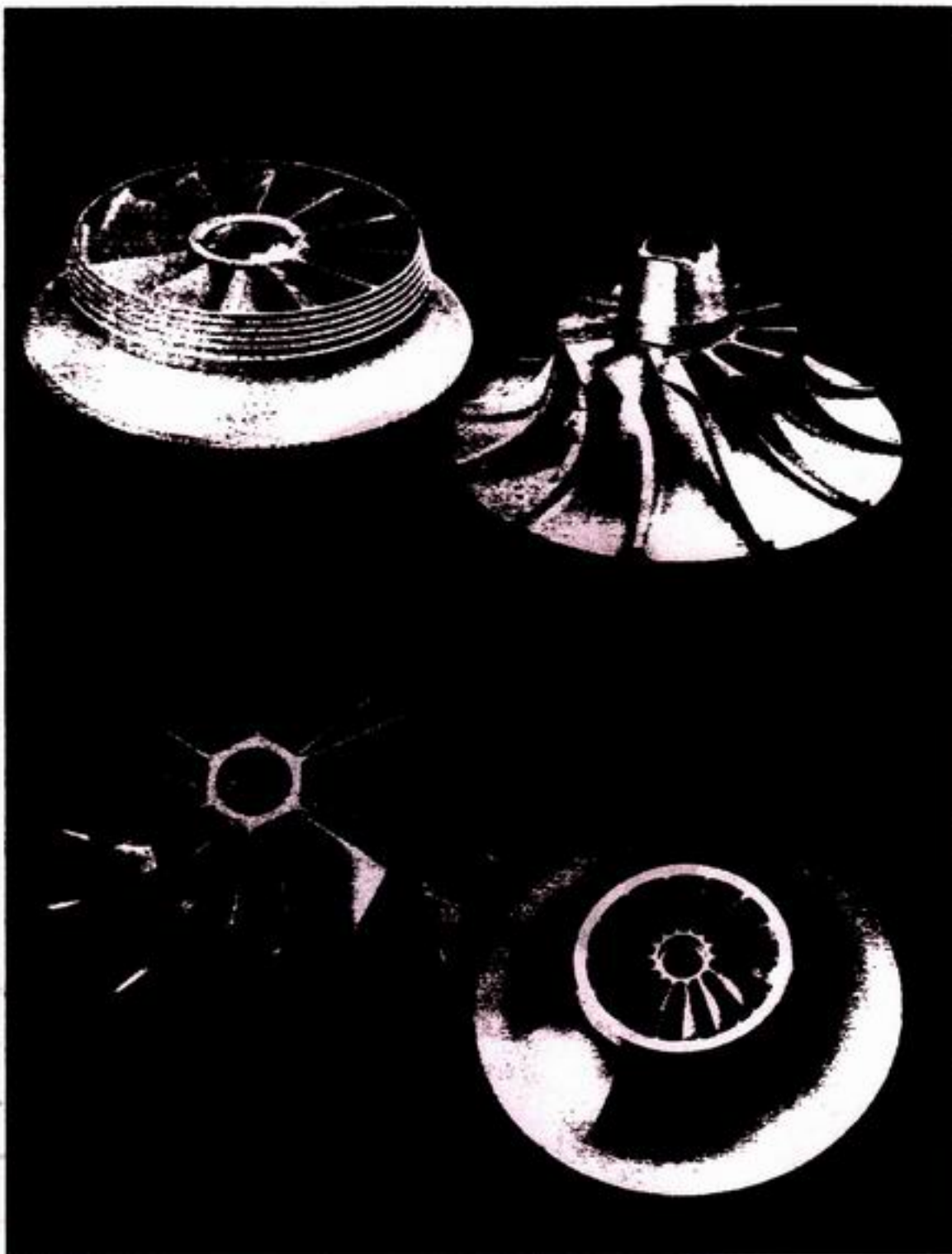
- توربین‌های ضربه‌ای (Impulse) در این نوع توربین، توان حاصله نیروی وارده از طرف سیال به پره‌های توربین است.
- توربین‌های عکس‌العملی (Reaction) در این نوع توربین توان حاصله، نتیجه عکس‌العمل خروج سیال از بین پره‌ها است.

معمولاً توربین‌های انبساطی ترکیبی از این دو طرح یعنی Impulse- Reaction هستند. از نظر ساخت، توربین‌های انبساطی به دو نوع دسته‌بندی می‌شوند.

- توربین‌های جریان محوری (Axial Flow) که جریان سیال به موازات محور توربین است.
- توربین‌های جریان ورودی شعاعی (Radial Inflow) که جریان سیال از محیط به طرف مرکز توربین است.

از بین این دو نوع، نوع دوم به خاطر داشتن مزیت‌های زیر بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- بازده بالا حدود ۷۵-۸۸٪
 - قابلیت استفاده در دمای خیلی پائین
 - قابلیت استفاده در مسیر جریانهای کوچک
 - قابلیت اطمینان بالا (High Reliability)
- شکل ۷ پره این نوع توربین‌ها را نشان میدهد.



شکل ۷- انواع مختلف پره توربین انبساطی *Reaction nozzles*

محدوده عملکرد این نوع توربین‌ها افت آنتالپی در حدود $93-116.3 \text{ kJ/kg}$ در هر مرحله توربین و سرعت نوک پره حدود 304.8 m/s است. توربین‌های صنعتی موجود قابل استفاده در فشار ورودی بالاتر تا 3000 psia و دمای ورودی بالا تا 538°C می‌باشند.

در این نوع توربین‌ها میتوان از نازل‌های متغیر (Variable primary nozzles) استفاده کرد که این طرح، استفاده از توربین را در محدوده گسترده‌ای از شدت جریان امکان‌پذیر می‌کند. جریان تحت فشار توسط این نازل‌ها به طرف روتور (rotor) هدایت می‌شود. (شکل ۸) این نازل‌ها که از یک سری صفحات متحرک تشکیل شده‌اند می‌توانند حرکت کرده و در نتیجه سطح مقطع جریان را تغییر

دهند. بدین ترتیب توربین می‌تواند در محدوده متغیر جریان کار کند. از نقطه نظر کنترلی این نازل‌های متغیر مثل شیر فشارشکن عمل کرده و جریان گاز را کنترل می‌کنند.



شکل ۸- نازل‌های متغیر توربین

عملیات و نگهداری توربین‌های انبساطی:

اگر طی عملیات توربین، ذرات جامد وارد آن شود نیروی گریز از مرکز تولید شده باعث بروز سایش (Erosion) شده و به توربین صدمات شدیدی وارد خواهد شد. برای کاهش این نوع صدمات در مسیر بالادست جریان از صافی‌های با اندازه حدود 60-80mesh می‌توان استفاده کرد. افت فشار صافی باید بدقت کنترل شده و تحت نظر باشد.

حس‌کننده‌های غیرتماسی لرزشی (Noncontacting Shaft Vibration Equipment) برای این نوع توربین بسیار مفید است. لرزش توربین باید بدقت بررسی شود. این اطلاعات جهت ارزیابی عملکرد توربین مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشابه سایر تجهیزات با سرعت دوران بالا، توربین‌های انبساطی باید از نظر تمیزی و کیفیت روغن روان‌کننده آن بدقت کنترل شود و معمولاً نمونه‌گیری منظم و آنالیز نمونه جهت مشخص کردن مقدار آلودگی‌های روغن روان‌کننده توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری:

توربین انبساطی وسیله‌ای مفید و قابل اطمینان جهت بازیافت انرژی در فرآیندهای مختلف است. در ایران، ایستگاههای تقلیل فشار گاز نیروگاهها محل مناسبی برای نصب توربین‌های انبساطی بوده و به دلایل زیر استفاده از این توربین‌ها توصیه می‌شود:

با توجه به اینکه نیاز کشور به انرژی الکتریکی در حال افزایش بوده و در عین حال دارای منابع عظیم گاز طبیعی می‌باشد، به دلیل میزان مصرف بالای گاز در نیروگاهها، باید توربین‌های با سایز بزرگتر در نیروگاهها بکار رود و در نتیجه سرمایه لازم جهت هر kw انرژی حاصله، کمتر خواهد بود (Low Specific Investment). باید توجه داشت که نیروگاهها به دلیل اینکه بطور دائم در حال کار هستند دارای ضریب بار (Load Factor) بالایی می‌باشند.

منابع:

1. Robert H.Perry, Don W. Green, Perry's chemical Engineering Handbook, 7'th Edition, McGraw Hill Co, 1997
2. Heinz P.Bloch, Process plant machinery, Butterworth Pablishers, 1989
3. Lyman F.Scheel, ' Gas Machinery' , McGraw Hill Co., 1983
4. Atlas Copco Co. Products catalogue, Turbo Expanders for Energy Conversion and Cryogenic Applications, 1994.

ویروس‌های رایانه‌ای

از: مهرداد صارمی

در دنیای امروز رایانه‌ها جزء لاینفک زندگی و کار گردیده و بعنوان بهترین ابزار برای سهولت در دسترسی اطلاعات و مبادله آن پذیرفته شده‌اند، این ابزار که بنا به تقسیم بندی خود به دو صورت سخت افزاری و نرم افزاری می‌باشد مانند دیگر لوازم کار از آسیب در امان نیستند. مهمترین خطر نرم افزاری که رایانه را تهدید می‌کند ویروس‌های گوناگون می‌باشد با توجه به گستردگی تعدد رایانه‌ها و وابستگی روزافزون ما به آن بسیار مفید خواهد بود که بدانیم این دشمنان سلامت رایانه و اطلاعات داخل آن چه ویژگی‌هایی را دارند و چگونه عمل می‌نمایند، تا با یافتن راه‌های مقابله با آن این نگرانی دایمی به بحران تبدیل نشود. حتی کسانی که سالهاست با رایانه کار می‌کنند هرگز نمی‌توانند خود را از آسیب ویروس در امان بدانند و برخی از آنان برای مصونیت از ورود ویروس به رایانه تدابیری را اندیشیده و بکار می‌گیرند. مهمترین روش مقابله مجهز نمودن رایانه به نرم‌افزارهای ضد ویروس است با این وجود عده‌ای رغبت چندانی به این کار ندارند زیرا نصب نرم‌افزار ضد ویروس هزینه دارد و بخشی از گنجایش حافظه رایانه را اشغال کرده و دائماً باید مراقب بود که آن را به روز کرد اما کارشناسان رایانه تذکر می‌دهند اگر تا به حال دچار صدمات و دردسرهای ناشی از ورود ویروس به رایانه خود نشده‌اید هیچ ضمانتی وجود ندارد که در آینده این وضع برایتان پیش نیاید. برای تازه کارها، ویروس‌ها نه تنها نگران کننده، بلکه غیر قابل فهم هستند. بنابراین بهتر است کمی بیشتر در مورد ویروس‌ها بدانیم.

ویروس رایانه‌ای برنامه کوچکی است که در دستگاه فعال می‌شود. برخلاف سایر برنامه‌ها ویروس‌ها به نوعی طراحی شده‌اند که باعث زیان می‌شوند. ویروس ممکن است به تنهایی عمل کند و یا در داخل برنامه‌ای دیگر پنهان شده و پس از نصب برنامه مزبور فعال شود. تعدادی از ویروس‌ها به رایانه ضرر نمی‌رسانند بلکه فقط مزاحم کاربر شده و باعث اذیت او می‌شوند مثلاً پیام‌هایی روی مانیتور می‌فرستد که استفاده کننده را کلافه می‌کند. ویروس‌ها انواع مزاحمت‌ها را ایجاد می‌کنند گاهی مانع از ذخیره کردن پرونده می‌شوند و یا یکباره تمام محتویات دیسک سخت (Hard Drive) را پاک می‌کنند. بعضی ویروس‌ها که امروزه شایع هستند به شکلی کار می‌کنند که باعث تغییر اعمال کارکردها (Applications) می‌شوند. ویروس‌ها را برنامه نویسان کارآمدی که متأسفانه استعداد خود را در جهت غرض ورزی سوق داده‌اند می‌نویسند. باید دانست ویروس به اشکال مختلف درمی‌آید و از منابع گوناگونی سرچشمه می‌گیرد. عموماً ویروس‌ها از طریق مبادله فایلها بین رایانه‌ها یا نصب برنامه یا پیاده کردن نرم افزاری از اینترنت وارد رایانه شخصی می‌شود. ویروس می‌تواند روی دیسک‌تها یا حتی سی دی‌ها قرار بگیرد و پس از قرار گرفتن آنها در رایانه فعال

شود. گاهی افراد از وجود ویروس در رایانه خود آگاه نیستند و ممکن است پرونده‌ای را برای شخص دیگری بفرستند. گشودن پرونده باعث آلودگی سیستم دوم می‌شود. بسیاری از ویروسها به همین ترتیب انتشار می‌یابند. مثلاً بسیاری از ویروسها از طریق نامه الکترونیکی در اینترنت پخش می‌شوند. ویروسها به صورت پیوست به نامه متصل می‌شوند و در صورت گشوده شدن پیوست فعال می‌شوند به همین علت به استفاده کنندگان توصیه می‌شود از گشودن پیوستهای مشکوک خودداری کنند.

ویروسها فقط می‌توانند فایلی را آلوده کنند که اجرا کننده برنامه است یعنی فقط فایل‌های برنامه‌ای یا حاوی برنامه ممکن است به ویروس آلوده شوند. فایل‌های داده‌ها که حاوی ماکرو برنامه‌های کوچک انجام دهنده عمل هستند نیز در خطر آلودگی به ویروس می‌باشند. در واقع ویروسهای ماکرو رایج‌ترین نوع ویروسهای امروزی هستند. بنابر شماری از برآوردها حدود ۷۵٪ از ویروسهای فعال در حال حاضر ویروسهای ماکرو^۱ می‌باشند. وجود ماکروها در کنار پرونده‌ها ویروس نویسان را وسوسه می‌کند که برنامه‌ای مزاحم تولید کنند و آن را در ماکرو قرار دهند. از آنجا که ماکرو حاوی چند عمل است که کارهای تکراری را بطور خودکار اجراء می‌کند می‌تواند حاوی ویروس باشد، وقتی ویروس ماکرو از طریق پرونده‌ای به رایانه شما راه یافت، در تمام دفعاتی که از ماکرو استفاده کنید، ویروس تکرار می‌شود. امکان ورود ویروس از طریق نرم افزارهایی که خریداری می‌کنید بسیار کم است ولی غیرممکن نیست. همچنین امکان ورود ویروس از طریق پیاده کردن برخی نرم افزارها از سایتهایی در اینترنت که نرم‌افزار مجانی توزیع می‌کنند نیز وجود دارد.

ابتدایی‌ترین راه محافظت از رایانه در برابر ویروسها عدم مبادله فایل با دیگران است. البته به نظر می‌رسد این کار عملی نباشد پس راه حل بهتر نصب برنامه ضد ویروس است، برنامه‌های ضد ویروسی همیشه در پشت صحنه فعال بوده و سیستم رایانه را از نظر وجود ویروسی بررسی می‌کنند، این برنامه‌ها از دستگاه در برابر بیشتر ویروسها و ویروسهای ماکرو حفاظت می‌کنند هر چند که هر روز ویروسهای ماکروی جدیدی طراحی و منتشر می‌شود که می‌تواند از فیلتر حفاظتی بگذرد. برنامه ضد ویروسی از ورود ویروس توسط پیوست نامه الکترونیکی نیز جلوگیری می‌کند.

۱- ماکرو (Macro) عبارتی است که به یک رشته از دستورالعملها یا فشار بر کلیدهای صفحه کلید اطلاق می‌شود که در شرایط خاص به نحو خودکار فعال میگردد. بسیاری از برنامه‌ها این امکان را به کار بر می‌دهد که برای انجام کارهای تکراری، ماکرو طراحی کند. مثلاً در برنامه‌هایی نظیر Word ، Excel و Word Perfect می‌توان برای بالا بردن کارکرد از ماکرو استفاده کرد فرض کنید نیاز دارید مشخصات خود یا متنی را مکرراً تایپ کنید. می‌توانید ماکرویی بنویسید که براساس آن قادر خواهید بود هر بار با بکارگیری همزمان Ctrl+n متن مورد نظر را به طور خودکار درج کنید.

