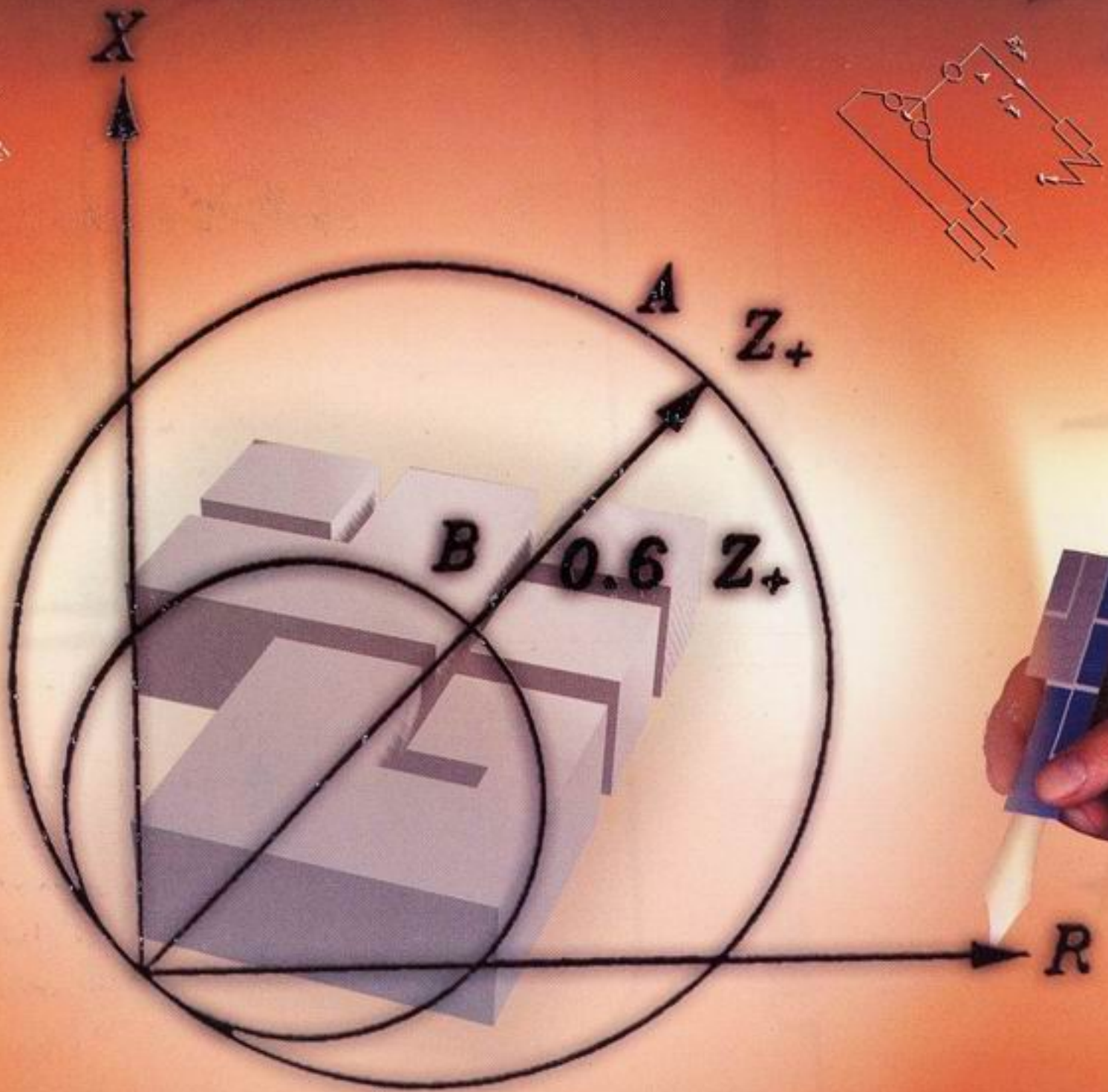


شماره ۷ - پاییز ۱۳۸۲

نشریه علمی تخصصی قدس نیرو



فهرست مقالات

- ۲ سرمقاله
- ۳ بحث درباره رابط‌های تنشی - مهندس محمدیحیی نصرالهی
- ۱۷ تنش‌گیری به روش ارتعاشی - مهندس رسول محرمی
- ۲۳ بهره‌وری نیروی انسانی - مهندس عارفه رستمی
- ۲۷ محاسبه راندمان واحدهای گازی V94.2 - مهندس فرید علایی سامانی
- ۴۲ اثر محاسبات دقیق امپدانس صفر روی تنظیمات رله دیستانس - مهندس کاظم شباهنگ
- ۴۲ مهندس بابک حریری
- ۵۶ موثر کردن نقش مهندسين مشاور در بهره‌برداری صحیح از صنعت برق
- ۵۷ اخبار آموزش



مدیرمسئول : مهندس احمد شکوری‌راد

سر دبیر : مهندس فتانه دوستدار

طراحی و صفحه‌آرایی : امور پشتیبانی قدس نیرو

هیات تحریریه :

خانمها: مهندس لادن پورکمالی، مهندس فتانه دوستدار

آقایان : مهندس پورنگ پاینده، مهندس حسن تفرشی، مهندس مسعود حبیب‌آبادی...زاده، مهندس محمدحسن زرگر شوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس شادان کیوان، مهندس علی مقیمی، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

از خوانندگان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای نشریه می‌باشند تقاضای شود موارد ذیل را رعایت فرمایند:

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در رابطه با صنعت آب و برق باشد.
- مقاله‌های تالیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله‌های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یاتایپ شده و شکل‌ها، عکس‌ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده باشند.
- توضیحات و زیرنویس‌ها به صورت مسلسل شماره‌گذاری شده و در پایان هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه‌گیری و لیست مراجع بوده به همراه رزومه مختصری از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده باشد.

بنام خدا

امروزه سازمانها در شرایطی قرار دارند که نیازمند تحول اساسی هستند. عواملی مثل جهانی شدن، توسعه دانائی، فن آوری اطلاعات و ارتباطات، نوآوریها و خلاقیتها به سرعت، ساز و کارهای اقتصاد جهانی را دگرگون می‌کنند. در چنین شرایطی سازمانی را موفق ارزیابی می‌کنند که مناسبات جدید را بشناسد، از آن بهره‌برداری کند و با بکارگیری نظام‌های نوین مدیریت، خود را با آن همراه سازد و بداند که تغییر همچنان ادامه خواهد داشت.

سیستم‌های جدید مدیریت، ابزار اصلی در فرایند توسعه هستند که بر استفاده بهینه از منابع، کشف و بکارگیری منابع جدید برای تولید محصولات و خدمات با کیفیت مطلوب و متناسب با نیازهای مشتریان تأکید می‌شود. برنامه‌ریزی استراتژیک، توسعه نوآوری و یادگیری سازمانی برقراری جریان صحیح اطلاعات و فراگیر کردن آن در بین تمامی کارکنان و بهره‌گیری از مشارکت کارکنان در حل مشکلات، برآورده کردن خواسته‌های متنوع مشتریان از جمله مواردی است که توجه به آنها در هر سازمانی برای دست یافتن به اهداف ضروری می‌نماید.

مدل‌های تعالی سازمانی به عنوان یک ابزار فراگیر و با نگرش جامع به تمامی زوایای سازمانها، به کمک مدیران می‌آیند تا آنها را در شناخت دقیق‌تر سازمان خود یاری کنند، این مدلها برای سنجش و مقایسه عملکرد سازمانها نیز به کار می‌روند و ضمن اینکه یک سازمان را قادر می‌سازند تا میزان موفقیت‌های خود را در اجرای برنامه‌ها در مقاطع زمانی مختلف مورد ارزیابی قرار دهد این امکان را نیز فراهم می‌کنند تا عملکرد خود را با سایر سازمانها به ویژه با بهترین آنها مقایسه کند.

تعالی سازمانها به میزان توانمندی آنها در دستیابی به نتایج و اهداف سازمان که در راستای نیازهای مشتریان از قبل تعریف و برنامه‌ریزی شده است و تلاشی که در جهت حفظ تداوم و بهبود آن نتایج به عمل می‌آورند بستگی دارد.

در بیش از ۷۰ کشور جهان براساس مدل‌های تعالی سازمانی جوایزی تعریف شده‌اند که در سطح ملی به برترین سازمانها اعطا می‌شوند.

شرکت ما نیز در راستای سیاستهای جهانی ارتقاء کیفیت در نظر دارد در مسابقه اخذ جایزه ملی کیفیت شرکت نماید. با توجه به قابلیتها، توانائیها و آمادگی نسبی که در چند سال مستقر بودن نظام مدیریت کیفیت که بخوبی و بنحو مطلوب جریان داشته است، امید می‌رود در این امر نیز بتوانیم قدمهای موثری را برداریم، البته این امر مهم خواست و اراده جمع همکاران شرکت را می‌طلبد که خوشبختانه مهیاست.

مدیر مسئول



بحث دربارهٔ رابط‌های برشی

محمدیحیی نصرالهی

سرپرست بخش ساختمان - مدیریت مهندسی توربین‌های گازی II

چکیده:

در بخش ۳ ارو کد ۸ (قسمت اول) ایدهٔ سازه‌های مقاوم تلف‌کنندهٔ زلزله معرفی شده است. این سازه‌های تلف‌کننده، برطبق رفتار لرزه‌ای آنها طبقه‌بندی شده‌اند. در میان آنها قاب فلزی چند دهانهٔ بادبندی شده با خروج از مرکز، توصیه شده است، بطوریکه اتلاف انرژی غیرارتجاعی، بوسیله خمش و برش در قسمتی از تیر موسوم به رابط^۱ تأمین شده است، از آنجائیکه طول رابط در این کد مشخص نشده است، این مقاله در قسمت اول آن دربارهٔ طول رابط تیرها و رابط‌های با سطوح مقاطع بال پهن بحث می‌کند که پس از تحلیل‌های نظری و تجربی سیستم‌های مختلف بادبندی‌های با خروج از مرکز و اعضای آنها (که در دانشگاه برکلی بدست آمده است)، برای رسیدن به ایدهٔ ظرفیت طرح در ارو کد ۸، در قسمت دوم این مقاله بعضی جزئیات و پیشنهادات برای طرح اتصال قاب‌های فولادی چند دهانه، با بادبندی‌های متمرکز و خروج از مرکز، تحت اثر بار زلزله، ارائه شده است.

کلمات کلیدی: رفتار غیرارتجاعی، بادبند با خروج از مرکز، رابط، اتلاف انرژی، زمین لرزه، کماتش

مقدمه

در تمام شش سند اصلی ارو کد ۸ که در برگیرنده رشته وسیعی از کارهای مهندسی در مناطق زلزله‌خیز است، فقط قسمت اول (عمومی و ساختمانها) تاکنون چاپ شده است (مرجع ۱). بخش سوم از قسمت اول بنام "مقررات تعیین شده برای سازه‌های فولادی" موضوع این مقاله است. طرح زلزله مطابق ارو کد ۸، بر پایهٔ فلسفه کد نیوزیلند قرار گرفته است (مرجع ۲)، که بطور مثال اتلاف انرژی در رفتار غیرارتجاعی سازه‌ها را ممکن می‌سازد (مرجع ۳).

مطالب فوق تحت عنوان عمومی "ظرفیت طرح" قرار دارد. در این ایده، نیروهای زلزله طرح، به نسبت آنهایی که موجب عکس‌العمل ارتجاعی سازه می‌شوند، کاهش یافته‌اند.

مهمترین قدم در ایده ظرفیت طرح ارو کد ۸ (EC.8)، معرفی ضریب کاهش نیرو است که ضریب رفتار (q) نامیده می‌شود و تابع سه مشخصه زیر می‌باشد:

- ۱- تیپولوژی سازه
- ۲- آرایش هندسی - مکانیکی عناصر مقاوم (منطبق بر قواعد)
- ۳- نرمی موضعی / یکپارچه سازه، که باعث رفتار اتلاف موضعی / یکپارچه می‌گردد.

برای قاب‌های بادبندی شده با خروج از مرکز، در ارو کد ۸ (EC.8) قسمت اول، مقدار طول رابط برشی در ماده (3.4) وجود ندارد.

1- Link.

بر اساس آزمایشات انجام شده توسط پوپوف، مالی، ردر، کسائی و انگلهارت (مراجع ۴ الی ۱۲)، طول رابط برشی برای بعضی از سطوح مقاطع تیر (و رابطها) مورد بحث قرار گرفته، که در این مقاله توصیه گردیده‌اند.

۱- بحث دربارهٔ رابطهای برشی

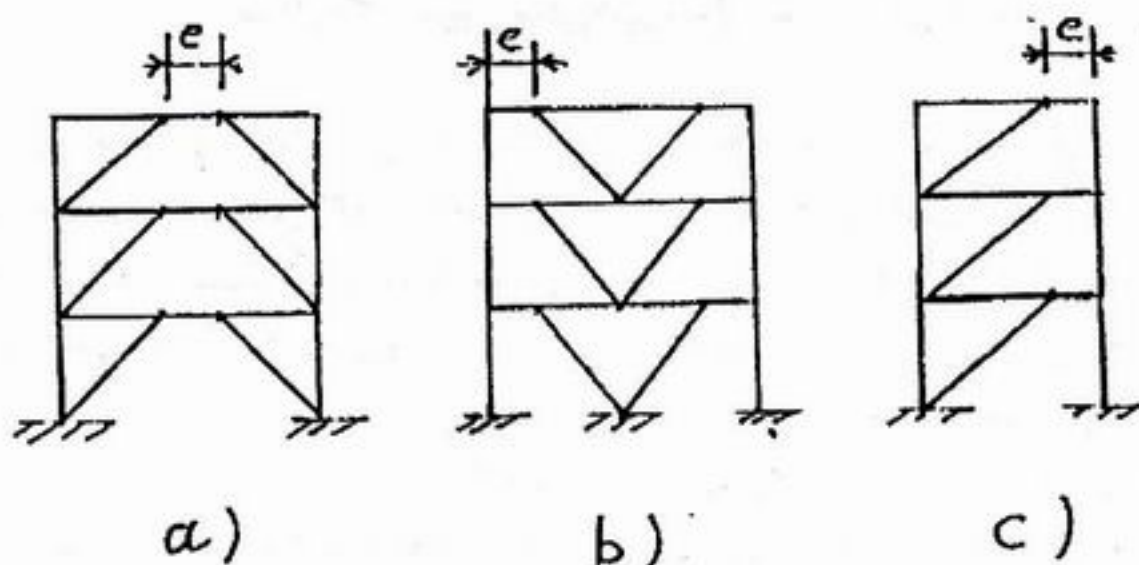
در طرح سازه‌هایی که در مناطق زلزله‌خیز ساخته می‌شوند، چنین استنباط می‌گردد که سازگاری‌ای بین ظرفیت تکیه‌گاهی، سختی و توانائی اتلاف انرژی می‌باشد.

قاب‌های بادبندی شدهٔ متحدالمرکز^۱ دارای سختی و ظرفیت تکیه‌گاهی زیادی هستند، ولی توانائی جذب انرژی کمی را دارند به عکس، قاب‌های مقاوم در برابر ممان^۲ (MRF) دارای ظرفیت جذب انرژی زیادی هستند، ولی بدلیل انعطاف‌پذیر بودن، اگر سختی جانبی بیشتری احتیاج باشد، غیراقتصادی خواهند شد. قاب‌های بادبندی شدهٔ خارج از مرکز^۳ (EBF)

سازه‌های سختی را هنگام بارگذاری^۴ به دست می‌دهند و در انتها درجهٔ ازدیاد بار ناشی از افزایش شدت زلزله، دارای نرمی بیشتری نسبت به (CBF) می‌باشند.

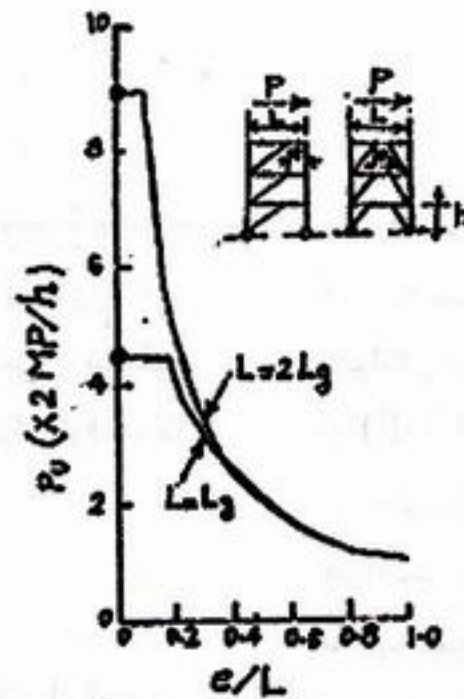
در حالیکه گسیختگی کششی و کماتش غیرالاستیک عنصر بادبند در (CBF) مکانیسمهای اساسی جذب انرژی را فراهم می‌نمایند، انرژی تلف شدهٔ غیرالاستیک اضافی در (EBF) بصورت خمش و برش در یک قطعه تیر نشان داده می‌شود، که رابط نامیده می‌شود (شکل ۱). رابطها همانند یک فیوز شکل‌پذیر عمل می‌کنند. حدود نیروهای منتقل شده به بادبندها و دیگر اعضای قاب و تأثیرپذیری استثنائی رابطها در تقویت و همزمان سخت نمودن قابها در شکل (۲) نشان داده شده‌اند بطوریکه با $(e=L)$ یک (MRF) خواهیم داشت.

در نمایش بادبندی‌ها، مقاومت قاب با کاهش e سریعاً تا خطوط مقاومت آن (نشان داده شده در شکل ۲) افزایش می‌یابد.



شکل (۱): آرایش بادبندهای متناوب توصیه شده برای قاب‌های بادبندی شده با خروج از مرکز

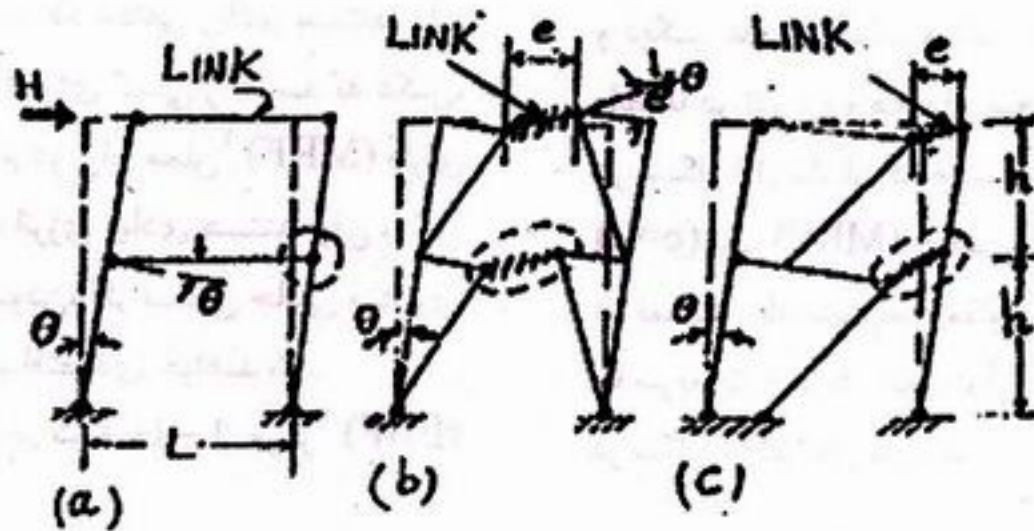
- 1- Concentrically Braced Frames = (CBF)
- 2- Moment Resistant Frames = (MRF)
- 3- Eccentrically Braced Frames = (EBF)
- 4- Working Loads.



شکل (۲): ظرفیت‌های پلاستیک قاب تابعی از $\frac{e}{L}$

با خطوط افقی نشان داده شده در نمودارهای شکل (۲) دارای مزیت می‌باشند.

تحقیقات تکمیلی (مراجع ۴ الی ۱۲) به روشنی نشان می‌دهد که خصوصاً طرح (EBF) با رابط‌های کوتاه یا برشی، دارای طول‌های مشابه



شکل (۳): تغییر مکان‌های مجاز سینماتیکی قاب

رابط با خم بلند و برشی کوتاه بدست آمده، برای توصیه‌های طرح استفاده شده است. بعد از بدست آمدن این تجربیات توصیه‌های طرح تهیه شده‌اند. انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا مراحل توصیه طرح را بعهده گرفت و در سال ۱۹۸۶ مجموعه اسناد بنام (مقررات توصیه شده برای نیروهای جانبی) کامل گردید.

این سند بانضمام مقررات مربوط به (EBF) جهت منظور نمودن در یونیفرم ۱۹۸۸، به مقامات رسمی کنفرانس بین‌المللی ساختمان ارائه گردیده است، تا وضعیت کاملی از یک

انتخاب طول رابط باید با دقت خیلی زیاد انجام گیرد. همانگونه که در شکل (۳) دیده می‌شود اگر طول رابط (e) بسیار کوتاه باشد، ممکن است چرخش غیرارتجاعی تحمیل شده:

$$\left(\frac{L}{e}\right)\theta \quad (1)$$

بسیار زیاد شده و باعث شکست کامل رابط گردد.

جهت برقرار نمودن طرح بحرانی برای رابط‌های برشی، از تجربیات دانشگاه برکلی کالیفرنیا (مراجع ۴ و ۵) که در سالهای اخیر برای هر دو



سیستم سازه‌ای ماندگار در طرح زلزله، برای قابهای فولادی اعمال گردد.

رابطه ساده‌ای مابین نیروی جانبی وارد به قاب و نیروی برشی در رابط وجود دارد (مراجع ۶ و ۷). این رابطه فقط به هندسه قاب بستگی دارد، بدین معنی که بدانیم قاب، کدامیک از پاسخهای ارتجاعی یا غیرارتجاعی را دارد. در نتیجه برای تعیین طول رابطها براساس نیروهای جانبی مشخص شده در کد، نوعاً مسیر مستقیم و ساده‌ای را خواهیم داشت.

تحلیل یک قاب ارتجاعی، تحلیل یک قاب شکل پذیر، یا محاسبات ساده دستی، همه نتایج یکسانی را خواهند داد.

با دخالت دادن هندسه قاب، یک قید اساسی نیز بوجود می‌آید و آن اینکه رابطها باید فقط در یک انتهای هر قاب قرار داده شوند، بجز برای نوع نشان داده شده در شکل (1-a) که خصوصاً بخاطر آرایش تقارن در دهانه بزرگ و عدم اتصال رابطها به ستونها، دارای مزیت می‌باشد. در جزئیات بعداً در این مورد بحث خواهد شد، اما در اینجا باید گفت اگر آرایش بادبندی مناسبی انتخاب شده باشد از مسائل بالقوه‌ای که در اتصال رابط به ستون وجود دارد، اجتناب شده است.

فاکتور بحرانی‌ای که بر رفتار غیرارتجاعی رابط اثر می‌کند، طول آن است. مکانیسم گسیختگی، ظرفیت افت انرژی و مکانیسمهای شکست نهائی، همه دقیقاً به طول رابط وابسته هستند.

برای رابطهای خیلی کوتاه رفتار غیرارتجاعی برش حاکمیت دارد، در حالیکه برای رابطهای بزرگتر، که بازشوهای وسیعتری را بخاطر دربها بدلیل مزایای معماری در قابها طلب می‌کند، مش حاکمیت دارد. کاربرد رابطهای بلند،

تحت بارگذاری شدید دوره‌ای که منتج به کاهش سختی، مقاومت و ظرفیت افت انرژی قابهای بادبندی شده خارج از مرکز (EBF) می‌شود، معمولاً در مقایسه با رابطهای کوتاه کمتر مطلوب هستند.

کاربرد رابطهای کوتاه گسیختگی برشی، ماکزیمم ظرفیت افت انرژی توصیه شده برای قابهای بادبندی شده خارج از مرکز (EBF) با رفتار غیرارتجاعی را تأمین می‌نماید. رابط، نوعاً تابع هر دو، نیروی برشی زیاد در امتداد طول پیوسته آن و لنگرهای انتهائی زیاد ولی با نیروی محوری کم می‌باشد (شکل ۴).

