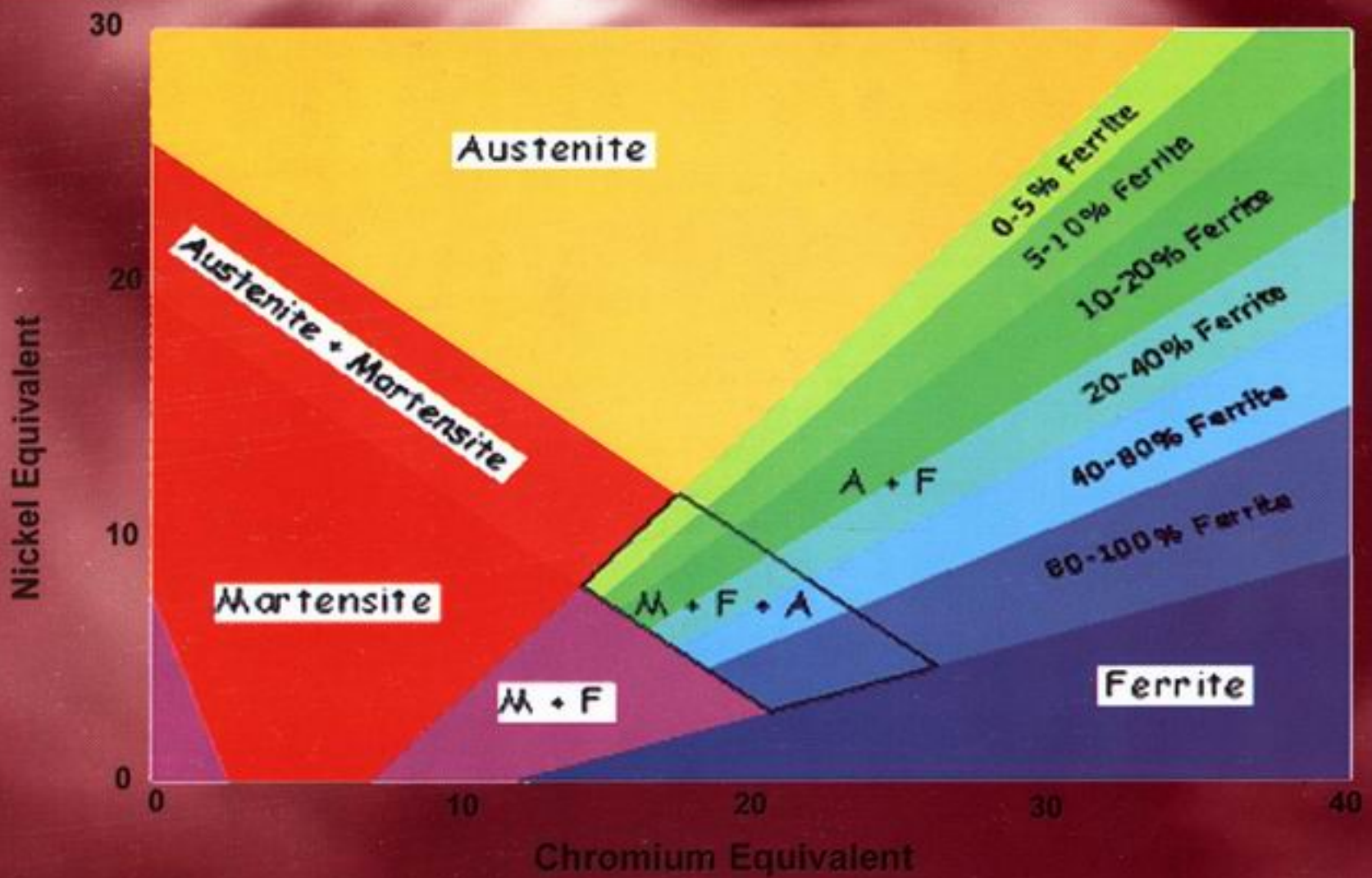
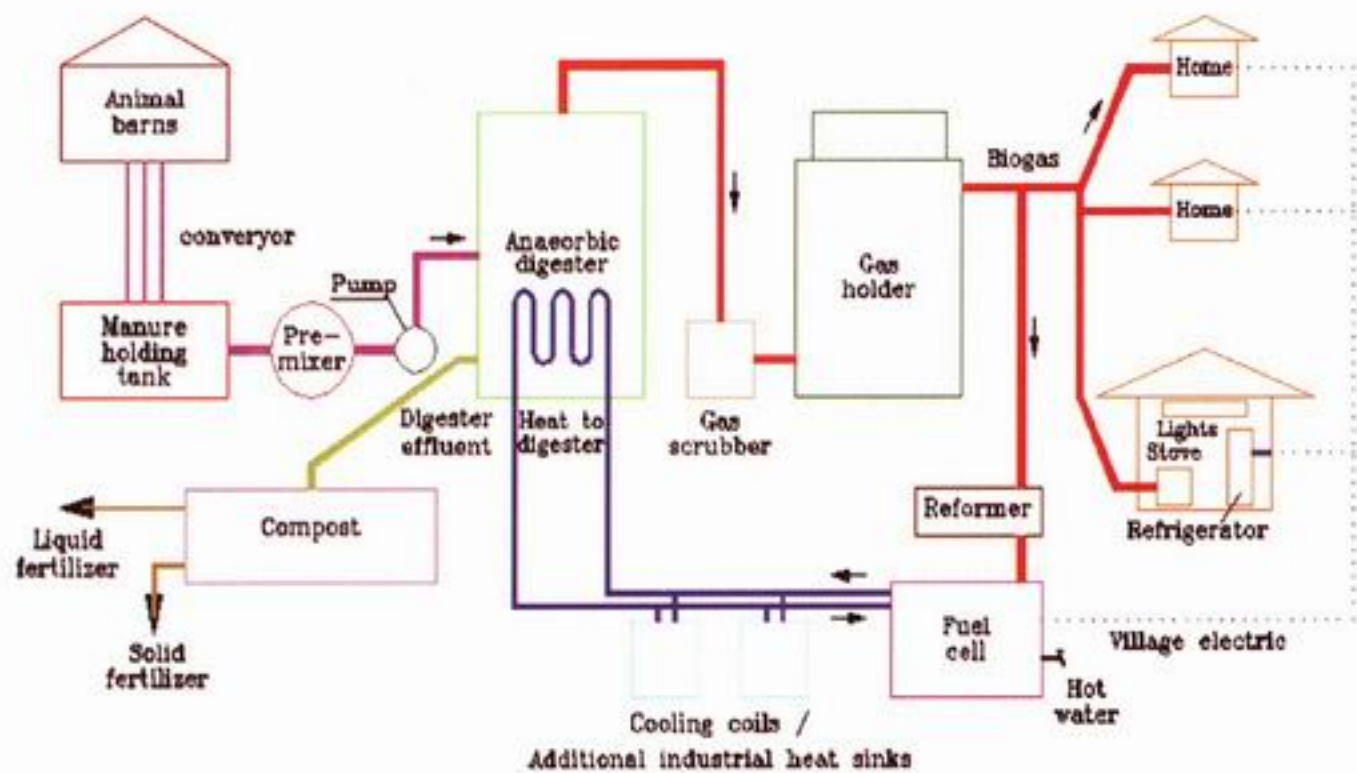




BIOGAS FACILITY FLOW DIAGRAM





شرکت مهندسين مشاور قدس نيرو از مهرماه ۱۳۷۴ و با سعی و کوشش فراوان همه کارکنان در مسیر استقرار استاندارد ISO9001-94 گام برداشت و در آذرماه ۱۳۷۷ موفق به دریافت این گواهینامه گردید.

در اسفندماه ۱۳۸۱ پس از منطبق نمودن سیستم جاری با الزامات بازنگری سال ۲۰۰۰، طی یک ارزیابی دشوار از طرف ممیزین شخص ثالث گواهینامه استقرار استاندارد ISO9001-2000 دریافت گردید.

شرکت قدس نيرو ضمن گذار از مرحله مدیریت فرآیندها بر اساس استانداردهای سیستم مدیریت کیفیت و باپشتوانه ۷ سال تجربه نهادینه سازی ISO 9000، به کارگیری مدل های تعالی سازمانی را از ابتدای سال ۱۳۸۳ همزمان با ورود مدل های سرآمدی به کشور آغاز نمود. مدل EFQM به عنوان یکی از رایج ترین مدل های تعالی سازمانی، با هدف سنجش عملکرد سازمان و تعیین نواحی قابل بهبود آن و همچنین تعیین مسیر حرکت به سمت تعالی (Road Map) به کار گرفته شد. در این راستا ضمن گزینش تیم ارزیابان داخلی برنامه های آموزشی متعددی با روش های کارگاهی (Learning by doing) برای توانمندسازی تیم مذکور و توجیه مدیران ارشد، مدیران میانی و مدیران پروژه برگزار گردید. نواحی قابل بهبود سازمان در قالب خودارزیابی با حضور کلیه مدیران شرکت تعیین گردید. بازخورد به دست آمده، به عنوان مبنای تعیین و الویت بندی برنامه های توسعه سیستم های مدیریت بررسی گردیده و برنامه اقدام (Action Plan) شرکت قدس نيرو استخراج شد. بر اساس نتایج خودارزیابی و برنامه اقدام در گام نخست، حرکت در چهار بعد اصلی برنامه ریزی شده است.

۳- مدیریت فرآیندها (Process Management)

۱- مدیریت استراتژیک (Strategic Management)

۲- مدیریت منابع انسانی (Human Resource Management) ۴- مدیریت عملکرد سازمان (Performance Management)

دستآورد این تلاش ها ایجاد نگرشی جدید در توسعه و بهسازی سیستم های مدیریت سازمان بود که منجر به موفقیت های قابل توجهی به شرح زیر گردید.

- اخذ گواهینامه تعهد به تعالی از جایزه ملی بهره وری و تعالی سازمانی ۱۳۸۳
- دریافت لوح تقدیر به عنوان یکی از شرکت های برتر از جشنواره مدیریت تکنولوژی (وزارت نیرو ۸۴)
- برگزیده شدن به عنوان یکی از ۱۵ شرکت برتر و اولین شرکت در گروه مهندسی مشاور در جشنواره تامین کنندگان آب، برق و آبفا ۱۳۸۴
- دریافت لوح تقدیر از ششمین همایش کیفیت و بهره وری در صنعت برق





نشریه فنی تخصصی قدس نیرو شماره ۱۴ - تابستان ۱۳۸۴

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری راد
سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار
طراحی: واحد طراحی و تبلیغات

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس علی شاه حسینی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت تحریریه:

مهندس پورنگ پاینده، مهندس حسن تفرشی، مهندس مسعود حبیب...زاده، مهندس جواد خضرائی، مهندس فتانه دوستدار، مهندس محمد ابراهیم رئیسی، مهندس محمد حسن زرگر شوشتری، مهندس محمود زواری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس وحید مرتضوی، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

فهرست مطالب

- | | |
|----|---|
| ۲ | سرمقاله |
| | طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی - مهندس |
| ۳ | امین قلی زاده |
| ۱۵ | بیوگاز - مهندس زیبا آیتی |
| | استفاده از روش FMEA در ارزیابی و تحلیل ریسک |
| | حوادث در یک شرکت برق منطقه‌ای - مهندس |
| ۲۵ | شهرزاد خسروی |
| | ارائه روشی نوین در آنالیز برخورد صاعقه به دکل |
| | در سیستمهای فوق توزیع ۶۳kV و مدارهای باسیم گارد - |
| ۳۸ | مهندس علی فرشیدنیا، مهندس پیمان نادری |
| ۴۶ | ایمن سازی ویندوز سرور 2003 - مهندس نجلا نجمی |
| | بررسی فرایند جوشکاری فولادهای غیرهمجنس و |
| ۵۰ | مشکلات آن - مهندس رسول محرمی |

این نشریه از طریق اینترنت قدس نیرو نیز در دسترس علاقمندان می باشد.
ارتباط مستقیم با مقاله دهندگان از طریق آدرس Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله امکان پذیر می باشد. نظرات و پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترنت قدس نیرو قابل ارائه و انعکاس می باشد.

از خوانندگان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای نشریه می باشند تقاضا می شود موارد ذیل را رعایت فرمایند:

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در ارتباط با صنعت آب و برق باشد.
- مقاله های تالیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یا تایپ شده و شکل ها، عکس ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده باشند.
- توضیحات و زیرنویس ها به صورت مسلسل شماره گذاری شده و در پایان هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه گیری و لیست مراجع بوده به همراه رزومه مختصری از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده باشد.

سرمقاله

بنام خدا

سالهاست روند جهانی شدن تولید و صنعت در سطح بین‌المللی و در کشور ما مطرح است و از چندی پیش نیز که امکان پیوستن کشور ما به این روند جدی‌تر شده، نظرات موافق و مخالف بسیار مطرح گردیده است.

آنچه مسلم است این روند ادامه خواهد یافت و دیر یا زود ما نیز بایستی به تجارت جهانی پیوسته و در این بازار با رقبای پر قدرتی مقابله و رقابت نمائیم. در چنین شرایطی مسلماً بسیاری از شرکت‌های داخلی اعم از تولیدکننده یا خدمات‌رسانی تاب مقاومت نیاورده و کنار خواهند رفت. چنانچه بخواهیم در صحنه باقی بمانیم باید تا فرصت باقی است و تا در توان ما هست در جهت بهبود روش‌های تولید و ارتقاء کیفیت محصولات و خدمات خود بکوشیم.

جدا از آنکه بایستی زمینه‌های اصلی برای تولید در سطح جهانی توسط دولت فراهم گردد، هر شرکتی نیز باید در درون خود اقداماتی را در این زمینه انجام دهد. در این راستا باید مدیریت شرکت و کلیه مدیران و همکاران شرکت در جهت نیل به این هدف آگاه باشند و بدانند در جهت دستیابی به تولید در کلاس جهانی چگونه باید حرکت نمایند.

باید توجه داشت که زمان روش‌های سنتی ناکارآمد و غیر اثربخش گذشته و رویکردی جدید در سیاست‌های شرکت‌ها ضروریست. شرکت قدس‌نیرو با اشراف به این مهم ضمن استقرار مدیریت کیفیت جامع و بهره‌وری از مدل‌های تعالی سازمانی در جهت ارزیابی تمامی حرکت‌های شرکت، سیاست‌گذاری‌های خود را بر این اهداف استوار نموده است.

خصوصی‌شدن شرکت قدس‌نیرو و افزایش انعطاف‌پذیری این امکان را فراهم می‌کند تا در جهت دستیابی به این اهداف سریع‌تر و مطمئن‌تر حرکت نماید.



طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی

امین قلی زاده

کارشناس ارشد سازه - مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی (۲)

چکیده:

در طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی به لحاظ ماهیت دینامیکی بارهایی که در قسمت عمده‌ای از عمر مجموعه و به دلیل عملکرد ماشین بر روی فونداسیون اعمال می‌شوند، لازم است مسائل خاصی مدنظر قرار گیرد.

با توجه به اینکه در نیروگاهها نیز فونداسیون توربین و ژنراتور در گروه فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی قرار گرفته و لازم است معیارهای خاص این نوع از فونداسیونها در طراحی آن مدنظر قرار گیرد مناسب است در اینجا مروری بر روشهای تحلیل و ضوابط آئین‌نامه‌ای طراحی این نوع فونداسیونها داشته باشیم.

مقدمه:

طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی از اهمیت ویژه‌ای در رشته مهندسی پی برخوردار می‌باشد. این نوع فونداسیونها علاوه بر بارهای ثقلی ناشی از وزن ماشین آلات و فونداسیون که ماهیت استاتیکی دارند، حامل بارهایی با ماهیت دینامیکی می‌باشند. چون وزن فونداسیون معمولاً حدود سه برابر وزن ماشین است، لذا دامنه بارهای دینامیکی ناشی از حرکت قسمت‌های مختلف ماشین در مقایسه با بارهای استاتیکی کوچک می‌باشد و با توجه به اینکه در بارگذاری فونداسیونهای ماشین آلات ارتعاشی یک بار دینامیکی کوچک در مدتی طولانی و با فرکانس نسبتاً بالا تکرار می‌شود، لازم است طراحی بگونه‌ای انجام گیرد که خاک زیر فونداسیون رفتاری ارتجاعی از خود نشان دهد زیرا در غیر اینصورت میزان تغییر شکل خاک در هر سیکل بارگذاری افزایش خواهد یافت. علاوه بر اینکه ماکزیمم دامنه جابجایی ماشین در فرکانس

کارکرد آن از جمله پارامترهای مهم در طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی می‌باشد، لازم است مقدار فرکانس طبیعی ارتعاش مجموعه ماشین - فونداسیون - خاک، تعیین شده و جهت اجتناب از پدیده تشدید، در فاصله مناسبی از فرکانس کارکرد ماشین قرار گیرد. ماشین آلات ارتعاشی از نظر نوع بار دینامیکی که به فونداسیون اعمال می‌کنند به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- ماشین آلات رفت و برگشتی^۱

ماشین آلاتی مانند کمپرسورها می‌باشند که نیروی جانبی متناوبی معمولاً با سرعت عملکرد کمتر از ۶۰۰ دور در دقیقه اعمال می‌کنند. در تحلیل فونداسیون این ماشین آلات بصورت یک نیروی هارمونیک (سینوسی) در نظر گرفته می‌شود و نمونه آنها ماشین آلات پیستونی می‌باشد.

1- Reciprocating Machines.



۲- ماشین آلات ضربه‌ای^۱

این گروه شامل ماشین‌آلاتی مانند دستگاه پرس می‌باشد که بارهای ضربه‌ای اعمال می‌کنند و سرعت کارکرد آنها معمولاً بین ۶۰ تا ۱۵۰ ضربه در دقیقه می‌باشد. بار دینامیکی ناشی از آنها در یک بازه زمانی بسیار کوتاه به مقدار ماکزیمم رسیده و بلافاصله از بین می‌رود.

۳- ماشین آلات چرخشی^۲

این گروه شامل ماشین‌آلاتی با سرعت بالا مانند توربوژنراتورها و یا کمپرسورهای چرخشی می‌باشد که ممکن است سرعتی بیشتر از ۳۰۰۰ دور در دقیقه و تا ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه داشته باشند.

شکل مناسب برای فونداسیون ماشین‌آلات ارتعاشی بستگی به نوع ماشینی دارد که بر روی آن نصب خواهد شد و متداولترین نوع آن فونداسیون بلوکی می‌باشد که دارای جرم نسبتاً بالایی بوده و در نتیجه فرکانس طبیعی کمتری برای ارتعاش مجموعه ماشین و فونداسیون ایجاد خواهد شد. در صورتی که لازم باشد وزن فونداسیون کاهش داده شود از فونداسیونهای صندوقی^۳ استفاده می‌شود که به دلیل وزن کمتر، فرکانس طبیعی بالاتری برای مجموعه ماشین و فونداسیون ایجاد خواهد شد.

۱- معیارهای طراحی فونداسیون ماشین‌آلات

ارتعاشی

در طراحی فونداسیون برای ماشین‌آلات ارتعاشی لازم است شرایط زیر تأمین شده باشند:

- مانند همه فونداسیونهای دیگر لازم است تحت اثر بارهای استاتیکی در حاشیه اطمینان مناسبی از گسیختگی برشی خاک قرار داشته و میزان نشست فونداسیون نیز به حد مجاز آن محدود شود. تحت اثر بارهای دینامیکی نیز لازم است:

- از ایجاد پدیده تشدید جلوگیری شود، بدین معنی که فرکانس طبیعی مجموعه ماشین - فونداسیون - خاک، خارج از ناحیه تشدید (که در حاشیه مشخصی از فرکانس کارکرد ماشین تعریف می‌شود) قرار گیرد.

- لازم است دامنه جابجایی مجموعه در فرکانس کارکرد ماشین، کمتر از ماکزیمم مقدار مجاز آن باشد که معمولاً توسط سازنده تجهیزات تعیین می‌گردد. حتی در صورتی که دامنه جابجایی دینامیکی محاسبه شده کمتر از حد مجاز تعیین شده باشد باز هم ضروری خواهد بود که در حاشیه اطمینان مناسبی از بروز پدیده تشدید قرار داشته باشیم.

- باید توجه نمود که ارتعاش دستگاه موجب آزار افراد شاغل در کارگاه و یا باعث مزاحمت و خطا برای دیگر تجهیزات حساس نصب شده در کارگاه نگردد. تعیین اینکه ارتعاشات در محدوده قابل احساس، آزاردهنده و یا خطرناک قرار گرفته‌اند با توجه به فرکانس ارتعاشات و دامنه جابجایی مشخص می‌شود. نمودار تهیه شده توسط Richart (1962) محدوده‌های یاد شده را برای فرکانسهای ارتعاشی و دامنه جابجایی‌های مختلف تعیین می‌نماید.

۲- روشهای تحلیل

معمولاً از دو روش اصلی برای تحلیل فونداسیون ماشین‌آلات ارتعاشی استفاده شده است:

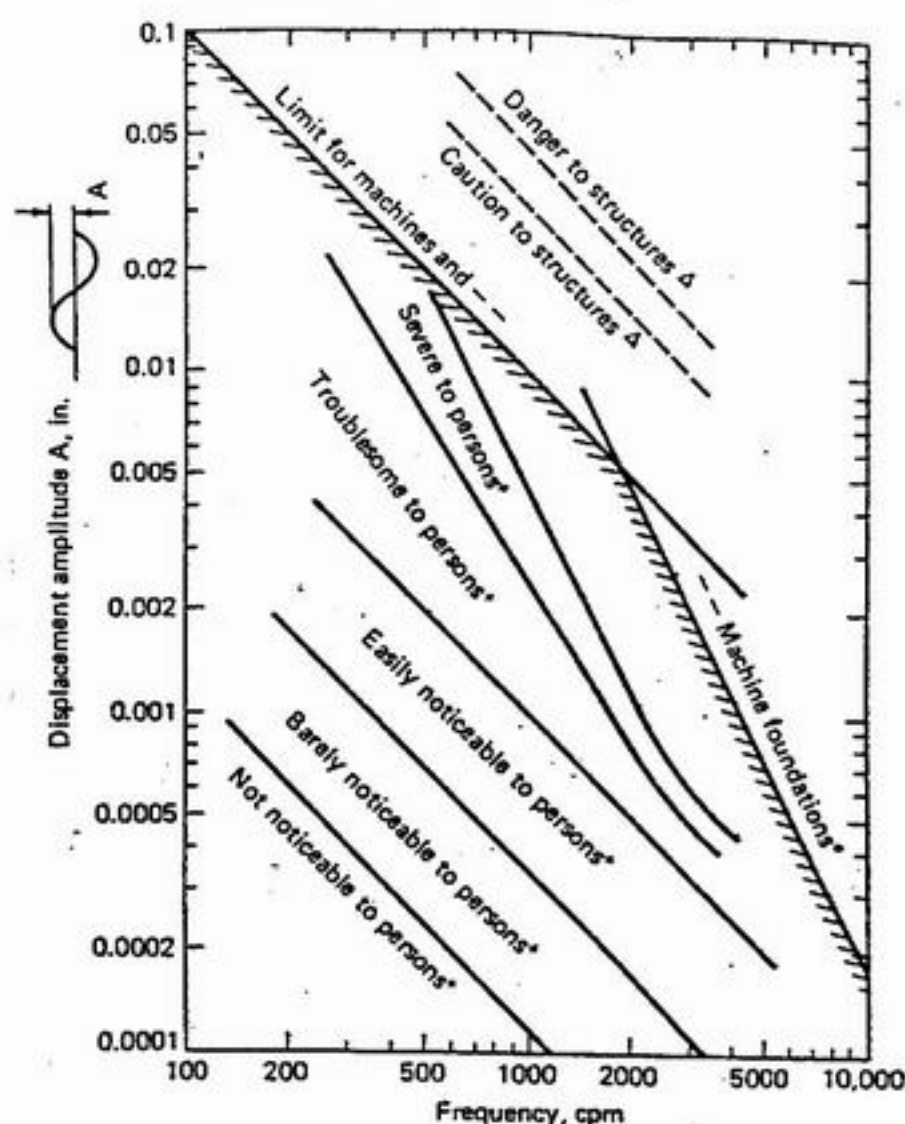
- ۱- روش مبتنی بر مدل نمودن سختی خاک با استفاده از فنرهای ارتجاعی خطی
- ۲- روش مبتنی بر تئوری الاستیسیته خطی (نیم فضای ارتجاعی)^۴

1- Impact Machines.

2- Rotary Machines.

3- Box or Caisson Type.

4- Elastic Half Space.



شکل (۱): تعیین حد مجاز دامنه ارتعاش فونداسیون ماشین آلات در فرکانسهای مختلف

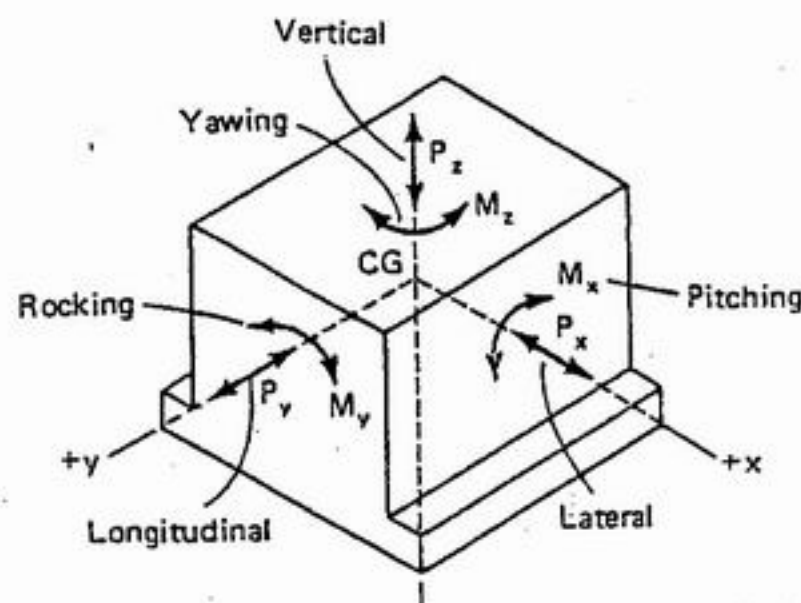
حاصل می گردد و در عین حال پیچیده تر است. با این وجود برای حالت های ساده تکنیک هایی ارائه شده است که حل مسأله را تا حد قابل قبولی در عمل ساده می کند. اگر چه وارد کردن پارامترهایی نظیر عمق فونداسیون در خاک، میزان دستخوردگی خاک در حین خاکبرداری و جرم افزوده خاکی که در ارتعاش مشارکت دارد و همچنین رفتار غیرخطی خاک سبب پیچیدگی بیشتر مسأله می شوند.

۳- درجات آزادی فونداسیون بلوکی

یک فونداسیون بلوکی در مقایسه با خاکی که فونداسیون بر روی آن قرار گرفته است صلب تلقی می شود. بنابراین چنین نتیجه می شود که یک فونداسیون بلوکی در اثر بارهای وارده تنها تحت تأثیر جابجایی های صلب بشرح ذیل قرار گرفته و هرگونه جابجایی در فونداسیون بلوکی را می توان ترکیبی از شش مؤلفه زیر دانست:

در روش اول اثر سختی خاک زیر فونداسیون توسط یک فنر خطی با شش درجه آزادی مدلسازی می شود. میرایی خاک را نیز می توان با یک مقدار پیش فرض معرفی نموده و وارد مسأله نمود. هر چند میرایی اثر محسوسی بر روی فرکانس تشدید سیستم نخواهد داشت ولی تأثیر قابل توجهی بر روی دامنه ارتعاش مجموعه در حالت تشدید دارد ولی از آنجایی که مجموعه در حاشیه اطمینان مناسبی از محدوده تشدید طراحی می شود لذا اثر میرایی بر روی دامنه ارتعاش محاسبه شده در فرکانس عملکرد ماشین کمتر از اثر آن در حالت تشدید خواهد بود و در این صورت صرف نظر کردن از میرایی می تواند منجر به نتایج محافظه کارانه تری شود.

بدیهی است که استفاده از روش مبتنی بر تئوری الاستیسیته منطقی تر بوده و نتایج دقیقتری



شکل (۲): درجات آزادی فونداسیون بلوکی

۱- جابجایی در امتداد محور Z (حرکت قائم)
 ۲- جابجایی در امتداد محور X (حرکت جانبی)
 ۳- جابجایی در امتداد محور Y (حرکت طولی)
 ۴- چرخش حول محور Z (حرکت چرخشی)
 ۵- چرخش حول محور X (حرکت تلاطمی)
 ۶- چرخش حول محور Y (حرکت گهواره‌ای)

بنابراین فونداسیون بلوکی صلب دارای شش درجه آزادی و در نتیجه شش مود ارتعاشی و فرکانس طبیعی نظیر خواهد بود که معادله دیفرانسیل دینامیکی نظیر هر یک از این درجات آزادی بصورت مستقل نوشته می‌شود.

$$a_0 = \frac{\omega \gamma_0}{V_s} = \omega \gamma_0 \sqrt{\frac{\rho}{G'}} \quad (1)$$

که $V_s = \sqrt{\frac{G'}{\rho}}$ سرعت موج برشی در خاک و ρ دانسیته خاک و G' مدول برشی آن می‌باشند. مقدار پارامتر a_0 برای فونداسیونهای مستطیلی بصورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$a_0 = \frac{\omega B}{V_s} \quad (2)$$

- 1- Vertical Displacement
- 2- Lateral Displacement.
- 3- Longitudinal Displacement.
- 4- Yawing.
- 5- Pitching.
- 6- Rocking.