اولین قدم برای استفاده از نرم افزار ضد ویروس، نصب برنامه شناسایی وجود ویروس از قبیل Mcafee Viroscan ، Toolkit و یا Notron Antiviros است، چنانچه می خواهید به نرم افزارهای ضد ویروسی مجانی دسترسی داشته باشید می توانید به سایتهایی مانند :

WWW.ZDNET.COM/DOWNLOADS/SPECIALS/FREE.HTM.

مراجعه کنید. توجه به این نکته بسیار مهم است که وقتی نرم افزار ضد ویروسی خریداری می کنید امکان پشتیبانی مداوم آن وجود داشته باشد تا بتوانید با دسترسی به نسخه های به روز شده آن نرم افزار که به مرور زمان به بازار می آید امکان مقابله با ویروسهای جدید را نیز داشته باشید. در غیر اینصورت امکان دارد ویروسی جدید به رایانه شما راه یابد که برنامه ضد ویروس نصب شده قادر به شناسایی آن نباشد. اغلب تولید کنندگان نرم افزارهای ضد ویروسی، دستورالعمل های جدید مقابله با ویروسهای جدید را در سایت خود در اینترنت عرضه می کنند تا کسانی که از برنامه آنها استفاده می کنند با دسترسی به آنها در برابر حمله ویروسهای جدید بی دفاع نمانند.

به یاد داشته باشید اگر به هنگام کار با رایانه ناگهان متوجه شدید دستورات شما جوابی دریافت نمی کنند وجود ویروس یکی از عوامل آن می تواند باشد زیرا ویروس صرفاً رایانه را به انجام کارهایی مزاحم وادار می کند که کاربر نخواسته است ولی معمولاً نقص سخت افزاری و یا بروز اختلال در نرم افزار عامل متوقف شدن کار رایانه است.

نحوه انتخاب کمپرسور و ملاحظات طراحی سیستم هوای فشرده

از: مهندس زهرا گمار

مقدمه:

نقش حیاتی کمپرسورها، در تمامی پروسسها مطلب کاملاً واضحی است، ضمن اینکه به دلیل نوع عملکرد این تجهیز بیشترین میزان چالش را از نظر مهندسی ایجاد می‌نمایند و مقدار قابل توجهی از مشکلات به نحوی با آنها مرتبط است. قابلیت اطمینان این تجهیزات، نکته پراهمیتی در تمامی فرآیندهاست. لذا انتخاب آنها نیازمند توجه دقیق به منظور بهترین و مناسب‌ترین انتخاب می‌باشد.

سیستم هوای فشرده یکی از سیستمهای کمکی بسیار مهم در نیروگاههاست. این سیستم باید کنترل، تنظیم و سایز شده برای حصول اطمینان از تامین حجم مورد نیاز هوا در فشار و خلوص مورد نیاز برای کلیه مصرف کننده‌ها بوده و قابل تحویل در تمامی خروجیها در بیشترین زمان مصرف باشد.

در این مختصر سعی میشود تا ضمن مرور کلی بر سیستم هوای فشرده، به بعضی انواع متداول آن در نیروگاهها پرداخته و ضمن بر شمردن بعضی مزایا و معایب و دامنه کاربرد آنها، راهنمایی‌های کلی جهت انتخاب کمپرسور و اجزاء مربوطه صورت گیرد.

هوای فشرده، معمولاً به دو منظور هوای سرویس و هوای کنترل در نیروگاهها بکار میرود. در بخش کنترل، هوای تولید شده باید تمیز، خشک و عاری از روغن (Oil-free) بوده و قابل اطمینان جهت عبور از خطوط کوچک و نازلها و کنترلرها باشد بصورتیکه این مسیرهای باریک توسط ذرات، روغن و یا آب همراه هوای فشرده بسته نشوند.

وجود آب در سیستم مشکلات ذیل را بوجود می‌آورد:

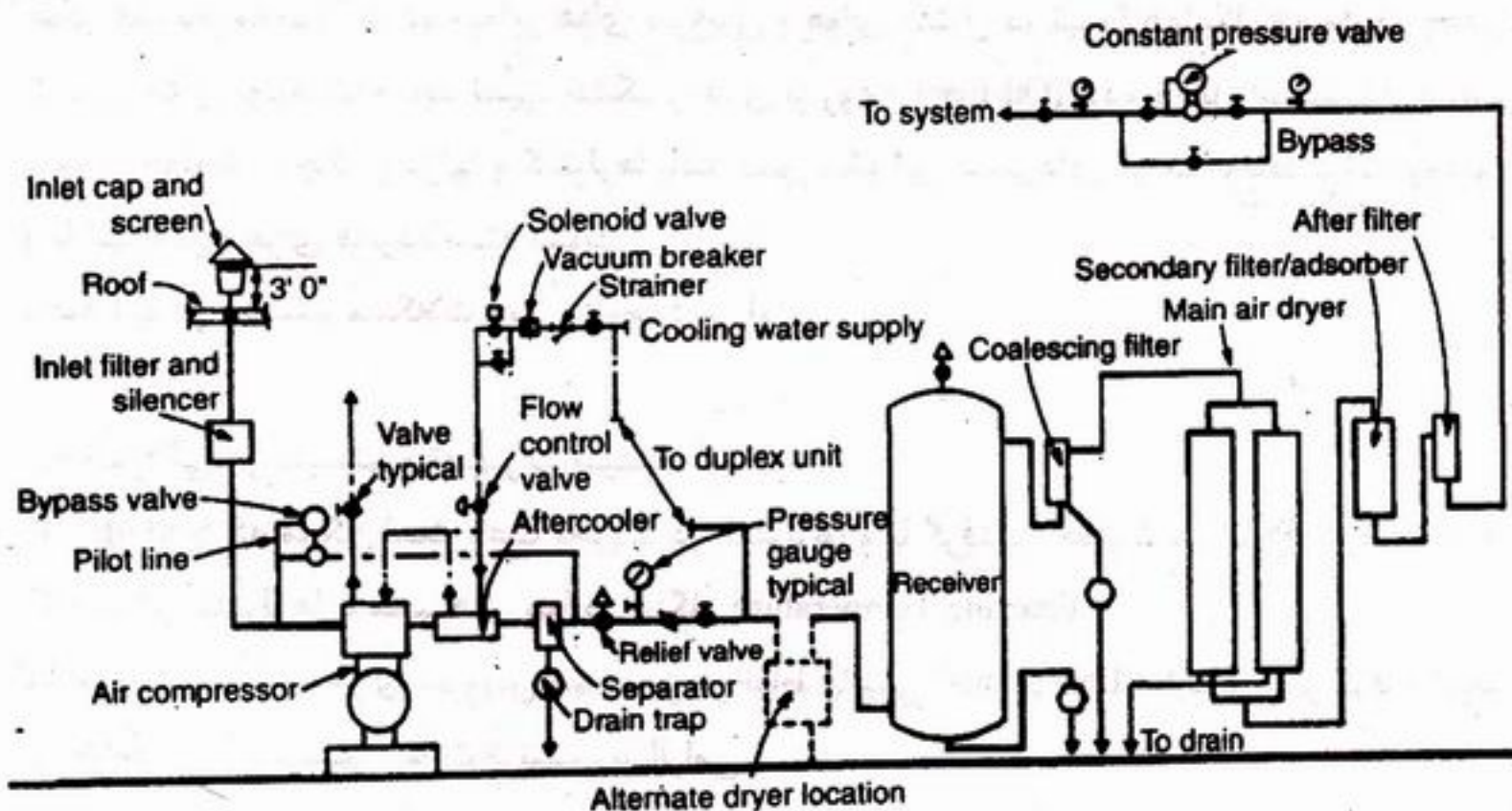
- ۱- خوردگی در سیستم و تجهیزات سیستم کنترل
 - ۲- Scaling که ممکن است باعث تخریب در کنترلرها و یا گرفتگی خطوط و یا نازلها شود.
 - ۳- بستن کنترلرها یا مسیرهای هوا در هنگام Freezing Temperature
- لذا حتی در سیستم هوای سرویس هم درین در نقاط پائینی (Low points) باید در نظر گرفته شود. در طراحی این سیستم، رعایت ترتیب زیر الزامی است:

- ۱- قرارگیری و مشخص کردن فرآیند و هر وسیله مصرف کننده در سیستم. تمامی این اجزاء می‌بایستی روی پلان مشخص شده و لیست کاملی از آنها تهیه گردد.
- ۲- تخمین حجم هوای مورد نیاز برای هر مصرف کننده
- ۳- تخمین محدوده فشار مورد نیاز برای هر مصرف کننده

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

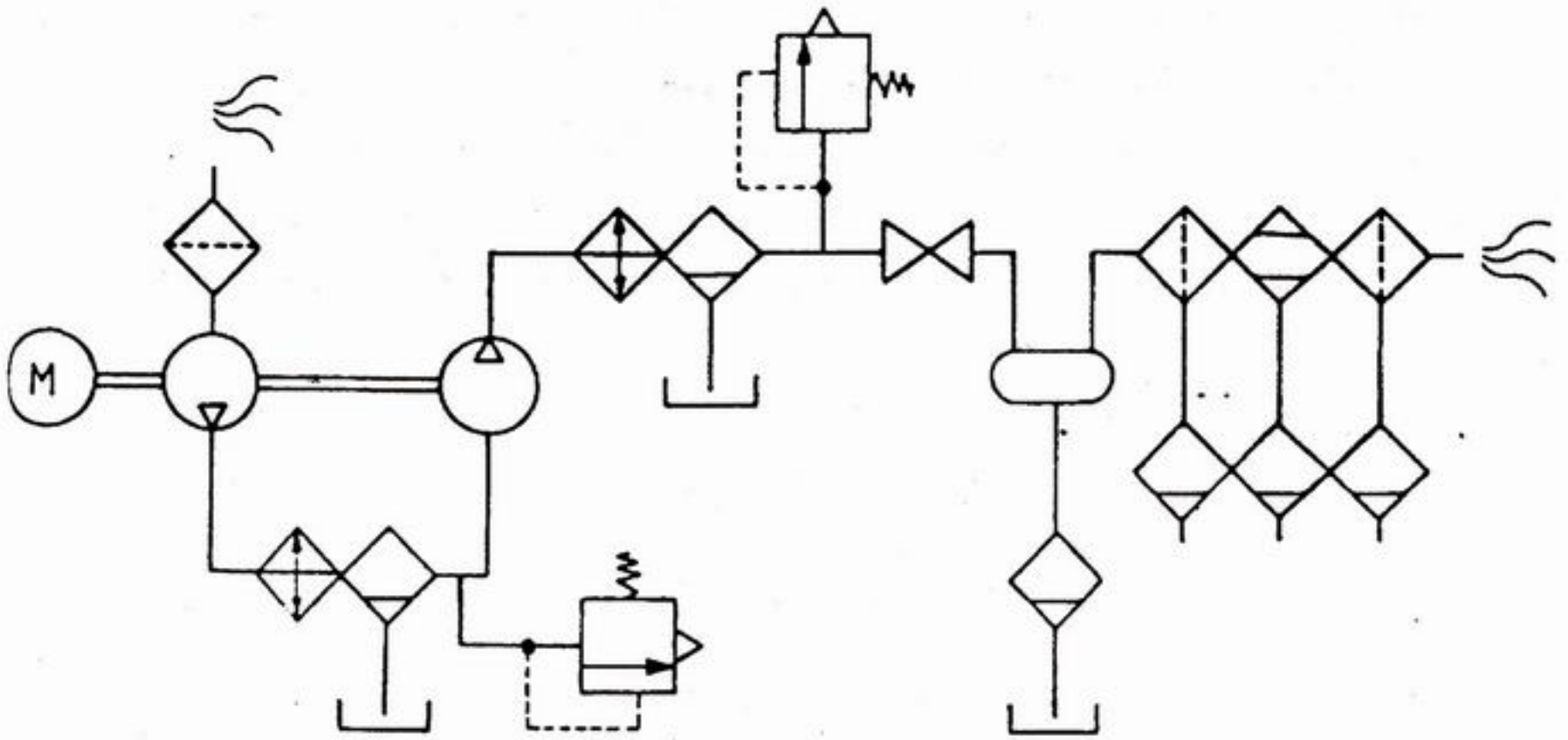
- ۴- تخمین شرایط مورد نیاز هر مصرف کننده مانند حداکثر رطوبت مجاز، اندازه مجاز سایر ذرات موجود و یا روغن مجاز (Max. Particle size)
- ۵- تعیین مدت زمانی که فرآیند بصورت واقعی در مدت یک دقیقه مصرف می نماید که duty cycle نامیده می شود.
- ۶- تعیین تعداد حداکثر مصرف کننده های همزمان در هر شاخه و هر خط اصلی و کل سیستم که use factor نامیده میشود.
- ۷- مشخص کردن نشتی های مجاز
- ۸- لحاظ نمودن توسعه های آینده
- ۹- تهیه جانمایی اولیه لوله کشی و محاسبه افت فشار اولیه
- ۱۰- انتخاب نوع کمپرسور و سایر تجهیزات، موقعیت تجهیزات، نحوه ورود هوا،
- ۱۱- تهیه جانمایی نهایی، لوله کشی و سائز کردن شبکه لوله کشی

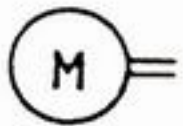
سیستم متداول تولید هوا در شکل (۱) نشان داده شده است:

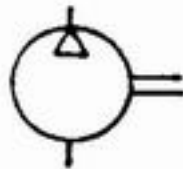


Typical detail of industrial air compressor assembly.

شماتیک سیستم تولید هوا در شکل (۲) نشان داده شده است.