در رابط خیلی کوتاه، قبل از اینکه لنگرهای انتهائی به حد لنگر پلاستیک کامل (M_p) برسند، نیروی برشی به حد مقاومت گسیختگی برشی رابط (V_p) می‌رسد. در این حالت رابط خیلی کوتاه، همانند برش در یک مفصل برشی، گسیخته می‌شود. جهت اطمینان، با مکانیسم گسیختگی برشی، کنترل مطلوب‌تری از رفتار رابط می‌گردد. طول رابط مشخص شده در کد، می‌تواند به وسیله مقادیر داده شده توسط کسائی ویوپوف در ذیل بیان گردد (مرجع ۸).

$$e \leq 1.6 \frac{M_p}{V_p} \quad (2)$$

در طول رابط با محدوده ذیل:

$$1.6 \frac{M_p}{V_p} < e < 2.5 \frac{M_p}{V_p} \quad (3)$$

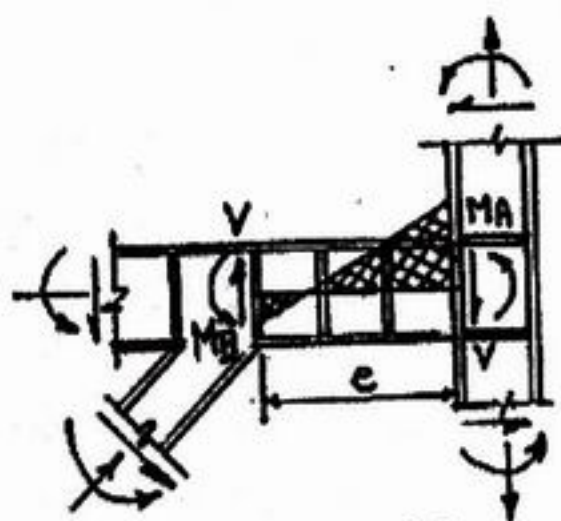
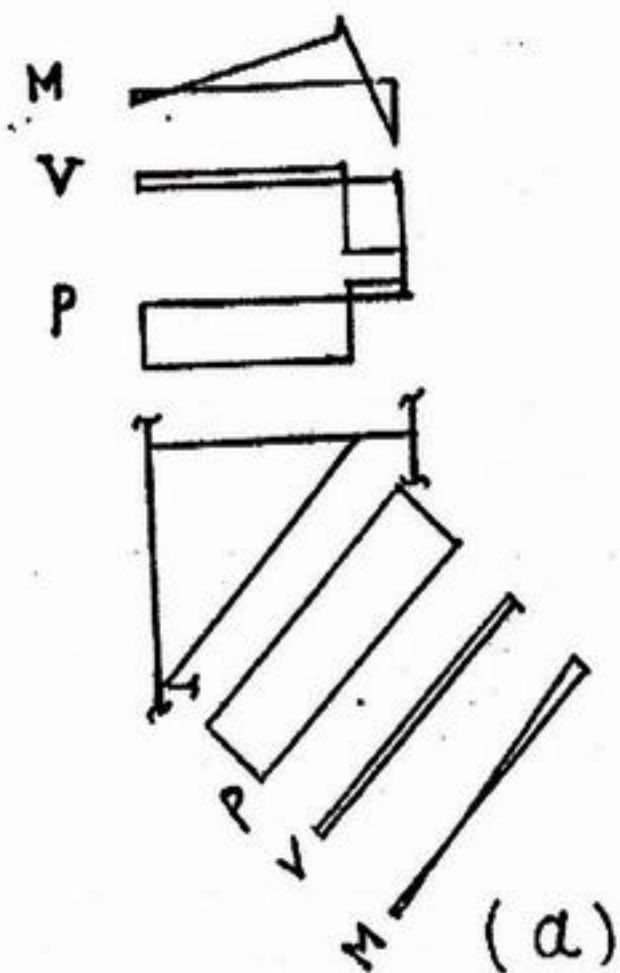
رابطها به لحاظ نوع، مقادیر قابل توجهی از هر دو گسیختگی برشی و خمشی را تحمل

$$M_p = t_f b (d - t_f) \sigma_y \quad (۶)$$

بطوریکه:

برای رابط‌های با طول بشرح ذیل:

$$e) 2.5 \frac{M_p}{V_p} \quad (۴)$$



شکل (۴): نیروهای وارده در تیر-رابط و بادبند در یک (EBF) تحت بار جانبی (a) و رابط در مجاورت ستون (b)

$$d = \text{ارتفاع مقطع بال پهن}$$

$$t_w = \text{ضخامت جان بال پهن}$$

$$b = \text{عرض بال}$$

$$t_f = \text{ضخامت بال}$$

$$\sigma_y = \text{تنش گسیختگی}$$

چون مکانیسم‌های گسیختگی، در رابط‌های کوتاه و بلند، اساساً فرق می‌کنند، کمانش برشی غیرارتنجاعی جان، مد شکست نهائی رابط کوتاه را کنترل می‌کند. لذا برای جلوگیری از کمانش

گسیختگی خمشی با مزیت کمتری حاکمیت دارد (مرجع ۹).
برای یک رابط با مقطع بال پهن (و یک تیر)، ظرفیتهای کامل پلاستیکی برش و خمش رابط، دارای مقادیر زیر هستند:

$$V_p = 0.55 d t_w \sigma_y \quad (۵)$$



جان و بال رابط، مقررات سخت‌کننده مطمئن جان، تدوین گردید.

آزمایشات (مرجع ۴ و ۱۰) نشان می‌دهد که قرار دادن سخت‌کننده‌ها با فواصل مساوی و فقط در یک طرف جان، کافی بوده و در جلوگیری از کماتش جان موثر هستند. بعلاوه، لازم نیست که انتهای سخت‌کننده‌ها در رابط‌های برشی به بال تیرها جوش شوند. اگر فقط سخت‌کننده‌های جان، به بال پائین تیر متصل شوند و یک فاصله در بال بالای تیر با سخت‌کننده بوجود آید، کافی خواهد بود. بدیهی است فاصله بال بالای تیر با سخت‌کننده جان، توسط دال کف سخت خواهد شد. ملحوظات باقیمانده در رفتار (EBF) همچون: مسائل پایداری در تیر، مقاومت نهائی رابط، حلقه‌های هیستریزس برای برش رابط، چرخش رابط، و غیره با جزئیات در مراجع (۱۱ و ۱۴)، بحث شده‌اند.

۲- تحلیل اتصال رابط به ستون برای قاب‌های بادبندی شده با خروج از مرکز

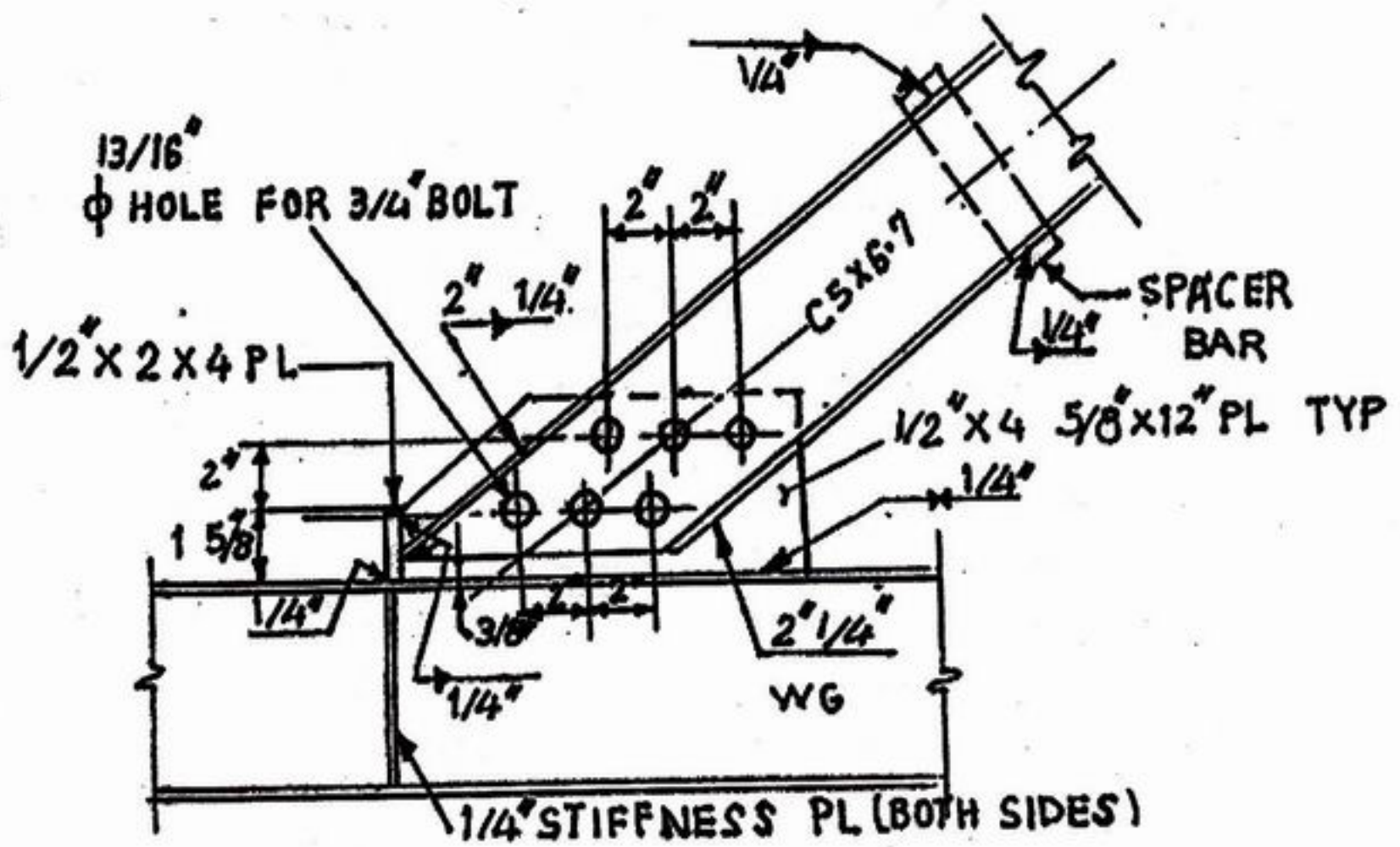
در رابط‌های بلند که گسیختگی خمشی حاکمیت دارد، کرنش‌های خمشی خیلی زیاد، باید بطور موضعی در انتهای رابط گسترش پیدا کرده باشد تا چرخش غیرارتجاعی مورد نیاز رابط افزایش یابد. آزمایش‌ها نیز تأیید می‌کنند که مد شکست اولیه در رابط‌های بلند، ترک بال رابط، در محل جوش بال به ستون یا نزدیک محل جوش بال به ستون می‌باشد. مدهای شکست اضافی بال سخت، در محل جوش بال به ستون و یا نزدیک آن هستند. مدهای شکست اضافی بال سخت، باعث کماتش و یا کماتش پیچشی جانبی رابط می‌شوند.

انگل هارت و پوپوف (مرجع ۱۱) قویاً توصیه نموده‌اند که اگر افزایش طول رابط‌ها از مقدار داده شده در معادله (۲) بیشتر گردد، نباید در مجاورت ستون قرار داده شوند. همچنین مؤلفین فوق‌الذکر توصیه نموده‌اند که از اتصال رابط‌ها به محور ضعیف ستون، برای هر مقدار طولی از رابط، اجتناب شود.

بادبندها معمولاً بصورت هر دو شکل، ناودانیهای پشت به پشت با ورقهای اتصال و یا لوله‌ها طراحی شده‌اند. نوع متفاوت دیگری از بادبندها که ممکن است به تیر متصل شوند، در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده‌اند. همانطوریکه در اتصال با پیچ و مهره شکل (۵) نشان داده شده است، یک خروج از مرکز مابین مرکز ثقل جوشهای لچکی و خط فشاری بادبند (که از پشت به پشت ناودانیها ساخته شده است) وجود دارد (مرجع ۵). دلیل این اتفاق آن است که جوشهای لچکی باید دارای طول کافی برای انتقال نیروی بادبند باشند.

اجزای مورد نیاز اتصال، یک جفت سخت‌کننده جان و یک مقطع (T) برای ورقهای لچکی می‌باشد. بال مقطع (T) فوق‌الذکر با سخت‌کننده‌های جان، مستقیماً در یک راستا قرار می‌گیرند بطوریکه ناحیه خروج از مرکز تیر، مادامی که هنوز بصورت مستقیم به آن نیرو منتقل می‌گردد کاملاً محکم باشد. هر دو سخت‌کننده‌های جان، برای توزیع تنش برشی، و توانائی گسترش میدان کشش قطری دوره‌ای، همیشه مورد نیاز هستند. همچنین جوشهای گوشه،^۱ مابین ورق لچکی و بالهای ناودانی‌ها بکار رفته است تا از لغزش جلوگیری نماید.

1- Fillet welds.

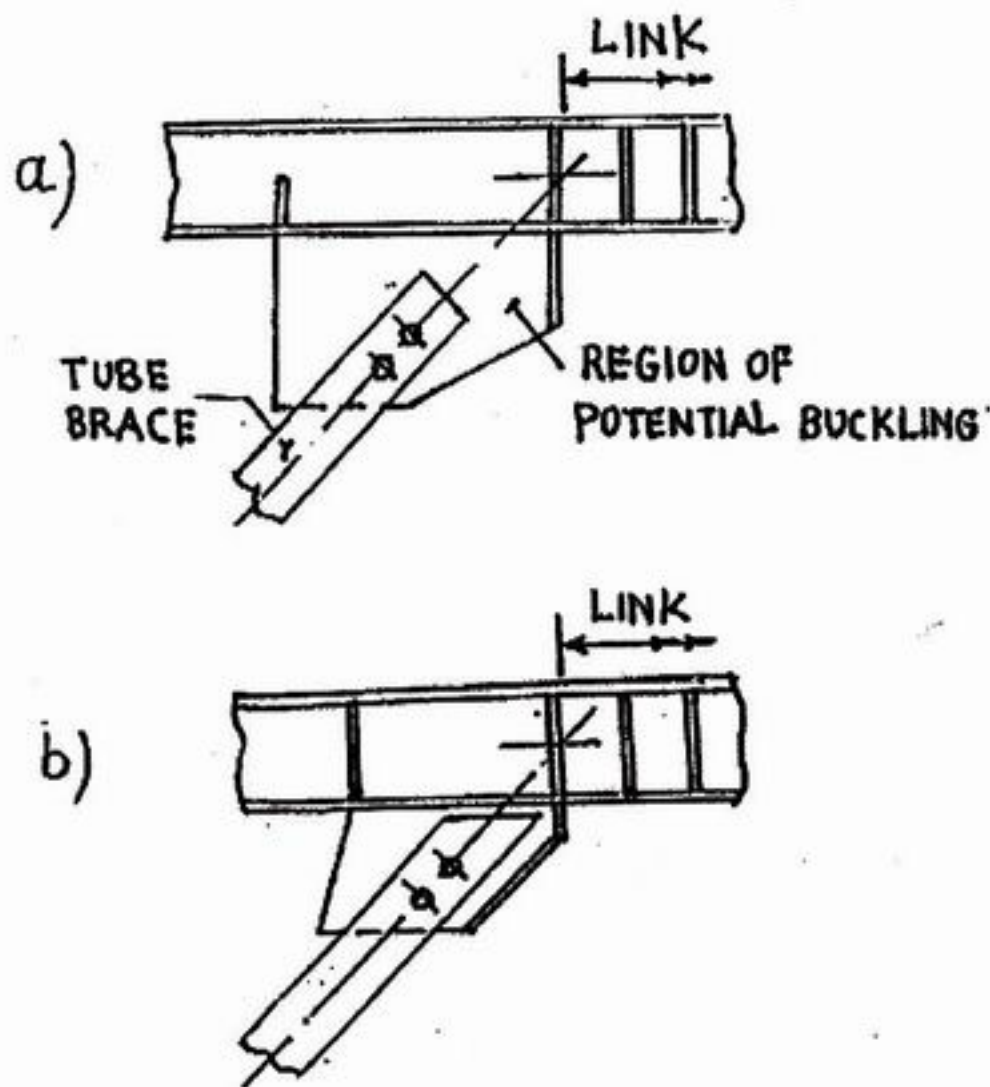


شکل (۵): اتصال بادبند به تیر (مرجع ۵)

تیر، همانگونه که در شکل (۴) نشان داده شده است، تنشهای فشاری زیادی را در امتداد لبه لچکی، مابین بادبند و رابط ایجاد می‌نماید که نهایتاً منجر به کمانش ورق لچکی می‌شود. بنابراین از اجرای اجزاء اتصال بادبند، مشابه با آنچه در شکل (۶-ا) نشان داده شده است، باید اجتناب گردد.

شکل (۶) حالتی که مقاطع لوله بعنوان اعضای بادبندی بکار رفته‌اند را نشان می‌دهد. اجزاء اتصال نشان داده شده در شکل (۶-ا) در یک آزمایش با مقیاس کامل برای یک قاب شش دهانه بادبندی شده با خروج از مرکز (EBF) رد شده است (مرجع ۱۲). شکست با کمانش شدید ورق لچکی، در ناحیه مابین بادبند و رابط، اتفاق افتاده است. لنگرهای خمشی منفی در





شکل (۶): اتصالات بادبند لوله‌ای به رابط: (a) جزئیات با استعداد کمانش لچکی، (b) جزئیات اصلاح شده (مرجع ۱۱)

- اگر کسی مجبور به استفاده از مقاطع لوله‌ای با شکل‌دهی سرد شود، لازم است مقاطع فشرده با نسبت کوچک عرض - ضخامت بکار رود (مرجع ۱۶) و اعضای لوله‌ای نورد سرد شده، با بتن پر شود تا کمانش موضعی به تأخیر افتاده و از شدت آن بکاهد (مرجع ۱۷).

۳- قاب‌های بادبندی شده متحدالمرکز با

تدابیر ویژه، دارای ظرفیت جذب انرژی

کاربرد اتلاف انرژی برای حداقل کردن تغییر شکل‌های ارتجاعی و غیرارتجاعی سازه‌ها که توسط نیروهای جانبی بارگذاری شده‌اند، عنوان تحقیقات زیادی شده است. بعنوان مثال خوبی

در شکل (۶-b)، جزئیات اتصال اصلاح شده‌ای که کمترین استعداد کمانش لچکی را داشته باشد توسط انگل‌هارت و پوپوف توصیه شده است (مرجع ۱۱).

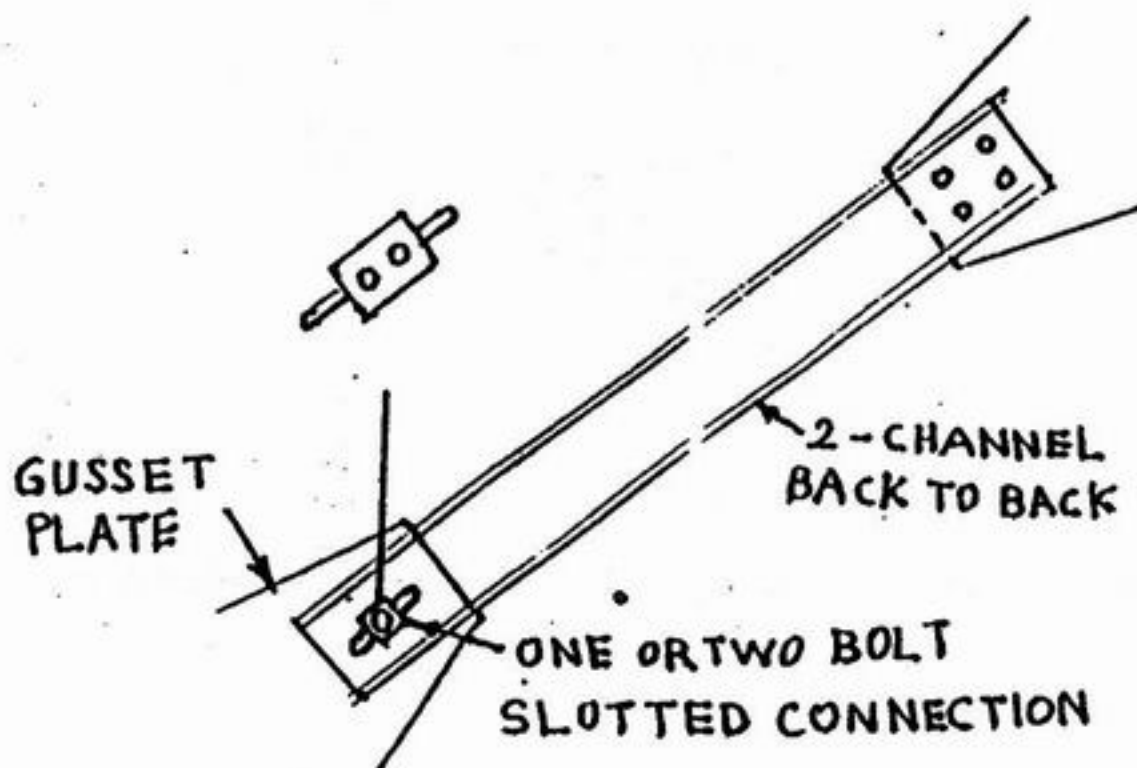
این اتصال تا حد ممکن فشرده، از برش مقطع بادبند به موازات تیر و قرار دادن آن در مجاورت تیر با توجه به شرایط اجرایی، ساخته شده است. بعلاوه، لبه لچکی نزدیک به رابط بصورت ورق لچکی با مقطع (T) سخت شده است.

بعضی از مؤلفین جهت کاربرد مقاطع لوله‌ای در اعضای بادبند، موارد ذیل را به طراحان سازه پیشنهاد کرده‌اند (مرجع ۱۵).

- از بکار بردن اعضای بادبند با مقاطع مربع یا مستطیل و یا لوله‌ای دایروی با نورد سرد اجتناب گردد.

از این ایده، سیستم اتصالات شیاری با پیچ^۱ (SBC) را نشان خواهیم داد، که قادر است این اتلاف انرژی را ممکن سازد (مرجع ۱۸). (SBC) ها اتصالات اعضای بادبندی متحدالمرکزی هستند که در آن، جابجایی لغزشی، می تواند بصورت مقاومت اصطکاکی

می شوند. در برابر رفتار سنتی قابهای بادبندی شده متحدالمرکز تحت دوره های تکراری بارگذاری معکوس، سیستم اتصالات شیاری با پیچ (SBC) حلقه های هیستریزیس با مساحت زیاد را تولید می نماید، یعنی دارای ظرفیت جذب انرژی زیادتری نسبت به رفتار سنتی



شکل (۷): آرایش عمومی اتصال شیاری با پیچ (مرجع ۸)

طرح شده در طول سوراخهای شیاری پیچ یافت شود (شکل ۷).

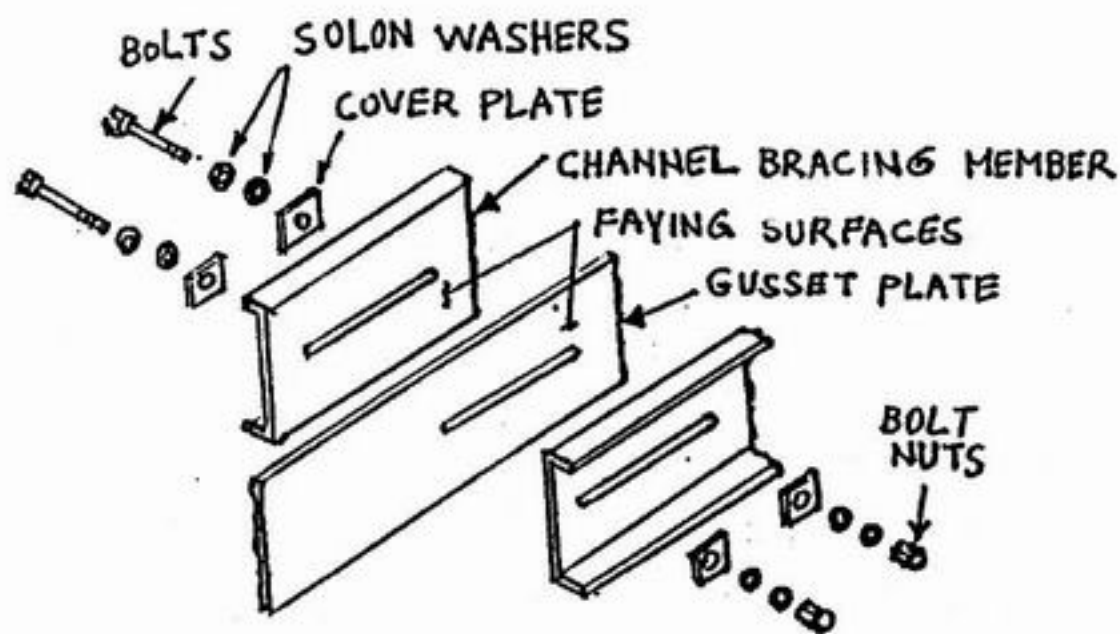
مقدار کشش مورد نیاز پیچ، توسط واشری که در اتصال، محل شیاری پیچ لچکی نصب می شود تأمین گردیده است.