۴- تعیین ضرایب سختی خاک

برای محاسبه ضرایب سختی دینامیکی و میرایی خاک روشهایی ارائه گردیده‌است که مرجع متداول برای این منظور روش ارائه شده توسط بارکان (Barkan (1962 می‌باشد. مراجع دیگری نیز توسط ریچارد و همکارانش (Richardt et al (1970 و نوک (Novak (1972 برای این منظور ارائه گردیده‌است.

دوبری و گزتاس (Dobry & Gazetas (1986 مطالعه فراگیری را بر روی مقالات فنی و روشهای ارائه شده برای این منظور انجام داده و نمودارهایی را برای محاسبه مقادیر سختی دینامیکی و میرایی



که ω فرکانس کارکرد ماشین و B عرض فونداسیون می‌باشد.

J_a ضریب بدون بعد دیگری که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد بصورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$J_a = \frac{Area}{4L^2} \quad (3)$$

که L نشان‌دهنده طول فونداسیون و $Area$ مساحت سطح تماس آن با خاک می‌باشد.

با استفاده از ضرایب بدون بعد معرفی شده می‌توان ضرایب سختی استاتیکی K_i فنر در درجات آزادی مختلف و ضرایب میرایی C_i متناظر را از روابط ارائه شده در جداول (۱) و (۲) بدست آورده و از ضرب مقادیر بدست آمده در ضرایب η_i و λ_i متناظر که از نمودار (۱) و جدول (۳) بدست می‌آیند مقادیر ضرایب سختی دینامیکی $\bar{K}_i$ و ضرایب میرایی $\bar{C}_i$ اصلاح شده متناظر را در حالت دینامیکی به دست آورد:

$$\bar{K}_i = \eta_i K_i \quad (4)$$

$$\bar{C}_i = \lambda_i C_i \quad (5)$$

ضریب سختی دینامیکی $\bar{K}_i$ و ضریب میرایی $\bar{C}_i$ برای خاک با رفتار کاملاً الاستیک و بدون در نظر گرفتن میرایی مصالح تعریف و برآورد شده‌اند. در حالیکه نتایج تجربی، گواه بر آن است که حتی در دامنه کرنشهای بسیار کوچک، خاک میرایی هیستریزس از خود نشان می‌دهد که با ضریب میرایی مستقل از فرکانس β_d توسط لیسمر Lysmer ارائه گردیده‌است و Dobry & Gazetas از آن برای تعدیل کردن ضرایب سختی دینامیکی و ضرایب میرایی استفاده نموده‌اند:

$$K_i = \bar{K}_i - \omega \bar{C}_i \beta_d \quad (6)$$

$$C_i = \bar{C}_i + \frac{2\bar{K}_i \beta_d}{\omega} \quad (7)$$

ضریب میرایی هیستریزس β_d معمولاً در محدوده ۰.۲ تا ۰.۵ قرار دارد.

۵- اطلاعات مورد نیاز در طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی

۱- در طراحی فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی لازم است اطلاعات زیر توسط سازنده دستگاه در اختیار طراح فونداسیون قرار گیرد:

الف) دیاگرام بارگذاری شامل محل اعمال بارها در پلان و همچنین تراز نقطه اثر بارها
ب) فاصله محور دوار اصلی ماشین از تراز فوقانی فونداسیون

ج) سرعت یا فرکانس عملکرد ماشین

د) دامنه نیروی متناوب ناشی از عملکرد ماشین
۲- لازم است مشخصات استاتیکی و دینامیکی خاک زیر فونداسیون شامل تنش مجاز خاک و مدول الاستیسیته و سرعت انتقال موج برشی در خاک تا عمق مناسب ارزیابی و در اختیار مهندس طراح قرار گیرد.

۶- ارتعاش قائم و جانبی فونداسیون بلوکی

معادله حرکت دینامیکی برای ارتعاش فونداسیون بلوکی تحت اثر بار هارمونیک قائم بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$M\ddot{Z} + K_z Z = P_0 \sin \omega t \quad (8)$$

فرکانس طبیعی ارتعاش چنین سیستمی

$$\omega_{nz} = \sqrt{\frac{K_z}{M}} \quad \text{و} \quad \text{دامنه ارتعاش آن}$$

$$A_z = \frac{P_0}{M(\omega_{nz}^2 - \omega^2)} \quad \text{می‌باشد و اثر میرایی}$$

جزئی بر روی فرکانس طبیعی چنین سیستمی قابل اغماض می‌باشد. معادلات ارتعاش فونداسیون بلوکی تحت اثر بارهای هارمونیک جانبی و طولی نیز مشابه روابط فوق می‌باشند.

For rectangular bases	Round base	Strip
Vertical mode $K_z = S_z \frac{2LG'}{1-\mu}$	$K_z = \frac{4G'B}{1-\mu}$	$K_z = \frac{0.8G'(2L)}{1-\mu}$
Horizontal mode Parallel to Y axis $K_y = S_y \frac{2LG'}{2-\mu}$ Parallel to X axis $K_y = S_y \frac{2LG'}{2-\mu}$ $K_x = K_y - \frac{0.21LG}{0.75-\mu} (1-B/L)$	$K_y = \frac{8G'B}{2-\mu}$ $K_x = K_y$ $(\eta_x = 1 \text{ for } K_x \text{ so } K_x = K_y)$	$K_y = \frac{2.24G'(2L)}{2-\mu}$
Rocking mode About X axis $K_{rx} = S_{rx} \frac{G'}{1-\mu} (I_{rx})^{0.75} \left(\frac{B}{L}\right)^{-1/4}$ About Y axis $K_{ry} = S_{ry} \frac{G'}{1-\mu} (I_{ry})^{0.75}$	$K_{rx} = \frac{8G'B^3}{3(1-\mu)}$ $K_{ry} = K_{rx}$	$K_{rx} = \frac{\pi(2L)G'B^2}{2-2\mu} \left\{ 1 + \left(\frac{\ln(3-4\mu)}{\pi} \right)^2 \right\}$
Torsion mode $K_t = S_t G' (J)^{0.75}$	$K_t = \frac{16G'B^3}{3}$	

جدول (۱)

Mode	Applicable
Vertical: $S_z = 0.8$ $S_z = 0.73 + 1.54(J_a)^{0.75}$	$J_a \leq 0.02$ $J_a > 0.02$
Horizontal: $S_y = 2.24$ $S_y = 4.5(J_a)^{0.38}$	$J_a \leq 0.16$ $J_a > 0.16$
Rocking: $S_{rx} = 2.54$ $S_{rx} = 3.2(B/L)^{1/4}$ $S_{ry} = 3.2$	$B/L \leq 0.4$ $B/L > 0.4$ All B/L
Torsion: $S_t = 3.8 + 10.7(1 - B/L)^{1.0}$	All B/L

$J_a = \text{area}/(4L)^2$ where $2L = \text{length of base}$; Area = $2B \times 2L$ for solid rectangle.

جدول (۲)



For vertical damping in range of $0 \leq a_v \leq 1.5$

$$\lambda_z = \frac{c_z}{\rho V_{Lz} A} = X_1 + (a_v R) X_2 + (a_v R)^2 X_3 + X_4 \exp(-a_v R)$$

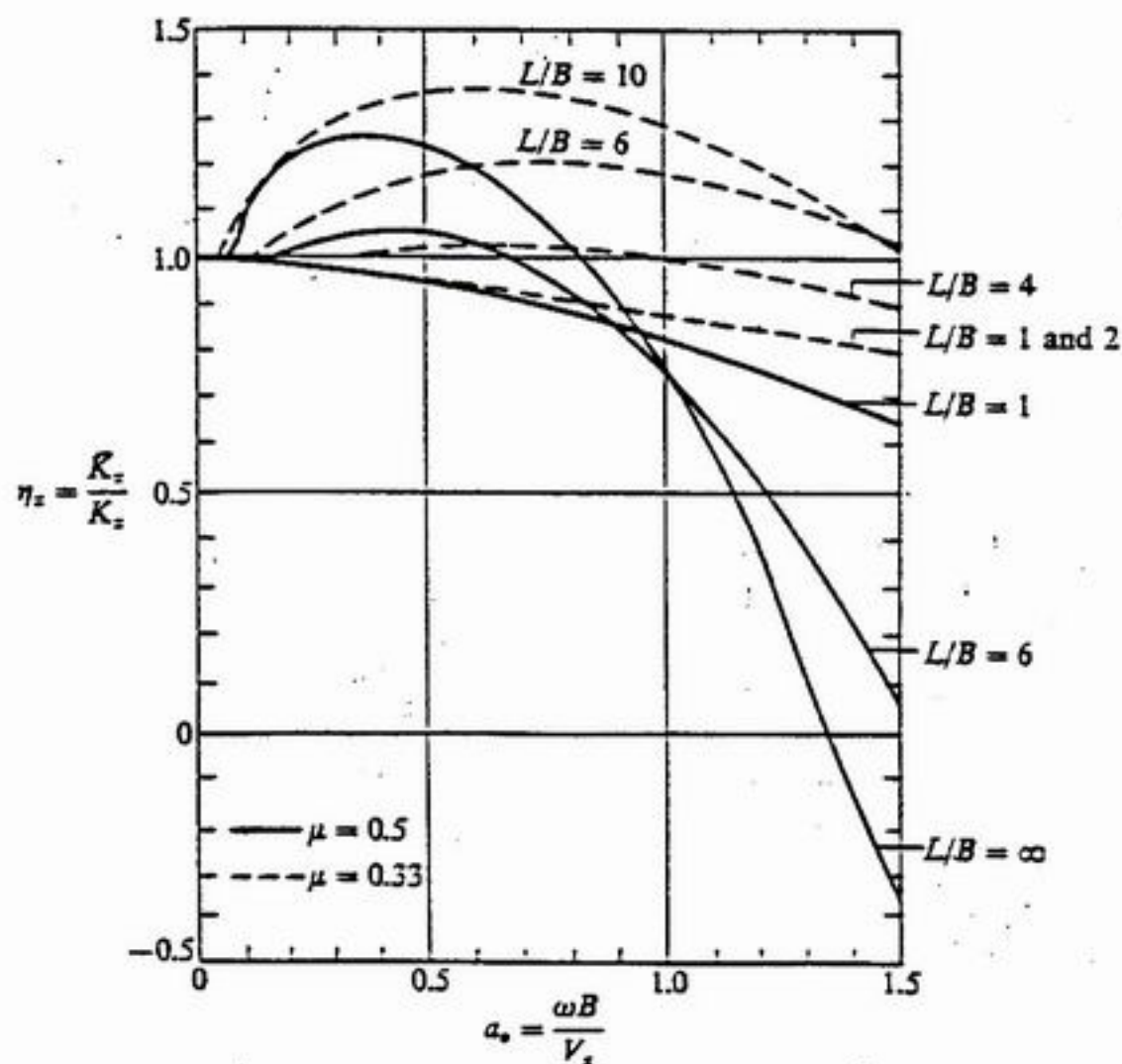
$L/B = R$	X_1	X_2	X_3	X_4
1	0.9716	-0.0500	0.0520	-0.0660
2	1.2080	-0.1640	0.0385	-0.2515
4	1.0900	-0.0025	0.0012	0.0000
6	1.2285	-0.0359	0.0024	0.1515
10	1.3112	-0.0285	0.0011	0.4388

$$V_{Lz} = \frac{3.4}{\pi(1-\mu)} V_s$$

$A = \text{actual base area}$

For $R > 10$ use $\lambda_z = \lambda_{R=10}(1 + 0.001R)$ For $a_v > 1.5$ use $c_z = \rho V_{Lz} A$

جدول (۳)



نمودار (۱)



۷- ارتعاش گهواره‌ای فونداسیون بلوکی

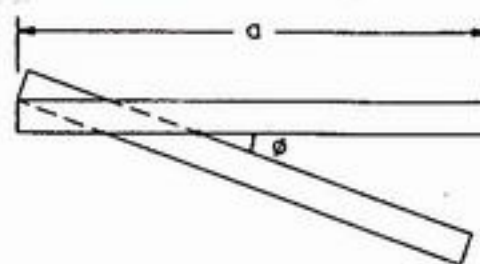
در عمل همواره حرکت گهواره‌ای فونداسیون تحت اثر لنگر واژگونی ناشی از بارهای جانبی صورت گرفته و با جابجایی جانبی توأم می‌باشد. در اینجا برای سادگی فرض می‌شود که مقاومت لغزشی فونداسیون بحدی زیاد است که حرکت جانبی آن قابل اغماض می‌باشد و در اینصورت جابجایی فونداسیون را می‌توان تنها با یک متغیر مستقل ϕ مشخص نمود. معادله دیفرانسیل ارتعاش فونداسیون بلوکی تحت اثر لنگر هارمونیک واژگون کننده $M_y = M_0 \sin \omega t$ بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$M_{mo} \ddot{\phi} + K_{\phi} \phi = M_0 \sin \omega t + WL \phi \quad (9)$$

که M_{mo} ممان اینرسی مجموعه ماشین و فونداسیون حول محور دوران و ϕ شتاب زاویه‌ای فونداسیون بوده و W وزن مجموعه و L فاصله قائم مرکز جرم مجموعه از محور دوران می‌باشد. فرکانس طبیعی ارتعاش و ماکزیمم زاویه دوران چنین سیستمی بصورت زیر خواهد بود:

$$W_{n\phi} = \sqrt{\frac{K_{\phi} - WL}{M_{mo}}} \quad (10)$$

$$A_{\phi} = \frac{M_0}{M_{mo} (\omega_{n\phi}^2 - \omega^2)} \quad (11)$$



با توجه به اینکه در عمل K_{ϕ} بسیار بزرگتر از WL می‌باشد می‌توان نوشت:

$$\omega_{n\phi} \cong \sqrt{\frac{K_{\phi}}{M_{mo}}} \quad (12)$$

$$A = \frac{M_0 a}{2M_{mo} (\omega_{n\phi}^2 - \omega^2)} \quad (13)$$

که a نشان‌دهنده عرض فونداسیون می‌باشد. معادلات ارتعاش فونداسیون تحت اثر لنگر هارمونیک پیچشی نیز مشابه روابط فوق می‌باشد.