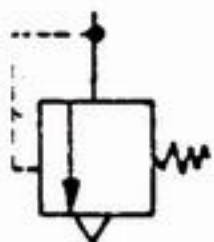



 Electric motor

 Compressor


 Pressurized receiver


 Open tank


 Safety valve

 Filter¹⁾

 Cooler

 Water trap

 Dryer¹⁾

 Shut-off valve

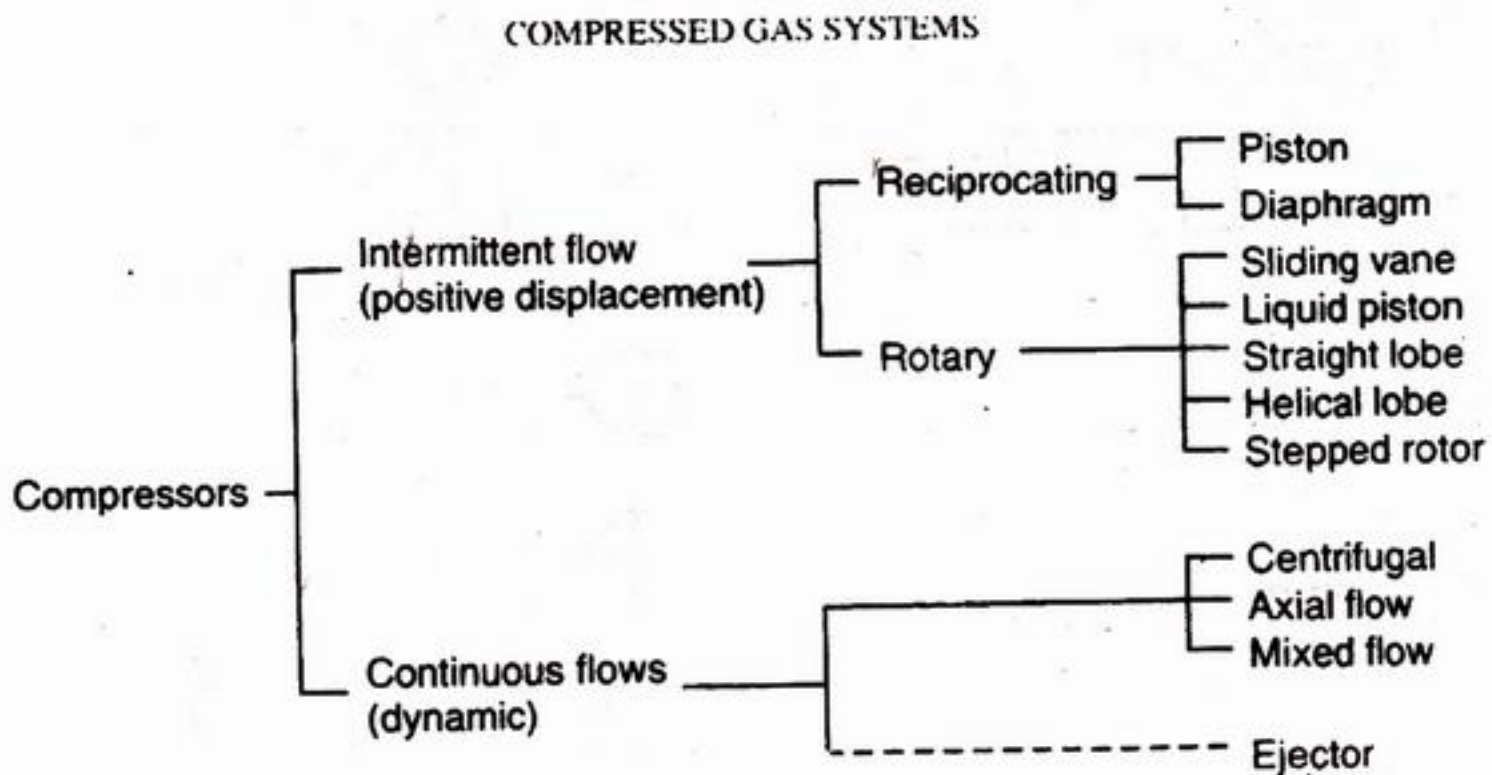
 Air

شکل ۲

انواع کمپرسورها و نحوه انتخاب:

انتخاب کمپرسور در هر کاربرد خاص، بستگی به اطلاعات اولیه از نحوه عملکرد موردنظر طراح آن سیستم دارد. قیمت، فضاهای موردنیاز و راندمان، سایر مسائل مهم قابل توجه می‌باشند. انتخاب مناسب با عنایت به هزینه‌های بهره‌برداری کم و سهولت تعمیرات در یک دوره زمانی، کاهش هزینه‌های مربوط به انرژی را به دنبال خواهد داشت. می‌توان گفت که انتخاب دقیق، می‌تواند تا حد زیادی بهترین تعادل دو فاکتور مهم قیمت- راندمان را با توجه به سیستم، محدودیت‌های طراحی و عملکردی آن تامین نماید.

شکل (۳) دسته‌بندی انواع کمپرسورها را نشان می‌دهد:



شکل (۳)

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

در صنعت برق عمدتاً از کمپرسورهای نوع positive displacement استفاده میشود. نکته مهم در انتخاب کمپرسور، انتخاب تعداد کمپرسورهاست. اولین مرحله تصمیم‌گیری توسط طراح، انتخاب بین یک کمپرسور ۱۰۰٪، و یا سه عدد ۵۰٪ یا حتی ۶۰٪ می‌باشد. باید توجه داشت که گرچه قابلیت دسترسی این نوع از کمپرسورها، به میزان قابل توجهی بالاست، اما مشکلاتی خصوصاً در شیرهای سیستم مربوطه، گاهگاه اتفاق می‌افتد و جابجایی آنها حدود یک ساعت تا نصف روز طول می‌کشد و این امر با توجه به این که موقع کاربرد یک تولید ثابت همانند نیروگاهها که حتی یک توقف کوتاه باعث از دست رفتن واحد می‌شود، امری قابل توجه است. جدول زیر، توصیه‌ای برای انتخاب تعداد کمپرسورها می‌باشد. باید توجه داشت که در صنایع نیروگاهی فقط کمپرسور oil-free مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱- انتخاب تعداد کمپرسور

تعداد	نوع وظیفه	نوع تجهیز
۱×۱۰۰٪	برای کلیه موارد مناسب	۱- فن
۱×۱۰۰٪	برای کلیه موارد مناسب	۲- کمپرسور سانتریفوژ یا محوری ^(۱)
۲×۱۰۰٪ و یا ۳×۵۰٪ انتخاب وابسته به مسائل اقتصادی است	در جاهایی که قابلیت موفقیت تجاری فرآیند کاملاً وابسته به بهره‌برداری دائم از کمپرسور است.	۳- کمپرسور رفت و برگشتی ^(۲)
۲×۵۰٪	در جاهایی که واحد می‌تواند در خروجی طراحی شده حتی با یک کمپرسور متوقف، کار کند	۴- کمپرسور رفت و برگشتی
۱×۱۰۰٪ در جایی که یک عدد با ظرفیت مناسب جوابگو باشد در غیر اینصورت باید برای تامین ۱۰۰٪، از چند عدد استفاده کرد.	برای کلیه موارد مناسب	۵- کمپرسور روتاری با تزریق روغنی ^(۳)
۲×۱۰۰٪	در جاهایی که قابلیت موفقیت تجاری فرآیند کاملاً وابسته به بهره‌برداری دائم کمپرسور است.	۶- کمپرسور روتاری بدون روغن ^(۴)
۱×۱۰۰٪	عمدتاً مصارف فقط کنترل و یا تعمیرات یا جاهایی که outage کوتاه خیلی گران تمام نشود	۷- کمپرسور روتاری بدون روغن
۱×۱۰۰٪	برای کلیه موارد مناسب	۸- بلوئر جابجایی مثبت ^(۵)
۱×۱۰۰٪	برای کلیه موارد مناسب	۹- کمپرسور Sliding vane

1. axial
2. reciprocating
3. oil- injected screw compressor
4. oil-free screw compressor
5. Positive displacement blower

کمپرسور نوع Rotary:

این نوع کمپرسور توانایی کاربری در محدوده دبی ۲۰۰-۲۰۰۰۰ مترمکعب در ساعت و تحت فشار کمتر از 3bar(g) در حالت تک مرحله‌ای و تا حدود 12-13bar(g) در حالت دو مرحله‌ای را دارا می‌باشد. این کمپرسورها همچنین توانایی تولید فشار تا 40bar(g) در حالت چهارمرحله‌ای را دارند. این نوع کمپرسور در حالت * noncooled recompressor ، توانایی تولید فشار تا 100bar(a) و حداکثر اختلاف 20bar بین مکش و دهش و ماکزیمم ضریب فشردگی (max. compression ratio) به میزان (۲) بازای هر طبقه را دارند. این کمپرسورها دارای لقی کم (tight clearance) بوده و راندمان مکانیکی آنها بسیار بالاست و در مقابل گردوغبار بسیار حساس می‌باشند. در بعضی منابع دیگر ذکر شده که در فشار 100psig ، محدوده جریان آنها 400-1300 scfm است.

کمپرسور نوع rotary خود به چندین دسته تقسیم می‌شود. نوع Sliding vane یک واحد یکپارچه بوده و برای اتصال مستقیم به یک موتور با سرعت نسبتاً بالا مناسب می‌باشد. راندمان آنها کمتر از نوع معادل پیستونی می‌باشد و معمولاً در جاهایی که کمپرسورهای کوچک با ظرفیت کم در محدوده 100scfm و تا فشار 75 psig بکار می‌روند.

نوع liquid ring، با توجه به نحوه عملکرد آن، هوای صددرصد عاری از روغن تولید می‌کند. این کمپرسور توانایی کار با گازهای مرطوب، خورنده و قابل انفجار را هم دارد و معمولاً برای مصارف بیمارستانی و آزمایشگاهی توصیه می‌شوند. خروجی آن در حدود 100psig و قدرت مصرفی آن از یک کمپرسور پیستونی در یک شرایط مساوی، بیشتر می‌باشد.

نوع Straight Lobe، عملکرد مشابه با پمپ چرخ دنده‌ای دارد. این کمپرسورها در فشارهای بهره‌برداری بسیار کم تا حدود 15 psi کاربرد دارند.

نوع بعدی helical lobe و یا rotary screw و یا spiral lobe نامیده می‌شوند این کمپرسورها قابلیت طراحی و بهره‌برداری برای تولید هوای عاری از روغن را دارند. بوسیله تنظیم سرعت موتور محرکه و کاهش مقدار هوای ورود و یا برگشت دادن یک قسمت از هوای فشرده شده به ورودی، قابلیت تغییر ظرفیت را دارند.

شیر یکطرفه در لوله خروجی این نوع کمپرسور به منظور پیشگیری از فرار هوا از میان طبقات کمپرسور پس از متوقف شدن آن باید لحاظ گردد. با توجه به نحوه عملکرد آن، خروجی آن دائمی است و یک انتخاب بسیار مناسب برای موارد فشارهای بالا بوده و معمولاً ظرفیت آنها تا حدود 30-26000 scfm در فشار 125-250psig می‌باشند.

* : وقتی که فشار مکش بیش از 1 bar (a) باشد، ری کمپرسور نامیده می‌شود.

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

کمپرسورهای stepped rotor با توجه به عملکردشان، نیاز به روغن نداشته و لذا تولید هوای صددرصد عاری از روغن می‌کنند. از آنجایی که ظرفیت آنها بسیار محدود است، جایگاه چندانی ندارند.

کمپرسور نوع رفت و برگشتی:

این نوع کمپرسور توانایی کار کردن در محدوده فشار 1-2000bar با محدوده قدرت از کیلووات‌های پائین تا بیش از 10,000kw را دارد. در حالت تک طبقه‌ای (single-stage) معمولاً تا فشار 60 psig و در حالت چند طبقه در فشارهای 100psig و بالاتر بکار می‌رود و در محدوده 60-100psig، تک طبقه برای ظرفیت کمتر از 300 scfm و بیشتر توصیه می‌گردد. در ضمن بسیار انعطاف‌پذیر و با راندمان بالا می‌باشند. از طرف دیگر این کمپرسورها:

- به فونداسیون بزرگ نیاز دارند.
- به تعمیر دائمی توسط پرسنل مجرب نیاز دارند.
- شیرهای یکطرفه (Check Valves) مورد استفاده در سیستم، فاقد عمر طولانی بوده و عمر معمول آنها 3000-5000hr می‌باشد، که می‌تواند کمتر هم باشد. در حالتی که سیال تمیز بوده و از نظر استهلاک ارتعاشات، مناسب تعبیه شوند حداکثر تا 30000hr کار می‌کنند.
- بعلت بهره‌برداری غیردائم، تعداد دفعات عبور سیستم از فرکانس مشابه فرکانس تشدید (resonance) بالا می‌رود و بروز پدیده رزونانس ضعیف در برخی سرعتها در بعضی قسمت‌های لوله‌کشی سیستم، تاثیر نامطلوبی روی کارکرد کمپرسور گذاشته و نهایتاً باعث کاهش دبی و راندمان سیستم می‌گردد.
- لذا محاسبات مربوطه نیازمند دقت فراوان می‌باشد. در بعضی طراحیها از Diaphragm response breaker و یا baffled surge bottles استفاده می‌شود که بنوبه خود تولید افت فشار و بالنتیجه باعث افزایش مصرف انرژی می‌شوند.

این کمپرسورها خود به دو دسته پیستونی و دیافراگمی تقسیم می‌شوند که معمولاً در صنایع نیروگاهی، از نوع پیستونی استفاده می‌گردد. در کمپرسورهای پیستونی امکان استفاده از پوشش کربن و تفلون بر روی قطعات در تماس با جریان هوا بجای روغن کاری وجود داشته و لذا امکان بهره‌برداری oil free را دارا می‌باشند. کمپرسورهای خنک شونده با آب، راندمانی بهتر از انواع خنک شونده با هوا را دارد و قدرت مصرفی آن کمتر ولی هزینه اولیه آن بالاتر است.

کمپرسور پیستونی دو طبقه، قدرت کمتری از کمپرسور یک طبقه در یک خروجی مساوی، مصرف می‌کند. این کمپرسورها در یک محدوده بسیار گسترده از ظرفیت و فشار، قابل دسترس هستند.

کمپرسورهای دیافراگمی از یک دیافراگم قابل انعطاف برای فشردن هوا استفاده می‌کنند و معمولاً برای دبی‌های کم و فشارهای پائین در صنایع کوچک و هنگامی که فاکتور اقتصادی بسیار مهم است بکار می‌رود و معمولاً در محدوده 50psig و 25 scfm می‌باشند.

همانطور که در جدول قبل هم ملاحظه شد، بغیر از کمپرسورهای positive displacement، کمپرسورهای دینامیک هم در صنایع کاربرد دارد و خود به چند دسته تقسیم می‌شوند. کمپرسورهای سانتریفوژ برای نرخهای بالا در فشار نسبتاً کم بکار می‌رود و معمولاً در ظرفیت تا 400-170000 scfm و فشار تا حدود 125 psig بکار می‌روند و با توجه به آنکه به هیچ وجه در فشار بالاتر از فشار طراحی کار نمی‌کنند به pressure relief valve نیاز ندارد.

نوع Axial flow، جریان دائمی را تولید می‌کنند و معمولاً دارای چندین طبقه حتی تا ۲۰ طبقه می‌باشند و برای حجمهای بالا مناسب هستند و در ظرفیت کامل خود، خیلی خوب عمل می‌کنند و معمولاً در محدوده 10000-800000 scfm در فشار 125 psig وجود دارند. انتخاب بین کمپرسور سانتریفوژ و axial با توجه به محدوده کار وابسته به راندمان، سایز، وزن و هزینه اولیه می‌باشد. نوع Mixed flow، ترکیبی از دو نوع بالاست و کاربرد کمی در سیستمهای لوله‌کشی دارند.