واشرها در ابتدا گنبدی شکل هستند و تحت بارهای کششی تعیین شده برای پیچ، تخت

قابهای بادبندی شده متحدالمرکز (CBF) می باشند. مجموعه کامل یک اتصال شیاری با پیچ (SBC)، تشکیل شده از: یک ورق لچکی، مقاطع دو ناودانی پشت به پشت، ورق های محافظ^۲، پیچ ها، و واشرها، (شکل ۸).

پیچ ها در نصب اولیه، در مرکز شیاری قرار داده شده اند. شیاری لچکی و ناودانی هر دو، در موقعیت طولی یکسانی قرار دارند.

- 1- Slotted Bolted Connections.
- 2- Cover plates.



شکل (۸): مجموعه اتصال شیاری با پیچ (مرجع ۸)

نظر گرفته شود. بنابراین در طرح لغزش پیچ هم باید تنش مجاز را ۳۳ درصد افزایش داد. این افزایش تنش باید، فقط برای طرح میزان لغزش پیچ اعمال گردد، یعنی دیگر جنبه‌های طرح اتصال (شرایط مقطع خالص، برش پیچ، تنشهای تکیه‌گاهی) باید بدون افزایش ۳۳ درصد تنش، طراحی گردند.

اتلاف انرژی و کنترل باری که در اینجا، با کاربرد اتصالات شیاری با پیچ نشان داده شده است، در دوباره احیا کردن و یا بالا بردن کیفیت ساختمانهای قدیمی‌تر، که قادر به انجام تمام مقررات کد نباشیم، بسیار سودمند خواهد بود.

۴- نتیجه‌گیری

هدف از این مقاله، ارائه طریقه طرح اتصالات، در سیستم‌های چند طبقه فولادی بادبندی شده، با بادبندی خروج از مرکز و متحدالمرکز می‌باشد. اینکه چگونه این سازه‌های مقاوم، تلف کننده زلزله هستند، در یونیفرم بیلدینگ کد ایالات متحده (UBC) بحث شده است.

وقتی که نیروهای جانبی به یک سازه وارد می‌شوند، در مرحله اول، ورق لچکی می‌لغزد، سپس در مرحله دوم، ورق محافظ می‌لغزد. مطابق این مراحل، نیروهای اصطکاک F_1 و F_2 دارای مقادیر زیر هستند:

$$F_1 = 2 \mu N \quad (7)$$

$$F_2 = 4 \mu N \quad (8)$$

بطوریکه μ نشان‌دهنده ضریب کلمب در اصطکاک مابین سطوح سایش و N نشان‌دهنده کشش اولیه پیچ می‌باشد. مقررات (UBC) (مرجع ۱۳) برای قاب‌های فولادی بادبندی شده متحدالمرکز، اطمینان می‌دهد که در اعضای بادبند، رفتار غیرارتجاعی رخ خواهد داد، این اعضا برای تحمل $1/25$ برابر نیروهای جانبی با در نظر گرفتن $1/33$ برابر تنش مجاز و یا کمتر، طراحی شده‌اند. اگر لغزش پیچ (لچکی) در نظر گرفته شده، جایگزین گسیختگی کششی شود و کماتش فشاری اعضای بادبند به معنی اتلاف انرژی غیرارتجاعی باشد، این عمل لغزش می‌تواند همانند رفتار غیرارتجاعی عضو بادبند در

این سیستم از ساختمان برای آندسته از طراحان ارائه شده است که تصمیم دارند در مناطق زلزله‌خیز، با تبعیت از (اروکد ۸)، سازه‌های بادبندی شده چند طبقه فولادی طرح کنند. نتایج بدست آمده از آزمایشهای گران قیمت با مقیاس کامل، که در سالهای اخیر در ایالات متحده انجام شده است، فقط برای تعیین طول رابط برشی با سطح مقطع بال پهن می‌باشد. تعیین طول رابط‌های برشی با سطوح مقاله مختلف، عنوان تحقیقات بیشتری خواهد بود. باید در نظر داشت که تیر و رابط به طریقه‌ای که

در شکل (۴) نشان داده شده است، بارگذاری شده‌اند. تأثیر سیستم تکیه‌گاهی طبقه ساختمان نیز باید در نظر گرفته شود، یعنی ترکیب واقعی سازه در تراز تیر (فولاد و یا بتن مسلح یا بتن سبک) باید تحلیل گردد.

در حالات فوق، تعیین طول مناسبی برای رابط مرکب (جهت رسیدن به گسیختگی برشی) بسیار مشکل خواهد بود. برای تحلیل حالات فوق، در مرحله اول روش المانهای محدود قابل اجرا بوده، حال آنکه در مرحله دوم باید تحلیل آزمایشات انجام گیرد.



- 5- Roeder, C.W. and Popov, E.P. "Eccentrically Braced Steel frame for Earthquakes", Journal of the structural Division, Vol.104, No.5, Marc, 1978.
- 6- Kasai, K and Popov, E.P., "A Study of seismically Resistant Eccentrically Braced Frames", Report No. UCB/EERC-86-01, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1986.
- 7- Popov, EP, Kasai, K and Engelhardt, M.D, "Advances in Design of Eccentrically Braced Frames" Earthquake Spcctra, vol.3 No.1.1987.
- 8- Kasai, K, and Popov, E.P., "General Behavior of WF Steel Shear Link Beams" Journal of the Structural Division, Vol.112, No.2, ASCE, February 1986.
- 9- Engelhardt, M.D, "Long Links in Eccentrically Braced Frames: A Preliminary Assessment" CE 229 Report, Department
- 1- Eurocode No. 8, Part 1: General and buildings, Commision of The European Communities, 1988.
- 2- New Zealand standard: Code of practice for General structural Design and Design Loading for Building standard Association of new zealand NZS 4203, wellington 1984.
- 3- Pinto P.E. "E.C8: Eurocode Approach to seismic Design" Proceedings of the Intern. Conference on Structural Eurocodes held in Davos, Swiss. Intern. Association for Bridge and Structural Engineering, Volume 65, 1992.
- 4- Malley, J.O. and Popov, E.P., "Design Considerations for shear links in Eccentrically Braced frames", Report No. UBC/EERC-83/84 Earth quake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1983.



- on Earthquake Engineering, P.P. 131-142, Bled, Slovenia 1990.
- 15-Yamanouchi, H. and Kato, B., "Load Buckling and Early Fracture of Cold-formed Steel Bracing Members", Proceedings of the 4th International colloquium on Structural Stability. International Academic publisher – A Pergamon CNPIEC Joint Venture, PP.71-80, Beijing, 1989.
- 16-Tang, X. and Goel, S.C., "Seismic Analysis and Design consideration of Braced steel structures", Research Report UMCE87-4, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 1987.
- 17-Lee, S and Goel, S.C., "Seismic Behavior of Hollow and Concrete – filled Square Tubular Bracing Members". Report No. UMCE 87-11, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 1987.
- 18-Fitzgerald.T.F., et al. "Slotted Bolted Connections in of civil Engineering, Division of Structural Engineering, Mechanics and Materials, university of california, Berkeley, 1987.
- 10-Kasai. K. and Popo V.E.P "Cyclic Web Buckling control for shear links Beams". Journal of Structural Engineering Vol.112, No.3, ASCE.1986.
- 11-Engelhardt, M.D. and Popov, E.P., "On Design of Eccentrically Braced Frames". Earthquake Spectra. Vol.5, No.3, 1989.
- 12-Roeder, C.W, et al."Seismic Testing of Full-Scale Building", Journal of the structural Division, Vol.113, No.11, ASCE 1987.
- 13-Uniform Building code, International Conference of Building officials, whittier, california, 1988.
- 14-Causevic, M, "Behavior and Construction of Eccentrically Braced steel Frames Subjected to Earthquakes", Proceedings of the 5th National conference



Aseismic Design for
Concentrically
Braced connections".
Earthquake spectra,
Vol.5, No.2, 1989.

آقای محمدیحیی نصرالهی دارای مدرک
لیسانس مهندسی راه و ساختمان از دانشگاه
صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (سال ۱۳۵۸)
می باشد. ایشان جمعاً ۲۶ سال سابقه کاری در
زمینه انواع طراحی، محاسبه و نظارت سازه های
داشته و از سال ۱۳۷۶ همکاری خود را با
شرکت قدس نیرو آغاز نموده است.

آقای نصرالهی عضو انجمن ایرانی مهندسان
محاسب ساختمان و همچنین عضو موسسه
زلزله شناسی و مهندسی زلزله بوده و زمینه
علاقه مندی مشارالیه، تئوری های سازه است.

E-mail address: 1- mnasrolahi @
Ghods-niroo.com
2- mnasrolahi @ Yahoo.com



معرفی روش تنش‌گیری قطعات با روش غیرحرارتی (ارتعاشی)

رسول محرمی

کارشناس ارشد مکانیک پروژه‌های کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

قطعات فلزی ریخته‌گری شده و همچنین مخازن تحت فشار و اتصالات لوله و سایر سازه‌های فلزی که با فرآیند جوشکاری اتصال دائم می‌شوند دارای تنش‌های پس‌ماند هستند. روش عملیات حرارتی اغلب برای تنش‌گیری قطعات و نیز اصلاح ساختار فلزی مورد استفاده می‌باشد. لیکن در قطعاتی که نیاز به اصلاح ساختار داخلی ندارند برای آزاد کردن تنش پس‌ماند می‌توان از روش‌های غیرحرارتی استفاده کرد. روش تنش‌گیری ارتعاشی جهت ایجاد پایداری و ثبات ابعادی قطعات در همین موارد قابل استفاده است. این روش به علت مزایای نسبی زیاد توسعه زیادی یافته و استفاده از این روش در حال گسترش می‌باشد. هدف اصلی این مقاله معرفی این روش و تشریح مزایا و معایب آن می‌باشد.

۱- مقدمه

با پیشرفت روزافزون شاخه‌های مختلف علوم و تکنولوژی، در زمینه ساخت سازه‌های فلزی و قطعات ریخته‌گری شده نیز همپای دیگر زمینه‌های صنعت هر روز شاهد تحولاتی چشمگیر هستیم. شاید ۶۰ یا ۷۰ سال پیش چندان اهمیتی به پایداری دراز مدت^۱ ابعاد قطعات فلزی ماشینکاری شده نمی‌دادند. دقت بالای ساخت قطعات بزرگ و لزوم ثبات ابعاد در این قطعات مورد توجه قرار گرفت و کارشناسان را برآن داشت که علل تغییر فرمهای ناخواسته را ریشه‌یابی کنند و به این نتیجه رسیدند که تنشهای پس‌ماند^۲ ناشی از فرآیند جوشکاری و انجماد در قطعات فلزی موجب می‌شود که پس از ماشینکاری دقیق بتدریج در آن قطعات تغییر شکل ایجاد شده و دقت آن کاهش پیدا نماید.

۲- تعریف تنش پس‌ماند و اثر آن بر رفتار و سازه‌ها

بطور خلاصه می‌توان گفت تنشهای پس‌ماند تنشهایی هستند که بدون اعمال نیروی خارجی درون قطعات فلزی که با فرآیند جوشکاری و یا ریخته‌گری ساخته شده‌اند وجود دارد. توزیع این تنشها در مقاطع و نقاط یک سازه یکنواخت نیست و این غیریکنواختی است که اشکال اصلی را ایجاد می‌کند. در بعضی موارد این تنشها ممکن است به اندازه یا اندکی کمتر از تنش تسلیم فلز مبنا برسد و وقتی که با تنش‌های ناشی از بارگذاری خارجی جمع شوند بر گزینش از تنش مجاز تجاوز کرده و باعث شکست یا تغییر شکل ماندگار در قطعه می‌شود. علاوه بر این پیچیدگی و عدم پایداری فرم و ابعاد قطعه و تغییر ساختار از عمده‌ترین مشکلاتی است که وجود تنشهای پس‌ماند در قطعات بوجود می‌آورد.

1- Stability

2- Residual Stresses.



۳- عملیات تنش‌گیری

با توجه به مقدمه فوق لزوم تنش‌زدائی قطعات ریخته‌گری شده و جوشکاری شده امری مسلم و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. تنش‌گیری قطعات فلزی به دو دلیل عمده انجام می‌شود:

۱- تنش‌گیری به دلیل نیاز به اصلاح

ساختار میکروسکوپی داخلی قطعات.

۲- تنش‌گیری برای پایداری و تثبیت ابعاد

و فرم قطعات.

افزایش دمای ناشی از جوشکاری و فرآیند سرد شدن حوضچه مذاب بخصوص در فولادهای آلیاژی باعث تغییرات در ساختار کریستالهای همجوار شده اثراتی همچون ناهماهنگ شدن سختی و استحکام فلز مبنا و فلز جوش را به دنبال دارد. برای اصلاح ساختار میکروسکوپی داخلی عملیات باز پخت یا تنش‌گیری به روش حرارتی روی قطعات انجام می‌شود. این نوع تنش‌گیری به منظور اصلاح ساختار انجام می‌شود و لزوماً باید به روش حرارتی انجام گیرد و هنوز روش دیگری که نتایج بهتری داشته باشد جایگزین آن نشده است.

دلیل دیگری که برای تنش‌گیری قطعات وجود دارد می‌توان به این طریق بیان نمود که:

قطعات سازه‌های فلزی که با فرآیند جوشکاری ساخته می‌شوند و یا قطعات ریخته‌گری شده که عمدتاً دارای حجم و وزن زیادی هستند دارای تنشهای پس‌ماند می‌باشند. این قطعات چه آنهایی که ماشینکاری نمی‌شوند مانند مخازن اتمسفریک و سازه‌های فضائی و چه آنهایی که ماشینکاری می‌شوند، باید تنش‌گیری شوند. این تنش‌گیری به منظور تثبیت و پایداری ابعاد قطعات انجام می‌شود. این نوع تنش‌گیری به روش مکانیکی و یا حرارتی قابل انجام می‌باشد.

روش حرارتی با استفاده از کوره‌های عملیات حرارتی و روش مکانیکی با استفاده از علم ارتعاشات و تجهیزات ارتعاشی پیچیده انجام می‌گیرد. محور اصلی بحث ما در این مقاله تنش‌گیری ارتعاشی می‌باشد. تنش‌گیری ارتعاشی به منظور حفظ پایداری ابعاد و فرم قطعات جوشکاری شده و یا ریخته‌گری شده روی این سازه‌ها انجام می‌گیرد. در سازه‌های فلزی و قطعات ریخته‌گری شده بخصوص قطعات ماشین و قالبها و آنهایی که ماشینکاری دقیق می‌شوند اگر تنشهای آنها قبل از ماشینکاری آزاد نشوند به مرور زمان این تنشها در کل قطعه توزیع شده و موجب تغییر فرم و از بین رفتن دقت اجزاء ماشین می‌گردد. برای این موارد تنش‌گیری به روش ارتعاشی توصیه می‌شود و امروزه تقریباً در تمامی کارخانجات بزرگ اروپا و آمریکا و ژاپن و غیره از این روش استفاده می‌شود و نتایج بسیار خوبی نیز بدنبال داشته است.

تنش‌گیری حرارتی با استفاده از کوره‌های بزرگ عملیات حرارتی و یا المنت‌های الکتریکی انجام می‌شود. مخازن تحت فشار، جوشکاریهای فلنجهای خطوط لوله و جوشکاریهای خطوط لوله و جوشکاری بعضی آلیاژها عمدتاً باید به روش حرارتی انجام شود.

تنش‌گیری ارتعاشی برای قطعات ریخته‌گری شده، فولادهای کم کربن، سازه‌های فلزی که با فرآیند جوشکاری ساخته می‌شوند، مخازن اتمسفریک، قطعات و اجزاء ماشین آلات صنعتی، پوسته‌های گیربکس، هوزینگ‌ها، سکوه‌های دریائی، کشتی‌سازی، فیکسچرها، اکثر آلیاژهای فلزی و غیره توصیه می‌شود. در



این موارد پایداری ابعاد و فرم قطعه مورد نظر می‌باشد.

۴- روش تنش‌گیری ارتعاشی

انجام عملیات تنش‌گیری ارتعاشی نسبتاً ساده می‌باشد. مراحل کار را می‌توان بدین صورت بیان کرد که بعد از نصب تجهیزات روی قطعه، ابتدا فرکانس طبیعی قطعه کار معین می‌شود.

سپس با توجه به فرکانس طبیعی بدست آمده از تجهیزات مورد استفاده، قطعه کار با دامنه و نیروی خاصی مرتعش می‌گردد. تنش‌گیری به طور عمده و روی اغلب قطعات در مود اول و یا دوم از مودهای فرکانس شدید انجام می‌گیرد. بعد از اعمال ارتعاش روی قطعه در مدت زمان مشخص، توزیع تنش‌ها در قطعه یکنواخت‌تر شده و می‌تواند از نظر ابعادی حالت پایدارتری داشته باشد.

درباره مکانیزم ایجاد پایداری ابعادی می‌توان گفت که در اثر اعمال ارتعاش و ایجاد حالت تشدید در جسم، سطح انرژی و تنش‌های الاستیک بالا رفته و با تنش‌های پس‌ماند احتمالی جمع می‌شود. در این حالت اگر در ناحیه‌ای از قطعه تنش پس‌ماند وجود داشته باشد در آن منطقه کل تنش‌ها از تنش تسلیم بالاتر رفته و حالت تسلیم رخ می‌دهد. تسلیم شدن به معنی آزاد شدن تنش پس‌ماند در آن قسمت می‌باشد و بعد از حذف ارتعاش اعمال شده در کل جسم توزیع یکنواخت‌تری از تنش‌ها خواهیم داشت.

نظر به پیچیده بودن مبحث آنالیز ارتعاشات و تلفیق آن با علم مواد و همچنین نیاز به تجربه و شناخت کافی برای تشخیص رفتار قطعه،

تنش‌گیری ارتعاشی باید توسط افراد مجرب و کار آزموده انجام گیرد.

۵- تجهیزات تنش‌گیری ارتعاشی

تجهیزات تنش‌گیری ارتعاشی به دو دسته کلی تقسیم می‌شود:

۱- سیستم‌های تنش‌گیری ارتعاشی DC

۲- سیستم‌های تنش‌گیری ارتعاشی AC

سیستم‌های تنش‌گیری AC از کارایی بهتری برخوردار هستند و قابلیت اعمال نیروی ثقلی بیشتر با فرکانس در دامنه وسیع‌تر را دارند. در نتیجه با سیستم‌های AC می‌توان هر نوع قطعه با هر وزن و ابعادی را تنش‌گیری کرد، در صورتیکه در سیستم‌های DC بدلیل اینکه توانائی اعمال نیروی کمتر و دامنه فرکانس کوچکتری را دارند برای تنش‌گیری قطعات با هر وزن و هر اندازه محدودیت‌هایی وجود دارد و مقصور نیست. در حال حاضر چند شرکت در کشورهای مختلف در زمینه ساخت تجهیزات تنش‌گیری ارتعاشی فعالیت می‌کنند و چون اساس تنش‌گیری اعم از حرارتی و ارتعاشی بر مبنای تحقیق و تجربه استوار است، این شرکت‌ها همواره به تحقیقات ادامه می‌دهند. سیستم‌های AC قادرند قطعاتی از وزن کمتر از ۲۰ کیلوگرم الی ۲۰۰ تن و حتی بیشتر را بدون محدودیت ابعادی تنش‌گیری نمایند.

۶- تاریخچه تنش‌گیری ارتعاشی

از سال ۱۹۴۰ میلادی در کشور روسیه روش تنش‌گیری ارتعاشی بعنوان جایگزین روش تنش‌گیری حرارتی بکار گرفته شد. تجهیزات DC مورد استفاده بسیار بزرگ و ثابت و غیرقابل



حمل بود و همچنین فرکانس ثابت و غیرقابل تغییر داشت. بدلیل محدودیت‌ها و مشکلات زیادی که این سیستم وجود داشت روسها مبادرت به ساخت تجهیزات پیشرفته‌تر از نوع AC کردند. این سیستم جدید می‌توانست وضعیت Resonance را که در جستجوی آن بودند در قطعه کار بوجود آورد و قطعه را در مدت زمان مورد نیاز در آن وضعیت نگهدارند. لیکن این سیستم نیز دارای دامنه فرکانس محدودی بود و سیستم کنترل و اجزاء آن شامل چرخ دنده‌ها و قطعات بسیار بزرگ و غیرقابل حمل بود. حدود سالهای ۱۹۶۰ میلادی با پیشرفت علم الکترونیک در چند کشور اروپائی و روسیه و آمریکا بطور همزمان در زمینه ساخت سیستم‌های پرتابل کار کردند و موفق شدند تجهیزات تنش‌گیری ارتعاشی قابل حمل را عرضه نمایند.

در سال ۱۹۷۰ میلادی یک کمپانی انگلیسی مبادرت به ساخت یک سیستم تنش‌گیری ارتعاشی DC جدید نمود که محدوده فرکانس آن ۱۵۰-۰ هرتز بود لیکن نیروی ثقلی اعمالی آن دامنه تغییرات لازم را نداشت.

در سالهای ۷۴-۱۹۷۳ در فرانسه یک سیستم توسعه یافته تنش‌گیری ارتعاشی AC که P3V نامیده می‌شد ساخته شد که قابلیت ایجاد فرکانس تا ۲۰۰ هرتز را داشت لیکن نیروی اعمالی این سیستم بطور غیرقابل قبولی کم بود. همچنین نیاز به یک ژنراتور بزرگ و سنگین داشت تا برق ۳ فاز مورد نیاز سیستم را تولید کند. مجموعه این سیستم بسیار بزرگ غیرقابل حمل بود. تعداد زیادی از این سیستم به فروش رفت و حدود ۱۰ دستگاه آن نیز در انگلستان فروخته شد.

در سال ۱۹۷۵ یک شرکت انگلیسی که تحقیقات زیادی در این زمینه انجام داده بود موفق به ساخت یک سیستم تنش‌گیری ارتعاشی AC قابل حمل گردید.

حدود سال ۱۹۹۰ همین شرکت انگلیسی موفق شد پیشرفته‌ترین سیستم از نوع AC را به بازار عرضه نماید. این سیستم کاملترین سیستم موجود بود و تقریباً تمامی قطعاتی که تا آن زمان ساخته شده بود و باید تنش‌گیری می‌شد را پوشش می‌داد. با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کرد و قابل حمل بود. دامنه فرکانس و نیروی آن متغیر بود و می‌توانست قطعه کار را با نیروی از صفر الی ۳۶۴۰ کیلوگرم نیرو و با فرکانس متغیر از صفر الی ۲۲۰ هرتز مرتعش نماید.

از آن زمان تاکنون این سیستم همچنان پیشرفته‌ترین سیستم محسوب می‌شود و فقط در انگلستان بیش از پانصد کمپانی ماشین‌سازی و کارخانجات مختلف از سرویس آن بهره‌مند می‌شوند. علاوه بر این سیستم در حال حاضر تقریباً تمامی شرکتهای معتبر و کمپانی‌های بزرگ ماشین‌سازی اروپا و آمریکا و سایر کشورهای صنعتی از سیستم‌های تنش‌گیری ارتعاشی استفاده می‌کنند.

۷- مقایسه روش تنش‌گیری حرارتی و ارتعاشی

روش تنش‌گیری ارتعاشی در مقایسه با روش تنش‌گیری حرارتی مزایای زیادی دارد که بطور خلاصه به آن می‌پردازیم.

- ۱- هزینه کم‌تر در صورت استفاده از On site service حدود ۶۰٪ در هزینه صرفه‌جویی می‌شود.