۸- عایق‌بندی ارتعاشی^۱ و فیلتر کردن امواج^۲

ارتعاش مفراط فونداسیون یک ماشین ممکن است بر روی کارایی دستگاه اثر نامطلوب داشته و همچنین کارایی تجهیزات و ابنیه مجاور در اثر امواج منتقل شده تحت‌الشعاع قرار گیرد. بنابراین در بسیاری از موارد ممکن است ناچار به کاهش دامنه ارتعاش فونداسیونها و ساختمانهای مجاور و احتمال بروز خسارت در آنها باشیم که این امر به دو روش عملی می‌باشد:

۸-۱- عایق‌بندی ارتعاشی

ایزولاتورها یا عایق‌های ارتعاشی به منظور کاهش دامنه ارتعاش تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتی که طراحی فونداسیونی که دامنه ارتعاش تجهیزات را در حد قابل قبول محدود نماید عملی نبوده و یا انتقال ارتعاشات خارجی به تجهیزات عملکرد آنها را تحت‌الشعاع قرار دهد ممکن است استفاده از ایزولاتورها برای ارتعاشی مورد نیاز باشد که این ایزولاتورها ممکن است در عمل شامل اعضای سازه‌ای مانند فنرهای فولادی و یا لاستیک سخت و نئوپرن باشند که برای تأمین منظور فوق طراحی شده و در هنگام نصب تجهیزات بکار می‌روند. این ایزولاتورها با نامهای تجاری مختلف موجود می‌باشند. برای تأمین این منظور ممکن است از بهسازی خاک زیر فونداسیون نیز استفاده شود.

1- Vibration Isolation.

2- Screening of Waves.

در هر حال کارایی تکنیک بکار رفته باید با استفاده از مدلسازی و تحلیل سیستم به اثبات رسیده باشد. نحوه محاسبه سختی مورد نیاز برای ایزولاتورهای ارتعاشی در کتابهای دینامیک سازه ارائه گردیده است.

۸-۲- فیلتر کردن امواج

فیلتر کردن امواج با استفاده از کانالهای محیطی حفر شده در دور فونداسیون توسط ریچاردو هال و وود (Ricahrt & Hall & Wood (1970) پیشنهاد گردید که به دو روش مختلف قابل اعمال می باشد: ایزولاسیون فعال^۱ که در آن منبع مولد ارتعاشات با استفاده از یک کانال بسته که محیط آن را احاطه نموده است عایق بندی می شود (به شکل ۳ مراجعه شود). در روش دیگر که به ایزولاسیون انفعالی^۲ موسوم است (شکل ۴)، از کانالهای مذکور در محلی دور از منبع مولد ارتعاشات و در مجاورت فونداسیونی که هدف کاهش انتقال ارتعاشات به آن است استفاده می شود.^۳ برای بررسی کارایی روشهای مذکور آزمایشاتی صورت گرفته است (Wood 1969) بدین معنی که یک منبع مولد ارتعاش در مرکز زمین مورد مطالعه تعبیه گردیده و دامنه ارتعاش قائم زمین در نقاطی با فواصل مختلف از منبع مولد ارتعاش و در حالت های مختلف (قبل از حفر کانال عایق بندی و بعد از حفر آن) اندازه گیری شده و ضریب کاهش دامنه ارتعاش (که نسبت دامنه ارتعاش قائم زمین در هر نقطه بعد از حفر کانال به دامنه ارتعاش قائم زمین در همان نقطه قبل از حفر کانال می باشد) بعنوان یک معیار کمی برای برآورد میزان کارایی سپر ایجاد شده تلقی می شود. چنانچه مقدار ضریب مذکور کمتر از ۰/۲۵ باشد بدین معنی است که کانال حفر شده در فیلتر کردن امواج تولید شده کارایی مناسبی

داشته است. با توجه به آزمایشات انجام شده برای کانالهایی که شعاع R_0 آنها در محدوده $0.22\lambda_R$ تا $0.91\lambda_R$ است که λ_R طول موج ایجاد شده می باشد) نتایج زیر بدست آمده است:

برای کانالهای بسته ($\theta = 360^\circ$):

الف) حداقل عمق لازم برای کانال حفر شده جهت تأمین ضریب کاهش دامنه ارتعاش کمتر از ۰/۲۵ برابر با $H = 0.6\lambda_R$ می باشد.

ب) ناحیه حفاظت شده بوسیله یک کانال کاملاً بسته تا شعاع $10\lambda_R$ از منبع مولد ارتعاشات می باشد. برای کانالهای باز ($\theta < 360^\circ$):

الف) حداقل عمق لازم برای کانال حفر شده جهت تأمین ضریب کاهش دامنه ارتعاش کمتر از ۰/۲۵ برابر با $H = 0.6\lambda_R$ می باشد.

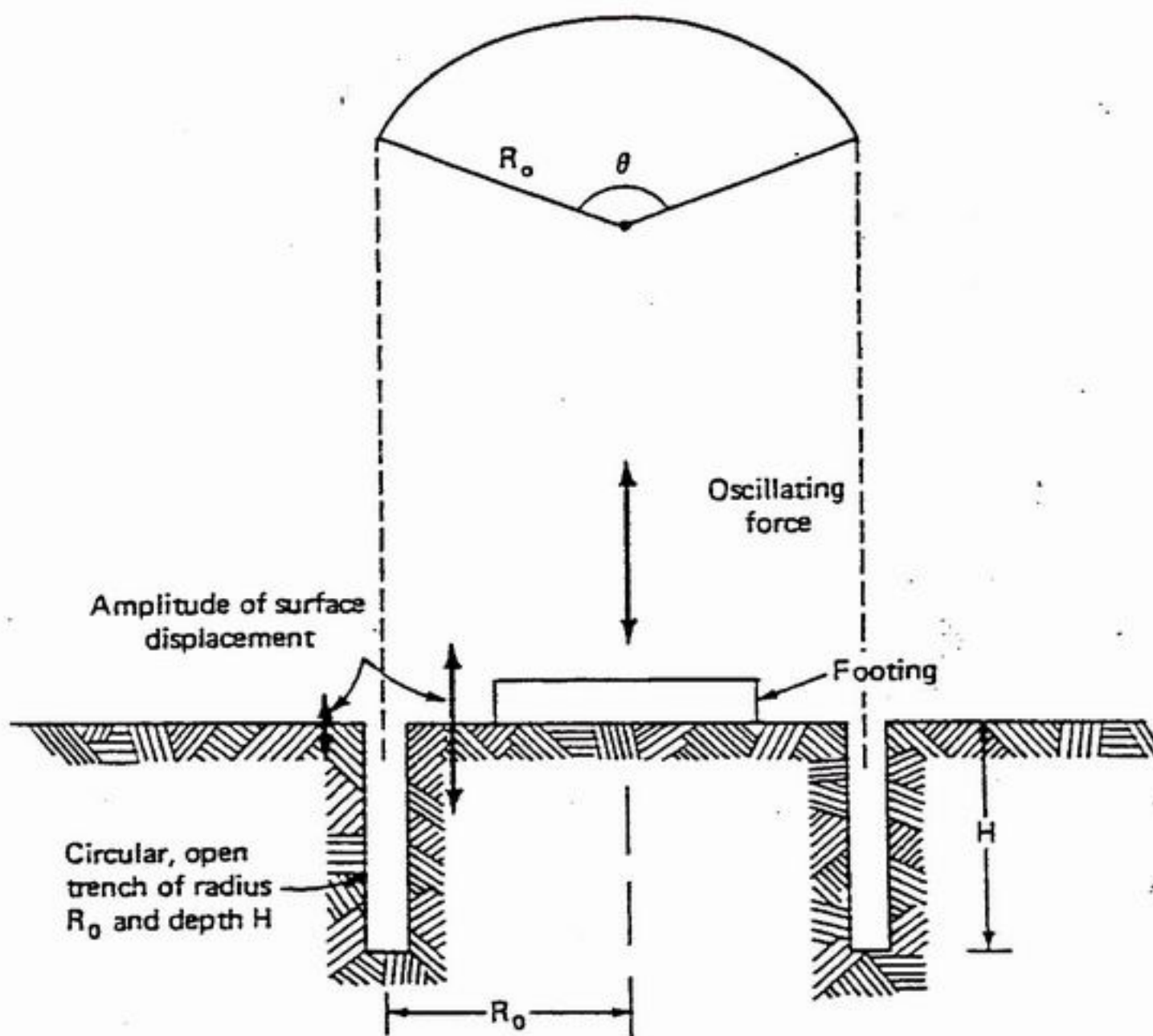
ب) ناحیه حفاظت شده قطاعی به شعاع $10\lambda_R$ و به مرکز منبع مولد ارتعاشات می باشد که از طرفین به خطوط شعاعی محدود شده و منبع را به نقاطی بر روی کانال وصل می کنند که از دو انتهای آن 45° فاصله دارند. لذا کانالهای شعاعی باز با طول کمان کمتر از $\theta = 90^\circ$ ناحیه عایق بندی مناسبی را تأمین نمی نمایند.

ج) حفر چنین کانال عایق بندی، انرژی ارتعاشی منتقل شده از طرف بار کانال را تشدید می نماید. برای کانالهای مستقیم دور از منبع مولد ارتعاشات که ناحیه ایزوله شده ای به شکل نیم دایره و به قطر طول کانال و به مرکز وسط کانال ایجاد می کنند حداقل عمق لازم برای کانال $1.33\lambda_R$ می باشد. چنین کانالهایی در صورتی که در فاصله $2\lambda_R$ تا $7\lambda_R$ از منبع مولد ارتعاش قرار گرفته باشند کارایی مناسبی خواهند داشت.

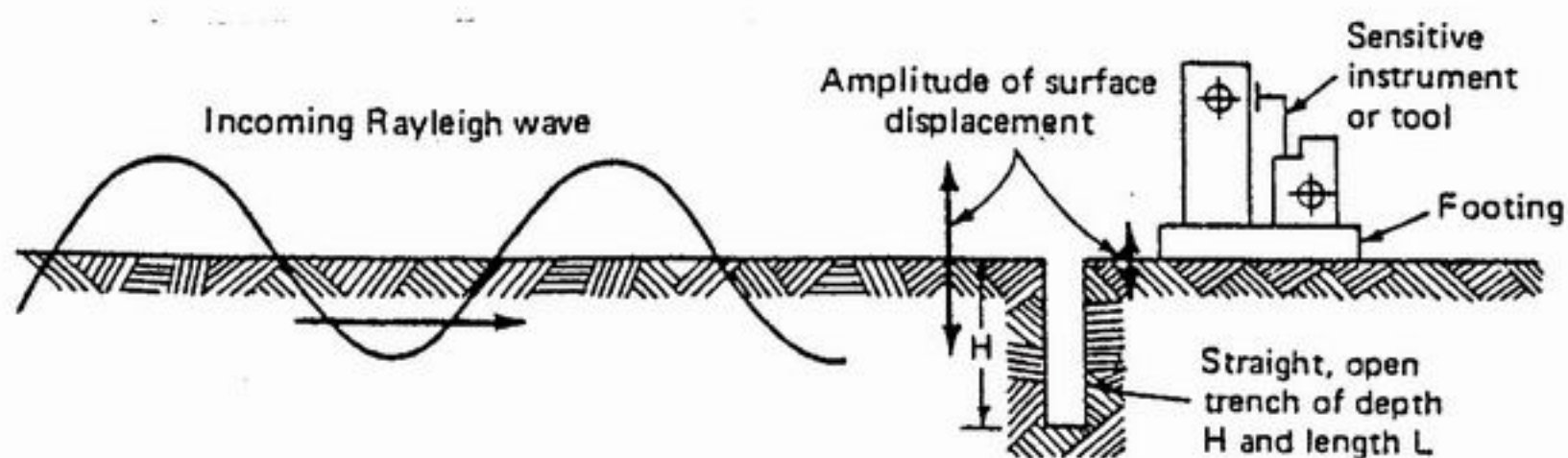
1- Active Isolation.

2- Passive Isolation.

3- Screening at a distance.



شکل (۳) : عایق‌بندی ارتعاشی با استفاده از کانالهای حول منبع مولد ارتعاشات



شکل (۴) : عایق‌بندی ارتعاشی با استفاده از کانال مستقیم در مجاورت فونداسیون تجهیزات حساس

همانطور که مشاهده می‌شود ابعاد کانالها تابع طول موج امواج رایلی (Rayleigh) می‌باشد که خود تابع فرکانس ارتعاشی دستگاه و پارامترهای خاک (مخصوصاً سرعت موج برشی در خاک) خواهد بود:

$$\lambda_R = \frac{\omega}{V_R} \quad (14)$$

سرعت انتشار امواج رایلی:

(15)

$$V_R = \begin{cases} 0.9553V_s & \text{for } V = 0.5 \\ 0.9194V_s & \text{for } V = 0.25 \end{cases}$$

۹- ضوابط آئین‌نامه برای طراحی فونداسیون

ماشین‌آلات ارتعاشی

طراحی فونداسیون ماشین‌آلات ارتعاشی بر مبنای ضوابط آئین‌نامه‌های DIN 4024 یا CP2012 یا Indian Standard (IS2974) و یا آئین‌نامه‌های معادل دیگر انجام می‌گیرد. برخی از مهمترین موارد ارائه شده در آئین‌نامه‌های مذکور بشرح ذیل می‌باشند:

- فونداسیون ماشین‌آلات لرزشی بصورت مجزا از فونداسیون سازه‌ها و تجهیزات دیگر اجرا می‌شوند.
- شکل فونداسیون ماشین‌آلات در پلان حتی‌الامکان بصورت ساده انتخاب می‌شود.

- ماشین‌آلاتی که مانند توربین و ژنراتور بصورت کوپل با یکدیگر کار می‌کنند، بر روی یک فونداسیون یکپارچه مستقر می‌شوند.

- ابعاد فونداسیون بگونه‌ای منظور می‌گردد که فاصله سطح Anchor Box از لبه‌های خارجی فونداسیون حداقل 10 cm باشد.

- ماکزیمم خروج از مرکزیت بین مرکز جرم ماشین‌آلات و فونداسیون در هر جهت برابر ۵ درصد بعد فونداسیون در آن جهت در نظر گرفته می‌شود.
- لازم است تنش خاک ناشی از بارهای ثقلی (وزن ماشین‌آلات و فونداسیون) برای ماشین‌آلات چرخشی کمتر از نصف مقاومت مجاز خاک و برای

ماشین‌آلات ضربه‌ای کمتر از ربع مقاومت مجاز خاک باشد.

- ضخامت فونداسیون متناسب با طول انکربولتها و حداقل برابر با بزرگترین مقادیر زیر منظور می‌گردد:

$L/10$

$L/30 + 0.6 \text{ meter}$

که L طول فونداسیون بر حسب متر می‌باشد.