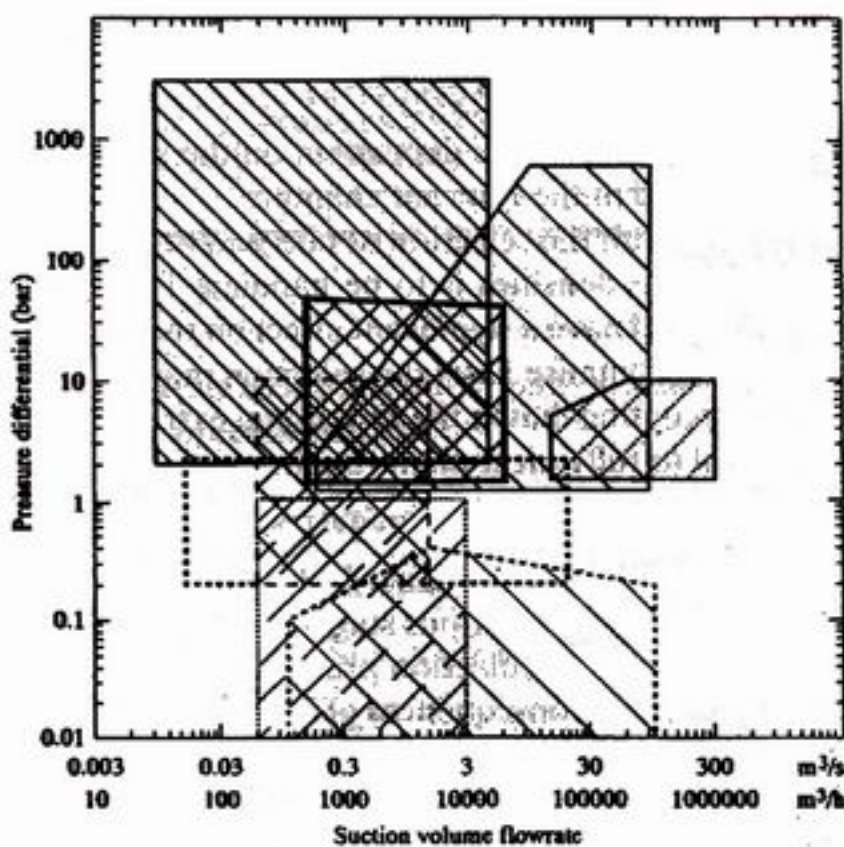
فاکتورهای مختلف زیر در انتخاب نوع کمپرسور باید لحاظ شود:

- ۱- محدودیت فضا
- ۲- محدودیت سروصدا
- ۳- توانایی فشار کمپرسور
- ۴- ظرفیت
- ۵- قابلیت دسترسی، هزینه و کیفیت آب خنک کن
- ۶- نیاز برای هوای oil-free
- ۷- محدودیت‌های قدرت الکتریکی
- ۸- هزینه اولیه و طولانی مدت

جدول (۲) و شکل (۴) و (۵) بعضی از مسائل را بصورت خلاصه در مورد خصوصیات انواع کمپرسور و نیز انتخاب نوع آنها ارائه می‌دهد:

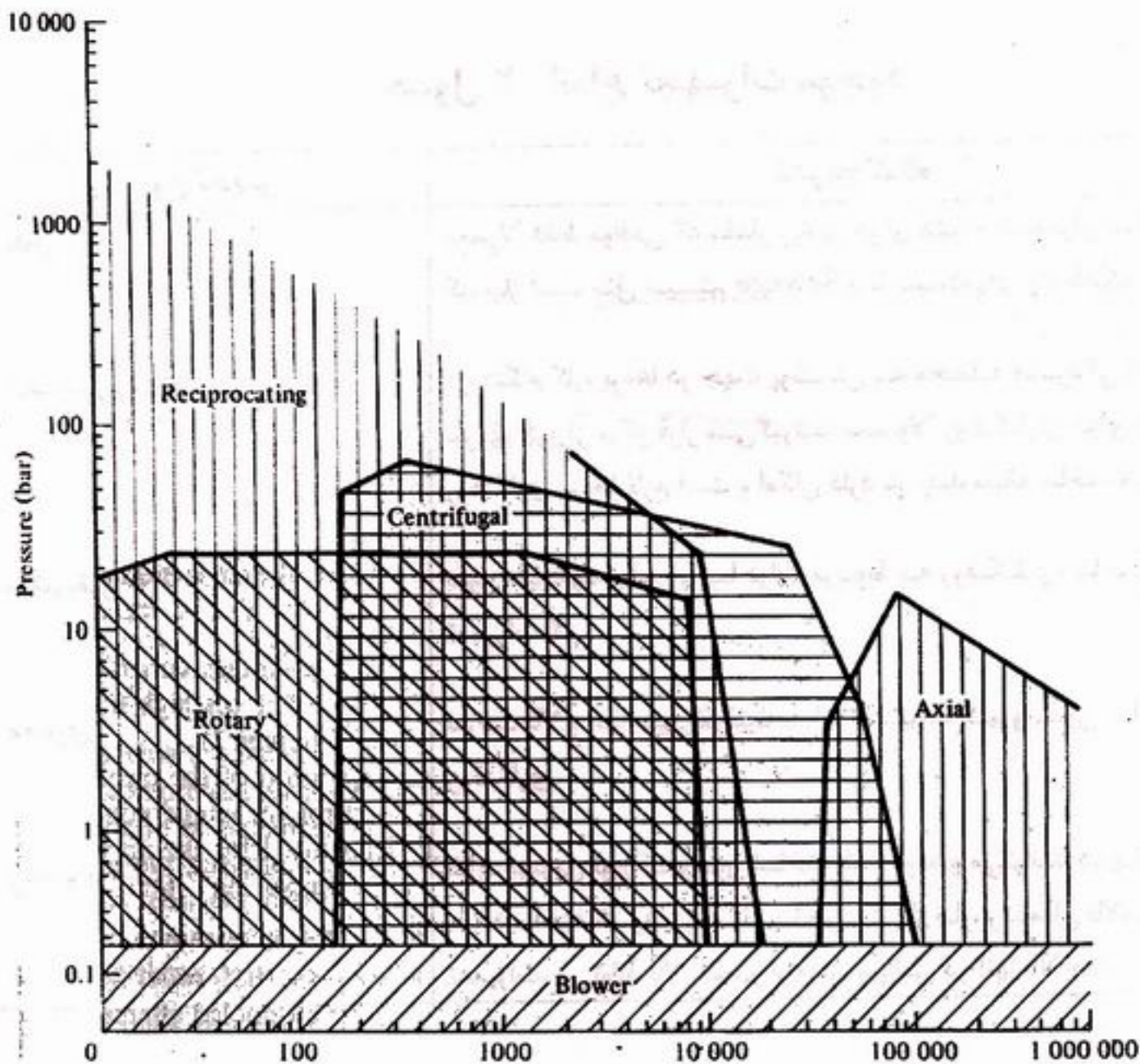
جدول ۲- انواع تجهیزات موجود

تشریح کوتاه	نوع تجهیز
معمولا فقط مواقعی که مقدار زیادی هوای فشرده شده برای مقابله با فشار کم نیاز است مثل سیستم Sewage و یا سیستمهای پنوماتیک	بلوئر
در هنگام کار، پرهها در جهت پوشش به محفظه فشرده‌گی تحت تاثیر نیروی گریزاز مرکز قرار می‌گیرند. معمولا روغنکاری برای آب‌بندی و روغنکاری پرهها لازم است و امکان دارد در چند طبقه ساخته شود.	کمپرسور روتاری
بدون هیچگونه پالس و یا ذرات مربوط به روغنکاری، با سرعت بالا و تعمیرات کم	سانتریفوژ
سرعت بالا و همچنین ظرفیت بالا. تعمیرات کم و بدون ذرات ناشی از روغنکاری	محوری
شاید بهترین نوع کمپرسور شناخته شده بوده و می‌تواند در یک یا چند طبقه ساخته شود. در تمام یا قسمتی از بار، راندمان بالاست. هزینه تعمیرات، می‌تواند بالا باشد و ارتعاش و پالس در آنها بالا است.	رفت و برگشتی (پیستونی)



- Reciprocating
- Centrifugal
- Axial
- Screw
- PD blower
- Fan
- Sliding vane

شکل (۴)



شکل (۵)

نحوه انتخاب سایز مجموعه کمپرسور (Compressor Assembly):

باید دقت نمود که انتخاب و سایز کردن کمپرسور جدای از بقیه تجهیزات نبوده و انتخاب این مجموعه شامل ورودی (intake system)، کمپرسور و مخزن هوا می باشد.

برای شروع، دسترسی به اطلاعات زیر الزامی است:

- ۱- مجموع scfm تمام مصرف کننده ها
- ۲- حداکثر فشار مورد نیاز سیستم
- ۳- Duty & Use Factors که حداکثر مصرف قابل انتظار هوا توسط مصرف کننده ها را تامین می نماید.
- ۴- نشتی ها
- ۵- افت فشار مجاز برای سیستم داخلی شامل لوله کشی ها و
- ۶- تصحیحات مربوط به ارتفاع، دما و
- ۷- موقعیت کمپرسور و سایر تجهیزات

سایز کردن کمپرسور:

در ذیل سه روش که در کتب، استانداردها و مدارک معتبر مطالعه شده بطور خلاصه ذکر می گردد:
 ۱- ابتدا باید حداکثر مصرف سیستم را محاسبه نمود و پس از اعمال ضرایب تصحیح مربوط به ارتفاع، دما و رطوبت که جداول آن در ذیل می آید، حجم واقعی مورد نیاز کمپرسور را محاسبه نمود.

Elevation Correction Factor

Altitude, ft	Correction factor
0	1.00
1600	1.05
3300	1.11
5000	1.17
6600	1.24
8200	1.31
9900	1.39

جدول ۳

Temperature Correction Factor

Temperature of intake, °F	Correction factor	Temperature of intake, °F	Correction factor
-50	0.773	40	0.943
-40	0.792	50	0.962
-30	0.811	60	0.981
-20	0.830	70	1.000
-10	0.849	80	1.019
0	0.867	90	1.038
10	0.886	100	1.057
20	0.905	110	1.076
30	0.925	120	1.095

Weight of Water Vapor in Air

(Grains of moisture per pound of dry air and standard barometric pressure)

Temp., °F	RH								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
30	3	5	7	9	12	14	17	19	21
40	4	7	10	14	16	18	20	22	24
50	6	10	14	20	26	32	38	42	48
60	8	16	22	30	39	48	54	62	70
70	11	21	34	44	55	66	78	88	100
80	16	30	46	62	78	92	108	125	140
90	21	42	65	85	108	128	158	173	195
100	29	58	87	116	147	176	208		

جدول ۴

Moisture Content of Air at One Atmosphere*

Dew point, °F	Grains moisture per lb air	Pounds moisture per lb air	Grains moisture per ft ³ air	ppm	Vol. percent
0		0.0006	0.4	600	0.1
	4				0.08
-10		0.0004		400	0.06
	2		0.2		0.04
-20		0.0002		200	
	1		0.1		
	0.8		0.08		0.02
	0.6	0.0001	0.06	100	
-40		0.00008		80	
	0.4	0.00006	0.04	60	0.01
					0.008
-50		0.00004		40	
	0.2		0.02		0.006
					0.004
-60		0.00002		20	
	0.1		0.01		
	0.08		0.008		0.002
-70		0.00001		10	
	0.06	0.000008	0.006	8	
	0.04	0.000006	0.004	6	0.001
					0.0008
-80		0.000004		4	
	0.02		0.002		0.0006
					0.0004
-90		0.000002		2	
	0.01		0.001		0.0002
	0.008				
-100		0.000001	0.0008	1	

جدول ۵

Moisture Content of Air at One Atmosphere* (Continued)

Dew point, °F	Grains moisture per lb air	Pounds moisture per lb air	Grains moisture per ft ³ air	ppm	Vol. percent
110		0.0600		60,000	
	400		25		9
		0.0500		50,000	8
					7
100	300		20		
		0.0400		40,000	6
			15		
90					5
		0.0300			
	200				4
80					
	150	0.0200	10	20,000	
			9		3
70			8		
	100	0.0150		15,000	
	90		7		2
	80		6		
60					
		0.0100		10,000	
	70	0.0090		9,000	1.5
	60	0.0080		8,000	
50					
	50	0.0070		7,000	1
	40	0.0060	3	6,000	0.9
40					
		0.0050		5,000	0.8
	30	0.0040	2	4,000	0.7
					0.6
30					
	20	0.0030	1.5	3,000	0.5
					0.4
20					
		0.0020	1	2,000	0.3
	10		0.8		
10					
	8	0.0010	0.6	1,000	0.2
	6	0.0008		800	

۲- در مواردی که امکان تعیین میزان مصرف دقیق هر مصرف کننده وجود ندارد، با احتساب مصرف 1scfm بزاء هر کدام و افزودن ۱۰٪ برای نشتی، ظرفیت کمپرسور قابل تخمین است.

۳- در بعضی مدارک، پس از احتساب مصرف حداکثر همزمان واحد، با افزایش ۱۰٪ برای نشتی و ضریب مربوط به تعویض ستون در درایرها که بایستی با نظر سازنده انتخاب شود و حدود ۱۶٪-۲۰٪ می باشد، میتوان ظرفیت کمپرسور را محاسبه نمود.

جدول زیر، میزان مصارف هوا را برای بعضی مصرف کننده‌ها بیان می نماید.

جدول ۷- مصرف کننده‌های هوا و ظرفیت مورد نیاز آنها

مصرف کننده هوای کنترل	ظرفیت مورد نیاز Scfm
هر پیلوت هوای کنترل	0.5
Positioner شیر کنترل دیافراگمی ^۱	0.75
Positioner شیر کنترل پیستونی	3.00
پرچ ^۲	10

سایز کردن ورودی کمپرسور:

با توجه به آنکه عملکرد کمپرسور وابسته به شرایط ورودی است، لذا طراحی آن احتیاج به دقت ویژه دارد. ورودی کمپرسور باید تمیزترین، خنک‌ترین و خشک‌ترین هوای ممکن را به کمپرسور برساند و در وضعیتی باشد که حتی الامکان از ورود ذرات به آن جلوگیری بعمل آید. معمولاً در این مورد فیلتر در نظر گرفته می شود. در حالت‌های نصب در داخل اتاق، وجود فیلتر اجباری است. برای پیشگیری از صدا، نصب Silencer باید لحاظ شود. ضمناً هر کمپرسور باید ورودی مجزا داشته باشد.

جدول زیر مشخصات فیلتر ورودی هوا را مشخص می نماید:

Filter type	Filtration efficiency, %	Particle size, μm	Maximum drop when clean, in WC	Comment (see key)
Dry	100	10	3-8	(1)
	99	5		
	98	3		
Viscous impingement (oil wetted)	100	20	1/4-2	(2) (3)
	95			
Oil bath	98	10	6-10 = nominal 2 = low drop	(2) (3) (4)
	90	3		
Dry with silencer	100	10	5 (5) 7 (6)	
	99	5		
	98	3		

Key to comments:

- (1) Recommended for nonlubricated compressors and for rotary vane compressors in a high dust environment.
- (2) Not recommended for dusty areas or for nonlubricated compressors.
- (3) Performance requires that oil is suitable for both warm and cold weather operation.
- (4) Recommended for rotary vane compressors in normal service.
- (5) Full flow capacity up to 1600 scfm.
- (6) Full flow capacity from 1600 to 6500 scfm.

جدول (۸)

1. Diaphragm valve positioner
2. Purge or blowback

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

همانطور که ذکر شد رزونانت بودن سیستم مسئله مهمی است که بایستی توسط سازنده لحاظ شود استفاده از Surge Chamber راه حل مفیدی است. برای رعایت سر و صدا و محدود کردن افت اصطکاک (friction loss) به 4in-water سرعت هوای ورودی باید به 1000fpm محدود گردد. در حالت مصارف کمتر از 500Scfm، ورود هوا میتواند indoor باشد. در حالتی که دمای هوای داخل معمولاً از 100°F(37.8°C) بیشتر باشد، ورودی هوا باید outdoor باشد. جدول زیر سایز ورودی هوا را نشان میدهد.

Pipe Size	Recommended Air Inlet	
	Maximum scfm free air capacity	Minimum size, in
50		2½
110		3
210		4
400		5
800		6

جدول (۹)

سایز کردن مخزن هوا:

هدف اولیه از مخزن هوا، ذخیره هواست و در نیروگاهها برای جلوگیری از استارت-استاپهای متوالی کمپرسور و نیز برای جلوگیری از استهلاک ضربه‌های وارده از طرف کمپرسور (خصوصاً کمپرسور رفت و برگشتی) به سیستم بکار می‌رود. بهترین کارکرد کمپرسورهای رفت و برگشتی تعداد استارتهای باید حداکثر ده بار در ساعت و حداکثر زمان کار (max. running time) باید ۷۰٪ باشد. بهترین کارکرد کمپرسورهای سانتریفوز، Screw, Sliding Vane در حالت ۱۰۰٪ زمان می‌باشد. ابعاد استاندارد شده مخزن هوا بشرح ذیل است:

Standard ASME Receiver Dimensions		
Diameter, in	Length, ft	Volume, ft ³
14	4	4½
13	6	11
24	6	19
30	7	34
36	8	57
42	10	96
48	12	151
54	14	223
60	16	314
66	18	428

جدول (۱۰)

در مورد سایز کردن مخزن هوا از فرمول زیر میتوان استفاده نمود:

$$V = \frac{CPT}{P1 - P2}$$

V = حجم مخزن

P1 = فشار بالا در مخزن

P2 = فشار پائین مخزن

C = مصرف هوا scfm

P = فشار اتمسفریک در محل

معمولاً T حدود ده دقیقه لحاظ میشود و سپس براساس جدول قبلی، حجم انتخاب می گردد در عین حال تجربیات سازنده در این مورد می بایستی در نظر گرفته شده و حائز اهمیت است. این مخزن باید مجهز به Automatic drain valve و Pressure relief valve باشد.