- ۱۱- محدودیت وزنی و ابعادی برای قطعات وجود ندارد.
- ۱۲- در تنش‌گیری ارتعاشی انرژی مورد نیاز تا ۱۰۰۰ برابر کمتر از روش حرارتی می‌باشد.
- ۱۳- صرفه‌جویی در فضای کارگاهی و عدم نیاز به ساخت کوره.
- ۱۴- کاربرد روش تنش‌گیری ارتعاشی آسان‌تر است.
- ۱۵- در تنش‌گیری حرارتی جدار خارجی قطعات اکسیدشده و پوسته می‌کند و حتماً باید بعد از تنش‌گیری سند بلاست شود. در صورتیکه در روش ارتعاشی نیاز نیست و جدار خارجی قطعات کاملاً تمیز باقی می‌ماند.
- ۱۶- فاکتورهای زیست محیطی و آلودگی: در روش حرارتی به دلیل مصرف سوخت مایع و گاز و یا عملیات ساخت کوره‌های موقت آلودگی زیست محیطی وجود دارد ولی در روش ارتعاشی آلودگی وجود ندارد.
- ۱۷- ایمنی: برای تنش‌گیری به روش حرارتی لازم است تا قطعات بزرگ را تا پای کوره‌ها حمل نمایند که این مسئله خطرات ایمنی بدنبال دارد همچون خطرات انفجار داخل کوره‌های عملیات حرارتی وجود دارد ولی روش ارتعاشی به دلیل عدم نیاز به حمل و نقل و غیره ایمنی بیشتر است.
- ۱۸- در صورت نیاز به خرید تجهیزات تنش‌گیری ارتعاشی در مقایسه با ساخت کوره عملیات حرارتی هزینه بسیار کمتر - زمان کمتر - شرایط

- ۲- عدم نیاز به حمل و نقل قطعات بزرگ! در این روش نیاز به حمل قطعات پای کوره‌های تنش‌گیری نیست و در همان محل جوشکاری تنش‌گیری می‌شود.
- ۳- عدم تغییر فرم ناشی از عملیات! در فرآیند تنش‌گیری حرارتی اغلب قطعات در اثر حرارت اعمال شده دچار تغییر فرم می‌شوند ولی در روش ارتعاشی این مشکل وجود ندارد.
- ۴- عدم نیاز به فیکسچر بندی! برای تنش‌گیری حرارتی قطعات باید با فیکسچرهای مناسب مهار شوند ولی در روش ارتعاشی نیاز نیست.
- ۵- ۹۵٪ صرفه‌جویی در وقت: برای تنش‌گیری قطعات بزرگ برای حمل و نقل و نوبت و انتظار و زمان ماندن داخل کوره وقت زیادی صرف می‌گردد در صورتیکه در روش ارتعاشی در چند ساعت این کار انجام می‌شود.
- ۶- در صورت استفاده از روش ارتعاش در خلال جوشکاری تا ۸۶٪ از تغییر فرم ناشی از جوشکاری جلوگیری می‌شود.
- ۷- در صورت استفاده از روش ارتعاش حین جوشکاری ۴۰٪ در زمان ماشینکاری صرفه‌جویی می‌شود.
- ۸- در تنش‌گیری ارتعاشی قابلیت تحمل خستگی قطعات تا ۵۰۰٪ بهبود می‌یابد.
- ۹- در صورت استفاده از روش ارتعاشی در خلال جوشکاری ۹۵٪ از ترکهای ناشی از جوشکاری کاسته می‌شود.
- ۱۰- ۶۰٪ از نیاز به پیشگرم قطعات منتفی می‌شود.



می‌باشد ولی با توجه به مزایای جنبی آن تلاش زیادی در توسعه و تکمیل این روش در حال انجام است.

۹- مراجع

۱- شرکت تنش‌گیری ارتعاشی ایران - اصفهان

۲- سایت اینترنتی شرکت V-S-R

آقای رسول محرمی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه امیرکبیر بوده و از سه سال پیش با پروژه‌های کنترل کیفیت قدس نیرو همکاری دارد. هم‌اکنون نامبرده دانشجوی دکترای مکانیک دانشگاه امیرکبیر می‌باشد.

زمینه علاقمندی ایشان تکنولوژی جوشکاری و طراحی سازه‌های جوشی و مخازن تحت فشار است.

R. Moharami @ yahoo.com

نگهداری آسان‌تر - فضای کمتر - خطوط انتقال انرژی کمتر و غیره را به همراه خواهد داشت.

۱۹- از لحاظ صدور برگه تأیید تنش‌گیری قطعات در روش ارتعاشی و روش حرارتی تفاوتی وجود ندارد و تأییدیه‌های تنش‌گیری ارتعاشی بدلیل اینکه فرد آموزش دیده و دارای گواهینامه، آن را امضاء می‌کند دارای اعتباری در ردیف برگه‌های تأییدیه روش حرارتی می‌باشد و همان اعتمادی که به روش حرارتی وجود دارد به روش ارتعاشی نیز وجود دارد و مؤید این مطلب است که تقریباً تمامی کمپانی‌های معتبر دنیا روش ارتعاشی را جایگزین روش حرارتی کرده‌اند.

۲۰- در روش حرارتی امکان انحراف از درجه حرارت تعیین شده در نقاط مختلف قطعات وجود دارد و احتمال ضایعات قطعات منفی نمی‌باشد در صورتیکه در روش ارتعاشی چنین خطائی رخ نمی‌دهد و امکان ضایعات قطعات وجود ندارد.

۸- نتیجه‌گیری

روش تنش‌گیری ارتعاشی بعنوان یکی از روش‌های ایجاد پایداری ابعادی قطعات دارای تنش پس‌ماند به صورت گسترده‌ای مورد استفاده است.

بدلیل جدید بودن این تکنیک هنوز استانداردهای طراحی و ساخت کاربرد این روش را توصیه نمی‌کنند و این یک نقص عمده و عامل عدم استفاده از این روش در برخی موارد



بهره‌وری نیروی انسانی

عارفه رستمی

کارشناس کنترل پروژه - معاونت مهندسی سازه‌های آبی

چکیده:

روح فرهنگ بهبود بهره‌وری باید در کالبد سازمان دمیده شود که در آن میان نیروی انسانی هسته مرکزی را تشکیل می‌دهد. در این رابطه پرسش اصلی این است که چه مشوق‌هایی باعث می‌گردد نیروی انسانی تحرک بیشتر و تلاش بیشتر و سازمان یافته‌تری را در جهت اهداف سازمان دنبال کند به طوریکه حاصل و نتیجه آن ارزش افزوده بیشتر از منابع معین یا بالا رفتن بهره‌وری باشد.

در این مقاله درباره یکی از مهمترین عوامل مؤثر در بهره‌وری یعنی نیروی انسانی به طور ویژه بحث می‌شود.

۱- مقدمه

تحقیق و توسعه، استفاده از علم و دانش در اداره امور و بهبود کیفیت محصول در جهت برقراری نظامی برای اندازه‌گیری، ارزیابی، برنامه‌ریزی و بهبود بهره‌وری در سازمان از طریق استفاده از سیستم‌های مدیریتی تلاش می‌کند. با اجرای مدل بهره‌وری فراگیر در سازمان است که مدیر می‌تواند مشکلات و مسائل را تشخیص دهد و مسائل پیچیده سازمان را براساس اطلاعات لازم حل کند.

۲- انگیزه و بهره‌وری

مهمترین عاملی که بر روی بهره‌وری نیروی کار تأثیر دارد، انگیزه نیروی کار در انجام کار است. عواملی که بر روی انگیزه نیروی کار تأثیر دارند به دو دسته کلی، مادی و فرهنگ سازمانی وابسته می‌باشند.

عوامل مادی، به میزان حقوق و دستمزد افراد در مقایسه با سطح قیمت‌ها در جامعه و برآورد نیازهای اولیه افراد بستگی دارد.

در دنیای رقابت‌آمیز امروز، بهره‌وری به عنوان یک فلسفه و دیدگاه مبتنی بر استراتژی بهبود، مهمترین هدف سازمان را تشکیل می‌دهد که می‌تواند همچون زنجیری فعالیت‌های کلیه آحاد جامعه را در برگیرد. فلسفه بهبود بهره‌وری در سازمان‌ها موجب می‌شود نیروی انسانی بتواند بهتر بیندیشد، بیافریند، نوآوری کند و نگرشی سیستماتیک پیدا کند. تفکری که هدفگیری آن به جای حال و گذشته، خلق و ساختن آینده است. طی دو دهه اخیر ضرورت ایجاد گسترش بخش بهره‌وری و مدیریت فراگیر و جامع بهره‌وری در سازمان‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار شده است.

مدیریت بهره‌وری فراگیر^۱، براساس ذهنیت و برنامه‌های استراتژیک، توجه صحیح به ارتقاء انگیزه نیروی انسانی، بهبود مهارت‌های آنان با بازآموزی و آموزش و پرورش برای آنها، ایجاد زمینه مساعد جهت بروز خلاقیت و استعدادها در سازمان، افزایش میزان

1- Total Productivity management.

عوامل فرهنگ سازمانی، به این مسأله می‌پردازد که جو مدیریتی و فضای سازمان برای کارکنان چگونه است؟ یعنی مدیریت سازمان آیا امکان بروز عقاید و افکار نو را به زیردستان خود می‌دهد یا خیر؟ آیا معیار انتخاب و بکارگیری افراد در مشاغل براساس شایستگی‌ها و صلاحیت‌ها می‌باشد یا اینکه معیار صرفاً براساس داشتن رابطه و اطلاعات محض است؟ آیا سیستم تشویق و تنبیه عادلانه در سازمان وجود دارد؟ یعنی سازمان بین کسی که کار می‌کند و کسی که کم‌کاری می‌کند تفاوت قائل می‌شود؟ میزان مشارکت در سازمان چقدر است؟ مدیران تا چه میزان محیط را برای انجام کار جذاب نموده‌اند؟

مدیریت موفق منابع انسانی در ارتقاء بهره‌وری سازمان اهمیت بسزائی دارد. مدیریت منابع انسانی با استفاده بهینه از استعدادها و توانائیهای بالقوه نیروی انسانی موجود در سازمان - طراحی یک سیستم مناسب پرداخت براساس عملکرد، شایستگی و مهارت فردی - نگهداری نیروی انسانی و آموزش و رشد نیروی انسانی می‌تواند بهره‌وری سازمان را ارتقاء دهد.

مرکز بهره‌وری ژاپن در دهه ۱۹۷۰ بهره‌وری را بدین شرح تعریف کرد:

"بهره‌وری عبارتست از به حداکثر رساندن بهره‌گیری از منابع انسانی و تسهیلات، به شیوه‌ای علمی و با کاهش هزینه‌های تولید، گسترش بازارها، افزایش اشتغال، افزایش دستمزدهای واقعی و بهبود معیارهای زندگی به گونه‌ای که به سود کارکنان، مدیران و مصرف‌کنندگان باشد."

افزایش حقوق و مزایا به تنهایی باعث افزایش بهره‌وری نیروی کار نخواهد شد. در کنار آن توجه به مسائل عاطفی و نیازهای روحی انسانها بسیار مهم است.

۳- آموزش و پرورش

بسیاری از کشورهای توسعه یافته چون ژاپن و آلمان و برخی از کشورهای تازه صنعتی شده چون جمهوری کره برنامه‌ریزی‌های منظمی در سرمایه‌گذاری بر روی نیروی انسانی خود داشته‌اند و آموزش‌های فنی و حرفه‌ای خود را به شدت گسترش داده‌اند.

امروزه تعلیم و تربیت کارکنان و آموزش کارکنان حین خدمت از اهمیت بسزایی برخوردار شده است، مثلاً در کتاب منتشره اتحادیه بانک سوئیس^۱ فعالیتها و برنامه‌های مدیریت بانک سوئیس مطرح شده است که حاوی نکات جالبی است. مرکز آموزش یونیون بانک سوئیس در فضایی به مساحت ۲۷ هکتار ساخته شده و ۱۰۰ کارمند و عضو هیأت علمی دارد. این مرکز ۴۸ هفته در سال فعال است و به جز کلاسهای آموزشی هر هفته ۶ سمینار در مرکز برگزار می‌شود. ۵۰ درصد سمینارها توسط مرکز آموزش، ۲۵ درصد توسط دپارتمانهای بانک و ۲۵ درصد از طریق انعقاد قرارداد با بخش خصوصی یا سایر مراکز آموزشی اجرا می‌شود. هر ساله ۳۰ هزار نفر از مدیران، کارشناسان و حتی اعضای هیأت مدیره بانک در این مرکز آموزش می‌بینند. طول دوره آموزش مدیران رده پائین ۱۶ هفته در سال، مدیران میانی ۱۲ هفته در سال و مدیران مالی دو هفته در سال است.

1- Union Bank of Switzerland.

شرکتهایی مثل ای. بی. ام، جنرال موتورز و میکروسافت برای آموزش و پرورش کارکنان خود سرمایه زیادی صرف می‌کنند. شرکت ای. بی. ام فقط در سال ۱۹۹۶ از ۱۱ میلیارد دلار سودی که داشته نزدیک به ۴ میلیارد دلار صرف آموزش کارکنان کرده است.

بنابراین آموزش، قدرت تولید نیروی کار را افزایش داده موجب می‌شود تا در زمان مشخص کالا و خدمات بیشتر و ارزنده‌تری عرضه شود. به همین جهت به هزینه‌های آموزشی، "سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی" اطلاق می‌شود. به طور کلی آموزش از سه طریق بهره‌وری عامل کار را افزایش می‌دهد:

(الف) افراد تحصیل کرده در واحد زمان، حجم کار بیشتری را انجام می‌دهند و کار آنان از ارزش والاتری برخوردار است.

(ب) افراد تحصیل کرده می‌توانند منابع موجود را به گونه مطلوبتری تخصیص داده و بدین طریق بهره‌وری تولید را افزایش دهند.

(ج) افراد تحصیل کرده در شرایط مساوی، قادرند اختراع، اکتشاف و نوآوری بیشتری را انجام دهند که این نیز بهره‌وری را به سرعت افزایش خواهد داد.

۴- وجدان کار، فرهنگ کار و انضباط در

کار

پائین بودن سطح بهره‌وری که ویژگیهای اغلب کشورهای در حال توسعه به حساب آمده است ناشی از عوامل مختلف تأثیرگذار بر بهره‌وری است. برخی از این عوامل غیرقابل کنترل و برخی دیگر قابل کنترل و اصلاح می‌باشند. نیروی انسانی با وجدان کاری بالا بهره‌وری را بهبود می‌بخشد و رفاه و سلامت اجتماعی را

فراهم می‌کند. هر چند وجدان کار شرط لازم ارتقای بهره‌وری است اما کافی به نظر نمی‌رسد، زیرا به پیش نیازهای لازم بستگی دارد. به عبارت دیگر مجموعه عواملی وجود دارند که در ارتقاء بهره‌وری مؤثر می‌باشند. گسترش وجدان کار در تک‌تک آحاد یک جامعه در ارتباط متقابل با انضباط اجتماعی و فرهنگ کار حاکم در آن جامعه است. فرهنگ "کار" عبارت از آگاهی و باوری است که مردم در تفسیر تجربیات خود و محیط اطراف خود از کارکردن و نتیجه آن دارند و طبعاً این تفسیر، رفتار اجتماعی و یا سازمانی خاصی را در جهت میل به کار، پرکاری و یا کم‌کاری و بی‌رغبتی به انجام کار دیکته می‌کند.

مجموعه‌ای از باورها و ارزش‌های همگانی و مشترک که بر اندیشه‌ها و رفتارهای اعضای یک سازمان اثر می‌گذارد فرهنگ سازمانی را تشکیل می‌دهد.

شرط لازم برای ایجاد این فرهنگ مساوات و عدالت در سازمان، شایسته‌سالاری و مشارکت به همراه انضباط در محیط‌کاری می‌باشد. فرهنگ کار، وجدان کار و انضباط اجتماعی و اقتصادی در تعامل با یکدیگر عمل می‌کنند. برآیند مطلوب این سه عامل از علل زیر حاصل می‌شوند:

- رفتار مطلوب و کردار درست رهبران و مدیران
- فراهم کردن شرایط لازم پیشرفت‌های شغلی برای همه افراد
- بکارگیری نیروها متناسب با توان و استعداد و تجربیات آنها در مشاغل مناسب
- پرداخت مزد مناسب در قبال انجام کار



- قدردانی از انجام کار به نحو مقتضی و مناسب
- مشارکت گروهی در سازمان
- ایجاد شرایط مساعد برای بروز خلاقیت و نوآوری

۵- نتیجه‌گیری

کارکنان هر سازمان، سرمایه‌های با ارزش آن سازمان می‌باشند. دستیابی به هدفهای هر سازمان در گرو مدیریت درست این منابع با ارزش است. نیروی کار، عامل مهم و موثر در بهره‌وری است. نیروی کار اگر با آرامش خاطر و انگیزه قوی، اشتغال به کار داشته باشد و به دلایل گوناگون از آینده واهمه نداشته باشد، مسلماً دارای بهره‌وری بالاتری خواهد بود.

برعهده مدیران است تا قدرت عظیم نهفته استعدادهای انسانی سازمان خود را شناخته و به شوق آورده و از آن استفاده بهینه نمایند. توجه به عوامل موثر ایجاد انگیزه در ابعاد مادی (مانند حقوق و دستمزد، پاداش، امکانات رفاهی، محیط فیزیکی کار، ایمنی و ...) و ابعاد غیرمادی (مانند وحدت شغل و مشاغل، امنیت شغلی، مساوات در سازمان و آموزش...) در ارتقای بهره‌وری تأثیر دارد. اگر عملکرد افراد به دقت ارزیابی نشود و مطابق شایستگی به آنان امتیاز داده نشود یا به تعبیر دیگر افراد شایسته از امتیازات بیشتری در سازمان برخوردار نشوند در آن سازمان بتدریج فرهنگ کم‌کاری بوجود می‌آید.

پایین بودن حقوق و دستمزد در ایران در قیاس با شاخص هزینه زندگی در سالهای اخیر موجب کم‌کاری و یافتن شغل‌های دوم و سوم شده است که نهایتاً موجب خسته‌تر شدن نیروی کار، کاهش بازدهی و بروز مشکلات روحی و روانی

برای نیروی کار در خانواده‌های آنها شده است و نتیجتاً بر بهره‌وری نیروی کار تأثیر منفی گذاشته است. در سطح جهانی پس از سالها تجربه به این نتیجه رسیده‌اند که اگر کشوری بخواهد در اقتصاد پیشتاز باشد و در عرصه رقابت عقب نماند باید از منابع انسانی کاردان، متخصص، ماهر، با انگیزه، نوآور و خلاق برخوردار باشد. اگر نتوانیم نیازهای رفاهی و معیشتی نیروی کار نظام شایسته‌سالاری، عدالت و انصاف را براساس یک نظام جامع ارزیابی عملکرد در سازمانها عملی سازیم به افزایش بهره‌وری امیدی نمی‌توان داشت.

۶- مراجع

- 1- Stephen B. Page, Implementing and System of Policies and Procedures, 1999.
- 2- Matzer, John Jr. ed. Productivity Improvement Techniques, Washington, DC. International city Management Association, 1998.
- 3- Kendrick, J.W., "Productivity - why it matters - How it is Measured?" in handbook for Productivity measurement and improvement, portland 1993.

خانم عارفه رستمی دارای لیسانس مهندسی صنایع با گرایش برنامه‌ریزی و تحلیل سیستمها از دانشگاه الزهرا (سال ۱۳۸۱) است. ایشان که همکاری خود را با شرکت قدس نیرو از ابتدای سال ۸۲ آغاز نموده در زمینه برنامه‌ریزی و کنترل پروژه در معاونت سازه‌های آبی مشغول بکار می‌باشد. زمینه علاقمندی خانم رستمی تکنولوژی اطلاعات (IT) و مطالعات کار و بهبود روش است.

E - mail Address: arostami@ghods-niroom.com



محاسبه راندمان واحدهای گازی V94.2 - قسمت اول

فرید علایی سامانی

سرپرست کارگاه نیروگاه گازی کازرون - مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی I

چکیده:

راندمان حرارتی واحدهای گازی V94.2 بعنوان شاخص کارائی و بهره‌برداری در شرایط بهینه و میزان تولید این واحدها به ازای واحد وزنی سوخت مصرفی تحت شرایط گوناگون تعریف شده که از جمله این شرایط $t = 15^{\circ}C$ و $p = 1.013bar$ و $\omega = 60\%$ بعنوان شرایط ISO (Case a) ضمیمه نامیده شده است. در اولین مرحله مقادیر راندمان و تولید ژنراتور در شرایط تست از طریق منحنی‌های STD و پلی‌نومیال‌ها تصحیح شده و به شرایط ISO (یا Case a) تبدیل شده و با آن مقایسه می‌شود. در حالات مختلف دیگری با شرایط دمائی و فشار و رطوبت متفاوت که با Case b (شرایط سایت کازرون) Case c و Case d تعریف شده‌اند تولید ژنراتور، راندمان، قلوئی دودهای خروجی و دمای ورودی توربین محاسبه و با Case a (شرایط ISO) مقایسه شده است.

۱- مقدمه

در این مقاله که در دو بخش الف و ب تنظیم شده است به ترتیب در بخش الف به ارائه چگونگی محاسبه بخش اول، قلوئی گاز در شرایط تست و بخش دوم انرژی الکتریکی تولید شده در خروجی ژنراتور، تصحیح و مقایسه آن با شرایط ISO (Case a) و نهایتاً محاسبه راندمان و تصحیح راندمان و مقایسه آن با شرایط ISO Case a صورت می‌گیرد.

در بخش ب، محاسبه نسبت قلوئی گازهای خروجی دودکش به سوخت گاز مصرفی و از آن طریق محاسبه قلوئی گاز و به کمک آن محاسبه دمای توربین میسر می‌گردد. با مشخص شدن قلوئی هوای ورودی و گازهای خروجی افت فشار در ورودی و خروجی محاسبه می‌شود. در محاسبات فوق از آنالیز سوخت طبیعی که

توسط آزمایشگاه شرکت ملی نفت ایران به دست آمده استفاده شده است، اما پارامترهای سوخت نظیر دانسیته، وزن مخصوص و از همه مهمتر ارزش حرارتی پایین به روش ASTM D3588-91 و مستقلاً محاسبه شده است. لازم به ذکر است شاخصهای قسمت ب جزو شاخصهای گارانتی نمی‌باشند اما شاخصهای عنوان شده در قسمت الف (Heat Rate و انرژی الکتریکی تولیدی) شاخص گارانتی بوده که مطابق قرارداد بدون هیچگونه تفرانس و کاهش از مقدار تعیین شده در بار پایه قابل قبول است و در غیر اینصورت جریمه تعلق خواهد گرفت.

شاخصهای راندمان و انرژی الکتریکی در بار پیک 75%، 50% و 25% با تفرانس 1% نیز قابل قبول می‌باشد.