- ضریب اطمینان در برابر واژگونی ضمن اعمال ضریب بزرگنمایی ۲ برای نیروهای حاصل از اتصال کوتاه^۱ حداقل برابر ۳ می‌باشد.

- وزن فونداسیون باید حداقل سه برابر وزن ماشین‌آلات باشد.

- برای اجتناب از بروز پدیده تشدید فرکانس طبیعی ارتعاش مجموعه ماشین‌آلات - فونداسیون - خاک نباید در محدوده ۰/۸ تا ۱/۲ برابر فرکانس کارکرد ماشین‌آلات باشد.

- عرض فونداسیون نباید کمتر از ۱/۵ برابر فاصله قائم محور اصلی ماشین از روی فونداسیون نباشد.

- حجم آرماتوربندی بکاررفته در فونداسیون، برای اجتناب از شکست کمتر از ۵۰ کیلوگرم در هر متر مکعب نباشد.

۱۰- نتیجه‌گیری

طراحی فونداسیون ماشین‌آلات ارتعاشی از جمله مواردی است که در مهندسی سازه‌های صنعتی به کرات با آن برخورد می‌نماییم و از جمله آنها فونداسیون توربین و ژنراتور در صنعت ساخت نیروگاه‌هاست که در زمره فونداسیون ماشین‌آلات دورانی به شمار می‌رود. در این متن تلاش شده‌است ضمن گردآوری ضوابط ارائه شده در

1- Short Circuit.

می‌باشد. سابقه کار ایشان حدود ۵ سال است که ۳ سال آن در قدس نیرو بوده است. زمینه علاقمندی آقای قلی‌زاده آنالیز و طراحی سکوها در یابی است.

gholizadeh @ mehr. Sharif. edu
a gholizadeh @ ghods-niroom.com

مراجع مختلف جهت طراحی این نوع از فونداسیون‌ها، به موارد مهمی که لازم است در طراحی آن مدنظر قرار گیرد اشاره شود. در طراحی این فونداسیون‌ها لازم است تبعات ناشی از ماهیت دینامیکی بارهای وارد بر فونداسیون در قالب ضوابط استاندارد برای اجتناب از پدیده تشدید و محدود کردن دامنه ارتعاش فونداسیون در نظر گرفته شود. علاوه بر این لازم است فشار خاک زیر فونداسیون تحت اثر بارهای ثقلی استاتیکی نیز در حاشیه اطمینان مناسبی از رفتار غیرارتجاعی قرار گیرد. زیرا در غیر این صورت تکرار بارهای دینامیکی می‌تواند در درازمدت سبب افزایش تغییر شکل ماندگار خاک و نشست فونداسیون شود و بهمین دلیل محدودیت تنش مجاز خاک زیر فونداسیون ماشین‌آلات ارتعاشی حتی تحت اثر بارهای ثقلی استاتیکی نیز سخت‌گیرانه‌تر از محدودیت آن در ارتباط با دیگر فونداسیون‌هاست.

۱۱- مراجع

- Prakash S., "Soil Dynamics", McGraw-Hill, 1981.
- O'Reilly M.P., Brown S.F., "Cyclic Loading of Soils", Blackie, 1991.
- Bowles J.E., "Foundation Analysis and Design" McGraw-Hill, 1988.
- USA. Department of Defense Handbook, "Soil Dynamics and Special Design Aspects", 1997.

آقای امین قلی‌زاده دارای لیسانس مهندسی عمران - عمران از دانشگاه صنعتی شریف و فوق‌لیسانس مهندسی عمران - سازه از دانشگاه صنعتی شریف بوده و در حال حاضر دانشجوی دکترا در رشته عمران - سازه در همین دانشگاه



بیوگاز

زیبا آیتی
کارشناس ارشد محیط زیست - مدیریت مهندسی نیروگاههای بخار

چکیده:

با افزایش روزافزون مصرف انرژی در جهان و محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی بعنوان منابع در دسترس، بشر با این واقعیت مواجه شده است که در حال حاضر برای بخشی از انرژی مورد نیاز و برای تمام نیازهای آتی خود به انرژی، بایستی در فکر استفاده از منابع تجدیدپذیر باشد. بیوگاز، کاربرد نوعی تکنولوژی است که منبع تولیدکننده انرژی آن، ضایعات و پسماندهای انسانی، حیوانی و گیاهی بوده و پسماند تولیدی خود فرایند بیوگاز، در حد صفر است. در واقع محصولات تولیدی این نوع واحدها، بیوگاز و لجن هضم شده است که مصرف آنها عمدتاً برای تولید انرژی و کود مورد مصرف در کشاورزی است. بیوگاز، گازی غیر سمی است که در ترکیب با هوا به رنگ آبی می‌سوزد بدون آنکه تولید بو و دود کند. لجن تولیدی آن نیز غنی از نیتروژن، دی‌اکسید فسفر و دی‌اکسید پتاسیم است که در کشاورزی می‌تواند مورد مصرف قرار گیرد. بنابراین فرایند بیوگاز نه تنها محیط زیست را آلوده نمی‌کند بلکه به حذف و زدودن آلودگی‌ها از آن کمک شایانی می‌نماید.

مقدمه:

بیوگاز از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است که می‌توان از آن بعنوان منبع تولید انرژی‌های نظیر انرژی الکتریسیته، انرژی گرمایشی و حتی پخت و پز در صنایع و منازل استفاده نمود. برای تولید بیوگاز می‌توان از باقیمانده‌های غلات، گیاهان آبرزی و فضولات حیوانات استفاده کرد. فضولات دامی بسیار آلوده بوده و حاوی انواع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است که با ورود به محیط زیست بخصوص آب‌های آزاد می‌توانند علاوه بر گسترش انواع بیماری‌ها با کاهش BOD آب رودخانه‌ها، سبب از بین رفتن ماهیها شوند. هضم غیرهوازی فضولات و ضایعات فرایندی است که علاوه بر تولید انرژی می‌تواند آلودگی را با کاهش و حتی حذف کامل آن کنترل کند. از آنجا که هضم بی‌هوازی، فرایندی ساده بوده و عملیات نیاز به سیستم‌های گسترده با کنترل پیچیده

ندارد از این نوع سیستم‌ها می‌توان در سطح وسیع در روستاها و حتی شهرها استفاده کرد. وجود سالیانه ۱۵ میلیون تن ضایعات جامد شهری و تولید $4/6 \times 10^9 m^3$ فضلاب شهری و انواع پسابهای صنعتی در کشور و رشد روزافزون مصرف انرژی و نیز محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی، توجه به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر "بیوگاز" را بیش از پیش نشان می‌دهد.

۱- کیفیت و ترکیب بیوگاز

بیوگاز مخلوطی از گازهای متان و دی‌اکسید کربن است. علاوه بر این بیوگاز دارای مقادیر ناچیزی از نیتروژن، هیدروژن، منوکسید کربن، سولفید هیدروژن، بخار آب و براساس شرایط و مواد ورودی است. ترکیب بیوگاز و ترکیب لجن حاصل از فرایند بیوگاز در ذیل نشان داده شده است:



ترکیب بیوگاز	درصد
متان (CH_4)	۵۵-۷۰
دی اکسید کربن (CO_2)	۳۰-۴۵
نیتروژن (N_2)	۱-۲
هیدروژن (H_2)	ناچیز
مونوکسید کربن (CO)	ناچیز
سولفید هیدروژن (H_2S)	ناچیز

ترکیب لجن حاصل از فرایند بیوگاز	درصد
نیتروژن (N_2)	۱/۵
پنتا اکسید فسفر (P_2O_5)	۰/۴
اکسید پتاسیم (K_2O)	۲/۲

۲- تاریخچه بیوگاز در ایران

تاریخچه استفاده از فرایند بیوگاز در ایران به صدها سال پیش بر می گردد. تحقیقات نشان می دهد گرمایش حمام شیخ بهائی در اصفهان با فرایند بیوگاز بوده است.

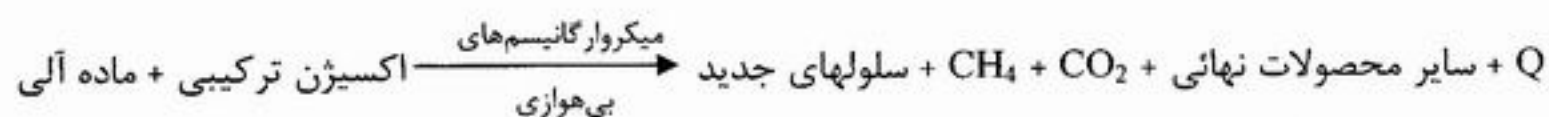
تحقیقات و پیشرفت های اخیر سی ساله در زمینه بیوگاز در کشور سرعت زیادی داشته است. برای مثال در سال ۱۹۷۵ در دهکده نیاز آباد لرستان یک سیستم تولید متان از مواد زاید حیوانی طراحی و ساخته شده است. این سیستم با ظرفیت 5m^3 قادر بود از بیوگاز حاصل از فضولات گاوی، آب یک حمام را گرم کند. در سال ۱۹۸۰ دو واحد کوچک در مقیاس آزمایشگاهی در دانشگاه بوعلی سینای همدان ساخته شد. در سال ۱۹۸۱ نیز دانشگاه صنعتی شریف یک واحد آزمایشگاهی با ظرفیت 3m^3 از فضولات دامی ساخت.

پس از آن یک مرکز در سازمان انرژی اتمی ایران بنا شد و وزارت نیرو تحقیقات خود را در زمینه بیوگاز در این مرکز آغاز نمود. در ادامه تحقیقات ۱۰ واحد تولید بیوگاز توسط وزارت نیرو در سیستان و بلوچستان، ایلام و کردستان ساخته شد.

در ادامه تحقیقات در زمینه بیوگاز، جهاد سازندگی مرکزی ۴۰ واحد در دهکده های مختلف ساخت. علاوه بر آن یک مرکز مطالعاتی در کرج تحت نظارت وزارت کشاورزی و دانشگاه عباسپور تهران فعالیت هایی در زمینه بیوگاز داشته است. بین سالهای ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۵ جهاد دانشگاهی دانشکده کشاورزی کرج یک واحد 3m^3 راه اندازی کرده است. سازمان انرژی اتمی نیز در سال ۱۹۹۸ در جزیره کیش یک واحد به حجم $13/2\text{m}^3$ و واحد دیگری به حجم 68m^3 در ماهدشت کرج برای مقاصد آموزشی و تحقیقاتی ساخته است.

۳- مبانی فرایند هضم بی هوازی

در هضم بی هوازی از میکروارگانیسم هایی استفاده می شود که در محیط های فاقد اکسیژن مولکولی و حاوی مواد آلی به عنوان مواد غذایی به خوبی رشد می کنند. میکروارگانیسم ها با اکسیداسیون مواد آلی و طی فرایند ساده، سلولهای جدید، انرژی برای ادامه حیات میکروارگانیسم ها و برخی محصولات نهایی گازی شکل نظیر متان و دی اکسید کربن تولید می کنند. معادله عمومی فعالیت بی هوازی عبارتست از:



منابع اکسیژن ترکیبی شامل رادیکالهای CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} می باشد.

هاضم، یکی از تجهیزات اصلی در فرایند هضم بی هوازی است. انواع هاضم‌های مورد استفاده براساس جامدات محتوی خوراک ورودی و براساس فاکتورهای سرمایه‌گذاری و تقاضا از سیستم بیوگاز، نیاز به محصولات تولیدی بیوگاز و یا حتی حذف آلودگی می‌تواند متفاوت باشد.

گاز تولیدشده در هاضمی که خوب راهبری می‌شود حاوی ۷۵-۵۵ درصد متان، ۴۵-۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و مقادیر ناچیزی گازهای دیگر نظیر NH_3 , H_2S , N_2 و H_2 است که وجود بسیار کم گازهای NH_3 و H_2S در بیوگاز موجب کنترل بوی ناشی از فضولات و ضایعات هضم نشده می‌شود. قسمتی از دی‌اکسیدکربن حاصل از فعالیت‌های میکروبی با آب موجود واکنش نشان می‌دهد تا سیستم بافری بی‌کربنات را تشکیل دهد که در فرایند هضم حائز اهمیت است. در هاضمی که خوب راهبری می‌شود، اسیدهای آلی با همان سرعت تولید می‌شوند. سیستم بافری بیکربنات به راهبری انعطاف می‌بخشد زیرا اسیدها می‌توانند تا حد مشخصی بصورت موقت سریعتر از نرخ تجزیه خود تولید شوند و سیستم بافری pH را در حد مناسب حفظ می‌کنند ولی اگر مقادیر بیش از حد اسید تولید شود، برسیستم بافری غالب شده و افت نامطلوب pH روی می‌دهد که متان سازها را محدود خواهد نمود. متان سازها به pH، ترکیب سوبسترات و دما حساس هستند. اگر pH به زیر ۶ افت کند تولید متان متوقف می‌شود.

۴- مزایای تکنولوژی هاضم‌های بیوگاز

تکنولوژی هاضم‌های بیوگاز چندین مزیت نسبت به دیگر روشهای تولید انرژی دارند. اول اینکه خوراک این نوع سیستم‌ها مواد بیولوژیکی

تجدیدپذیر هستند که تا موجودات زنده در کره زمین زندگی می‌کنند قابل دسترس بوده و تمام شدنی نیست. از طرف دیگر نصب واحدهای بیوگاز، راهبری و تولید بیوگاز بسیار ساده است. همچنین بیوگاز از جمله سوخت‌های پاک است که در نتیجه مصرف آن کاهش بیماریهای ناشی از سوختن سوخت‌های کثیف را سبب می‌شود. با مصرف بیوگاز بجای چوب در روستاها و کشورهای فقیر اعضای خانواده بخصوص زنان و کودکان از جمع‌آوری چوب، تمیز کردن دودکش و نیز دفع فضولات دامی آسوده می‌شوند.

بالاخره فرایند بیوگاز، کود با کیفیت بالا تولید می‌کند. از آنجا که لجن تولیدی توسط باکتریهای متان‌ساز تولید می‌شوند بنابراین عاری از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است. بنابراین هاضم‌های بیوگاز می‌توانند با دریافت فضولات دامی و انسانی و تبدیل آنها به گاز و لجن سهم مهمی در کاهش آلودگی‌های محیط‌زیست بخصوص آبهای سطحی و زیرزمینی داشته باشند. لجن تولیدی نیز سرشار از نیتروژن و فسفر است که می‌تواند در کاهش مصرف کودهای مصرفی با پایه نفتی و شیمیایی که خودآلوده‌کننده محیط‌زیست، خاک، آب و ... است در بهداشت و اقتصاد خانواده‌های روستائی سهم بسزائی داشته باشد.