مراجع:

1. Applied Instrumentation (G.Andrew)
2. Compressor Application Engineering (pierre pechot)
3. ASME
4. API
5. ISO
6. Process Fan & compressor selection (John Daivdson)
7. Industrial Pipework (Kentish)
8. Facility Piping systems Handbook (Michael Frankel)

بررسی پدیده دینامیک بلند مدت سیستمهای قدرت با استفاده از کامپیوتر
" معرفی برنامه LTDS "

از : مهندس محمد محب علیان

چکیده:

در این مقاله روش مطالعه پدیده دینامیک بلند مدت سیستمهای قدرت و مدل‌های ریاضی مناسب جهت مطالعه این پدیده ارائه می‌شوند. همچنین الگوریتم پخش بار دینامیکی و تکنیک حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم قدرت مناسب برای وضعیت دینامیکی توضیح داده می‌شوند. محصول نهایی مقاله حاضر شبیه‌سازی و مطالعه پدیده دینامیک بلند مدت بر روی یک شبکه نمونه با استفاده از نرم‌افزار " LTDS " تهیه شده توسط نویسنده مقاله می‌باشد.

مقدمه:

پدیده خروج پی در پی قسمت‌های مختلف سیستم قدرت و تقسیم شدن یک شبکه به هم پیوسته به چند ناحیه مجزا و مستقل و یا در حالتی وخیم‌تر یعنی خاموشی سراسری در سرتاسر سیستم لزوم شبیه‌سازی و مطالعه جامع و مستمر پدیده دینامیک بلند مدت جهت یافتن نقاط ضعف شبکه و بالا بردن توانایی سیستم قدرت در حفظ پایداری را آشکار می‌سازد: مشخصه‌های دینامیکی یک سیستم قدرت به پارامترهای گوناگونی نظیر:

- طبیعت

- درجه سختی

- مدت زمان اختلال

- مشخصه دینامیکی عناصری که در اختلال مشارکت می‌کنند

- توپولوژی مدار

بستگی دارد. در مقاله حاضر نقش پارامترهای مختلف مربوط به اختلال و توپولوژی مدار بررسی نمی‌شوند و هدف اساسی این مقاله آزمایش روی مشخصات دینامیکی (با استفاده از LTDS) عناصری است که در پدیده فوق مشارکت میکنند.

کلاً عناصری که به پایداری و بازیابی سیستم قدرت پس از وقوع اختلال کمک میکنند، عبارتند از:

- کنترل اتوماتیک تولید " AGC "

- محرک اولیه

- بار و مشخصه‌های دینامیکی آن

قبل از همه محرکهای اولیه موجود در شبکه، اعم از آبی یا بخاری و سپس بارهای موجود در شبکه عصاره و جوهر اصلی پاسخ دینامیکی سیستم را معین میکنند و بقیه عناصر یعنی کنترل اتوماتیک تولید و تجهیزات انتقال مثل رله‌های اتوماتیک حذف بار جهت بهبود پایداری سیستم بکار می‌روند.

مدل کنترل بویلر - توربین (BOILER- TURBINE CONTROL MODEL (BTC)

در این بخش به معرفی مدل ریاضی BTC که از اهمیت ویژه‌ای در مطالعه پدیده دینامیک بلندمدت برخوردار است می‌پردازیم. مدل BTC واحدهای بخاری با سوخت فسیلی از چهار جزء جدا اما به هم پیوسته تشکیل شده است که این چهار جزء مشترکاً معرف محرک اولیه واحد بخار با سوخت فسیلی می‌باشند.

مدل ریاضی کامل این چهار جزء یعنی: توربین، سیستم کنترل توربین، بویلر و سیستم کنترل بویلر در شکل (۱) نشان داده شده است.

اگر فرکانس سیستم کاهش یابد، گاورنر واحد بخاری فعال شده و شیر بخار ورودی به توربین بازتر خواهد شد. از زمانی که گاورنر فعال می‌شود تا زمانی که شیر بخار دستور باز شدن می‌گیرد تاخیر زمانی وجود دارد که مربوط به دینامیک گاورنر است. باز شدن شیر بخار یعنی افزایش فلوی بخار اما این افزایش سریعاً صورت نمی‌گیرد و این قسمت مربوط به دینامیک بویلر است. از طرف دیگر افزایش فلوی بخار سریعاً بصورت افزایش توان مکانیکی ظاهر نمی‌گردد که این قسمت مربوط به دینامیک توربین و گرمکنهای مجدد است. حدود ۳۰٪ از افزایش توان مکانیکی مربوط به طبقه اول توربین است که در کسری از یک ثانیه صورت می‌پذیرد. ۷۰٪ بقیه مربوط به طبقات بعدی توربین است که بعلت وجود گرمکنها و گرفتن انرژی موجود دارای تاخیر تا ده ثانیه نیز می‌باشد.

دینامیک بویلر به این صورت است که وقتی شیر بخار بیشتر باز می‌شود، از بویلر بخار بیشتری خارج گردیده که طبقاً فشار خروجی بویلر کاهش می‌یابد. کاهش فشار خروجی بویلر، فلوی بخار ورودی به توربین را نیز خواهد کاست زیرا

{(فشار خروجی بویلر × سطح باز شیر کنترل بخار) = فلوی بخار ورودی به توربین} از طرف دیگر این کاهش بعنوان سیگنال خطا سیستم کنترل بویلر را فعال میکند و بویلر موظف می‌گردد، بخار بیشتری را تولید کند. بویلر و متعلقات اصلی آن شامل پمپها و فن‌ها و سیستم کنترل آب تغذیه و سیستم کنترل هوا و سوخت در مدل نشان داده شده‌اند اما تجهیزات کمکی آن در نظر گرفته نشده‌اند. برای نشان دادن پدیده خروج پی در پی اجزاء سیستم و مطالعه دقیق پایداری دینامیکی بلندمدت باید اثر تجهیزات کمکی بویلرها و راندمان آنها در نظر گرفته شوند.

تغییر نهایی فرکانس یا افت فرکانس با ضریب بسیار بزرگی به گاورنر واحدهای بخاری مربوط است تا به مشخصات دینامیکی بارهای شبکه عبارت دیگر تا قبل از عملکرد سیستم کنترل اتوماتیک تولید پاسخ گاورنر واحدهای بخاری در میزان افت فرکانس تعیین کننده تر است. نکته بعدی در امر مدلسازی توربین- بویلر این است که مشخص گردد سیستم در کدام مود کار میکند؟

آیا بویلر پیرو نیاز توربین است (Boiler following) ؟ و یا برعکس سیستم توربین- بویلر در مود Turbine following کار میکند؟

واحدهای بخار که بویلرشان از نوع یکطرفه (once-Through Type) می باشد. تاخیر زمانی بین مصرف موردنیاز بویلر (Boiler demand) و تغذیه ورودی بویلر (Boiler charging) نسبت به بویلر نوع درام دار (Drum type) کوچکتر است. با توجه به این ویژگی در مواقعی که فرکانس شبکه کاهش پیدا میکند، پاسخ سریع سیستم کنترل بویلر نوع یکطرفه به افت فشار خروجی کمک بزرگی به پایداری شبکه می باشد.

در مرحله طراحی نوع واحدهای بخار باید در نظر داشت که واحدهای بخاری نوع Supercritical نسبت به واحدهای بخار معمولی در پاسخ دادن به تغییرات بار و کنترل فرکانس توانا تر هستند. بنابراین، این واحدها نه تنها برای تامین بار پایه مناسب هستند بلکه در پاسخ دادن سریع به تغییرات بار نیز توانایی خوبی دارند و در نتیجه بخاطر همین قدرت بارگیری خوب در بهبود رفتار دینامیکی سیستم، نقش موثری دارند. در مرحله بهره برداری از شبکه قدرت باید به این نکته توجه داشت که قدرت نصب شده از حداکثر مصرف بیشتر باشد (یعنی شبکه باید دارای واحدهای تولید رزرو باشد تا در مواقع اضطراری وارد مدار گردند) یا تولید بعضی از واحدها پایین تر از مقدار نامی باشد تا در مواقع لزوم این واحدها بتوانند تولید خود را افزایش دهند. به اینگونه واحدها، واحدهای دارای قدرت رزرو اطلاق میکنیم. البته بحث در این مورد که کدامیک از واحدهای موجود در شبکه دارای قدرت رزرو باشند با توجه به شرایط اقتصادی مشخص و انتخاب می گردند.

کاربرد کامپیوتر در حل معادلات دیفرانسیل سیستم BTC:

معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم BTC واحدهای بخاری را نمیتوان با روشهای معمولی مانند اولر اصلاح شده و یا رانگ کوتا حل نمود، زیرا این دو روش و روشهای مشابه نسبت به گام زمانی (Time Step) حساس می باشند و از طرف دیگر با توجه به پراکنده بودن مقادیر ویژه متعلق به سیستم BTC استفاده از دو روش نامبرده موجب ناپایداری عددی خواهد گشت. پس باید از روشی استفاده نمود که نسبت به پراکنده بودن ثابتهای زمانی و بزرگ بودن (Time Step) حساس نباشد. با در نظر گرفتن نکات اخیر در کار حاضر از روش ذوزنقه ای استفاده شده است پس از انتخاب روش

ذوزنقه‌ای میتوان معادلات را بصورت همزمان حل نمود یا از روش سری استفاده کرد. در روش حل معادلات دیفرانسیل بصورت همزمان داریم:

$$A \underline{X(t+\Delta t)} + B \underline{X(t)} = C \underline{U(t)}$$

که کفایت فقط یکبار ماتریس A را معکوس نمائیم و برای محاسبه مقادیر در لحظه $t+\Delta t$ از مقادیر موجود در لحظه t استفاده شود.

در روش حل معادلات دیفرانسیل بصورت سری نظر به موجود بودن فیدبک‌های مختلف و طبیعت غیرخطی معادلت در هر Time step باید از سیکل محاسباتی نظیر روش گوس سایدل برای تعیین مقادیر در لحظه $t+\Delta t$ استفاده گردد. (در این تحقیق از متد سری استفاده شده است) به منظور نشان دادن پاسخ مدل کنترل توربین- بویلر و قابلیت نرم‌افزار LTDS چند آزمایش روی واحدهای مختلف بخار انجام داده و نتایج شبیه‌سازی در طی مدت ۵ دقیقه در شکل‌های (۲) تا (۳) بعنوان نمونه آورده شده است.

پخش بار دینامیکی:

محاسبات پخش بار معمولی بمنظور تعیین ولتاژ و زاویه شینها و قدرت جاری در خطوط اساساً یک‌ارزیابی شبکه در وضعیت پایدار محسوب می‌گردد.

وقوع هر اختلال بزرگ در سیستم موجود عدم تعادل شدید بین تولید- مصرف خواهد گشت که این عدمتعادل باعث بوجود آمدن تغییرات بزرگی در ولتاژ شینها و فلوی جاری در خطوط انتقال و فرکانس سیستم می‌گردد. با توجه به این شرایط غیرنرمال بوجود آمده در شبکه، استفاده از یک پخش بار معمولی جهت انجام محاسبات اصلاً مناسب نیست و خطای بزرگی را در ارزیابی بوجود خواهد آورد.

در پخش بار دینامیکی معادلات شتاب ماشینهای موجود در شبکه با معادلات عمومی پخش بار تلفیق می‌گردد.

اساس روش پخش بار دینامیکی بر مبنای استفاده از مدل Inertial Representation استوار است. معادله شتاب ماشین i عبارت است از:

$$\frac{d\omega_{sys}}{dt} = \frac{1}{2.H_i * \omega_{sys}} (P_{M_i} - P_{E_i})$$

با توجه به یکنواخت بودن فرکانس در سرتاسر سیستم معادله شتاب سیستم مشابه معادله فوق خواهد بود یعنی:

$$\frac{d\omega_{sys}}{dt} = \frac{1}{2.H_{sys} * \omega_{sys}} P_{acc}$$

در این معادله توان شتاب سیستم (P_{acc}) عبارت از مابه‌التفاوت توان مکانیکی کل سیستم و توان الکتریکی کل سیستم و H_{sys} اینرسی کل سیستم متشکل از اینرسی تمام اجزاء گردان می‌باشد.

مقایسه دو معادله اخیر نشان میدهد که مقدار $\frac{P_{M_i} - P_{E_i}}{H_i}$ مقدار ثابتی برای تمام ماشینهای شبکه می‌باشد، این نتیجه ناشی از فرض یکسان بودن فرکانس در سرتاسر سیستم قدرت است. در حقیقت از نوسانات گذرا بین روتور ماشینها صرف نظر شده است.

این روش یعنی Inertial Representation توزیع جدید بار بین ماشینهای شبکه پس از اختلال در لحظات مختلف متناسب با اینرسی هر ماشین بدست می‌دهد، دخالت پارامتر H_i ماشینها در معادلات گویای این مطلب است و نسبت به دوری و نزدیکی ماشینها به شینی که در آن اختلال رخ میدهد حساسیتی ندارد.

تلفیق معادلات عمومی پخش بار با معادلات شتاب ماشینها در نهایت در ماتریس ژاکوبین منعکس می‌گردد و از طرف دیگر با توجه به دینامیک بارهای موجود در شبکه یعنی رابطه تحلیلی:

$$P_{L_i} = P_{O_i} \times \omega_{sys}^{\alpha_{P_i}} \times V_i^{k_{P_i}} \text{ P.U.MW}$$

$$Q_{L_i} = Q_{O_i} \times \omega_{sys}^{\alpha_{Q_i}} \times V_i^{k_{Q_i}} \text{ P.U.MVAR}$$

تغییرات بارها نیز در ماتریس ژاکوبین مشارکت خواهند نمود. با در نظر گرفتن مطالب فوق پیداست که ماتریس ژاکوبین مورد استفاده در پخش بار دینامیکی نسبتبه ماتریس ژاکوبین پخش بار معمولی تفاوتهای فاحشی دارد. نکته مهم دیگر در پخش بار دینامیکی این است که ماتریس ژاکوبین الزاماً باید کامل تشکیل گردد. نمیتوان از فرم Decoupled استفاده نمود. در پخش بار دینامیکی شین Slack همچنان بعنوان یک واحد تولید قدرت محسوب میگردد اما دیگر وظیفه توازن تولید- مصرف در شبکه را بعهده ندارد زیرا در این حالت بحث بر روی اینست که تفاوت تولید- مصرف به چه میزانی موجب شتاب سیستم خواهد شد و آیا پایداری کلی را از بین خواهد برد و یا خیر؟

پس در پخش بار دینامیکی نیازی به تعریف شین Slack نداریم ولی با توجه به نسبی بودن زوایای ماشینها بایدیکی از ماشینهای شبکه را بعنوان مرجع اختیار نمود.