از آنالیز سوخت به روش ASTM بدست می‌آید:



تغییرات انرژی ساختار درونی حجم کنترل که در شرایط steady state و بعلاوه انتخاب زمان انجام تست بعد از حدود ۲ ساعت از هر تغییر باری این ترم نیز قابل صرف نظر کردن است.

$$\frac{dE_{cv}}{dt}$$

وزن مخصوص مخلوط گاز طبیعی $S_{g_{mix}}$

Compressibility Factor گاز طبیعی Z_{mix}

Kj/kg ارزش حرارتی پائین مخلوط گاز طبیعی

$L.H.V_{mix}$

Kj/kg⁰C ظرفیت حرارتی مخصوص مخلوط گاز

طبیعی CP_{mix}

وزن مولکولی مخصوص مخلوط گاز طبیعی μ_{mix}

Kj/kg^{0k} ضریب ثابت مخلوط گاز طبیعی R_{mix}

ثابت حرارتی مخصوص مخلوط گاز طبیعی K



(kj/kg) آنتالپی هوا در ورودی به کمپرسور در

دمای t_{vI} h_{vI}

(kj/kg) آنتالپی هوا در خروجی به کمپرسور در

دمای t_{vII} h_{vII}

(kg/s) دبی جرمی اندازه گرفته شده سوخت

مصرفی ورودی به محفظه احتراق m_F

(kg/s) دبی جرمی گازهای محترقه در ورود به

توربین m_{TI}

(kg/s) دبی جرمی گازهای خروجی به سمت

اگزوز m_{TII}

(kg/s) دبی جرمی هوای ورودی به کمپرسور m_{VI}

(KW) توان خروجی اندازه گیری شده در

ترمینال ژنراتور P_{GTM}

(KW) توان نامی ژنراتور $P_{GT} = P_{GTM} - P_{EXC}$

(KW) توان تحریک مصرفی P_{EXC}

(KW) تلفات مکانیکی GT در یاتاقانها P_{MV}

(KW) تلفات ژنراتور P_{GENV}

(⁰C) دمای گازهای محترقه در ورود توربین t_{TI}

(⁰C) دمای گازهای خروجی در ورود به اگزوز t_{TII}

(⁰C) دمای سوخت مصرفی ورودی به محفظه

احتراق t_F

راندمان ژنراتور η_{GEN}

راندمان محفظه احتراق η_{CBC}

انتقال حرارت از (به) حجم کنترل که با توجه به

عایق بندی توربین، ناچیز فرض شده است. \dot{Q}

کار انجام گرفته بر روی حجم کنترل یا توسط

حجم کنترل که تلفات مکانیکی شافت نیز در

آن منظور شده است. W_{shaft}

ترم انرژی مربوط به انرژی جنبشی و پتانسیل

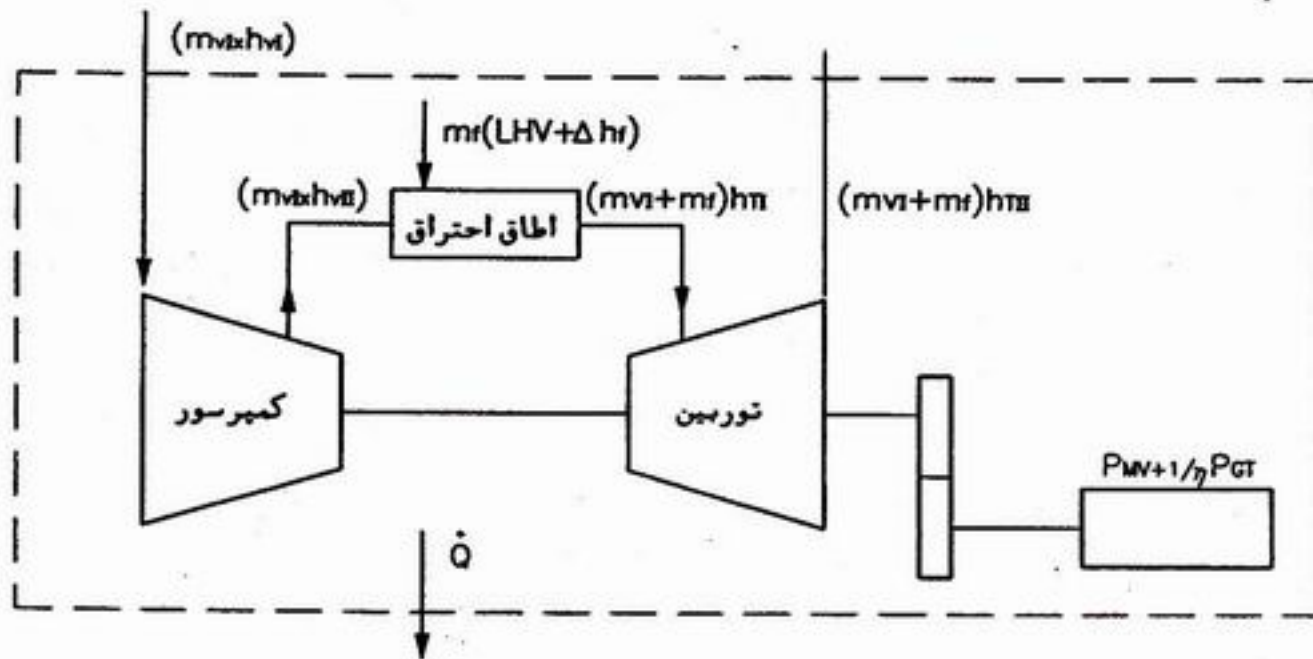
در ورودی و خروجی به حجم کنترل که بعلاوه

عدم تغییرات قابل توجه از آن صرف نظر

می شود.

$$\frac{v^2}{2} + gz$$

بخش الف) جهت استخراج معادله انرژی یک حجم کنترل که در برگیرنده تمامی ورودی‌ها و خروجی‌ها به سیستم باشد انتخاب می‌شود.



شکل (۱)

سوخت گازوئیل استاندارد ($CH_{1.684}$) مقدار عددی آن را برابر $1.8 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$ می‌توان فرض کرد. (kJ/kg) آنتالپی مخصوص سوخت در دمای $t_{F,O} (^{\circ}\text{C})$ $h_{F,O}$

(kJ/kg) انرژی محسوس سوخت در دمای بالای 15°C تقریباً $h_1 - h_{F,O} = c_{pF} * (t_p - t_{F,O})$ می‌باشد. $h_F - h_{F,O}$

(kJ/kg) آنتالپی گازهای محترقه ورودی به توربین در دمای $t_{T,O} (^{\circ}\text{C})$ $h_{T,O}$

(kJ/kg) آنتالپی گازهای خروجی از توربین در دمای $t_{T,O} (^{\circ}\text{C})$ $h_{T,O}$ ارزش حرارتی پایین سوخت در دمای

LHV 15°C

برای حجم کنترل فوق معادله انرژی عبارتست از: معادله انرژی

$$\dot{Q} + W_{shaft} + \sum_{in} \left(h + \frac{v^2}{2g} + Z \right)$$

$$- \sum_{out} \left(h + \frac{v^2}{2g} + Z \right) = \frac{dE_{CV}}{dt}$$

معادله بقا جرم $\sum m_{in} = \sum m_{out}$

(kJ/kg) آنتالپی مخصوص سوخت گاز در دمای $t_F (^{\circ}\text{C})$ یعنی h_F که $h_F = c_{pF} * t_F$ و تقریباً برای سوخت گاز استاندارد (CH_4 -Methane) مقدار عددی آن برابر $2.2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$ و برای

معادله فوق تحت این شرایط به حالت ساده‌تری تبدیل می‌شود:

$$\sum h_{out} = m_{TI} h_{TI}$$

$$m_{TI} = m_{TII} = m_{VI} + m_F$$

با مرتب کردن معادله فوق نتیجه می‌شود:

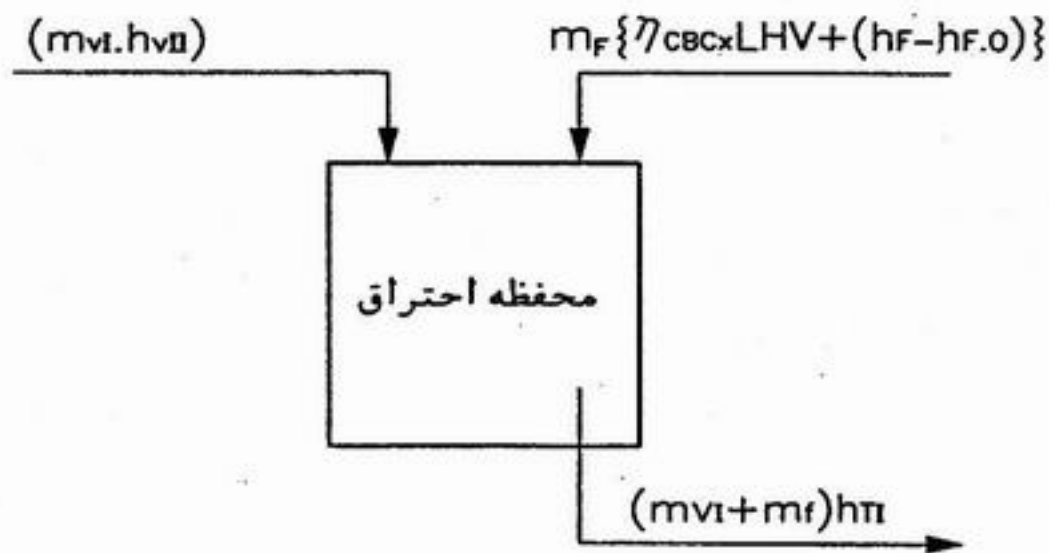
$$W_{shaft} = \sum h_{out} - \sum h_{in}$$

$$\sum h_{in} = m_{VI} h_{VI} + m_F$$

$$[(h_F - h_{F,o}) + LHV \times \eta_{CBC}]$$

$$m_{VI} = \frac{m_F \{ \eta_{CBC} \times LHV + (h_F - h_{F,o}) - h_{TI} \} - P_{GT} \times \frac{1}{\eta_{Gen}} - P_{MV}}{h_{TI} - h_{VI}}$$

دومین معادله موازنه انرژی برای اطاق احتراق نوشته می‌شود:



شکل (۲)

۲- بخش اول محاسبه فلوی گاز در شرایط

تست

$$m_f = 10^{-5} \times F_a \times \alpha \times \varepsilon \times \pi \frac{d^2}{4} \times [2\Delta P \cdot \rho]^{1/2}$$

ε = Expansibility Factor

α = Flow Coefficient

F_a = Area Correct Factor

d = Pipe Diameter

ΔP = Pressure Differential in orifice Both Sides

$$\sum h_{in} = \sum h_{out} \Rightarrow h_{TI} =$$

$$= \frac{m_{VI} \times h_{VI} + m_F \{ \eta_{CBC} \times LHV + h_F - h_{F,o} \}}{m_{VI} + m_F}$$

از معادله (۱) دبی هوای ورودی به کمپرسور و با جایگزینی در معادله (۲) آنتالپی گازهای محترقه ورود به توربین و از آن طریق دمای ورودی به توربین محاسبه می‌شود.

$$Sg_{actual} = \frac{Sg}{Z_{mix}} = \frac{0.6211}{0.9978} = 0.6224$$

$$CP_{mix} = \sum_{mi} CP_i = 0.50366 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$= 2.1083 \text{ kJ/kg}$$

$$\mu_{mix} = \sum_{mi} M_i = 17.989$$

$$R_{mix} = \frac{R_0}{\mu_{mix}} = \frac{8.315}{17.989}$$

$$= 0.4622 \text{ kJ/kg.mole}^\circ\text{K}$$

$$\frac{K-1}{K} = \frac{R_{mix}}{CP_{mix}} \Rightarrow K = 1.2807$$

با محاسبه ضرایب فرمول دبی مطابق ضمیمه (۳) و با کمک ضرائب محاسبه شده مخلوط گاز در بالا دبی گاز مصرفی در شرایط تست محاسبه می‌شود:

$$m_f = 10^{-5} \times F_a \times \alpha \times \varepsilon$$

$$\times \left(\pi \frac{d^2}{4} \right) \times (2 \times \Delta P \times \rho_1)^{1/2}$$

$$m_f = 10^{-5} \times 1.00305729 \times$$

$$0.640115141 \times 0.990069574$$

$$\times \left(\frac{\pi}{4} \times 0.2027647^2 \right) \times (2 \times 598.484 \times 15.65696)^{1/2}$$

$$m_f = 9.315693574 \text{ kg/s}$$

ρ = Gas Density

NIOC RESEARCH INSTITUTE OF
PETROLEUM INDUSTRY ANALYTICAL
RESEARCH DEPARTMENT (ضمیمه ۱)

NO	COMPONENT	RESULT
1	N2	5.4% mole
2	CH4	88.4% mole
3	CO2	0.1% mole
4	C2H6	4.1% mole
5	C3H8	1.25% mole
6	C4H10i	0.24% mole
7	C4H10n	0.31% mole
8	C5H12i	0.11% mole
9	C5H12n	0.07% mole
10	C6H14	0.02%
	Total	100.00

با توجه به آنالیز مولی ترکیبات گاز و نیز جدول مشخصه‌های گاز در شرایط استاندارد پارامترهای مخلوط (mix) گاز طبیعی به روش ASTM محاسبه می‌شود:

$$Sg_{mix} = \sum_{mi} Sg_i = 0.6211$$

$$Z_{mix} = 1.00369 - (0.0101)Sg + 0.007$$

$$[(\text{mole fraction})_{\text{non Hydrocarbon}}]$$

$$= 1.00369 - 0.0101 \times 0.6211 + 0.007$$

$$[0.007 \times 0.055] = 0.9978$$

$$LHV_{mix} = \sum m_i H_i = 925.1366 \text{ Btu/ft}^3$$

$$LHV_{actual} = \frac{LHV}{Z_{mix}} = \frac{925.1366}{0.9978}$$

$$= 927.1763 \text{ Bt/ft}^3 = 45282.16 \text{ kJ/kg}$$



۳- بخش دوم

با محاسبه انرژی وارد شده در واحد زمان بدرون حجم کنترل (اطاق احتراق) و نیز مقدار اندازه گیری شده انرژی الکتریکی در خروجی ژنراتور (بعد از کسر مصرف تحریک) محاسبه راندمان انجام می گیرد:

$$\text{Fuel gas heat input} = m_f (L.H.V + \Delta h.f)$$

$$m_f = 9.315693574 \text{ kg/s}$$

$$L.H.V = 45282.16 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_f = CP.(t_f - 15^\circ C) = 2.10873 \\ \times (30.522 - 30) = 32.731 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Fuel gas heat input} = 9.315693574$$

$$(45282.16 + 32.731) = 422139.6455 \text{ KW}$$

$$\text{Nominal Electrical Gen.} = 145599.514 \text{ KW}$$

$$\text{راندمان نامی} = \eta = \frac{\text{Nominal ELEC. Gen.}}{\text{Fuel gas heat input}}$$

$$= \frac{145599.514}{422139.6455} = 0.34490841$$

با استفاده از جداول پلی نومیال و STD راندمان بدست آمده فوق به حالت (ISO) Case a تصحیح می شود ضمیمه (۴):

راندمان تصحیح شده به شرایط ISO

(Case a)

$$= \eta = 0.346323909 \geq \eta = 0.3415$$

Corrected

Iso (Case a)

تولید اسمی ژنراتور تصحیح شده به شرایط ISO (Case a)

$$= 162945.219 \text{ KW} \geq 156050 \text{ KW}$$

Iso (Case a)

همانگونه که ملاحظه می شود شاخص گارانتی محاسبه شده در مقایسه با شرایط ISO بالاتر می باشد.

۴- نتیجه گیری

همانگونه که در منحنی های STD دیده می شود با کاهش دما (تا محدوده ۱۵ درجه سانتیگراد) و کاهش ارتفاع تا رسیدن به سطح دریا و فشار $P = 1.013 \text{ bar}$ و محدوده رطوبت ۵۰٪-۶۰٪ و بیشترین کاهش ممکن در افت جریان هوا در ورودی به کمپرسور و خروجی دودها از اگزوز، ضرائب تصحیح (مطابق ضمیمه ۵ Fp7, Fp4, Fp3, Fp2, Fp1 و مطابق ضمیمه ۶ Fn7, Fn5, Fn4, Fn3, Fn2 به عدد یک نزدیکتر و مقادیر به دست آمده به مقادیر گارانتی نزدیکتر می گردد.

اصولاً با توجه به اینکه سیال عامل در توربین های گازی هوای محترقه می باشد که به عنوان یک گاز تقریباً کامل، شدیداً تابع فشار و دمای محیط بوده و با توجه به ارتفاع مشخص منطقه از سطح دریا، تغییرات دمای محیط تأثیرات آنی در میزان انرژی الکتریکی تولیدی دارد، بدین جهت مناطق با حداقل ارتفاع از سطح دریا و با دمای متوسط ۱۵ درجه سانتیگراد و با رطوبت بین ۵۰٪-۶۰٪ مناسبترین مناطق جهت استقرار توربین های V94.2 می باشد. سایر عوامل نظیر افت فشار هوا در ورودی (به کمپرسور) و خروجی (دود در

۳- بخش دوم

با محاسبه انرژی وارد شده در واحد زمان بدرون حجم کنترل (اطاق احتراق) و نیز مقدار اندازه گیری شده انرژی الکتریکی در خروجی ژنراتور (بعد از کسر مصرف تحریک) محاسبه راندمان انجام می گیرد:

$$\text{Fuel gas heat input} = m_f (L.H.V + \Delta h.f)$$

$$m_f = 9.315693574 \text{ kg/s}$$

$$L.H.V = 45282.16 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_f = CP.(t_F - 15^\circ C) = 2.10873 \\ \times (30.522 - 30) = 32.731 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Fuel gas heat input} = 9.315693574$$

$$(45282.16 + 32.731) = 422139.6455 \text{ KW}$$

$$\text{Nominal Electrical Gen.} = 145599.514 \text{ KW}$$

$$\text{راندمان نامی} = \eta = \frac{\text{Nominal ELEC. Gen.}}{\text{Fuel gas heat input}}$$

$$= \frac{145599.514}{422139.6455} = 0.34490841$$

با استفاده از جداول پلی نومیال و STD راندمان بدست آمده فوق به حالت Case a (ISO) تصحیح می شود ضمیمه (۴):

راندمان تصحیح شده به شرایط ISO

(Case a)

$$= \eta = 0.346323909 \geq \eta = 0.3415$$

Corrected Iso (Case a)

تولید اسمی ژنراتور تصحیح شده به شرایط ISO (Case a)

$$= 162945.219 \text{ KW} \geq 156050 \text{ KW}$$

Iso (Case a)

همانگونه که ملاحظه می شود شاخص گارانتی محاسبه شده در مقایسه با شرایط ISO بالاتر می باشد.

۴- نتیجه گیری

همانگونه که در منحنی های STD دیده می شود با کاهش دما (تا محدوده ۱۵ درجه سانتیگراد) و کاهش ارتفاع تا رسیدن به سطح دریا و فشار $P = 1.013 \text{ bar}$ و محدوده رطوبت ۵۰٪-۶۰٪ و بیشترین کاهش ممکن در افت جریان هوا در ورودی به کمپرسور و خروجی دودها از اگزوز، ضرائب تصحیح (مطابق ضمیمه ۵ Fp7, Fp4, Fp3, Fp2, Fp1 و مطابق ضمیمه ۶ Fn7, Fn5, Fn4, Fn3, Fn2 به عدد یک نزدیکتر و مقادیر به دست آمده به مقادیر گارانتی نزدیکتر می گردد.

اصولاً با توجه به اینکه سیال عامل در توربین های گازی هوای محترقه می باشد که به عنوان یک گاز تقریباً کامل، شدیداً تابع فشار و دمای محیط بوده و با توجه به ارتفاع مشخص منطقه از سطح دریا، تغییرات دمای محیط تأثیرات آنی در میزان انرژی الکتریکی تولیدی دارد، بدین جهت مناطق با حداقل ارتفاع از سطح دریا و با دمای متوسط ۱۵ درجه سانتیگراد و با رطوبت بین ۵۰٪-۶۰٪ مناسبترین مناطق جهت استقرار توربین های V94.2 می باشد. سایر عوامل نظیر افت فشار هوا در ورودی (به کمپرسور) و خروجی (دود در



ضمیمه (۶) تصحیح راندمان از شرایط تست به
شرایط ISO

۶- مراجع

- 1- FUEL AND COMBUSTION
"karl w.stinson"
- 2- THERMODYNAMICS
"kenneth wark"
- 3- PERFORMANCE /
ACCEPTANCE TEST
SPECIFICATION (MP-KZG-11-
TD-24-TGA-002)

آقای فرید علایی سامانی دارای لیسانس
مهندسی مکانیک از دانشکده صنعت آب و برق
(۱۳۶۸) و فوق مهندسی مکانیک از دانشگاه
آزاد اسلامی تهران (۱۳۷۱) است. ایشان مدت
۱۴ سال سابقه کار داشته که بصورت نظارت
کارگاهی می باشد و مدت ۱۰ سال آن در شرکت
قدس نیرو است. زمینه علاقمندی کاری ایشان
بویلرهای نیروگاهی (نصب و راه اندازی) و بررسی
و محاسبات تست های کارآئی بویلر و سیکل های
حرارتی است.

E-mail: Samani 3000 @ yahoo.com

از همکاری آقای مهندس شهریاری سرپرست
گروه ابزار دقیق در تهیه این مقاله سپاسگزاریم.

اگزوز) نیز بر روی راندمان این واحدها تأثیر
بسزایی داشته که جهت کاهش افت در ورودی
آمدگی و قابلیت سیستم های تمیزکننده فیلترها
در ورودی (سیستم پالس جت) و انتخاب
فیلترهای با کیفیت مناسب و جهت کاهش افت
در خروجی طراحی تجهیزات دودکش با حداقل
مقاومت در مقابل جریان دودهای خروجی از
نظر آئرو دینامیک، الزامی و در افزایش راندمان
واحدها موثر می باشد. (لازم به ذکر است برای
اولین بار سایلسنرهای دوکی شکل در یکی از
واحدهای طرح و توسعه کازرون نصب و تأثیرات
آن بر تقلیل فشار در خروج (که ظاهراً قابل
توجه نیز بوده) در دست بررسی می باشد.

۵- لیست ضمایم

ضمیمه (۱) آنالیز ترکیبات گاز طبیعی نیروگاه
کازرون - آزمایشگاه شرکت ملی نفت ایران
ضمیمه (۲) جدول مشخصات عناصر گاز طبیعی
مطابق استاندارد ASTM D3588-77
ضمیمه (۳) محاسبه فلووی گاز و
Super Compressibility Factor برای گاز
طبیعی براساس استاندارد A.G.A-NX19

ضمیمه (۴) Data/Calculation

ضمیمه (۵) تصحیح انرژی الکتریکی ژنراتور از
شرایط تست به شرایط ISO



ضمیمه (1)

NIOC RESEARCH INSTITUTE OF PETROLEUM INDUSTRY
ANALYTICAL RESEARCH DEPARTMENT

Date 11/12/2002		Sample: Black Valve		Requested by, ANSALDO Energia	
Sample Identification, Natural gas			Start Time = 15.30		
Kazeroon, P = 12 barg filling step 30, (10.12.02)			Stop Time = 16.30		
No.	Component	Method	Result		
1	N2	ASTM D-1945	5.4	mole	%
2	C1	ASTM D-1945	88.4	mole	%
3	C02	ASTM D-1945	0.1	mole	%
4	C2	ASTM D-1945	4.1	mole	%
5	C3	ASTM D-1945	1.25	mole	%
6	IC4	ASTM D-1945	0.24	mole	%
7	NC4	ASTM D-1945	0.31	mole	%
8	IC5	ASTM D-1945	0.11	mole	%
9	NC5	ASTM D-1945	0.07	mole	%
10	C6	ASTM D-1945	0.02	mole	%
	Total		100.00		



نشریه علمی تخصصی گدس نیرو، شماره ۹۸۷، ۱۳۸۲

۲۴

۱۳۸۲

(۲) ضمیمه

GAS PROPERTIES (60°F, 14.73 psia) OF PERFECT GAS

Compound	Formula	Molecular Weight	Gas Constant (t-lb)/(lbm-OR)	Specific Gravity	Specific Volume (ft ³ /lbm)	Specific Heat (Btu/lbm-°R)		Heat value (Btu/ft ³)				Compressibility Z [Note (1)]
						C	C	High	Low	High	Low	
Methane	CH ₄	16.043	96.32	0.5539	23.5689	0.5266	0.4028	1012.0	9112	994.4	895.4	0.9911
Ethane	C ₂ H ₆	30.070	51.39	1.0382	12.4924	0.4097	0.3436	1772.9	1621.0	1742.1	1593.4	0.9916
Propane	C ₃ H ₈	44.097	35.04	1.5224	8.4360	0.3881	0.3431	2523.0	2321.4	2479.9	2281.1	0.9020
Isobutane	C ₄ H ₁₀	58.124	26.59	2.0067	6.3237	0.3872	0.3530	3260.1	3008.0	3203.4	2955.7	0.9702
N-Butane	C ₄ H ₁₀	58.124	26.59	2.0067	6.3002	0.3867	0.3525	3269.6	3017.5	3212.7	2965.0	0.9665
Isopentane	C ₅ H ₁₂	72.151	21.42	2.4910	5.2506	0.3827	0.3552	4009.4	3706.4	3939.7	3641.9	1.0004
N-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.151	21.42	2.4910	5.2506	0.3883	0.3608	4018.5	3716.0	3948.6	3651.5	1.0004
Hexanes, Avg	C ₆ H ₁₄	86.178	17.93	2.9753	4.3960	0.3864	0.3634	4758.0	4405.0	4675.2	4328.4	1.0004
Heptanes, Avg	C ₇ H ₁₆	100.206	15.42	3.4596	3.7806	0.3875	0.3677	5509.7	5106.5	5413.9	5017.7	1.0004
Carbon Monoxide	CO	28.011	55.17	0.9671	13.5190	0.2484	0.1775	321.1	---	315.5	---	0.9995
Carbon Dioxide	CO ₂	44.010	35.11	1.5194	8.5590	0.1991	0.1540	---	---	---	---	0.9945
Hydrogen Sulphide	H ₂ S	34.076	45.35	1.1765	11.1081	0.2380	0.1797	638.6	588.2	627.5	578.0	0.9995
Air	N ₂ O ₂	28.964	53.35	1.0000	13.0740	0.2400	0.1714	---	---	---	---	0.9995
Hydrogen	H ₂	2.016	766.53	0.0696	188.0344	3.4080	2.4227	324.9	274.5	319.3	269.7	1.0000
Oxygen	O ₂	31.999	48.29	1.1048	11.8310	0.2188	0.1507	---	---	---	---	0.9992
Nitrogen	N ₂	28.013	55.16	0.9672	13.5197	0.2482	0.1773	---	---	---	---	0.9997
Water	H ₂ O	18.015	85.78	0.6220	21.0180	0.4446	0.3343	---	---	---	---	0.9995

GENERAL NOTES:

- (a) Values were obtained from ASTM D 3588-77 and the American Gas Association Gas Measurement Manual, Part One 1981 except for the low dry and Saturated heating values, which were taken from Natural Gas Processors and Suppliers Association, 1972: edition.
- (b) To obtain real gas heating values and specific gravity for a mixed gas, divide the summation value, the compressibility factor of the gas.