در واقع استفاده از بیوگاز می‌تواند در کاهش و یا توقف تخریب اکوسیستم‌های حیاتی نقش مهمی داشته باشد.

۵- فاکتورهای کنترل و تبدیل فضولات به

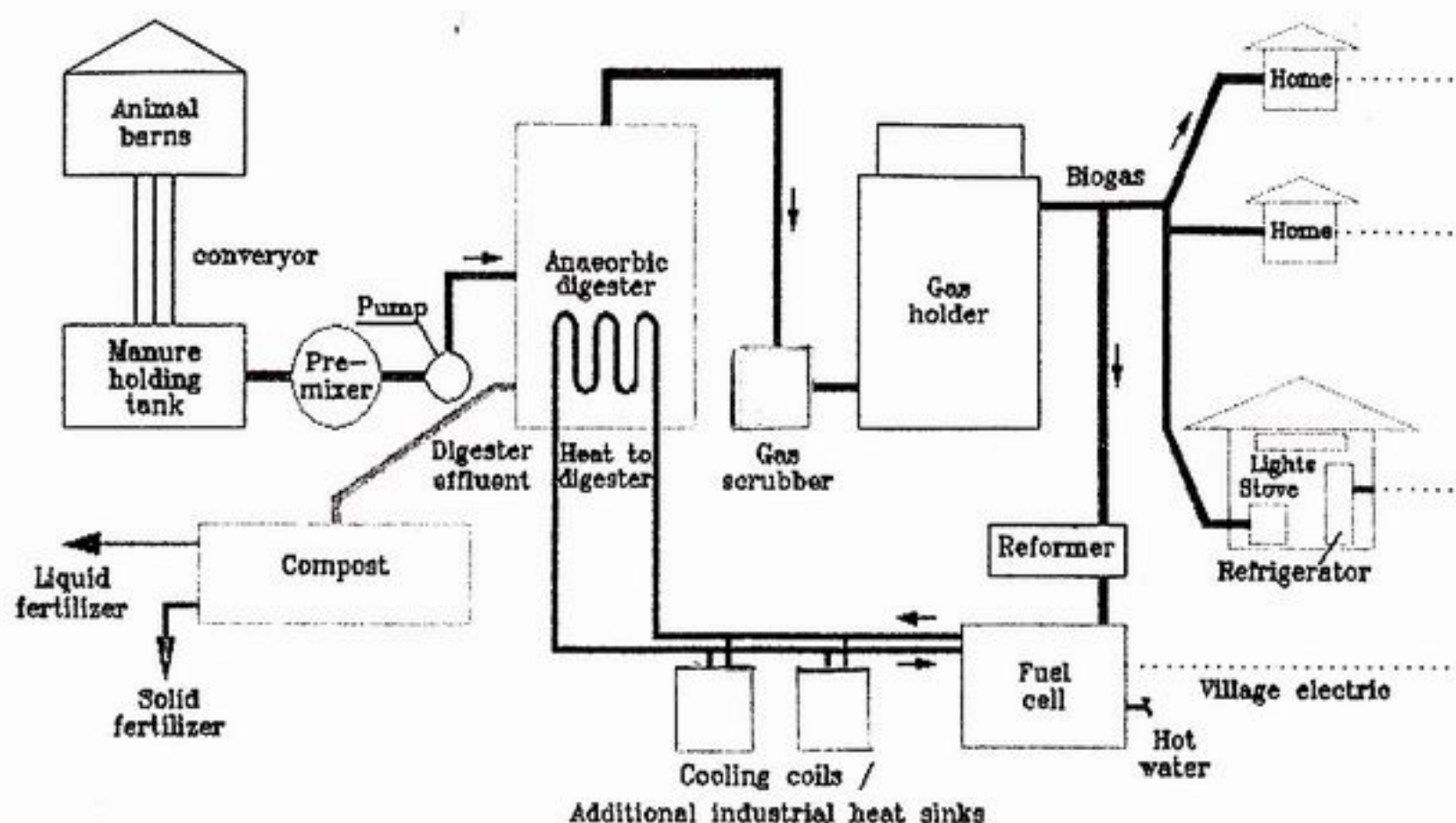
بیوگاز

سرعت و راندمان فرایند هضم بی‌هوازی فضولات و ضایعات بستگی به پارامترهای زیر دارد:

- نوع فضولات
- غلظت



BIOGAS FACILITY FLOW DIAGRAM



شکل (۱): شماتیک ساده فرایند تولید بیوگاز و مصارف آن

نسبت C/N برای تولید بیشترین مقدار ممکن بیوگاز فراهم می‌کند.

۶-۲- بخش هاضم غیرهوازی

این بخش می‌تواند شامل چندین هاضم غیرهوازی باشد که به منظور کنترل دما قسمت‌های خاصی از آنها کاملاً ایزوله شده همچنین با کویل مناسب برای گرم کردن محتوای داخل هاضم مجهز می‌شوند. پمپ‌ها و تجهیزات مناسبی در هاضم برای اختلاط و یکنواختی محتوای داخل نصب می‌شود. هاضم‌ها با سیستم آلارم حرارتی تجهیز می‌شوند و مکان‌های مناسبی برای نمونه‌برداری از محتوای داخل هاضم در نظر گرفته می‌شود. قابلیت ساخت برای هاضم با حجم کم در کشور وجود دارد ولی برای هاضم‌های با حجم بزرگ نیاز به کارشناسان کشورهای خارجی که سابقه بیشتری در این زمینه دارند، می‌باشد.

- دما
- حضور یا عدم حضور مواد سمی
- pH یا قلیائیت
- زمان ماند
- نسبت خوراک به تعداد میکروارگانیسم‌ها
- نرخ بارگذاری هاضم

۶- بخش‌های مختلف سیستم بیوگاز

سیستم بیوگاز از بخش‌ها و تجهیزات مختلفی ساخته می‌شود که عبارتند از:

۶-۱- بخش آماده‌سازی خوراک ورودی

این بخش برای آماده‌سازی و هدایت خوراکی که کیفیت و کمیت آن قبلاً برای ورود به هاضم کنترل شده، طراحی و ساخته می‌شود. از یک خردکن برای ریز کردن مواد جامد ورودی به هاضم استفاده می‌شود. این واحد با ترکیب مواد مختلف شرایط مناسبی را از نظر ترکیب غذایی و



۳-۶- بخش تصفیه و خالص سازی بیوگاز تولیدی

همانطور که گفته شد بیوگاز مخلوطی از متان، دی اکسید کربن، مقادیر کمی نیتروژن، بخار آب، H_2S و گازهای دیگر است.

وجود برخی ناخالصی های همراه متان در بیوگاز نه تنها ارزش حرارتی را کاهش می دهد بلکه با تولید اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای گوگرد موجب خوردگی تجهیزات آن می شود. به همین دلیل طراحی و ساخت فیلترهای مناسب برای جداسازی H_2O و CO_2 در واحد تصفیه بسیار مهم است. توانائی برای ساخت چنین فیلترهایی در ایران وجود دارد و استفاده از تجربیات کشورهای سازنده فیلتر با سابقه طولانی تر می تواند برای ساخت بهتر این نوع فیلترها مؤثر باشد. بمنظور کنترل ناخالصی های بیوگاز نیاز به نصب سنسورهای در تولید و خط انتقال آن می باشد، بنابراین به عنوان رکورد و گزارش ناخالصی ها بطور مداوم بایستی سنسورهایی برای تعیین H_2S و CO_2 نصب شود.

۴-۶- بخش آنالیز تولید گاز، تعیین حجم و

کنترل کننده

بمنظور داشتن رکورد از حجم دقیق بیوگاز تولیدی، نیاز به کاربرد یک جریان سنج مناسب است. از آنجاکه جریان سنج با بیوگاز تماس مستقیم دارد بایستی در مقابل خوردگی مقاوم باشد. دانستن درصد متان و میزان گازهای همراه متان در فرایند بسیار مهم است. بمنظور تعیین درصد هریک از گازها و دیگر ناخالصی های همراه متان، نیاز به تجهیزات گاز کروماتوگرافی (G.C) مجهز به دتکتورهای مخصوص می باشد.

۵-۶- بخش جمع آوری و ذخیره بیوگاز تولیدی

از آنجا که متان در ترکیب با هوا قابل انفجار است جمع آوری و نگهداری آن نیاز به تمهیدات خاص

دارد. در بعضی واحدهای کوچک، فضای گنبدی شکل در بالای هاضم برای جمع آوری و ذخیره بیوگاز تعبیه می شود. در صورتیکه در واحدهای صنعتی بزرگ، بیوگاز تولیدی از هاضم ها مستقیماً به سمت تانکهای ذخیره بزرگ شناور می رود.

مزیت استفاده از تانک های شناور ذخیره این است که در طی عملیات، فشار افت نمی کند. این تانک ها از فلز ساخته شده است و کف آن با یک لایه سیمان برای جلوگیری از خوردگی حفاظت شده است. بخش فلزی آن را می توان با لایه ای از رنگ یا دیگر مواد مناسب پوشاند.

توانایی تکنیکی ساخت تانک های ذخیره شناور با حجم کم در کشور وجود دارد ولی برای طراحی و ساخت تانک های شناور بزرگ برای صنایع و واحدهای نیروگاهی نیاز به کارشناسان و شرکت های خارجی با تجربیات بیشتر است.

۶-۶- مصرف گاز هاضم

همانطور که گفته شد گاز هاضم محتوی متان (حدود ۵۵ تا ۷۵ درصد)، دی اکسید کربن (حدود ۲۵ تا ۴۵ درصد)، بخار آب و مقادیر ناچیزی گازهای دیگر نظیر سولفید هیدروژن، هیدروژن و نیتروژن می باشد. گاز هاضم قابل انفجار بوده و سولفید هیدروژن یک گاز خورنده و سمی است. روشهای مرسوم برای مصرف گاز لجن گرمایش و تولید انرژی می باشند. هیتراهای خوراک ورودی به هاضم، گاز تولیدی را بدون تصفیه می سوزانند. با این وجود برای استفاده از آن بصورت سوخت در موتورهای احتراق داخلی یا توربین های گاز (برای به حرکت درآوردن کمپرسورهای هوا، پمپاژ ژنراتورهای تولید برق) در صورتیکه میزان سولفید هیدروژن بیش از ۱۵ درصد حجمی باشد گاز هاضم باید تمیز شود. علاوه بر آن چنانچه تأسیسات مصرف



گازگسترده باشد باید گاز را تمیز نمود تا خوردگی آن کاهش یابد. تصفیه، سولفید هیدروژن و قسمتی از دی اکسید کربن را حذف خواهد نمود، لذا باعث افزایش ارزش حرارتی سوخت بر حسب kg/m^3 می شود. سیستم جمع آوری و چرخش گاز باید دارای تجهیزات ایمنی نظیر محفظه های رطوبت گیر، شیرهای تنظیم فشار، شعله خاموش کن (Flame trap) روی خطوط منتهی به موتورها، توربین ها، مشعل ها و مشعل گاز مازاد باشد.

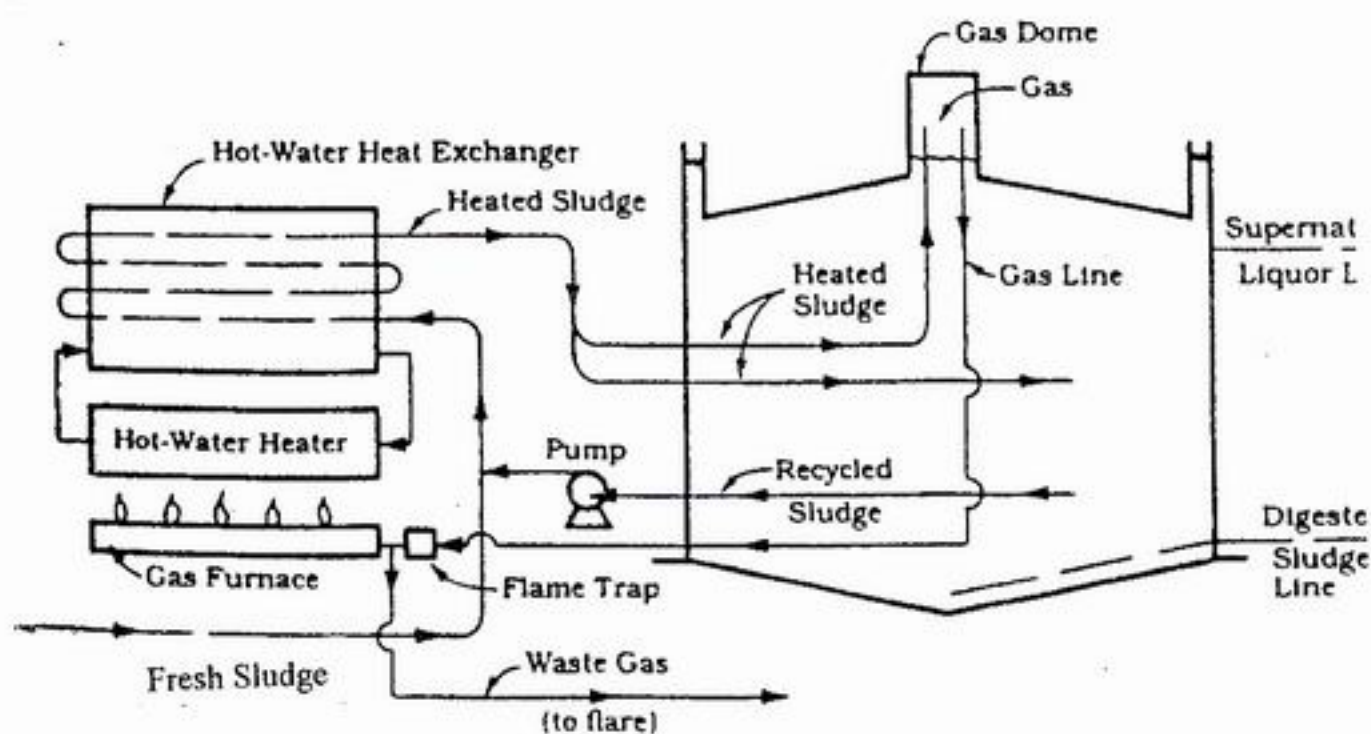
۷- نیازهای گرمایشی هاضم

در مناطق سرد و معتدل، گرم کردن هاضم در طول فصل زمستان برای حفظ دمای هاضم در محدوده مطلوب ضروری است. حرارت تأمین شده باید به اندازه ای باشد تا (۱) دمای خوراک تازه ورودی را تا رسیدن به دمای هاضم افزایش دهد. (۲) افت حرارتی هاضم از طریق دیواره ها، کف و سقف را جبران نماید.