کاربرد کامپیوتر در مطالعه پدیده دینامیک بلندمدت

مراحل مختلف در طی محاسبات مربوط به پدیده دینامیک بلندمدت سیستم‌های قدرت بشرح زیر می‌باشند:

پس از اجرای برنامه پخش بار معمولی و ایجاد شرایط اولیه مناسب برای معادلات دیفرانسیل و تعیین نقطه کار سیستم در هر فاصله محاسباتی به کمک محاسبات پخش بار دینامیکی وضعیت ولتاژ شبکه و در نتیجه فلوی خطوط و تلفات شبکه و بارهای الکتریکی پس از وقوع اختلال محاسبه می‌گردد. اگر بطور مثال بخواهیم محاسبات پخش بار را هر ۵ دقیقه یکبار انجام دهیم و از Extrapolatin نیز استفاده نکنیم، نتایج آخرین پخش بار برای مدت ۵ ثانیه ثابت باقی می‌مانند. لازم بیادآور است چون فرکانس شبکه در حال تغییر است بارها دیگر ثابت نمی‌باشند و مقدار آنها در پایان هر Time step با توجه به مقدار جدید فرکانس و ولتاژ محاسبه و تعیین می‌گردد. از طرف دیگر توان مکانیکی تولیدی هر واحد نیز با توجه به تغییر فرکانس در هر فاصله محاسباتی با استفاده از مدل ریاضی همان واحد مجدداً محاسبه می‌گردد، حاصل جمع توان مکانیکی واحدها به توان مکانیکی کل سیستم موسوم است:

$$P_{M,SYS} = \sum_{i=1}^m P_{mi} \quad m = \text{تعداد واحدهای تولید}$$

توان الکتریکی کل سیستم برابر است با مجموع تلفات کل سیستم و بارهای الکتریکی:

$$P_{E,SYS} = P_{LOSS} + \sum_{i=1}^n P_{li} \quad n = \text{تعداد شین‌های شبکه}$$

پس از این مراحل توان شتاب سیستم قابل محاسبه می‌باشد:

$$P_{ACC} = P_{M,SYS} - P_{E,SYS}$$

با استفاده از توان شتاب سیستم میتوان فرکانس کل شبکه ω_{sys} را از معادله دیفرانسیل درجه اول غیرخطی زیر بدست آورد.

$$\frac{d\omega_{sys}}{dt} = \frac{1}{2H_{sys}\omega_{sys}} P_{acc}$$

در این مقاله برای حل معادله فوق در هر مرحله از روش اولر اصلاح شده استفاده شده است. در این رابطه H_{sys} اینرسی کل سیستم متشکل از اینرسی تمام اجزاء گردان می‌باشد و در صورت خارج شدن یک واحد گردان اعم از موتور یا ژنراتور مقدار اینرسی آن از H_{sys} کم می‌گردد. با استفاده از فرکانس شبکه که در پایان هر فاصله محاسباتی بدست آمده است میتوان برای مرحله بعدی با استفاده از مدل ریاضی واحدهای تولید (اعم از آبی یا بخاری) توان مکانیکی سیستم را بدست آورد. با توجه به اینکه بارهای موجود در شبکه توابعی غیرخطی از فرکانس و ولتاژ می‌باشند با توجه به فرکانس سیستم و ولتاژ هر شین مقدار بار آن شین را حساب میکنیم. هر ۵ ثانیه یکبار محاسبات پخش بار دینامیکی را انجام داده و با استفاده از آن وضعیت ولتاژ و تلفات شبکه را تعیین میکنیم. با استفاده از محاسبات اخیر در حقیقت $P_{E,sys}$ بدست می‌آید و با استفاده از آن میتوان فرکانس را در گام بعدی محاسبه نمود. با توجه به نکات فوق ملاحظه می‌گردد که با ادامه این محاسبات میتوان تا هرچند مدتی که بخواهیم رفتار و وضعیت سیستم را برای یک حادثه و یا حوادث مختلف شبیه سازی کنیم.

نرم افزار LTDS:

نرم افزار LONG TERM DYNAMIC SIMULATOR (LTDS) مشخصات ویژه‌ای دارد که آنرا از سایر برنامه‌های معمولی پایداری متمایز می‌سازد. در این برنامه از نوسان بین ماشینها صرفنظر میشود یعنی همه ماشینهای موجود در شبکه با سرعت یکسانی در حال کار هستند، در واقع مثل اینست که روتور همه ماشینها بطور مکانیکی بهم متصل شده‌اند. براساس این فرض مهم برای این پدیده میتوان گام زمانی بزرگتری نسبت به گام زمانی مطالعه پایداری گذرا در نظر گرفت. بعلت بزرگ بودن گام زمانی (معمولاً یک ثانیه) در هر مرحله باید پخش بار دینامیکی اجراء گردد. برنامه LTDS قابلیت آنرا دارد که در هر یک ثانیه یکبار پخش بار جدید انجام دهد. از طرفی چون در بلندمدت کمیاب سیستم قدرت تغییرات کندی دارند میتوان هر چند ثانیه یکبار برنامه پخش بار را انجام داد و در بین هر دو پخش بار متوالی با استفاده از روشهای Etrapolatin بطور تقریبی برای محاسبه توان شتاب سیستم استفاده نمود. در برنامه LTDS دو نوع محرک اولیه برای واحدهای تولید در نظر گرفته شده است، واحدهای آبی و واحدهای بخاری با سوخت فسیلی که معادلات دیفرانسیل مربوط به هر واحد جداگانه در هر مرحله حل میشود. همچنین وابستگی بار به ولتاژ و فرکانس، اثر تپ چنجر ترانسفورماتور، ترانسفورماتور تغییر دهنده فاز و اثر رله‌های اتوماتیک حذف بار در نظر گرفته شده‌اند.

توالی اجرای برنامه LTDS در شکل (۴) آورده شده است.

مطالعات آزمایشی:

بمنظور نشان دادن توانایی برنامه LTDS شبکه شکل (۵) بعنوان نمونه انتخاب و آزمایشهای مختلفی بر روی آن انجام گرفته است که برای نمونه تعدادی در شکل (۶) تا (۸) آورده شده است. حال چند پرسش اساسی مطرح است:

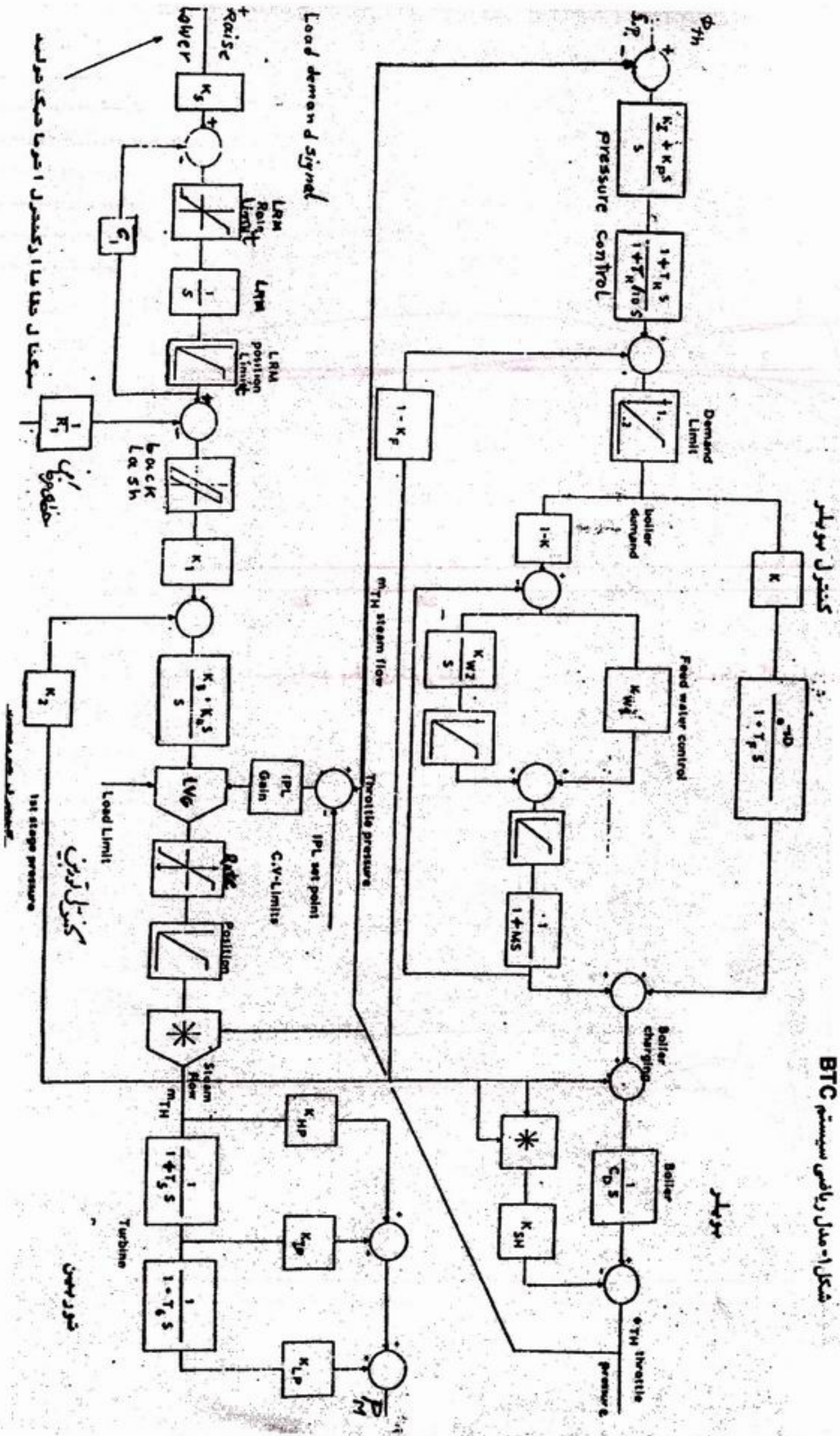
آیا نتیجه‌ای که از شبیه‌سازی بدست می‌آید واقعاً همان است که در عمل اتفاق می‌افتد؟ تا چه درصدی نتایج شبیه‌سازی به حقیقت نزدیک می‌باشد؟

آیا ساختار کلی شبکه و دوری و نزدیکی واحدهای تولید نسبت به محلی که در آن بار تغییر میکند در رفتار دینامیکی سیستم در بلندمدت اثر دارد؟ به پرسش اخیر روش Inertial Representation اصلاً توجهی ندارد و باید بدنبال ابداع روشهایی بود که به این پرسشها پاسخ قاطعی بدهد.

امکان آزمایش روی شبکه واقعی وجود ندارد، آزمایشگاه میکروماشین نیز بدرد این مطالعه نمی‌خورد. اگر کلیه اندازه‌گیریها و نتایج اعم از تولید واحدها و فرکانس سیستم و عملکرد رله‌ها برای یک اختلال ناگهانی در یک شبکه موجود باشد آنگاه میتوان نتایج شبیه‌سازی را برای اختلال با واقعیت مقایسه نمود و نسبت به میزان دقت برنامه تهیه شده اظهارنظر نمود. بسیار مفید خواهد بود که مطالعه دینامیک بلندمدت براساس روش Exact Governor انجام داده و نتایج آن را با روش Inertial Representation مقایسه نمائیم و بررسی شود که نتایج کدامی به واقعیت نزدیکتر است. در خاتمه مقایسه اجمالی بین پدیده دینامیک بلندمدت و دینامیک کوتاهمدت در شکل شماره ۹ آورده شده است.

مراجع:

1. "Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies" IEEE Committee Report, IEEE Transaction, Vol PAS- 92 Dec. 1973, PP. 1904- 16
2. "Long-term power system dynamics". Volume 1A, Summary Report of EPRI Research project 90-7, april, 1974
3. "A Digital Computer Program for analyzing long term dynamic response of power systems", J.f.Luini, R.P.Schuls, A.e.Turner, (General Electric Company), EPRI Research Project 90-7, PP.136-143
4. Dunlop, R.D., EwartD.N. , Schulz,R.P. , "Use of digital computer simulation to assess LONG-TERM POWER SYSTEM DYNAMIC RESPONSE", 1975 Trans, IEEE, VOL PAS -94 , NO.3 , PP.850-857