NOTE:

- (1) Z (for mixed gas): $0.0369 - (0.0101 \text{ Specific gravity}) + [(0.007) (\text{mole fraction of contained nonhydrocarbon gases})]$



A.G.A-NX19 STANDARD METHOD FOR Super Compressibility Factor (Natural gas)

- Applicability of the Method
- specific gravity < 0.75
 - CO₂ content < 1.15 mole percent
 - N₂ Content < 1.15 " "
 - Adjusted pressure • to 1300PSI for E equation
 - Adjusted Temperature (85°F to 240°F for E₁ equation and -40°F to 85°F for E₂ equation)

ت.۱ ضمیمه

1	SPECIFIC GRAVITY (IDEAL RELATIVE DENSITY) OF THE FLOWING GAS	G	----	0.621126614	ISO 6976
2	COMPRESSIBILITY FACTOR @ STD. CONDITIONS (14,696 PSIA -60°F)	Z _{std}	----	0.9978	ASTM D3588-91
3	REAL SPECIFIC GRAVITY OF THE FLOWING GAS	G _{real}	----	0.6224	ISO 6976
4	CO ₂ CONTENT IN THE FLOWING GAS	M _c	mol %	0.1	
5	N ₂ CONTENT IN THE FLOWING GAS	M _n	mol %	5.4	
6	M _c - 0.392 M _n	K _p	----	-2.0168	
7	M _c + 1.681 M _n	K _t	----	9.1774	
8	PRESSURE ADJUSTING FACTOR = 156.47 / (160.8 - 7.22G + K _p)	F _p	----	1.014132708	
9	TEMPERATURE ADJUSTING FACTOR = 226.29 / (99.15 + 211.9G - K _t)	F _t	----	1.019971409	
11	GAUGE PRESSURE OF THE FLOWING GAS	P _f	bar g.	20.1944	[TAPS 3]
12		P _f	Psig	292.84	
13	ADJUSTED PRESSURE OF THE FLOWING GAS = P _f * F _p	P _{adj}	Psig	297.0293288	
14	TEMPERATURE OF THE FLOWING GAS	t _f	°C	30.552	
15		t _f	°F	86.93	
16	ABSOLUTE TEMPERATURE OF THE FLOWING GAS = t _f * 460	T _f	°R	546.939	
17	ADJUSTED TEMPERATURE OF THE FLOWING GAS = T _f * F _t - 460	t _{adj}	°F	97.86	
18	(P _{adj} + 14.7) / 1000	π	----	0.311729328	
19	(t _{adj} + 460) / 500	τ	----	1.11572	
20	0.0330378*(t)^-2 - 0.0221323*(t)^-3 + 0.0161353*(t)^-5	m	----	0.019937225	
21	(0.265827*(t)^-2 + 0.0457697*(t)^-4 - 0.133185*(t)^-1) / m	n	----	6.204958658	
22	(3-mn^2) / 9mp^2	B	----	128.028	
24	PARAMETER E	E1,E2	----	0.999895012	DIFFERENT EQUATIONS FOR E1 AND E2
25	(9n-2mn^3) / 54mp^3 - E/2mp^2	b	----	1162.197287	
26	(b + (b^2 + B^3)^1/2)^1/3	D	----	14.45352995	
27	(B/D - D + n/3p)^1/2 / 1 + (0.00132/t^3.25)	F _{pv}	----	1.020415208	
28	BASE COMPRESSIBILITY FACTOR @ 14.7 PSIA AND FLOWING TEMP.(t _f)	Z _o	----	0.998152626	
29	COMPRESSIBILITY FACTOR AT FLOWING CONDITIONS = Z _o / F _{pv} ^2	Z _f	----	0.958612554	

Computation of mass flow rate through orifice plates according to ISO 5167-1980

- Applicability and limit of use
- single phased liquid
 - pipe size (D): 50mm to 1000mm
 - diameter ratio: $\beta = (0.23 \text{ to } 0.8)$
 - $P_2/P_1 > 0.75$

• Roughness $K_D \leq 3.8 \times 10^{-4}$

ضریب ۳.۳

• Reynold Number $Re_D (600000) \leq Re_D \leq 6000000$

1	FLUID UNDER CONDITION OF MEASUREMENT		----	natural gas	
2	FLUID MOLECULAR WEIGHT	M	kg/kmol	17.989	
3	PIPE MATERIAL		----	c.steel A106 GrB	
4	PRIMARY DEVICE MATERIAL		----	st.steel AISI 316	
5	UPSTREAM INTERNAL PIPE DIAMETER AT 20° C	D	mm	202.74	
6	THROAT DIAMETER OF ORIFICE AT 20° C	d	mm	116.906	
7	DIFFERENTIAL PRESSURE ACROSS THE PRIMARY DEVICE	Δp	mbar	598.484	[TAPS 3]
8	UPSTREAM STATIC PRESSURE OF THE FLUID (GAUGE)	$p_l g.$	bar g.	20.19442026	[TAPS 3]
9	ATMOSPHERIC PRESSURE	$p_{amb.}$	bar abs.	0.920166736	
10	UPSTREAM ABSOLUTE STATIC PRESSURE OF THE FLUID	p_l	bar abs.	21.114587	[TAPS 3]
11	UPSTREAM TEMPERATURE OF THE FLUID	t_l	°C	30.552139	
12	FLUID COMPRESSIBILITY FACTOR @ NORMAL CONDIT.	Z_n	----	0.99780	NORMAL CONDIT. :
13	FLUID DENSITY (REAL) @ NORMAL CONDIT.	ρ_n	----	0.802953	$p_n = 1.01325 \text{ bar} ; t_n = 0^\circ \text{C}$
14	FLUID COMPRESSIBILITY FACTOR AT UPSTREAM PIPE CONDIT..	Z_l	----	0.958612545	$Z/F p v^2 \text{ acc.AGA NX-19}$
15	FLUID MASS DENSITY AT UPSTREAM PIPE CONDIT.				
16	$(p_l / p_n) * (t_n + 273.15) / (t_l + 273.15) * (Z_n / Z_l) * \rho_n$	ρ_l	kg/mc	15.65696798	
17	FLUID ABSOLUTE (DYNAMIC) VISCOSITY AT FLUID FLOWING TEMPERATUR.	μ	Pa sec=kg/m sec	1.1774E-07	$1 \text{ cpoise} = 10^{-3} \text{ Pa sec}$
18	KINEMATIC VISCOSITY AT UPSTREAM PIPE CONDIT.	$\nu = \mu / \rho_l$	m^2/sec	7.52985E-07	$1 \text{ cstokes} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$
19	AREA CORRECT FACTOR FOR THERMAL EXPANSION OF PIPE	F_p	----	1.000244575	
20	AREA CORRECT FACTOR FOR THERMAL EXPANSION OF PRIMARY DEVICE	F_a	----	1.000305729	
21	THROAT DIAMETER OF ORIFICE AT OPERATING CONDITIONS	d_o	mm	116.9238694	
22	UPSTREAM INTERNAL PIPE DIAMETER AT OPERATING CONDITIONS	D_o	mm	202.764791	
23	DIAMETER RATIO AT OPERATING CONDITIONS	$\beta = d_o / D_o$	----	0.576647794	
24	VELOCITY OF APPROACH FACTOR = $1 / (1 - \beta^4)^{1/2}$	E	----	1.060338274	
25	SPECIFIC HEAT CAPACITY OF GAS AT CONST. PRESSURE (AND FLOW TEMP.)	C_p	kJ/kg°K	2.10873	

توضیح : با استفاده از فلو متر نصب شده (بهره برداری) فلوی حجمی از کنتور قرائت شده و با محاسبه سطح مقطع سرعت متوسط سیال محاسبه گردید



26	INSENTROPIC EXPONENT (SPEC. HEAT CAPACITIES RATIO FOR IDEAL GAS)	$k=C_p/C_v$ ----	1.280731781	
27	EXPANSIBILITY FACTOR = $1 - (0.41 + 0.35 \cdot \beta^4) \cdot D_p \cdot 10^{-3} / (k \cdot p_1)$	ϵ ----	0.990069574	
28	ARRANGEMENT OF PRESSURE TAPPINGS : CORNER TAPS			
29	MEAN AXIAL VELOCITY OF THE FLUID IN THE UPSTREAM PIPE	U_1^* m/sec	18.5146	$10^6 \cdot q_m / \rho_1 (\pi \cdot D_0^2 / 4)$
30	REYNOLDS NUMBER AT UPSTR. PIPE CONDIT. (REF. TO D_0)	$Re_D \cdot 10^6$ ----	$4.9652 \cdot 10^6$	$Re_D = U_1 \cdot D_0 / \nu_1 \cdot 1000$
31				
32	REYNOLDS NUMBER AT UPSTR. PIPE CONDIT. (REF. TO d_0)	$Re_d \cdot 10^6$ ----	$8.6105 \cdot 10^6$	Re_D / β
33	DISCHARGE COEFFICIENT :			
34	$0.5959 + 0.0312 \cdot \beta^{2.1} - 0.1840 \cdot \beta^8 + \dots$	C ----	0.603689556	[TAPS 3]
35	$+ 0.0029 \cdot \beta^{2.5} \cdot (10^6 / Re_D)^{0.75}$	----	0.607089	COEFF.a OF REGRESS.EQUAT.
36	a	----	0.0	COEFF.b OF REGRESS.EQUAT.
37	b	C ----	0.607089	CALC. BY REGRESS. EQUAT.
38	DISCHARGE COEFFICIENT acc. CALIBRATION REPORT			
39	FLOW COEFFICIENT = $C \cdot \epsilon$	α ----	0.640115141	
40	MASS FLOW RATE = $10^{-5} \cdot F_a \cdot \alpha \cdot \epsilon \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot (2 \cdot \Delta p \cdot \rho_1)^{1/2}$	q_m kg/sec	9.315693574	

توضیح: در محاسبه U_1^* از فلومتر نصب شده (بهره برداری) فلوی حجمی از کنتور قرانت شده و با محاسبه سطح مقطع لوله سرعت متوسط سیال محاسبه گردید.

AVERAGE MEASURED / CALCULATION VALUES

ضمیمہ ۴

				REMARKS
1	GAS TURBINE SPEED	n_t	3002.14452 rpm	(sheet)* *sheet : data input
2	GENERATOR SPEED	n_g	3002.14452 rpm	(sheet)*
3	AMBIENT TEMPERATURE	θ_{amb}	17.50914727 °C	(sheet)*
4	AMBIENT (BAROMETRIC) PRESSURE	p_{amb}	920.17 mbar	(sheet)*
5	RELATIVE HUMIDITY	ϕ	67.8632 %	(sheet)*
6	MEAN TURBINE EXHAUST TEMPERATURE	$\theta_{TII m}$	545.43 °C	(sheet)*
7	COMPRESSOR INLET TEMPERATURE	θ_{VI}	17.50914727 °C	(sheet)*
8	CORRECTED TURBINE OUTLET TEMPERATURE	θ_{ATK}	565.96 °C	(sheet)*
9	GROSS POWER OUTPUT AT GEN. TERMINALS, MEASURED	$P_{GT m}$	145770.454 KW	(wattmeter 1) (sheet)*
10	POWER FACTOR, MEASURED	$\cos\phi$	0.9988 —	(sheet)*
11	TOTAL STATION AUXILIARY POWER CONSUMPT	$P_{aux Tm}$	KW	(wattmeter 2, measured downstr. Unit transf.(sheet)
12	EXCITATION POWER ($\cos\phi$, measured)	P_{exc}	170.94 KW	calculated at test condit. From I exc measured
13	EXCITATION POWER ($\cos\phi = 0.8$)	P_{exc}	456.205 KW	@ $\cos\phi$ specified & Guar. Power-workshop Test Rep.
14	POWER CONSUMED BY OTHER USERS	P_{other}	0 KW	(sheet)*
15	AUXILIARY POWER CONSUMPTION FOR THE STATION	$P_{aux m}$	191.260254 KW	(sheet)*
16	GT-GENERATOR UNIT			
17	NOMINAL POWER OUTPUT AT GEN. TERMINALS	$P_{GT nom}$	145599.514 KW	$P_{GT m} - P_{exc}$: (9 - 12)
18	FUEL GAS HEAT INPUT	P_{FG}	422139.6455 KW	صفحہ ۷ گزارش
19	NOMINAL EFFICIENCY AT GEN. TERMINALS	$\eta_{GT nom}$	0.34490841 —	16/17



CONVERSION OF RESULT TO REF CONDITION (CASE - A)

					REMARKS
1	NOMINAL POWER OUTPUT AT GEN. TERMINALS		P GT nom	145599.514 kw	ضمیمه ۱۷-۴
2	CORRECT. FACTOR FOR p amb.	TEST	F p1	0.908306264	STD\IS3302A.DOC rev 0 - pag 2
3	CORRECT. FACTOR FOR p amb.	GUARANTEE	F p1	0.999964153	STD\IS3302A.DOC rev 0 - pag 2
4	CORRECT. FACTOR FOR p amb.		F p1	0.908338825	2/3
5	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESS. LOSS.	TEST	F p2	0.98661979	STD\IS3302B.DOC rev 0 - pag 1
6	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESS. LOSS.	GUARANTEE	F p2	0.985229697	STD\IS3302B.DOC rev 0 - pag 1
7	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESSURE LOSS		F p2	1.001410933	5/6
8	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS. LOSS.	TEST	F p3	0.995627158	STD\IS3302C.DOC rev 0 - pag 1
9	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS. LOSS.	GUARANTEE	F p3	0.994776452	STD\IS3302C.DOC rev 0 - pag 1
10	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS. LOSS.		F p3	1.000855173	8/9
11	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.	TEST	F p4	0.99589	STD\IS3302D.DOC rev 0 - pag 2,4,6
12	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.	GUARANTEE	F p4	1.000503119	STD\IS3302D.DOC rev 0 - pag 2,4,6
13	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.		F p4	1.00501802	11/12
14	CORRECT. FACTOR FOR LHV REL. HUMIDITY.	TEST	F p5	1.000545454	STD\IS3302E.DOC rev 0 - pag 1
15	CORRECT. FACTOR FOR LHV REL. HUMIDITY.	GUARANTEE	F p5	1.000009687	STD\IS3302E.DOC rev 0 - pag 1
16	CORRECT. FACTOR FOR LHV REL. HUMIDITY.		F p5	1.000535762	14/15
17	GENERATOR DESIGN SPEED		n g, design	3000 rpm	
18	GENERATOR SPEED AT SPEC. REFERENCE CONDITIONS		n g, guarantee	30000 rpm	
19			n g/n g, design	1.00072	
20	CORRECT. FACTOR FOR SPEED.	TEST	F p6	1.000555117	STD\IS3302F.DOC rev 0 - pag 1
21	CORRECT. FACTOR FOR SPEED.	GUARANTEE	F p6	1	STD\IS3302F.DOC rev 0 - pag 1
22	CORRECT. FACTOR FOR SPEED.		F p6	1.000555117	20/21
23	CORRECT. FACTOR FOR TAMB	TEST	F p7	0.984772591	W F.1.9.1 - 960329
24	CORRECT. FACTOR FOR TAMB	GUARANTEE	F p7	1.000002567	W F.1.9.1 - 960329
25	CORRECT. FACTOR FOR TAMB		F p7	0.984770063	23/24
26	CORRECT. FACTOR FOR AGING.		F p10	0.991916812	STD\IS3302I.DOC rev 0 - pag 1
27	POWER FACTOR AT SPEC. REFERENCE CONDITIONS		cosφ, guarantee	0.8	
28	GEN. EFFICIENCY AT TEST POWER OUTPUT.		η GEN	0.9892	(COSφ Measured), see workshop test curves
29	GEN. EFFICIENCY AT GUAR. POWER OUTPUT.		η GEN	0.9858	(COSφ 0.8), see workshop test curves
30	CORRECT. FACTOR FOR POWER FACTOR		F p11	1.003448975	28/29
31	OVERALL POWER CORRECTION FACTOR			0.897812036	4*7*10*13*16*22*25*26*30
32	CORRECTED NOMINAL POWER OUTPUT AT GEN. TERMINALS		PGT nom corr	162171.488 kw	1/31

CONVERSION OF RESULT TO REF CONDITION (CASE - A)

NO	REMARKS	TEST	GT nom	Value
1	NOMINAL EFFICIENCY AT GEN. TERMINALS	TEST	η GT nom	0.34490841
2	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESS. LOSS,	GUARANTEE	F η2	0.995305173
3	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESS. LOSS,	TEST	F η2	0.994822021
4	CORRECT. FACTOR FOR INLET PRESSURE LOSS	GUARANTEE	F η2	1.000485667
5	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS. LOSS,	TEST	F η3	0.995628938
6	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS. LOSS,	GUARANTEE	F η3	0.994776452
7	CORRECT. FACTOR FOR OUTLET PRESS LOSS	TEST	F η3	1.000854952
8	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.	GUARANTEE	F η4	1.001245192
9	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.	TEST	F η4	1
10	CORRECT. FACTOR FOR LHV-FUEL GAS COMP.	GUARANTEE	F η4	1.001245192
11	CORRECT. FACTOR FOR REL. HUMIDITY,	TEST	F η5	0.99974132
12	CORRECT. FACTOR FOR REL. HUMIDITY,	GUARANTEE	F η5	1.000016081
13	CORRECT. FACTOR FOR REL. HUMIDITY	TEST	F η5	0.999725264
14	CORRECT. FACTOR FOR SPEED,	GUARANTEE	F η6	1.000071778
15	CORRECT. FACTOR FOR SPEED,	TEST	F η6	1
16	CORRECT. FACTOR FOR SPEED	GUARANTEE	F η6	1.000071778
17	CORRECT. FACTOR FOR TAMB.,	TEST	F η7	0.995984872
18	CORRECT. FACTOR FOR TAMB.,	GUARANTEE	F η7	1.00001269
19	CORRECT. FACTOR FOR TAMB.	TEST	F η7	0.995972233
20	CORRECT. FACTOR FOR AGING,	GUARANTEE	F η10	0.994141888
21	GEN. EFFICIENCY AT TEST POWER OUTPUT	η GEN	η GEN	0.9892
22	GEN. EFFICIENCY AT GUAR POWER OUTPUT	η GEN	η GEN	0.9858
23	CORRECT. FACTOR FOR POWER FACTOR	F η11	F η11	1.00344
24	OVERALL EFFICIENCY CORRECTION FACTOR	η GT nom corr.	η GT nom corr.	0.995912788
25	CORRECTED NOMINAL EFFICIENCY AT GEN. TERMINALS			0.346323909



اثر محاسبه دقیق امپدانس صفر روی تنظیمات رله دیستانس

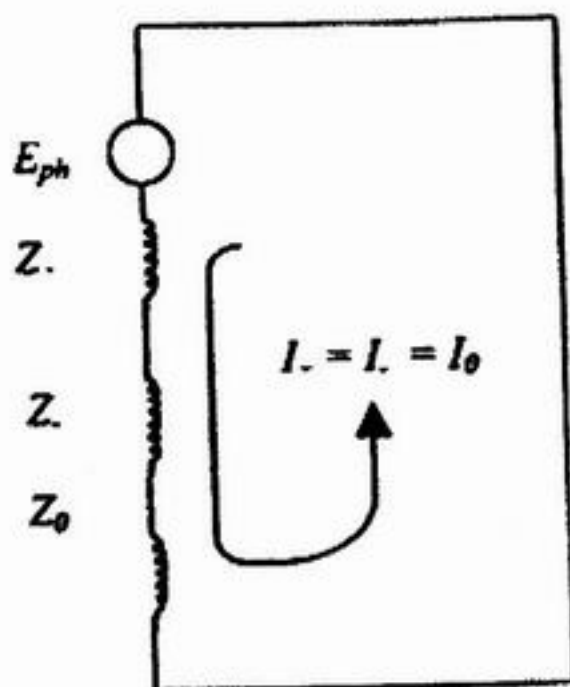
کاظم شباهنگ - مدیر کارگاه پستهای انتقال خوزستان
بابک حریری - سرپرست برق کارگاه پستهای انتقال خوزستان
معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده:

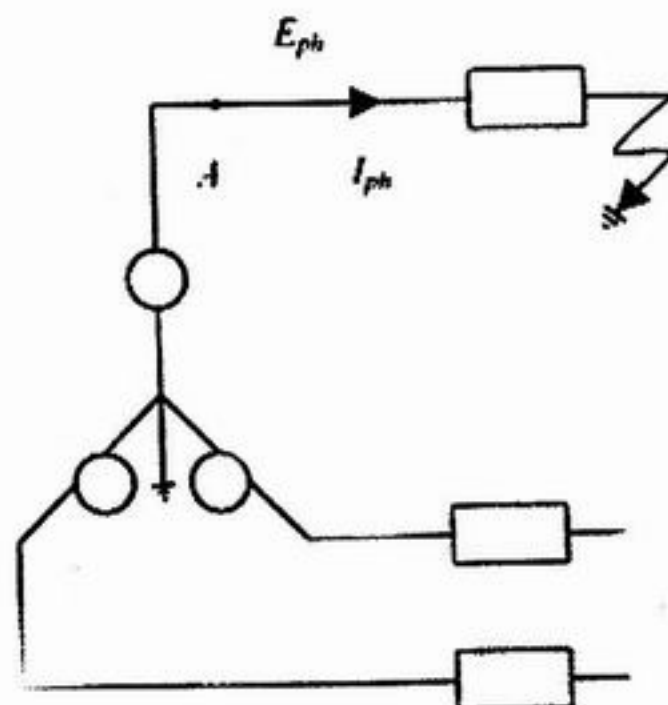
وقتی اتصال کوتاه نامتقارن روی خط انتقال اتفاق می افتد جریان اتصال کوتاه دارای مولفه صفر بوده و این مولفه از طریق سیم های شیلد و یا از طریق زمین بر می گردد. با توجه به اینکه سیم شیلد در تمام برج ها به بدنه وصل شده است مسیر دقیق برگشت جریان صفر کاملاً مشخص نمی باشد و لذا امپدانس صفر بین ۲ تا ۳/۵ برابر امپدانس مثبت می باشد و این ضریب در خطوط دو مداره و در خطوط فاقد سیم شیلد به مقادیر بالاتر میل می کند. محاسبه دقیق امپدانس صفر جهت تنظیم رله دیستانس حائز اهمیت می باشد زیرا خطای محاسباتی ممکن است باعث *overreach* رله شده و این امر در *coordination* رله اختلال ایجاد نماید. در این مقاله به نحوه محاسبه امپدانس صفر اشاره شده و اثر آن روی تنظیمات رله دیستانس بررسی گردیده است.