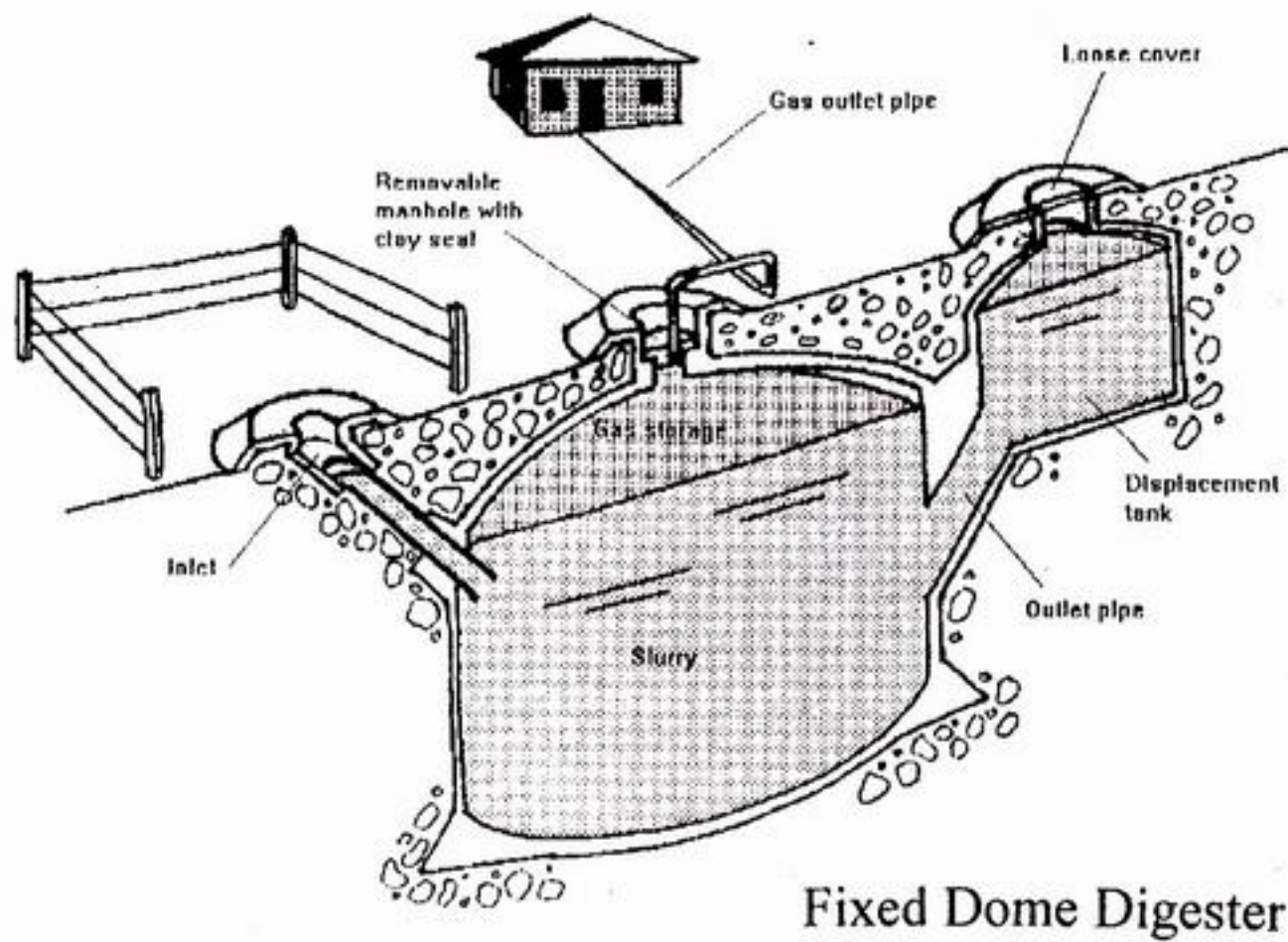
معمولاً، حرارت لازم برای افزایش دمای لجن ورودی تا دمای هاضم، بیشتر از حرارت لازم برای

جبران افت های حرارتی می باشد. فعل و انفعالات تبدیل مواد توسط میکروارگانیسم ها بخودی خود تولید انرژی و گرما می نماید ولی در آب و هوای سرد برای رساندن دمای هاضم به 35°C که برای تولید بیوگاز دمای ایده آلی است نیاز به انرژی اضافی دارد.

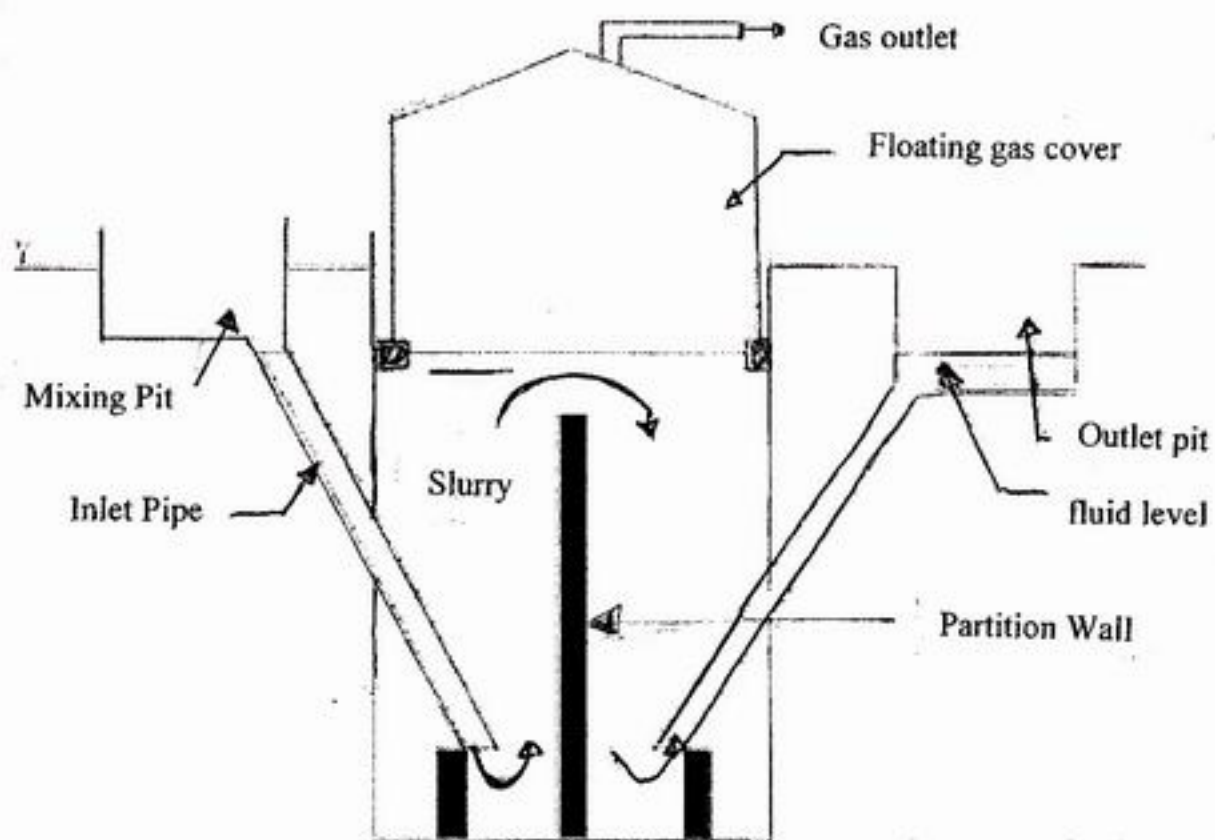
مرسوم ترین روش گرم کردن هاضم استفاده از یک هیتر آب داغ و مبدل حرارتی بیرون از هاضم و حرارت دادن لجن ورودی و برگشتی است. شکل (۲) یک هاضم با سیستم گرمایش بیرونی را نشان می دهد. اولین نوع هاضم ها از هیترهای آب داغ یا بویلرهای بیرون از هاضم استفاده می کردند بدین صورت که آب داغ در داخل لوله های مارپیچی داخل هاضم ها جریان می یافت. تجربه ها نشان داد با این روش لجن در اطراف لوله ها بصورت کیک درآمد و راندمان حرارتی را به مقدار زیادی کاهش می دهد. از آنجا که هاضم ها بندرت خالی می شوند تمیز کردن کیک از لوله ها امکان پذیر نبوده در نتیجه استفاده از یک هیتر بیرونی که لجن پمپ شده را در بیرون هاضم حرارت دهد



شکل (۲): هاضم دارای سیستم گرمایشی بیرونی



Fixed Dome Digester



Floating cover Digester

شکل (۳): شماتیک از ساختمان عمومی هاضم‌ها

مشکل کیک شدن را تا حدود زیادی می‌تواند کنترل کند. بدینصورت هیچگونه توده لجنی در لوله‌های مبدل حرارتی بوجود نمی‌آید. هاضم‌های دارای سیستم اختلاط شامل تخلیه گاز برگشتی به یک لوله صعود گاز در مرکز هاضم غالباً توسط یک مبدل حرارتی داخلی که در قسمت لوله صعود گاز قرار دارد حرارت داده می‌شود. این مبدل‌های حرارتی را می‌توان از دریچه دسترسی واقع در مرکز گنبد بیرون آورده و تمامی کیک‌های تشکیل شده را تمیز کرد.

متان‌سازها در دمای مزوفیلیک و ترموفیلیک بسیار اکتیو هستند. از عمده‌ترین میکروارگانیسم‌های متان‌ساز می‌توان به Methanococcus و Methanobacterium اشاره نمود.

۸- ساختمان عمومی هاضم‌ها

اغلب هاضم‌ها به دو صورت "Fixed Dome Digester" و "Floating Cover Digester" طراحی و ساخته می‌شوند. شمائی از دو طرح در شکل (۳) دیده می‌شود. در هر دو طرح، هاضم خوراک را با یک لوله ورودی دریافت می‌کند. مخازن فوق عموماً با مصالح ساختمانی از جمله سنگ، سمنت و آجر [FAO, 1997] با ملات سیمان ساخته می‌شوند. تفاوت عمده بین این دو نوع هاضم در طراحی نوع

سرپوش آن است. این سرپوش برجسته اجازه می‌دهد که بیوگاز در یک فشار ثابت برای حجم‌های گازی متفاوت ذخیره شود.

۹- تعیین اندازه واحدهای تولید بیوگاز

برای انتخاب واحدهای تولید بیوگاز، دو فاکتور مهم بصورت زیر مطرح می‌باشد:

- (۱) مواد تجزیه‌پذیر بیولوژیکی قابل دسترس
 - (۲) میزان مورد نیاز بیوگاز و قابلیت مصرف آن
- برای تولید بیوگاز بعنوان مواد اولیه می‌توان از باقیمانده‌های غلات، گیاهان آبی و فضولات دامی و انسانی استفاده کرد. باید توجه داشت همه منابع به یک میزان گاز تولید نمی‌کنند ولی برای تولید بیوگاز اساساً فضولات دامی بکار می‌رود.

برای راه‌اندازی یک سیستم گاز در وهله اول میزان و نوع فضولات قابل دسترس بایستی مشخص شود پس از آن می‌توان براساس نوع فضولات و میزان مصرف بیوگاز در مورد حجم و اندازه هاضم بیوگاز، تصمیم‌گیری کرد.

جدول (۱) احشام مورد نیاز برای ظرفیت واحدهای مختلف و اندازه مناسب هاضم برای خانواده‌ها و جدول (۲) میزان بیوگاز مورد نیاز برای فعالیت‌های مختلف را داده‌است.

جدول (۱): تعداد احشام (گاو) مورد نیاز برای ظرفیت‌های مختلف

واحدها و مرتبط با تعداد افراد خانواده

تعداد تقریبی افراد خانواده	تعداد احشام تقریبی مورد نیاز	میزان فضولات خام مورد نیاز روزانه (kg)	سایز واحدها (m ³)
۱-۴	۲-۴	۲۵	۱
۵-۸	۴-۵	۵۰	۲
۹-۱۲	۶-۸	۷۵	۳
۱۳-۱۶	۹-۱۰	۱۰۰	۴
۱۷-۲۲	۱۱-۱۵	۱۵۰	۶
۲۳-۲۶	۱۳-۱۶	۲۰۰	۸
۲۷-۳۲	۱۷-۲۰	۲۵۰	۱۰



جدول (۲): میزان بیوگاز مصرفی و مورد نیاز برای فعالیتهای مختلف

Quantities of Biogas Required for Different Applications			
S.No.	Use	Specification of Appliances	Quantity of Gas Required
1	Cooking	2" Burner, 0.33 cu. M/hr 4" Burner, 0.47 cu. M/hr 6" Burner, 0.64 cu. M/hr (@ 55-60% efficiency)	0.3 cu. M. per day per person
2	Lighting	100 Candle power lamp	0.15 cu.M. per hr.
3	Motive Power	75-80% replacement of diesel in dual fuel engine	0.50 cu.M. per bhp hour

۱۰- نتیجه گیری

مطالعات نشان می دهد ایران قابلیت تولید سالیانه ۱۰۰۸ میلیون مترمکعب بیوگاز از فضولات دامی، ضایعات جامد شهری، پسابهای صنعتی و مواد زاید کشاورزی را دارد. از طرفی با امکان حذف ۱۵ میلیون تن ضایعات جامد شهری و $4/6 \times 10^9$ مترمکعب فاضلاب شهری و انواع پسابهای صنعتی در کشور با سیستم بیوگاز علاوه بر تولید انرژی ارزان می توان از انتشار انواع آلودگیها و بیماریها جلوگیری نمود.

با توجه به جدول (۲) برای مجموع مصارف پخت و پز و روشنایی هر فرد با فرض ۱۰ ساعت در روز برای روشنایی و جمعیت ۷۰ میلیون نفری کشور، خواهیم داشت:

$$\text{مترمکعب میزان مصرف هر نفر در روز} = 1/8 = 0/3 + (0/15 \times 10)$$

$$1008 \times 10^6 \div (1/8 \times 365) = 1/53 \times 10^6$$

$$1/53 \times 10^6 \div (7 \times 10^7) = 0/02$$

در واقع با استفاده از بیوگاز می توان مصارف خانگی ۲٪ از مردم کشور (بجز مصارف گرمایشی) را تأمین نمود.

بنابراین از آنجا که تولید بیوگاز فرایند ساده ای داشته و عملیات آن نیاز به سیستم های گسترده با کنترل پیچیده ندارد از این نوع سیستم ها می توان در سطح وسیع در روستاهای کشور که خود منابع تولید را در اختیار دارند یا حتی در شهرها برای تولید انرژی ارزان و حذف آلودگیها بهره جست.