شکل ۱- مدل ریاضی سیستم BTC

سیگنال خطا را در مدار کنترل ایزو پرسیون محدود می‌کند

کنترل توربین

توربین

1st stage pressure

K_2

خطی

K_1

L_{RM} position limit

$\frac{1}{s}$

L_{RM}

L_{RM} Raise/Limit

K_s

raise/lower

Load demand signal

P_M

K_{LP}

K_{HP}

m_{TH}

Throttle pressure

m_{FW} steam flow

$1-K_F$

Demand Limit

$1+T_H s$

$1+T_M s$

$K_g + K_{ps}$

P_B

P_M

Boiler

Boiler charging

Feed water control

boiler demand

Control boiler

کنترل بویلر

Boiler pressure

Boiler charging

Feed water control

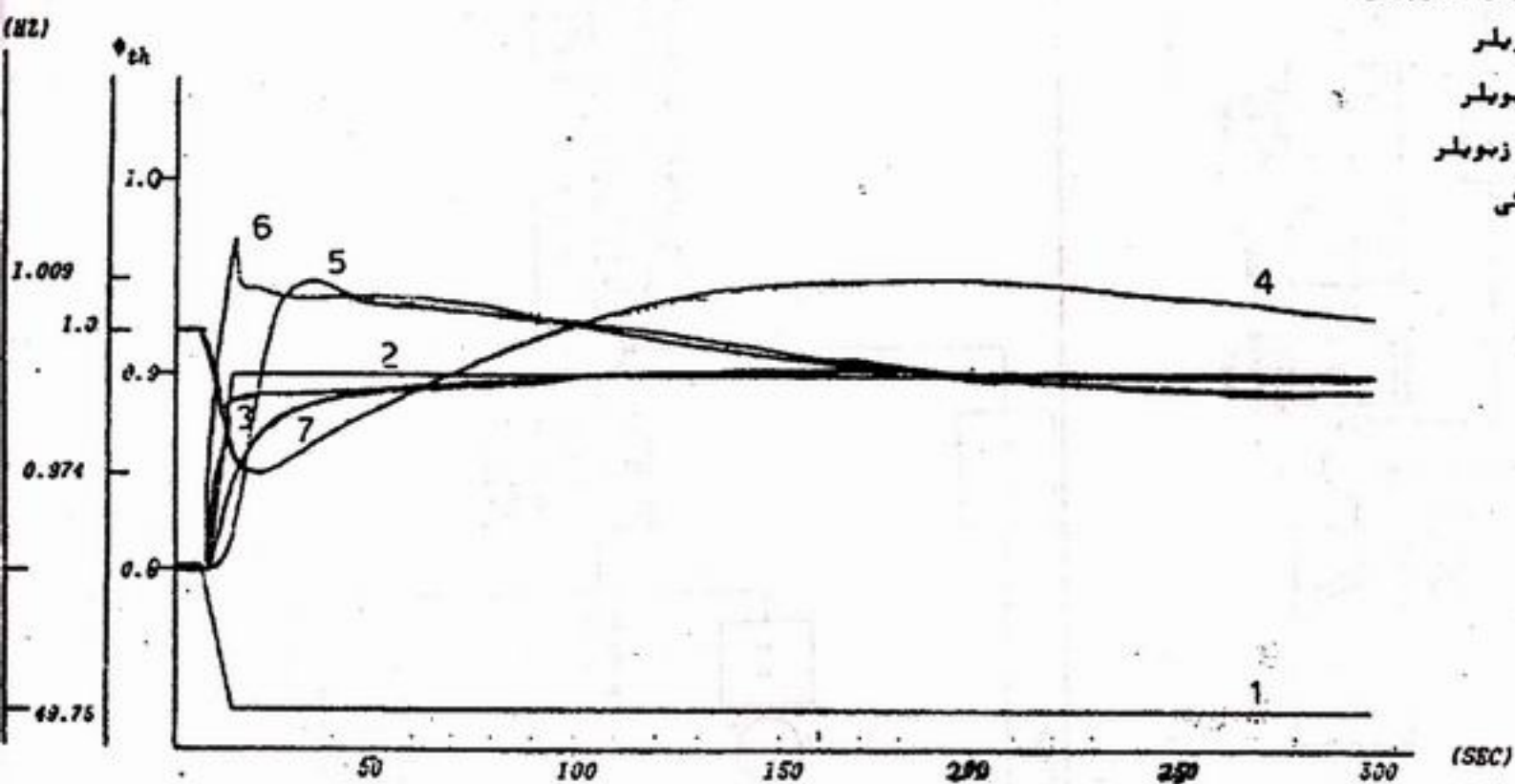
boiler demand

Control boiler

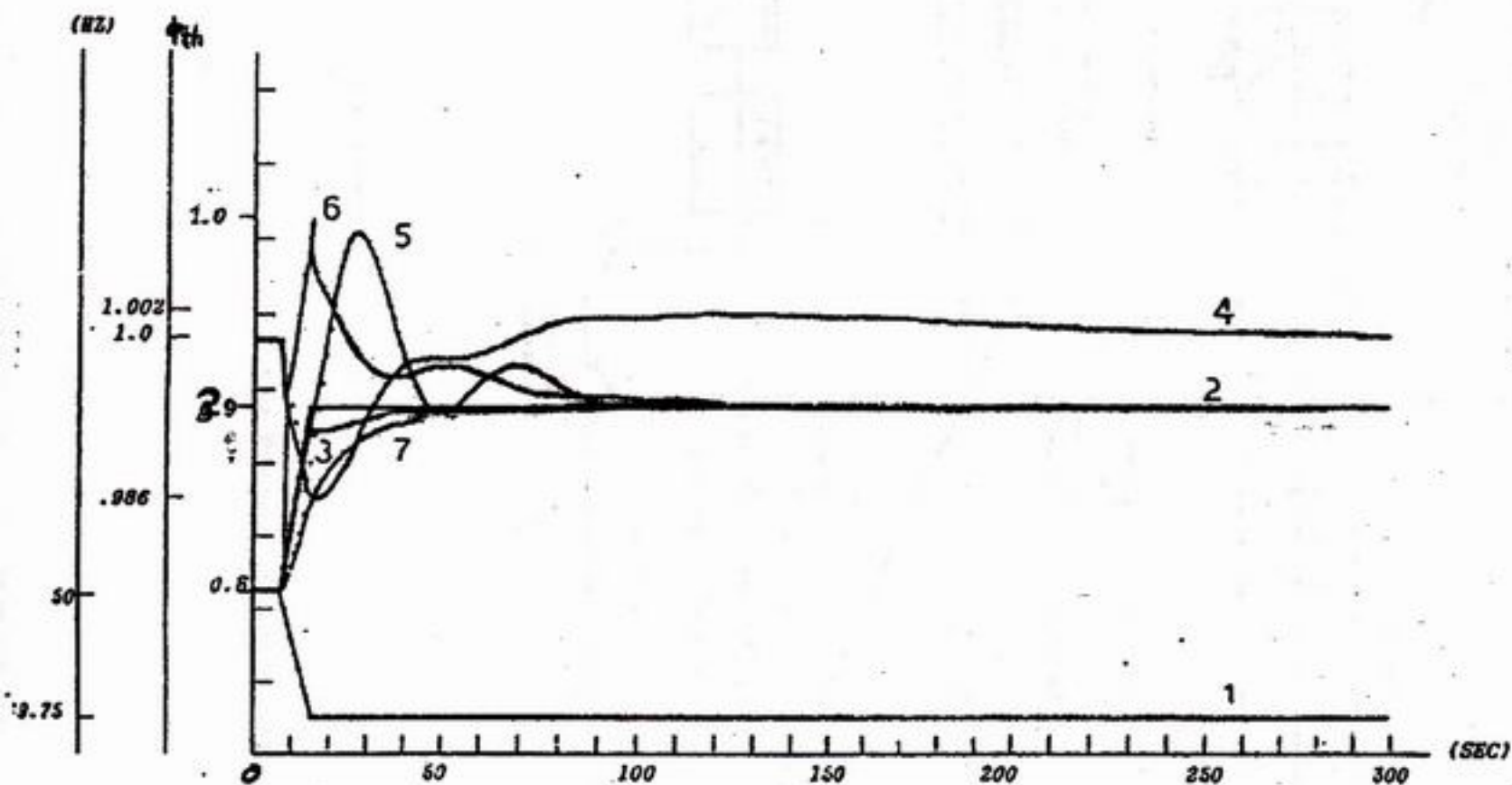
کنترل بویلر

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

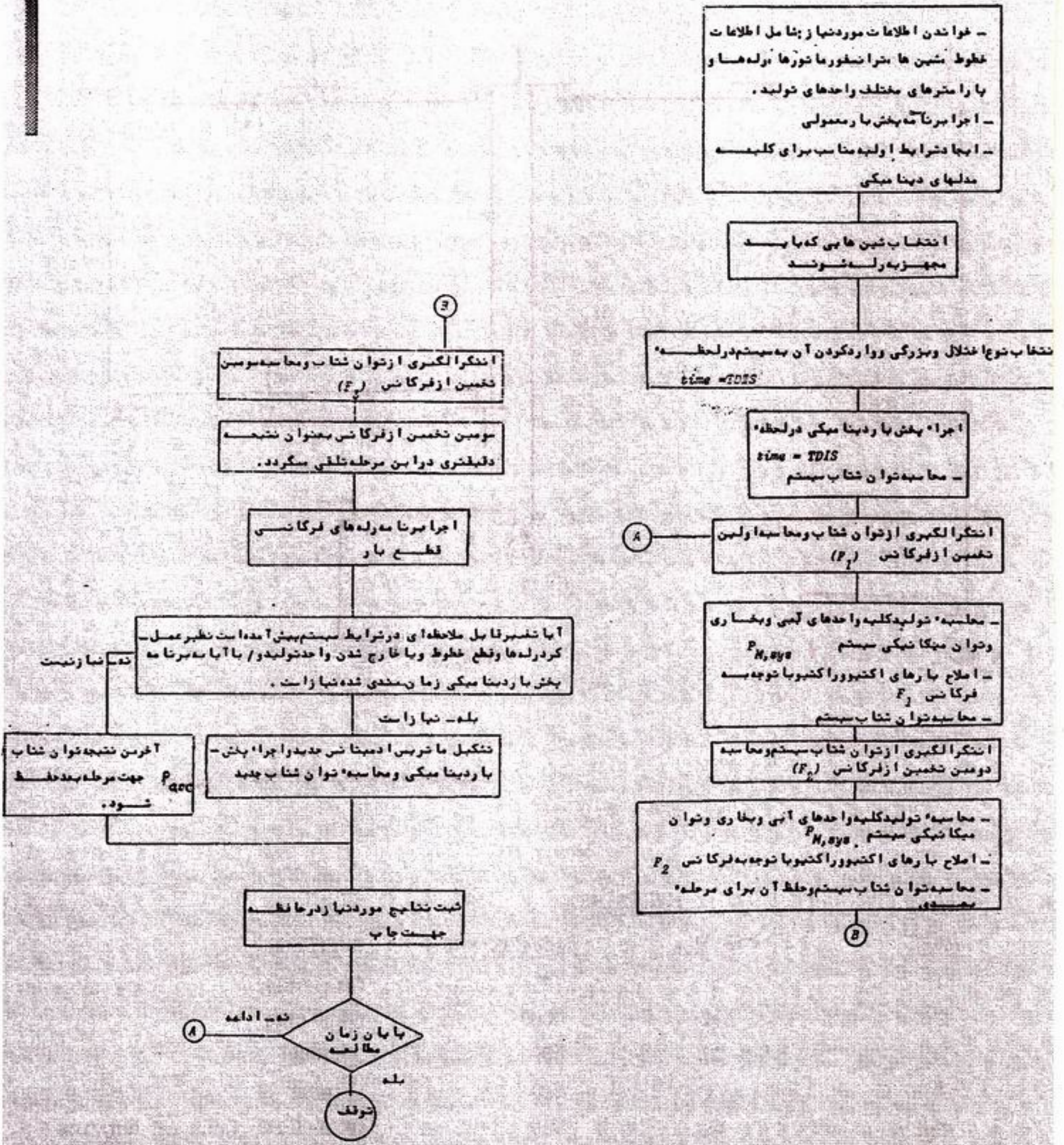
- ۱- فرکانس سیستم
- ۲- سطح موثر شیرکنترل
- ۳- فلوی بخار ورودی به توربین
- ۴- فشار خروجی بویلر
- ۵- تغذیه ورودی بویلر
- ۶- مصرف مورد نیاز بویلر
- ۷- توان میکا شکی



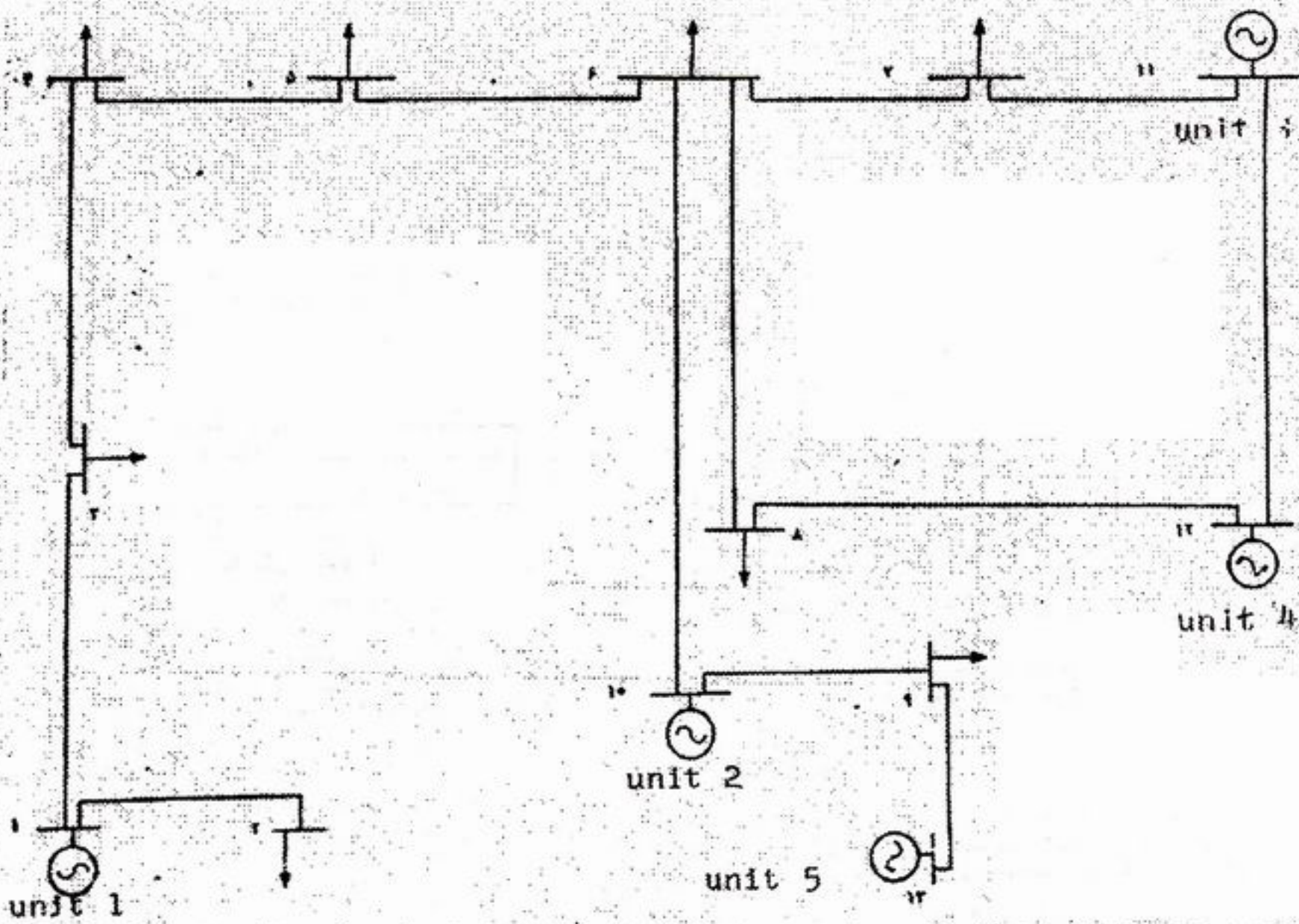
شکل ۲: پاسخ واحد بخاری نوع منبعی ($> 300 \text{ MW}$) با سوخت گاز یا مایع به کاهش فرکانس



شکل ۳: پاسخ واحد بخاری نوع یکطرفه با سوخت گاز یا مایع (300 MW) به کاهش فرکانس



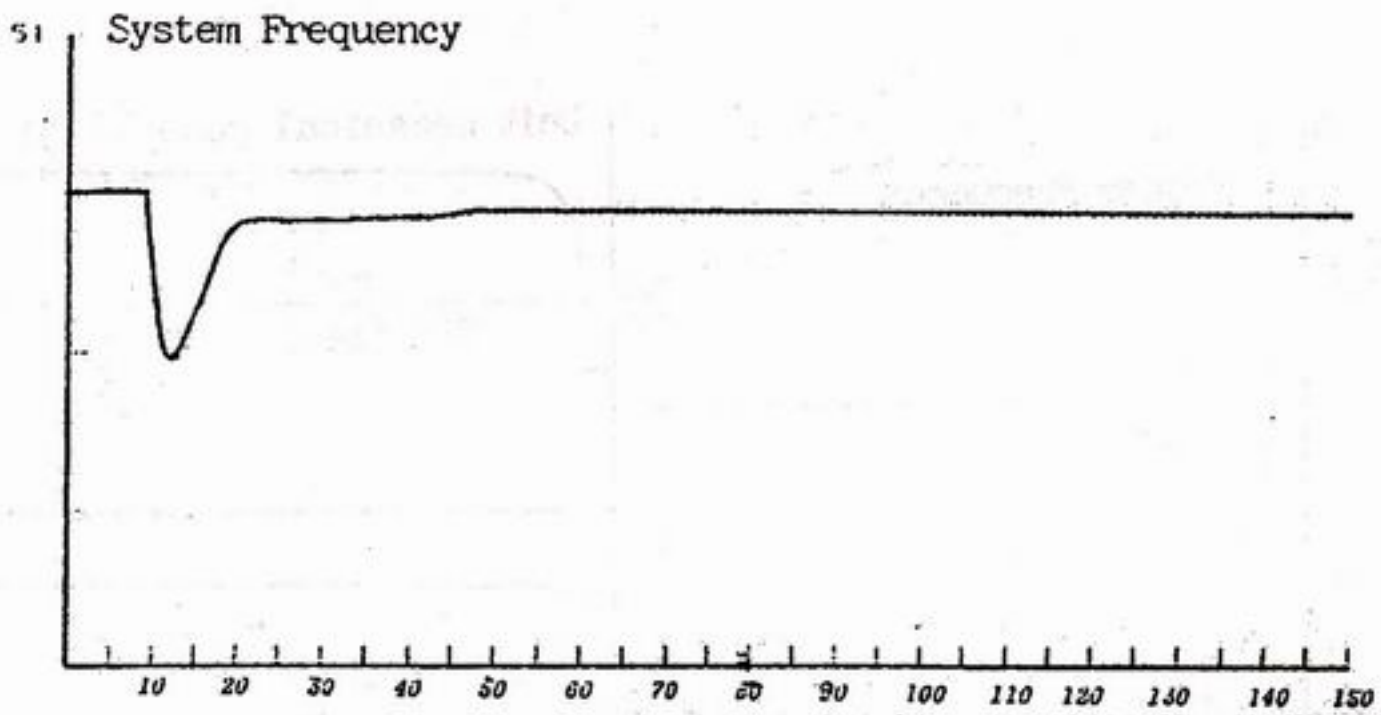
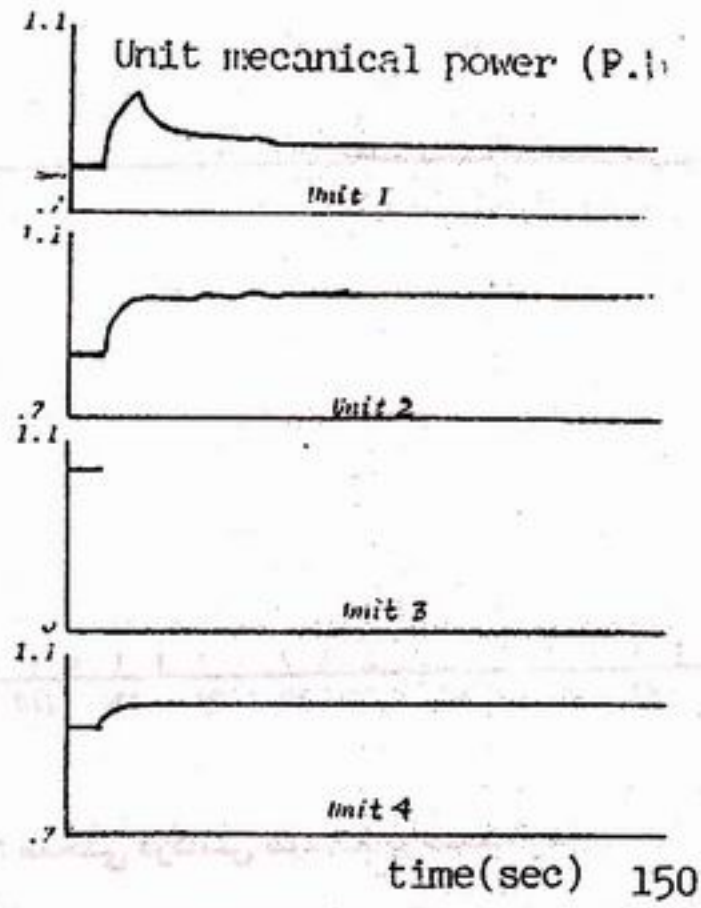
شکل ۴: توالی محاسبات در برنامه LTDS