۱- بررسی خطای فاز به زمین

وقتی خطای فاز به زمین در سیستم اتفاق بیفتد جریان اتصال کوتاه به صورت زیر قابل محاسبه می باشد:



شکل (۲)



شکل (۱)

$$Z_f = \frac{E_{ph}}{I_{ph}} = Z_+ + \frac{1}{3}(Z_0 - Z_+)$$

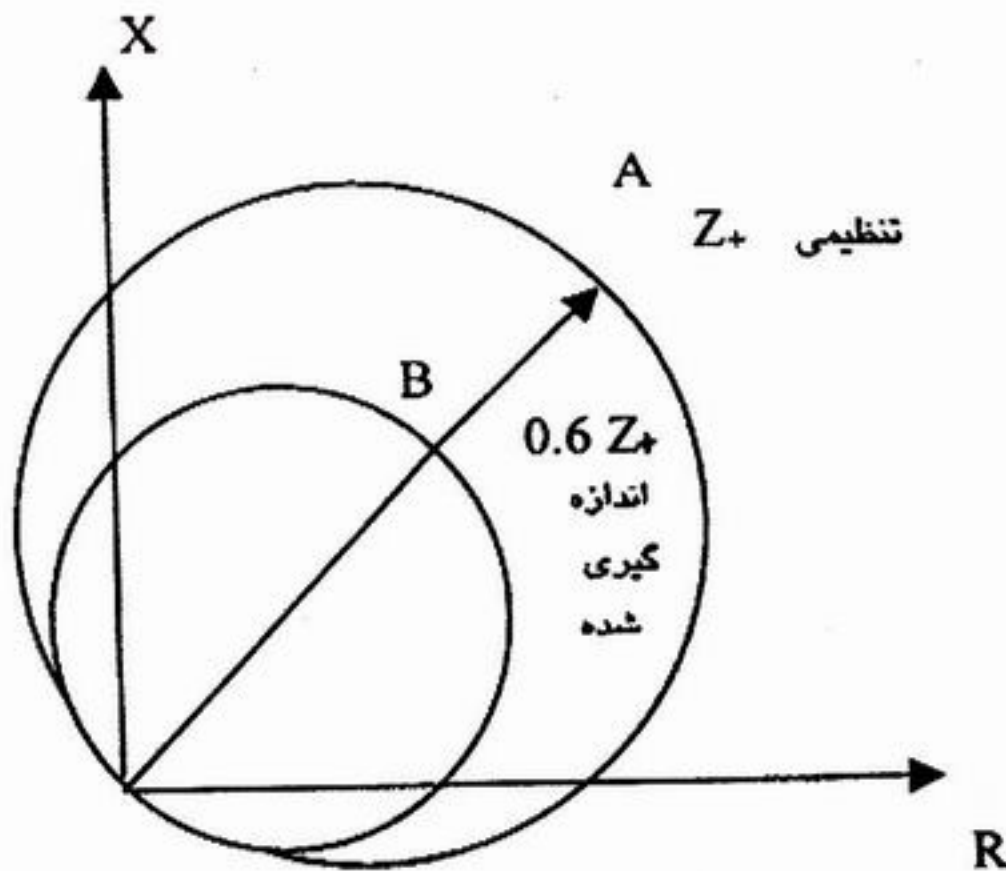
چنانکه ملاحظه می‌شود رله امپدانس بیش از امپدانس Z_+ را اندازه‌گیری می‌کند. اگر $Z_0 \approx 3Z_+$ باشد داریم:

$$Z_f = Z_+ + \frac{2}{3}Z_+ = \frac{5}{3}Z_+$$

پس اندازه‌گیری رله بصورت زیر می‌باشد:

$$X = \frac{Z_+ \times Z_+}{\left(\frac{5}{3}\right)Z_+} = 0.6Z_+$$

لذا چنانکه ملاحظه می‌شود با این وضعیت اگر واحد اندازه‌گیری رله روی Z_+ تنظیم شده باشد محدوده اندازه‌گیری رله به $0.6Z_+$ مطابق شکل زیر کاهش می‌یابد:



شکل (۳)

$$I_+ = I_- = I_0 = \frac{E_{ph}}{Z_+ + Z_- + Z_0}$$

$$I_{ph} = I_+ + I_- + I_0 = \frac{3E_{ph}}{Z_+ + Z_- + Z_0}$$

با توجه به اینکه $Z_+ = Z_-$ می‌باشد لذا:

$$I_{ph} = \frac{3E_{ph}}{2Z_+ + Z_0}$$

با اضافه و کم کردن Z_+ به مخرج کسر داریم:

$$I_{ph} = \frac{3E_{ph}}{3Z_+ + Z_0 - Z_+}$$

$$I_{ph} = \frac{E_{ph}}{Z_+ + \frac{1}{3}(Z_0 - Z_+)}$$

۲- امپدانس اندازه‌گیری شده

رله نصب شده در نقطه A امپدانس را که اندازه‌گیری می‌کند عبارت است از:

۳- راه حل

جهت حل مشکل مذکور K_0 برابر جریان I_n را به جریان فاز اضافه می کنند.

$$K_0 = \frac{1}{3} \left(\frac{Z_0}{Z_+} - 1 \right) \quad I_n = I_{ph}$$

لذا جریانی که در این حالت به رله تزریق می شود عبارت است از:

$$I_{ph} + K_0 I_{ph} = (1 + K_0) I_{ph}$$

لذا مقدار امپدانس اندازه گیری شده در این حالت برابر است با:

$$Z_f = \frac{E_{ph}}{(1 + K_0) I_{ph}}$$

و چون قبلاً داشتیم:

$$\frac{E_{ph}}{I_{ph}} = Z_+ + \frac{1}{3} (Z_0 - Z_+) = Z_+ + \frac{1}{3} \left(\frac{Z_0}{Z_+} - 1 \right) Z_+$$

$$\frac{E_{ph}}{I_{ph}} = Z_+ + K_0 Z_+ = (1 + K_0) Z_+$$

پس Z_f اندازه گیری شده در این حالت برابر خواهد بود با:

$$Z_f = \frac{E_{ph}}{I_{ph}} \times \frac{1}{1 + k_0} = (1 + k_0) Z_+ \times \frac{1}{1 + K_0}$$

$$Z_f = Z_+$$

در واقع با افزایش جریان رله مقدار امپدانس اندازه گیری شده کاهش یافته و نقطه‌ای A که در بیرون محدود واقع شده است به نقطه B که در داخل محدوده می باشد منتقل می شود.

۴- اثر Z_0 روی محدوده اندازه گیری رله

اگر مقدار Z_0 بیش از مقدار واقعی باشد با افزودن $K_0 I_n$ به جریان فاز مقدار جریان فاز بیش از مقدار مورد نیاز افزایش یافته، لذا در این وضعیت نقاطی که در خارج محدوده اندازه گیری مورد نظر هستند به داخل محدوده منتقل شده و رله $overreach$ می شود و جهت خطاهای خارج از محدوده در زون اول عمل می نماید که این امر باعث اختلال در $coordination$ رله می گردد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به اینکه مقدار Z_0 خط در مشخص نمودن مرز اندازه گیری رله موثر بوده و در صورتیکه مقدار آن بیش از مقدار واقعی در نظر گرفته شود باعث $overreach$ و اختلال در $coordination$ رله می شود. لذا لازم است مقدار امپدانس صفر خطوط انتقال با روش های دقیقی محاسبه شده و در تنظیمات رله دیستانس منظور گردد.



ضمیمه شماره یک

محاسبه امپدانس صفر با استفاده از فرمول‌های مندرج در "ABB SWITCHGEAR MANUAL"

۱- تعاریف

ρ = مقاومت مخصوص زمین

R_L = مقاومت هادی

R_S = مقاومت سیم شیلد

$L_b = H/km$ اندوکتانس هر هادی بر حسب

Γ = شعاع هادی

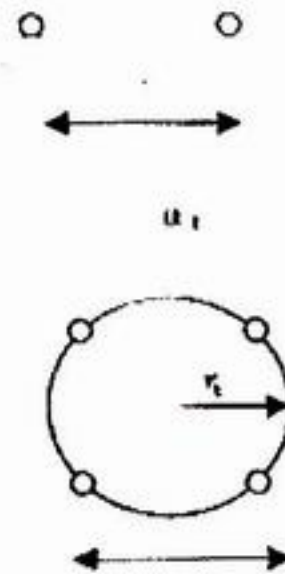
Γ_e = شعاع معادل هادی در صورت بانند بودن

Π = تعداد هادی در بانند

α_r = فاصله بین هادی‌ها در بانند

شعاع دایره‌ای که از وسط هادی‌های بانند

می‌گذرد Γ_1



شکل (۴)

فاصله متوسط هندسی بین هادی‌های سیستم سه‌فاز:

$$d = \sqrt[3]{d_{12} d_{23} d_{13}}$$

Γ_s = شعاع سیم شیلد

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-4} H/km$ پرمابیلیته هوا

μ_s = پرمابیلیته نسبی سیم شیلد

$\mu_L = (\mu_L = 1$ معمولاً) پرمابیلیته نسبی هادی

$\omega = 2\pi f$

$\delta = \text{earth current penetration in m.}$

۲- فرمول امپدانس صفر خطوط انتقال

الف- امپدانس صفر خط تک‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^1 = R_0 + jX_0$$

ب- امپدانس صفر خط تک‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^{1s} = Z_0^1 - 3 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

ج- امپدانس صفر خط دو‌مداره بدون سیم شیلد:

$$Z_0^2 = Z_0^1 + 3Z_{ab}$$

د- امپدانس صفر خط دو‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^{2s} = Z_0^2 - 6 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

۳- محاسبه امپدانس صفر خط تک‌مداره

بدون سیم شیلد

$$Z_0^1 = R_0 + jX_0$$

$$R_0 = R_L + 3 \frac{\mu_0}{8} \omega$$

$$X_0 = \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(3 \ln \frac{\delta}{\sqrt[3]{rd^2}} + \frac{\mu_L}{4n} \right)$$



ضمیمه شماره یک

محاسبه امپدانس صفر با استفاده از فرمول‌های مندرج در "ABB SWITCHGEAR MANUAL"

۱- تعاریف

ρ = مقاومت مخصوص زمین

R_L = مقاومت هادی

R_S = مقاومت سیم شیلد

$L_b = H/km$ اندوکتانس هر هادی بر حسب

Γ = شعاع هادی

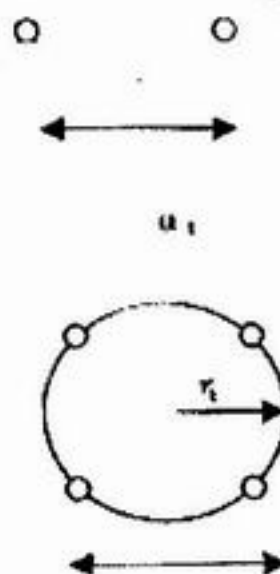
Γ_e = شعاع معادل هادی در صورت بانند بودن

n = تعداد هادی در بانند

α_r = فاصله بین هادی‌ها در بانند

شعاع دایره‌ای که از وسط هادی‌های بانند

می‌گذرد Γ_1



شکل (۴)

فاصله متوسط هندسی بین هادی‌های سیستم سه‌فاز:

$$d = \sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{13}}$$

Γ_s = شعاع سیم شیلد

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-4} H/km$ پرمابیلیته هوا

μ_s = پرمابیلیته نسبی سیم شیلد

$\mu_L = (\mu_L = 1$ معمولاً) پرمابیلیته نسبی هادی

$\omega = 2\pi f$

$\delta = \text{earth current penetration in m.}$

۲- فرمول امپدانس صفر خطوط انتقال

الف- امپدانس صفر خط تک‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^1 = R_0 + jX_0$$

ب- امپدانس صفر خط تک‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^{1s} = Z_0^1 - 3 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

ج- امپدانس صفر خط دو‌مداره بدون سیم شیلد:

$$Z_0^2 = Z_0^1 + 3Z_{ab}$$

د- امپدانس صفر خط دو‌مداره با سیم شیلد:

$$Z_0^{2s} = Z_0^2 - 6 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

۳- محاسبه امپدانس صفر خط تک‌مداره

بدون سیم شیلد

$$Z_0^1 = R_0 + jX_0$$

$$R_0 = R_L + 3 \frac{\mu_0}{8} \omega$$

$$X_0 = \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(3 \ln \frac{\delta}{\sqrt[3]{rd^2}} + \frac{\mu_L}{4n} \right)$$



که در آن:

$$Z_0^{1S} = Z_0^1 - 3 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

امپدانس خط دو مداره با سیم شیلد

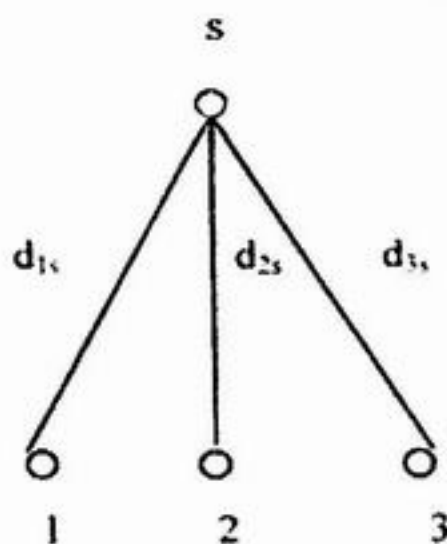
$$Z_0^{2S} = Z_0^2 - 6 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

که در آن Z_{as} امپدانس حلقه‌های (Earth Wire / conductor / Earth) می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z_{as} = \frac{\mu_0}{8} \omega + j \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\delta}{d_{as}}$$

در صورتیکه یک سیم زمین داشته باشیم:

$$d_{as} = \sqrt[3]{d_{1s} d_{2s} d_{3s}}$$



شکل (۵)

و در صورتیکه دو سیم شیلد داشته باشیم:

$$d_{as} = \sqrt[6]{d_{1s1} d_{2s1} d_{3s1} d_{1s2} d_{2s2} d_{3s2}}$$

و Z_s امپدانس حلقه (Earth Wire / Earth) می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z_s = R + \frac{\mu_0}{8} \omega + j \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{\delta}{r} + \frac{\mu_s}{4n} \right)$$

$$d = \sqrt[3]{d_{12} d_{23} d_{31}}$$

$$\delta = \frac{1.85}{\sqrt{\mu_0 \frac{1}{\rho} \omega}}$$

۴- محاسبه امپدانس صفر خط دو مداره بدون سیم شیلد

$$Z_0^2 = Z_0^1 + 3Z_{ab}$$

اگر امپدانس صفر خط دو مداره بودن سیم شیلد را با امپدانس صفر خط تک مداره بدون سیم شیلد مقایسه کنیم می‌بینیم که ترم $3Z_{ab}$ که در آن ظاهر شده است که ترم Z_{ab} امپدانس حلقه‌های (a/earth) و (b/earth) می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (a و b دو مدار روی یک تاور می‌باشند).

$$Z_{ab} = \frac{\mu_0}{8} \omega + j \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\delta}{d_{ab}}$$

که در آن:

$$d_{ab} = \sqrt{d' d''}$$

$$d' = \sqrt[3]{d_{12} d_{23} d_{31}}$$

$$d'' = \sqrt[3]{d_{11} d_{22} d_{33}}$$

۵- محاسبه امپدانس صفر خط تک مداره با سیم شیلد

امپدانس خط تک مداره با سیم شیلد

نشریه علمی تخصصی گسیل نیرو - شماره ۱۳۸۷ - شماره ۱۳۸۷



که جهت یک سیم شیلد داریم:

$$n = 1 \quad \text{و} \quad r = r_s \quad \text{و} \quad R = R_s$$

در صورتیکه دو سیم شیلد داشته باشیم داریم:
 $n = 2$

$$r = \sqrt{r_s d_{s_1 s_2}}$$

$$R = \frac{R_s}{2}$$

۶- مقدار نسبت R_s / R_{DC}

$$\frac{R_s}{R_{DC}} = \frac{\text{effective resistance}}{\text{DC resistance}}$$

برای سیم‌های مختلف بشرح زیر می‌باشد:
برای سیم‌های شیلد فولادی

$$\frac{R_s}{R_{DC}} = 1.4 \approx 1.6$$

برای سیم‌های شیلد با هدایت خوب از AL/st یا برنز یا مس

$$\frac{R_s}{R_{DC}} = 1.05 \approx 1.0$$

۷- مقدار μ_s

برای سیم‌های شیلد فولادی:

$$\mu_s = 25$$

برای سیم‌های شیلد AL/st با یک لایه آلومینیم:

$$\mu_s = 5 \approx 10$$

برای سیم‌های شیلد AL/st با نسبت سطح مقطع: 6:1 و بالاتر با دو لایه آلومینیم و همچنین شیلدهای برنزی یا مسی:

$$\mu_s = 1$$

۸- محاسبه مقدار r_e

$$r_e = \sqrt[n]{n r_i r_i^{n-1}}$$

که در آن:

$$r_i = \frac{a_i}{2 \sin \frac{\pi}{n}}$$

۹- محاسبه راکتانس (X_L)

برای خط تک‌مداره:

$$X_L = \omega L_b = \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{d}{r_e} + \frac{1}{4n} \right) \Omega / km$$

برای خط دو مداره:

$$X_L = \omega L_b = \omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{d d'}{r_e d''} + \frac{1}{4n} \right) \Omega / km$$

که در آن:

$$d = \sqrt[3]{d_{12} d_{23} d_{31}}$$

$$d' = \sqrt[3]{d_{12'} d_{23'} d_{31'}}$$

$$d'' = \sqrt[3]{d_{11''} d_{22''} d_{33''}}$$

ضمیمه شماره دو

محاسبه امپدانس مثبت و صفر با استفاده از جداول کتاب T&D و فرمول‌های مربوطه

ρ OHM/MILE	Re OHM/MILE	(50 HZ) X_e OHM/MILE
1	0.2383	1.736
5	0.2383	1.980
10	0.2383	2.085
50	0.2383	2.329
100	0.2383	2.434
500	0.2383	2.679
1000	0.2383	2.784
5000	0.2383	3.028
10000	0.2383	3.133

توضیح:

الف- وقتی مقاومت زمین در دست نباشد از $\rho = 100 \Omega m$ استفاده بعمل می‌آید.

ب- مقادیر Γ_e و X_e با استفاده از روابط زیر محاسبه شده‌اند:

$$r_e = 0.004764 f$$

$$x_e = 0.006985 f \log_{10} 4'665'600 \frac{\rho}{f}$$

۳- محاسبه امپدانس مثبت با استفاده از

فرمول:

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{D_{eq}}{D_s^b} \quad \Omega / km$$

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{1}{D_s^b} + 2 \times 10^{-4} \omega \ln D_{eq}$$

$$X = X_a + X_d$$

اندوکتانس خط با فواصل هادی به اندازه یک فوت:

$$X_a = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{1}{D_s^b}$$

۱- مقادیر امپدانس مثبت و منفی با استفاده از جدول بصورت زیر حاصل می‌شود:

$$Z_1 = Z_2 = r_a + j(X_a + X_d)$$

که مقادیر X_a و Γ_a با توجه به نوع هادی از جدول A_1 و مقدار X_d (فاکتور فاصله) از جدول A_2 حاصل می‌شود.

مقاومت AC در $50^\circ C$

$\Gamma_a =$ راکتانس با فاصله هادی‌ها از همدیگر به اندازه یک فوت

$X_d =$ فاکتور فاصله با توجه به فاصله هادی‌ها از همدیگر بیش از یک فوت
مقدار X_d در فرکانس 50^{Hz} از رابطه زیر نیز قابل محاسبه می‌باشد:

(d = فاصله هادی‌ها از همدیگر بر حسب فوت)

$$X_d = 0.2328 \log_{10} d$$

$$d = D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{13}}$$

۲- مقدار امپدانس صفر از رابطه زیر حاصل

می‌شود:

$$Z_0^1 = r_a + r_e + j(x_a + x_e - 2x_d)$$

مقادیر Γ_e و X_e از جدول زیر قابل محاسبه می‌باشند:



نشریه علمی تخصصی گداس نیرو - شماره ۷۹ بهار ۱۳۸۷

$$D_s = \text{GMR}$$

و مقاومت اهمی هادی باندل فوق برابر است با:

$$R_a^b = \frac{R_a}{2}$$

و امپدانس مثبت برابر خواهد بود با:

$$Z_1 = Z_2 = R_a^b + j(X_a + X_d)$$

فاکتور فاصله:

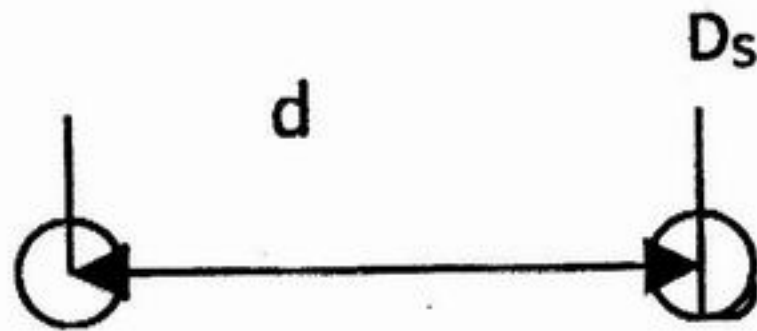
$$X_d = 2 \times 10^{-4} \omega \ln D_{eq}$$

که در آن:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{d_{12} d_{23} d_{31}}$$

و در صورت باندل بودن هادی‌ها داریم:

$$D_s^b = \sqrt{d \times D_s}$$



شکل (۶)



Table A.1 Electrical characteristics of bar aluminum conductors steel-reinforced (ACSR)*

Code word	Aluminum Area, cmil	Stranding Al/St	Layers of aluminum	Outside Diameter, in	Resistance			GMR Ds, ft	Reactance per conductor 1-ft spacing, 60 Hz	
					Dc, 200C, $\Omega/1,000\text{ft}$	Ac, 60 Hz			Inductive $X_L, \Omega/mi$	Capacitive $X_C, M\Omega/mi$
						20°C Ω/mi	50°C, Ω/mi			
Waxwing	266,800	18/1	2	0.609	0.0646	0.3488	0.3831	0.476	0.1090	
Partridge	266,800	26/7	2	0.642	0.0640	0.3452	0.3792	0.465	0.1074	
Ostrich	300,000	26/7	2	0.680	0.0569	0.3070	0.3372	0.458	0.1057	
Merlin	336,400	18/1	2	0.684	0.0512	0.2767	0.3037	0.462	0.1055	
Linnet	336,400	26/7	2	0.721	0.0507	0.2737	0.3006	0.451	0.1040	
Oriole	336,400	30/7	2	0.741	0.0504	0.2719	0.2987	0.445	0.1032	
Chicksdee	397,500	18/1	2	0.743	0.0433	0.2342	0.2572	0.452	0.1031	
Ibis	397,500	26/7	2	0.783	0.0430	0.2323	0.2551	0.441	0.1015	
Pelican	477,000	18/1	2	0.814	0.0361	0.1957	0.2148	0.441	0.1004	
Flicker	477,000	24/7	2	0.846	0.0359	0.1943	0.2134	0.432	0.0992	
Hawk	477,000	26/7	2	0.858	0.0357	0.1931	0.2120	0.430	0.0988	
Hen	477,000	30/7	2	0.883	0.0355	0.1919	0.2107	0.424	0.0980	
Osprey	556,500	18/1	2	0.879	0.0309	0.1679	0.1843	0.432	0.0981	
Parskeet	556,500	24/7	2	0.914	0.0308	0.1669	0.1832	0.423	0.0969	
Dove	556,500	26/7	2	0.927	0.0307	0.1663	0.1826	0.420	0.0965	
Rook	636,000	24/7	2	0.977	0.0269	0.1461	0.1603	0.415	0.0950	
Groebek	636,000	26/7	2	0.990	0.0268	0.1454	0.1596	0.412	0.0946	
Drake	795,000	26/7	2	1.108	0.0215	0.1172	0.1284	0.399	0.0912	
Tem	795,000	45/7	3	1.063	0.0217	0.1188	0.1302	0.406	0.0925	
Rail	954,000	45/7	3	1.165	0.0181	0.0997	0.1092	0.395	0.0897	
Cardinal	954,000	54/7	3	1.196	0.0180	0.0988	0.1082	0.390	0.0890	
Ortolan	1,033,500	45/7	3	1.213	0.0167	0.0924	0.1011	0.390	0.0885	
Bluejay	1,113,000	45/7	3	1.259	0.0155	0.0861	0.0941	0.386	0.0874	
Finch	1,113,000	54/19	3	1.293	0.0155	0.0856	0.0937	0.380	0.0866	
Bittern	1,272,000	45/7	3	1.345	0.136	0.0762	0.0832	0.378	0.0855	
Pheasant	1,272,000	54/19	3	1.382	0.0135	0.0751	0.0821	0.372	0.0847	
Bobolink	1,431,000	45/7	3	1.427	0.0121	0.0684	0.0746	0.371	0.0837	
Plover	1,431,000	54/19	3	1.465	0.0120	0.0673	0.0735	0.365	0.0829	
Lapwing	1,590,000	45/7	3	1.502	0.0109	0.0623	0.0678	0.364	0.0822	
Faloon	1,590,000	54/19	3	1.545	0.0108	0.0612	0.0667	0.358	0.0814	
Bluebird	2,156,000	84/19	4	1.762	0.0080	0.0476	0.0515	0.344	0.0776	

TABLE 6—INDUCTIVE REACTANCE SPACING FACTOR (x_d) OHMS PER CONDUCTOR PER MILE

25 CYCLES												
SEPARATION												
INCHES												
Feet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	0.1254	0.0906	0.0701	0.0553	0.0463	0.0350	0.0273	0.0206	0.0145	0.0092	0.0744
1	0	0.0040	0.0078	0.0113	0.0145	0.0178	0.0205	0.0232	0.0258	0.0283	0.0308	0.0329
2	0.0350	0.0371	0.0391	0.0410	0.0428	0.0446	0.0463	0.0480	0.0498	0.0511	0.0527	0.0541
3	0.0555	0.0569	0.0583	0.0598	0.0609	0.0621	0.0633	0.0645	0.0657	0.0668	0.0679	0.0691
4	0.0701	0.0711	0.0722	0.0732	0.0741	0.0751	0.0760	0.0770	0.0779	0.0788	0.0797	0.0805
5	0.0816	0.0822	0.0830	0.0838	0.0846	0.0854	0.0862	0.0869	0.0877	0.0884	0.0892	0.0900
6	0.0906	0.0913	0.0920	0.0927	0.0933	0.0940	0.0948	0.0955	0.0963	0.0969	0.0977	0.0983
7	0.0984	0.0990	0.0996	0.1002	0.1007	0.1013	0.1019	0.1026	0.1032	0.1038	0.1044	0.1050
8	0.1061											
9	0.1111											
10	0.1164											
11	0.1212											
12	0.1254											
13	0.1297											
14	0.1334											
15	0.1369											
16	0.1402											
17	0.1432											
18	0.1461											
19	0.1489											
20	0.1515											
21	0.1539											
22	0.1563											
23	0.1585											
24	0.1607											
25	0.1627											
26	0.1647											
27	0.1666											
28	0.1685											
29	0.1702											
30	0.1720											
31	0.1738											
32	0.1752											
33	0.1768											
34	0.1783											
35	0.1798											
36	0.1812											
37	0.1826											
38	0.1839											
39	0.1852											
40	0.1865											
41	0.1878											
42	0.1890											
43	0.1902											
44	0.1915											
45	0.1925											
46	0.1935											
47	0.1947											
48	0.1957											
49	0.1968											

50 CYCLES												
SEPARATION												
INCHES												
Feet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	0.2313	0.1812	0.1402	0.1111	0.0885	0.0701	0.0545	0.0410	0.0291	0.0184	0.0098
1	0	0.0081	0.0156	0.0228	0.0291	0.0352	0.0410	0.0465	0.0517	0.0568	0.0613	0.0658
2	0.0701	0.0742	0.0782	0.0820	0.0857	0.0892	0.0927	0.0960	0.0992	0.1023	0.1053	0.1082
3	0.1111	0.1139	0.1166	0.1192	0.1217	0.1242	0.1267	0.1291	0.1314	0.1337	0.1359	0.1380
4	0.1402	0.1423	0.1443	0.1463	0.1483	0.1502	0.1521	0.1539	0.1558	0.1576	0.1593	0.1610
5	0.1627	0.1644	0.1661	0.1677	0.1693	0.1708	0.1724	0.1739	0.1754	0.1769	0.1783	0.1798
6	0.1812	0.1826	0.1839	0.1853	0.1866	0.1880	0.1893	0.1906	0.1918	0.1931	0.1943	0.1956
7	0.1968	0.1980	0.1991	0.2003	0.2015	0.2026	0.2037	0.2049	0.2060	0.2071	0.2081	0.2092
8	0.2103											
9	0.2222											
10	0.2328											
11	0.2425											
12	0.2513											
13	0.2594											
14	0.2669											
15	0.2738											
16	0.2804											
17	0.2865											
18	0.2923											
19	0.2977											
20	0.3029											
21	0.3079											
22	0.3129											
23	0.3176											
24	0.3216											
25	0.3255											
26	0.3294											
27	0.3333											
28	0.3369											
29	0.3405											
30	0.3439											
31	0.3472											
32	0.3504											
33	0.3536											
34	0.3568											
35	0.3595											
36	0.3624											
37	0.3651											
38	0.3678											
39	0.3704											
40	0.3730											
41	0.3755											
42	0.3779											
43	0.3802											
44	0.3826											
45	0.3849											
46	0.3871											
47	0.3893											
48	0.3914											
49	0.3935											

60 CYCLES												
SEPARATION												
INCHES												
Feet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	0.3915	0.2174	0.1687	0.1333	0.1062	0.0841	0.0654	0.0492	0.0349	0.0221	0.0104
1	0	0.0097	0.0187	0.0271	0.0349	0.0423	0.0492	0.0558	0.0620	0.0679	0.0735	0.0789
2	0.0841	0.0891	0.0930	0.0968	0.1006	0.1043	0.1079	0.1112	0.1152	0.1190	0.1227	0.1264
3	0.1111	0.1139	0.1166	0.1192	0.1217	0.1242	0.1267	0.1291	0.1314	0.1337	0.1359	0.1380
4	0.1402	0.1423	0.1443	0.1463	0.1483	0.1502	0.1521	0.1539	0.1558	0.1576	0.1593	0.1610
5	0.1627	0.1644	0.1661	0.1677	0.1693	0.1708	0.1724	0.1739	0.1754	0.1769	0.1783	0.1798
6	0.1812	0.1826	0.1839	0.1853	0.1866	0.1880	0.1893	0.1906	0.1918	0.1931	0.1943	0.1956
7	0.1968	0.1980	0.1991	0.2003	0.2015	0.2026	0.2037	0.2049	0.2060	0.2071	0.2081	0.2092
8	0.2103											
9	0.2222											
10	0.2328											
11	0.2425											
12	0.2513											
13	0.2594											
14	0.2669											
15	0.2738											
16	0.2804											
17	0.2865											
18	0.2923											
19	0.2977											
20	0.3029											
21	0.3079											
22	0.3129											
23	0.3176											
24	0.3216											
25	0.3255											
26	0.3294											
27	0.3333											
28	0.3369											
29	0.3405											
30	0.3439											
31	0.3472											
32	0.3504											
33	0.3536											
34	0.3568											
35	0.3595											
36	0.3624											
37	0.3651											
38	0.3678											
39	0.3704											
40	0.3730											
41	0.3755											
42	0.3779											
43	0.3802											
44	0.3826											
45	0.3849											
46	0.3871											

ضمیمه شماره سه

مثال نمونه "محاسبه امپدانس صفریک خط ۲۲۰ کیلوولت که فقط یک مدار آن سیم کشی شده است"

$$X_d = 2 \times 10^{-4} \omega \ln D_{eq}$$

شکل مدار بصورت زیر می باشد:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{6.3 \times 6.3 \times 12.6} = 7.938m$$

$$D_{eq} = 7.93 / 0.3048 = 26 \text{ feet}$$

از روی جدول داریم:

$$X_d = 0.3294 \Omega / \text{mile}$$

$$X_d = 0.3294 / 1.609 = 0.2047 \Omega / \text{km}$$

$$X_d = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{1}{D_s^b}$$

$$D_s^b = \sqrt{d \times D_s}$$

$$X_a = (2\pi f) (2 \times 10^{-4}) \ln \frac{1}{\sqrt{d} \times D_s}$$

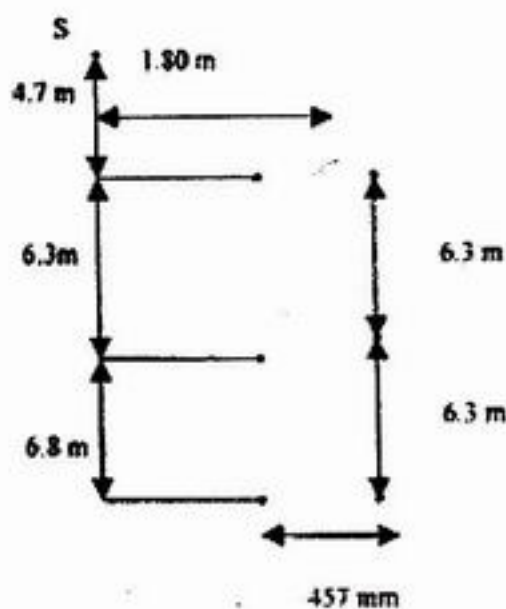
$$X_a = (2\pi f) (2 \times 10^{-4}) \ln \frac{1}{\sqrt{d}} +$$

$$2\pi f \times 10^{-4} \ln \frac{1}{D_s}$$

$$X_a = (2\pi f) (2 \times 10^{-4}) \ln \frac{1}{\sqrt{0.475 / 0.3048}} + \frac{0.328}{2}$$

تبدیل به فوت

از روی جدول جهت هادی canary داریم:



شکل (۷)

نوع هادی: canary (bundle)

نوع شیلد: canary core باروکش آلومینیم

$$L = 20.3 \text{ km}$$

$$Z_0^1 = r_a + r_e + j(X_a + X_e - 2X_d)$$

$$X = X_a + X_d$$

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{D_{eq}}{D_s^b} \Omega / \text{km}$$

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{1}{D_s^b} + 2 \times 10^{-4} \omega \ln D_{eq}$$

اندوکتانس خط با فواصل هادی باندازه یک فوت:

$$X_a = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{1}{D_s^b}$$

فاکتور فاصله:



ملحوظ گردیده و نیاز به تقسیم X به دو بعثت بانند بودن آن وجود ندارد.

$$X_L = L \times X = 20.3 \times 0.298 = 6.05 \Omega$$

Ω / mile برای هادی کناری از روی جدول در 55°

$$R_a^b = \frac{R_a}{2} = \frac{0.1175}{2 \times 1.609} = 0.0365 \Omega / \text{km}$$

$$R_L = L \times R_a^b = 20.3 \times 0.0365 = 0.741 \Omega$$

$$Z_L = 0.741 + j6.04 \Rightarrow |Z_b| \cong 6.1 \Omega$$

محاسبه امپدانس صفر:

$$Z_0^{1S} = Z_0^1 - \frac{3Z_{as}^2}{Z_s}$$

$$Z_0^1 = R_0 + jx_0$$

$$Z_0^1 = r_a + r_e + j(x_a + x_e - 2x_d)$$

Ω / mile برای هادی کناری از جدول:

$$r_a^b = \frac{0.1175}{2 \times 1.609} = 0.0365 \Omega / \text{km}$$

بانند

T&D از جدول Ω / mile

$$r_e = \frac{0.2383}{1.609} = 0.148 \Omega / \text{km}$$

$$R_0 = r_a + r_e = 0.0365 + 0.148 = 0.1845 \Omega / \text{km}$$

$$2\pi F \times 10^{-4} \ln \frac{1}{D_s} \Rightarrow \frac{0.328}{2}$$

$$X_a = -0.0127 + \frac{0.328}{2} \Omega / \text{mile}$$

$$X_a = 0.1513 \Omega / \text{mile}$$

$$X_a = 0.094 \Omega / \text{km}$$

$$X = X_a + X_d =$$

$$0.094 + 0.2047 = 0.298 \Omega / \text{km}$$

کنترل:

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{D_{eq}}{D_s^b}$$

$$D_s^b = \sqrt{0.457 \times 0.3048 \times D_s} \quad m$$

با توجه به اینکه مقطع هادی canary برابر 900^{MCM} می باشد و در جدول D_s آن وجود ندارد از D_s سیم 945^{MCM} بصورت تقریبی استفاده بعمل می آوریم:

$$D_s \approx 0.0386 \text{ feet}$$

$$D_s^b = \sqrt{0.457 \times 0.3048 \times 0.0386} = 0.0937$$

$$X = 2 \times 10^{-4} \omega \ln \frac{7.938}{0.0733} = 0.294 \Omega / \text{km}$$

$$0.294 \Omega / \text{km} \cong 0.298$$

توجه: نظر به اینکه D_s بصورت $\sqrt{D_s}$ در فرمول فوق ظاهر شده است لذا اثر بانند بودن



$$d_{2s} = \sqrt{11^2 + 1.8^2} = 11.146m$$

$$d_{3s} = \sqrt{17.8^2 + 1.8^2} = 17.393m$$

$$d_{as} = \sqrt[3]{d_{1s}d_{2s}d_{3s}} = 9.918m$$

$$Z_{as} = \frac{4\pi \times 10^{-4}}{8} \times 2\pi \times 50 + j2\pi \times 50$$

$$\times \frac{4\pi \times 10^{-4}}{2\pi} \ln\left(\frac{930}{9.918}\right)$$

$$Z_{as} = 0.0493 + j0.2853\Omega/km =$$

$$0.2895 \angle 80^\circ \cdot 20^{-\Omega/km}$$

محاسبه Z_S

با توجه به اینکه یک سیم شیلد داریم لذا:

$$Z_S = R_S + \frac{\mu_0}{8} \omega + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{\delta}{r_s} + \frac{\mu_s}{4} \right)$$

با توجه به اینکه روکش سیم شیلد آلومینیوم می‌باشد لذا اگر هدایت سیم شیلد را خوب فرض کنیم داریم:

$$R_S = R_{dc}$$

$$R_{dc} = \frac{\rho}{A_{red}}$$

برای فولاد با روکش آلومینیوم:

$$\rho = 8.56 \times 10^{-6} \Omega - cm$$

$$x_0 = x_a + x_e - 2x_d$$

قبلاً محاسبه شده:

$$x_a = 0.094\Omega/km$$

قبلاً محاسبه شده:

$$x_d = 0.2047\Omega/km$$

و جهت محاسبه x_e از جدول T&D داریم:

$$\rho = 100\Omega - m \Rightarrow x_e = 2.434\Omega/mile$$

$$x_e = \frac{2.434}{1.609} = 1.5124\Omega/km$$

$$x_0 = x_a + x_e - 2x_d$$

$$x_0 = 0.094 + 1.5124 - 2 \times 0.2047 = 1.197\Omega/km$$

$$Z_0^1 = 0.1845 + j1.197\Omega/km$$

محاسبه Z_{2s}

$$Z_{as} = \frac{\mu_0}{8} \omega + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\delta}{d_{as}}$$

$$\delta = \frac{1.85}{\sqrt{\mu_0 \frac{1}{\rho} \omega}} \text{ for } \rho = 100\Omega - m$$

$$\Rightarrow \delta = 930m$$

از روی جلد مندرج در کتاب ABB

$$d_{1s} = \sqrt{4.7^2 + 1.8^2} = 5.033m$$



$$Z_0^{1S} = 0.2575 + j1.0845$$

$$|Z_0^{1S}| = 1.1145 \Omega / km$$

$$Z_{01}^{1S} = L * Z_0^{1S} = 20.3 * 1.1145 = 22.624 \Omega$$

محاسبه نسبت Z_0 / Z_+

$$\frac{Z_0}{Z_+} = \frac{22.624}{6.1} = 3.7$$

۶- مراجع

- 1- Power System Analysis.
- 2- ABB Switchgear Manual.

آقای کاظم شباهنگ دارای لیسانس مهندسی برق (گرایش قدرت) از دانشگاه تبریز و فوق لیسانس از دانشگاه شیراز بوده و ۲۳ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کار دارند. زمینه فعالیت آقای شباهنگ خطوط و پستهای فشار قوی و علاقمندی ایشان در مورد ترانسهای جریان می باشد.

آقای بابک حریری در سال ۱۳۶۹ با درجه لیسانس مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران فارغ التحصیل شده است. نامبرده جمعاً دارای ۱۲ سال سابقه کار بوده که ۶ سال آن در مهندسین مشاور قدس نیرو می باشد و در حال حاضر بعنوان سرپرست بخش برق کارگاه خوزستان انجام وظیفه می نماید. زمینه علاقمندی ایشان سیستم های کنترل و حفاظت پستهای فشار قوی بوده و در تست و راه اندازی پستها و انجام محاسبات و تنظیمات رله ها دارای تجربه می باشد.

FAX: ۰۶۱۱-۳۳۳۵۲۳۵

سطح مقطع مغزی هادی کناری که از جدول استخراج شده است عبارت است از:

$$A_m = 59.10 \times 10^{-6} (m^2)$$

$$R_{dc} = \frac{8.56 \times 10^{-8}}{59.10 \times 10^{-6}} = 0.1448 \times 10^{-2} \Omega / m$$

$$R_{dc} = 1.448 \Omega / km$$

برای سیم فولادی داریم:

$$\mu_s \approx 25$$

$$r_s = \sqrt{\frac{59.1}{3.14}} \approx 4.34 \text{ mm}$$

$$Z_s = 1.448 + \frac{4\pi \times 10^{-4}}{8} \times 2\pi \times 50 + j2\pi \times$$

$$50 \times \frac{4\pi \times 10^{-4}}{2\pi} \left(\ln \frac{930}{4.3 \times 10^{-3}} + \frac{25}{4} \right)$$

$$Z_s = 1.448 + 0.0493 + j1.163 \approx 1.5 + j1.163$$

محاسبه Z_0^{1S}

$$Z_0^{1S} = Z_0^1 - 3 \frac{Z_{as}^2}{Z_s}$$

$$Z_0^{1S} = 0.1845 + j1.197 - 3$$

$$\frac{(0.0493 + j0.2853)^2}{1.5 + j1.163}$$



مؤثر کردن نقش مهندسین مشاور در بهره‌برداری صحیح از صنعت برق

- ۴- افزایش قابلیت اطمینان
- ۵- افزایش قابلیت دسترسی
- ۶- افزایش قابلیت نگهداری
- ۷- افزایش عمر واحدهای تولیدی
- ۸- Repowering
- ۹- Rehabilitation
- ۱۰- محیط زیست

خدمات مهندسی بهره‌برداری نیاز به بستر سازمانی و برنامه‌ریزی مناسب دارد و یکی از اهدافی که ضرورت ایجاد این بخش را ایجاب می‌نماید، متمرکز کردن تصمیم‌گیری‌ها در ساختار صنعت برق از لحاظ فنی به چهار بخش عمده آن یعنی بخش بهره‌برداری، بخش تعمیرات، بخش مهندسی و نهایتاً بخش مالی - اداری می‌باشد.

با توجه به خطمشی صنعت برق ضرورت پرداختن هر چه بیشتر به این خدمات مشخص شده و امید آن می‌رود که در سالهای آتی خدمات مهندسی بهره‌برداری به شکل منسجم‌تر و منظم‌تری درخواست گردیده و ارائه شود.

در ساختار صنعت برق مهندسین مشاور بعنوان طراح، ناظر و اصلاح‌کننده سیستم مطرح می‌باشند ولی در مورد فرم گرفتن تغییرات این صنعت نیز وجود و حضور آنان بسیار ضروری بنظر می‌رسد.

در صنعت برق انجام کار در زمینه تولید، پستهای انتقال و شبکه انتقال و توزیع در دو بخش عمده نوسازی و بهره‌برداری می‌باشد که معمولاً مشاورین در بخش نوسازی فعالیت داشته و در زمینه پستهای انتقال و شبکه‌های انتقال و توزیع در بخش تولید نیز در سیستمهای جانبی در رابطه با ارائه خدمات مهندسی اعم از طراحی مقدماتی تا نظارت کامل را انجام داده‌اند.

تا چند سال اخیر که مهندسین مشاور جهت شرکت در فعالیتهای بهره‌برداری تلاشهایی نموده‌اند جایگاه تعریف شده‌ای برای آنان در این زمینه وجود نداشت.

واقعیت این است که در زمان بهره‌برداری، حضور مشاوران صنعت برق ضرورت دارد. مسلماً این حضور در بخش تولید (و بخصوص در واحدهای بخار) که به لحاظ تنوع و کثرت تجهیزات و تکنولوژی، پیچیده‌تر از واحدهای انتقال و توزیع است ضروری‌تر می‌باشد.

در مورد بهره‌برداری عمده خدمات مهندسی که مشاور می‌تواند ارائه دهد بشرح ذیل می‌باشد:

- ۱- بهینه سازی و افزایش تولید و راندمان
- ۲- افزایش ضریب ایمنی کارکرد
- ۳- کاهش هزینه‌های تولید



اخبار آموزش

مقدمه

بخش صنعت و اساتید دانشگاهها به بحث در زمینه فن آوری جدید FACTS پرداختند و بر استفاده از آن در صنعت برق کشور تأکید نمودند.

- شروع برگزاری دو دوره آموزشی در زمینه (Programmable Logic Control) PLC در داخل شرکت برای متخصصین و کارشناسان علاقه‌مند به فن آوری PLC.

آموزشها، سیمینارها و کنفرانس‌های خارج از شرکت

نام‌نویسی و اعزام بیش از هفتاد نفر از همکاران به دوره‌های آموزشی، سیمینارها و کنفرانس‌هایی که در خارج از شرکت برگزار گردیده است به شرح زیر:

- سیمینار حفاظت پیشرفته و اتوماسیون
- همایش صدور خدمات مهندسی
- سیمینار اطلاع‌رسانی
- کارگاه تخصصی فن آوری آب و فاضلاب
- دوره آموزشی CCNA
- دوره آموزشی تزریق در سد
- کنفرانس بین‌المللی برق
- دوره آموزش تهیه و تنظیم قراردادهای بین‌المللی
- کنفرانس هیدرولیک
- کارگاه‌های صرفه‌جویی انرژی، حفاظت محیط زیست
- دوره آموزشی ایزو ۱۰۰۱۵
- همایش فراگیر مدیریت مشتری
- همایش تجهیزات و سیستم‌های نیروگاهی
- سیمینار تخصصی بازار برق
- همایش کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی
- همایش فراگیر EFQM

پائیز معمولاً فصل فعالیت‌های فرهنگی و علمی است و بسیاری از سیمینارها و کنفرانس‌ها در این سه ماه برگزار می‌شود و در قدس نیرو نیز فعالیت‌های آموزشی زیادی در این فصل انجام شده است که خلاصه‌ای از آنها ذیلأ به اطلاع می‌رسد.

آموزش سیستم مدیریت کیفیت

به دلیل توجه خاص مدیریت ارشد شرکت به مسائل کیفیت، آموزش مدیریت کیفیت و آشنا نمودن کارکنان با سیستم مدیریت کیفیت، از اولویت‌های آموزشی قدس نیرو محسوب می‌شود. به این دلیل فقط در سه ماهه پائیز ۵ دوره آموزشی سیستم مدیریت کیفیت در تهران و شهرستانها برگزار شده است و طی آن بیش از یکصد نفر از همکاران از آموزش‌های لازم بهره‌مند شده‌اند. کارگاه‌هایی که تاکنون آموزش سیستم کیفیت در آنها برگزار شده عبارتند از کارگاه‌های: نیروگاه دماوند، سدونیار و نیروگاه سهند.

آموزش‌ها و سیمینارهای داخل شرکت

در سه ماهه گذشته دوره‌های آموزشی و یا سیمینارهای زیر در شرکت قدس نیرو برگزار شده است:

- سیمینار ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلوولت که با حضور کارشناسان آلمانی و هلندی و متخصصین شرکت برگزار شد.
- سیمینار FACTS (سیستم‌های انتقال نیروی جریان متناوب انعطاف‌پذیر) که با همکاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و در محل دانشکده برق آن دانشگاه برگزار شد. در این سیمینار متخصصین



Privatization of power plants

Maximize

- **The Competency (Quality)**
- **The viability (Feasibility)**
- **Creative Management**
- **The Technology Transfer**
- **Plant Healthy**
- **Technical & Technological Lifetime of Power Plant**

Minimize

- **Financial Distress**
- **Operational Distress**
- **Plant Unhealthy**
- **Environmental Pollution**

Z_-

$$I_+ = I_- = I_0$$

Z_0



تهران - میدان آسمان نظارتی - چهارراه سپهرورزی ، شماره ۹۸ ، کد پستی : ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفخ : ۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۴۰۳۶۱۳ فاکس : ۸۴۱۱۷۰۴
تلهگراف : شهر قدس نمره ایران تلکس : جی ان سی ای ایران ۳۴۴۵۰۷
NO.98 OSTAD MOJAHARI AVE. TEHRAN 1566775711-IRAN
TEL : 8430454 - 8430454 Email : info@ghods-niroo.com
CABEL : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 8411704