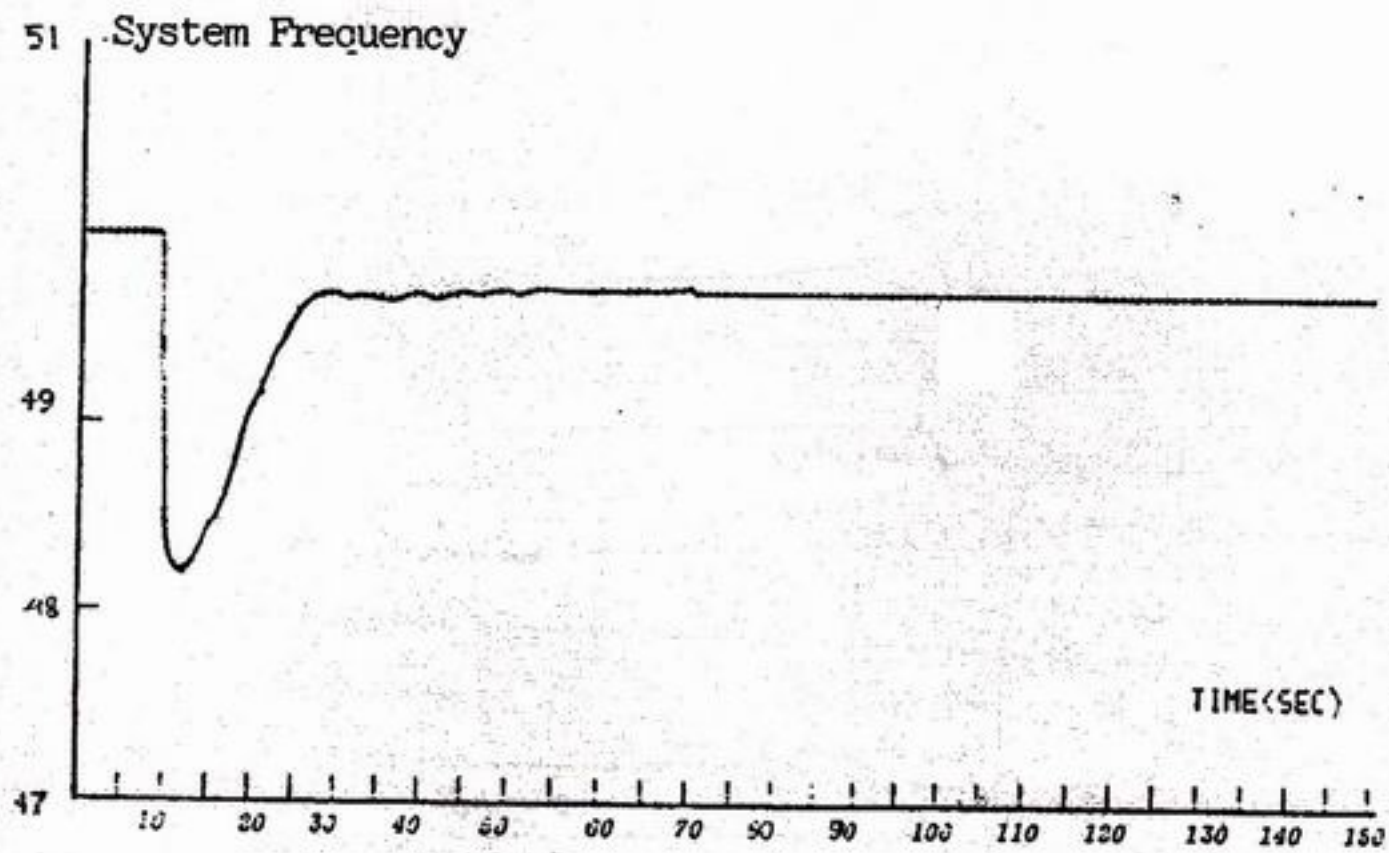
شکل ۵: شبکه ۱۳ شینه مورد مطالعه

UNIT DATA

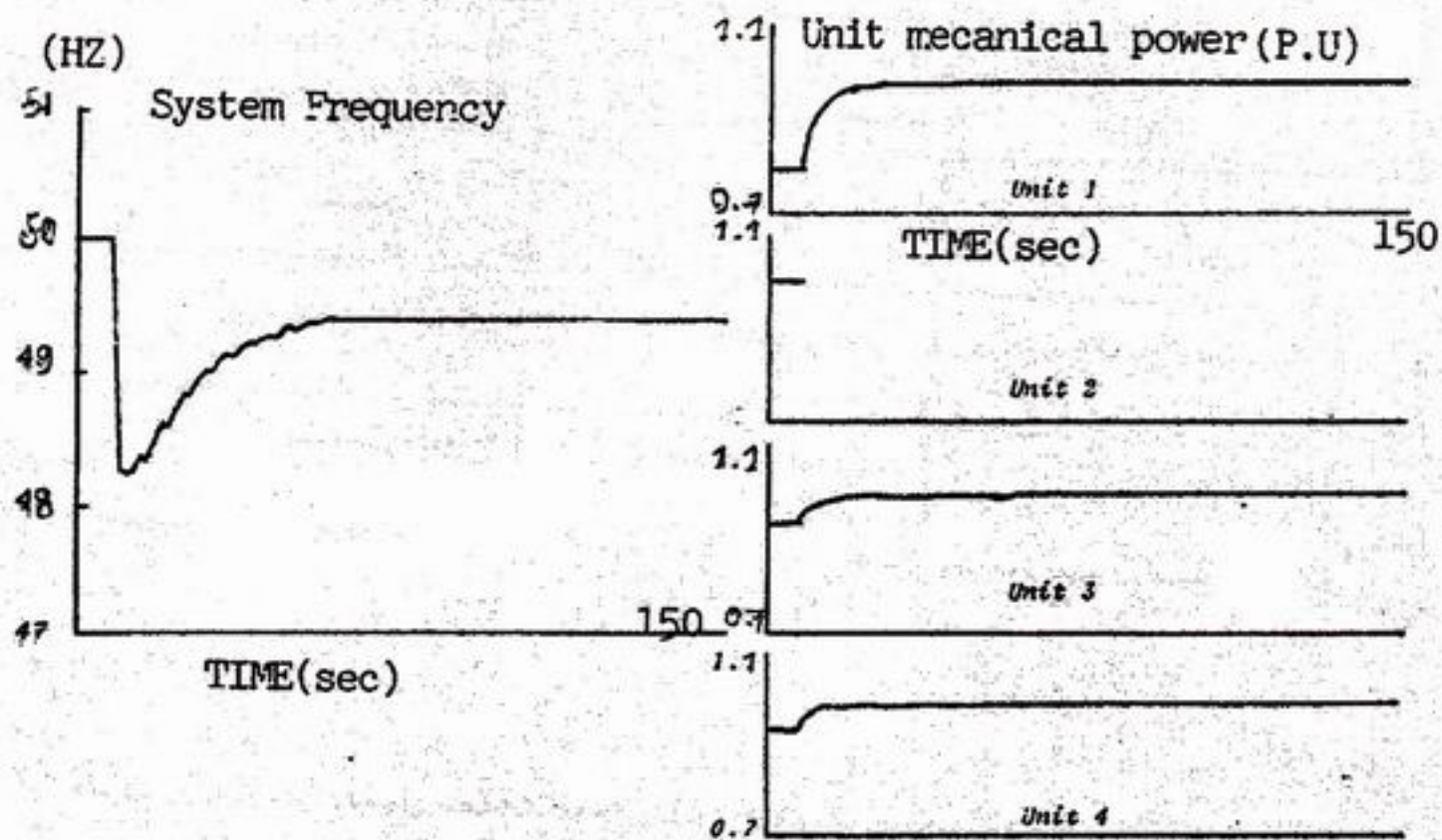
<u>UNIT</u>	<u>BUS NO.</u>	<u>BASE(MW)</u>	<u>TYPE</u>
1	1	725	ONCE-THRU
2	10	1000	ONCE-THRU
3	11	600	DRUM
4	12	800	DRUM
5	13	900	ONCE-THRU , out of service



شکل ۶: آزمایش ۱: واحد شماره ۲ از مدار خارج میگردود رله های اتوماتیک حذف بار در مدار هستند



شکل ۷: منحنی فرکانس سیستم بر حسب زمان
آزمایش ۲: واحد شماره ۲ از مدار خارج میگردد



شکل ۸: آزمایش ۳: واحد شماره ۲ از مدار خارج میگردد

نشریه فنی تحقیقاتی قدس نیرو

	دینامیک بلندمدت	دینامیک کوتاه مدت
میرا شده و فرکانس در سرتا سر سیستم بکنواخت است.	بحرانی	تومان زاویه روتور
مساوی است	با تومان زاویه روتورها سرعت ماشین ها نیز تومان میکند.	سرعت ماشین ها
مهم بوده و نقش اساسی دارند	ثابت در نظر گرفته شده و نقشی ندارد	پاسخ محرک اولیه روتور به آبی یا توربین بخاری
راندمان و سرعت پاسخ تجهیزات کمکی نقش اساسی دارد	املا ۳ همیشه ندارد	تجهیزات کمکی واحدهای تولید
املا مهم نیستند	اهمیت اساسی دارند	راکتا نی گذرا و ثابت زمانهای ماشین
اهمیت چندانی ندارد	موشربوده و نقش اساسی دارد	نامیک - نیم محرک
بر روی تعادل تولید و مصرف شبکه اثر میگذارد	صرفاً "بمورد میرایی کسبل با شبکه در نظر گرفته میشود	وابستگی بار به ولتاژ و فرکانس
اهمیتی ندارد	مهم است	خازن سری
اهمیت اساسی در حفظ پایداری سیستم دارد	اهمیتی ندارد	عملکرد رله های حذف بار
ثانیه ۱ ~ ۰/۵	ثانیه ۰/۰۳ ~ ۰/۰۰۵	گام زمانی محاسبات

شکل ۹: مقایسه اجمالی بین پدیده دینامیک بلندمدت و دینامیک کوتاه مدت

هدیه‌ای برای شما

فرض کنید بانکی وجود دارد که هر روز صبح مبلغی معادل ۸۶,۴۰۰ سکه طلا را به حساب شما واریز می‌کند ولی باقیمانده حساب هر روز، به روز دیگر منتقل نمی‌شود. شما باید تمام پولی را که در حساب هر روز وجود دارد همانروز خرج کنید. هر نیمه شب بخشی از پولی که شما نتوانسته‌اید آن را در طول روز خرج کنید از حساب شما حذف خواهد شد. اگر شما چنین حسابی داشتید چه می‌کردید؟ آیا هر روز تا آخرین ریال را خرج نمی‌کردید؟

هر کدام از ما چنین بانکی داریم. نام این بانک زمان است. هر صبح این بانک مبلغی معادل ۸۶,۴۰۰ ثانیه برای همانروز به شما اعتبار می‌دهد و هرشب بخشی از زمانی را که نتوانسته‌اید در راه مناسبی مورد استفاده قرار دهید از حساب شما پاک می‌کند. بانک تتمه حساب را به روز بعد منتقل نمی‌کند، اجازه خرج کردن بیش از موجودی حساب را نمی‌دهد و سودی پرداخت نمی‌کند.

هر روز که بانک شروع بکار می‌کند یک سپرده دست نخورده منتظر شماست و هر شب سرمایه بلااستفاده آن روز از بین می‌رود. اگر شما نتوانید از سپرده هر روز استفاده کنید ضرر آن متوجه شماست. برگشت به عقب وجود ندارد. نقشه‌ای برای فردا وجود ندارد و شما باید با سرمایه امروز زندگی کنید. این زمان را در راه بدست آوردن سلامتی، شادی و موفقیت صرف کنید. زمان می‌گذرد. از امروز حداکثر استفاده را بکنید.

ارزش یکسال را از دانش آموزی که در یک کلاس رد شده است سوال کنید.

ارزش یکماه را از مادری که یک طفل نارس بدنیا آورده است سوال کنید.

ارزش یکهفته را از ویرایشگر یک مجله هفتگی سوال کنید.

ارزش یک روز را از کارگر روزمزدی که باید برای اطفال خود غذا تهیه کند سوال کنید.

ارزش یک ساعت را از کسانی که منتظر دیدار عزیزی هستند سوال کنید.

ارزش یک دقیقه را از کسی که به موقع به قطار نرسیده است سوال کنید.

ارزش یک ثانیه را از کسی که از یک حادثه جان سالم بدر برده است سوال کنید.

ارزش یک میلی ثانیه را از کسی که در المپیک مدال نقره بدست آورده است سوال کنید.

هر لحظه را گرامی بدارید. هر لحظه را با کسی قسمت کنید که ارزش وقت صرف کردن را داشته باشد. بخاطر داشته باشید که زمان منتظر کسی نمی‌ماند.

دیروز تاریخ است.

فردا آینده است.

و امروز یک هدیه است.

Design and Interior Architecture

واحد طراحی و معماری داخلی قدس نیرو
طراحی فضاهای داخلی و خارجی
آرم - سرپرست - صفحات وب - فلکس - پوستر و ...

تلفن : ۸۴۰۳۹۹۰۷

با تشکر از همکاری آقایان :

دکتر سلیمان شکاری

مهندس علی شاه حسینی

مهندس حسین بختیاری زاده

مهندس احمد فریدون درافشان

از خانم بهرامعلی جهت تایپ مقالات سپاسگذاریم.



مهندسين مشاور قدس نيرو
تابستان ۸۰

آدرس : تهران ، خيابان استاد مطهري ، چهارراه سهروردي
شماره ۹۸ ، كد پستي ۱۵۶۶۲ صندوق پستي : ۱۵۷۲۵ / ۵۱۶
تلفن : ۸۴۱۱۳۱۹ - ۸۷۰۰۴۵۴ - ۸۴۱۱۶۳۱ - ۸۴۰۳۵۹۶ - ۸۴۱۵۱۷۲



فاكس : ۸۴۱۱۷۰۴ Email : info@ghods-niroo.com