لازم به ذکر است این برآورد تنها برای درک میزان و حجم بیوگاز قابل تولید در کشور بوده و اگر حتی بتوان ۲٪ نیاز کشور به انرژی را با این سیستم تأمین نمود، میزان قابل توجهی در انرژی تولیدی نیروگاهها صرفه جویی خواهد شد.

۱۱- مراجع

مقالات برگرفته از اینترنت با عنوان:



- 1- Biogas Incentive In Iran
- 2- Anaerobic Digestion of animal wastes:
Factors to consider
- 3- Energy In the World.

۴- واحدهای عملیاتی و فرایندی در مهندسی محیط زیست، ترجمه: ایوب ترکیان

خانم زیبا آیتی فارغ‌التحصیل ۱۳۷۱ در رشته مهندسی شیمی از دانشگاه صنعتی شریف و فوق‌لیسانس مهندسی عمران - محیط‌زیست از دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۷۶ می‌باشد. خانم مهندس آیتی در شرکتهای مهندسین مشاور یکم، مرکز تحقیقات نیرو، جازیکا و دانشگاه تربیت مدرس جمعاً به مدت ۹ سال فعالیت داشته و از اردیبهشت ماه ۱۳۸۲ همکاری خود را با قدس‌نیرو آغاز نموده‌است. زمینه‌های کاری و علاقمندی ایشان ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، مدیریت جمع‌آوری زباله، تصفیه آب و فاضلاب و آلودگی هوا می‌باشد.

Zibayati@yahoo.com



استفاده از روش FMEA در ارزیابی و تحلیل ریسک حوادث در یک شرکت برق منطقه‌ای

شهرزاد خسروی

کارشناس کنترل پروژه - معاونت مهندسی شبکه‌های انتقال و توزیع

کلید واژه‌ها: حوادث در صنعت برق، ارزیابی و تحلیل ریسک، نمره اولویت ریسک (RPN)

چکیده:

امروزه با گسترش رو به رشد شبکه‌های توزیع و روند خصوصی‌سازی، نگاه دقیق به حوادث برق از جایگاه خاصی برخوردار است. بروز حوادث نه تنها ناشی از چیدمان و طراحی سیستم توزیع، و ادوات به کار برده شده‌است، بلکه مسائلی نظیر نصب، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات را نیز در بر می‌گیرد. در این راستا، تجزیه و تحلیل حوادث به منظور دست یافتن به شبکه برق ایمن‌تر و با قابلیت اطمینان بالاتر، از جایگاه خاصی برخوردار است.

ریسک خطرات یکی از نشانگرها برای درک و نمایش خطرات و اهمیت و الویت‌بندی آنها و تجزیه و تحلیل حوادث است. امروزه ارزیابی ریسک با روشها و متدولوژی‌های متفاوتی ارائه می‌شود که هر یک یا به نحوی پیچیدگی داشته یا به صورتی ساده‌انگارانه با مسائل برخورد می‌کنند. در این بررسی تلاش شده‌است، مراحل عملی اجرای یک روش کاربردی و کامل ارزیابی ریسک و تجزیه و تحلیل پتانسیلهای خطر را که شاید به نحوی برگرفته از روش FMEA¹ است ارائه شود، به نحوی که به سادگی قابل اجرا و پیاده‌سازی بوده و در عین حال کلیه مفاهیم و اطلاعات لازم را در بر گرفته و الزامات سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OHSAS18001)² را نیز پوشش دهد. در این راستا به تکمیل فرمهای مربوطه در یک شرکت برق منطقه‌ای به منظور مطالعه موردی پرداخته شد تا هر چه بیشتر توانمندی فرم نشان داده شود و از تجربیات کسب شده به منظور تعدیل فرم استفاده شود. در این مقاله به ذکر چند مورد از فرمهای پر شده مذکور اکتفا می‌شود.

مقدمه:

اختراع برق مهم‌ترین پدیده تمدن بشر بوده، و میزان تولید آن یکی از عوامل تعیین‌کننده رفاه بشری است. به طوریکه تقریباً تمام وسایل بشری توسط نیروی برق به کار می‌افتد و انسان به عنوان مصرف‌کننده این نیرو می‌باشد. بنابراین فراهم آوردن شرایطی که انرژی الکتریکی به صورت ایمن و بی‌خطر در اختیار مصرف‌کنندگان

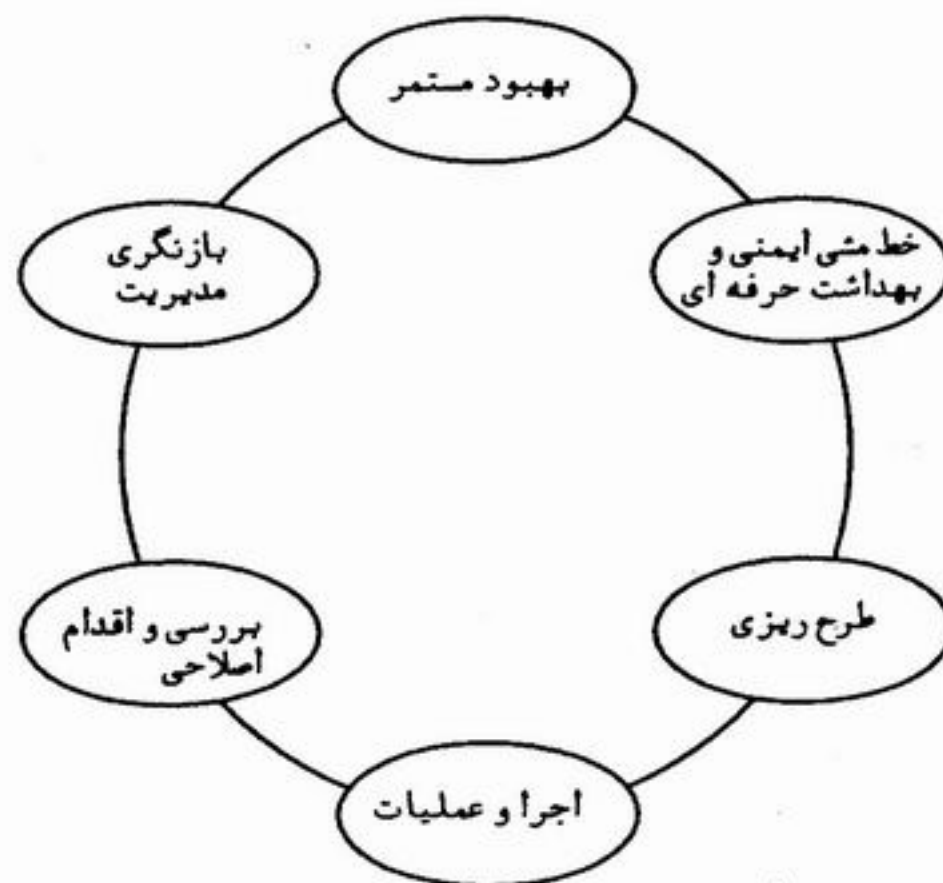
قرار گیرد مهم است، زیرا خطای ناشی از انرژی الکتریکی در نوع خود یکی از مهلک‌ترین حوادث محسوب می‌شود. اگرچه از دیرباز، علل حوادث و عوارض ناشی از کار، اعمال ناایمن یا شرایط ناایمن و غیربهداشتی عنوان شده‌است اما چند دهه

1- Failure Mode & Effect Analysis.
2- Occupational Health & Safety
Assessment Series.

پیروی از این دیدگاه در تلاش برای بهبود شرایط ایمنی و بهداشتی محل‌های کار، ثابت نمود که این دو عامل، علل ثانویه بوده و علل ریشه‌ای (اولیه) وجود آنها، نقص در سیستم مدیریت سازمان‌ها و به عبارتی، نبود یک سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت در سازمان می‌باشد. امروزه سازمان‌ها دریافته‌اند که هنگامی امکان بهبود مداوم و واقعی در عملکرد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای وجود دارد که این عملکرد، قابل اندازه‌گیری باشد و دستیابی به این امر، یعنی پایش مداوم اندازه‌گیری عملکرد، فقط از طریق ایجاد یک سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای میسر است. از جمله سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای که از دهه ۹۰ به بعد در سازمان‌ها رایج گردیده و بطور فزاینده مورد استقبال قرار

گرفته است سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای مبتنی بر استاندارد OHSAS 18001 می‌باشد.

این استاندارد با همکاری ۱۳ سازمان منجمله تعدادی از مراجع صدور گواهینامه و با محوریت استاندارد BS 8800 تدوین گشته و رسماً از ۱۵ آوریل ۱۹۹۹ نافذ گردید. از ویژگی‌های این استاندارد، سازگاری دقیق با استانداردهای ISO 9001 و ISO 14001 می‌باشد و مانند آنها یک سیستم مدیریتی مبتنی بر ممیزی است. سازمان‌های زیادی منجمله تعداد محدودی از سازمانهای کشورها، موفق به دریافت گواهینامه استاندارد OHSAS 18001 از مراجع صدور گواهینامه شده‌اند. عناصر اصلی استاندارد OHSAS در شکل (۱) نشان داده شده‌اند.



شکل (۱)

جایگاه ارزیابی ریسک در سیستمهای مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در استاندارد OHSAS 18001 که از الزامات عنصر طرح‌ریزی (بند 4-3) می‌باشد، بدین شرح است:

1-3-4- طرح‌ریزی برای شناسایی خطر، ارزیابی و کنترل ریسک

سازمان باید روش‌های اجرایی برای شناسایی پیشاپیش خطرات و ارزیابی ریسکها و اجرای اقدامات کنترلی ضروری، تدوین و برقرار نماید. این روش‌ها باید در برگیرنده موارد زیر باشند:

- فعالیت‌های عادی و غیرعادی
- فعالیتهای همه کسانی که به محل‌های کار دسترسی دارند (از جمله پیمانکاران فرعی و بازدیدکنندگان).

- تسهیلات و امکانات محل کار خواه متعلق به سازمان یا دیگران باشد.

سازمان باید اطمینان حاصل نماید که نتایج این ارزیابی‌ها و اثرات این کنترل‌ها همگام با تعیین اهداف ایمنی و بهداشت حرفه‌ای مدنظر قرار می‌گیرند. سازمان باید اطلاعات را مستند نموده و آنها را به روز نماید.

روش سازمان برای شناسایی خطر و ارزیابی ریسک باید:

- متناسب با دامنه، ماهیت و زمانبندی تعریف شود تا اطمینان حاصل گردد که انفعالی نبوده و فعالانه (بازدارنده) هستند.

- امکان طبقه‌بندی ریسک‌ها و شناسایی آنها که باید توسط اقدامات مندرج در سایر بندهای استاندارد، حذف یا کنترل شوند را فراهم نماید.

- با تجارب عملیاتی و قابلیت‌های اقدامات کنترل ریسک بکار گرفته شده، همخوانی داشته باشد.

- برای تعیین نیازمندیهای سازمان، شناسایی نیازهای آموزشی و ارائه کنترل‌های عملیاتی، ورودی در اختیار قرار دهد.

- امکان پایش اقدامات مورد نیاز برای حصول اطمینان از اثربخشی و به موقع بودن اجرای آنها را فراهم نماید.

امروزه ارزیابی ریسک بعنوان یکی از پایه‌های اصلی و به تعبیری قلب یک سیستم مدیریت ایمنی (OHSAS 18001) به حساب می‌آید که می‌کوشد با یک نگرش سیستماتیک خطرات و عوامل حوادث را شناسایی نموده و خطرات را رده‌بندی نماید و پس از آن با یک برنامه بهبود مستمر به رفع موانع و خطرات بپردازد.

۱- تحلیل ریسک به روش FMEA

FMEA، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، روش سیستماتیک فنی است که می‌تواند خطاها و مشکلات بالقوه را در یک سیستم، طرح محصول^۱، فرایندهای تولید محصول^۲ و هرگونه فعالیت از جمله فعالیتهای خدماتی، تعمیراتی و..... را تعیین نموده و برطرف کند. چنانچه تجزیه و تحلیل عوامل شکست به طور صحیح و مناسب هدایت شود حاصل آن اطلاعات مفیدی است که کاهش خطر و نقص در سیستم، طرح محصول، فرایندهای تولید محصول و ارائه خدمات مربوطه را به همراه خواهد داشت. اگر این روش به شکلی صحیح و منطقی اجرا شود باعث افزایش کارایی و بهره‌وری خواهد شد.

FMEA یکی از روشهای تجزیه و تحلیل نظام‌مند است که در دسته فنون قیاسی جای داشته و روشی نیمه کمی است که برای نخستین بار در دهه ۵۰ در

1- Design FMEA.

2- Process FMEA.

ارزیابی ریسک خطرات ایمنی سیستماتیک سخت‌افزاری مربوط به برنامه‌های هوا - فضایی و برنامه‌های وزارت دفاع در ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفت. پس از چند دهه استفاده از FMEA در ایمنی، هم اکنون این روش به عنوان ابزاری موثر و کارا در فنون مهندسی کیفیت نیز جای خود را باز نموده، حتی در بعضی استانداردها (QS 9000) جزء الزامات است.

FMEA در ظاهر فقط یک فرم و یک قالب به نظر می‌رسد اما در حقیقت یک فرایند است و آنچه که به این فرم ارزش و اعتبار می‌بخشد محتوای آن است که ارزش آن تا حدود زیادی به تجربه بودن و جامعیت دیدگاه کسانی بستگی دارد که آن را مورد استفاده قرار می‌دهند.

این روش برای ارزیابی ایمنی تهیه می‌شود و وجوه ایمنی فعالیتها یا رویه‌هایی که با فرایندهای موجود (تجزیه و تحلیل خطرات فرایند، بازبینی خطر فرایند، گزارش بررسی ایمنی و ...) که بر پایه خطرات بالقوه شناسایی شده توسط پرسنل یا سایر فرایندها (از قبیل ارزشیابی‌ها، تعداد وقوع، شدت آسیب‌ها، برنامه خودارزیاب و ...) سنجیده نمی‌شود را ارتقاء می‌دهد.

FMEA روشی است سیستماتیک که به دلایل:

الف) شناسایی و اولویت‌بندی حالات بالقوه خرابی

در یک سیستم، محصول فرایند یا سرویس

ب) تعریف و اجرای اقداماتی به منظور حذف یا

کاهش میزان وقوع حالات بالقوه خرابی

ج) ثبت نتایج تحلیل‌های انجام شده به منظور

فراهم کردن مرجعی کامل برای مشکلات در

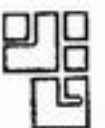
آینده، انجام می‌گیرد.

این تکنیک تحلیلی و متکی بر قانون "پیشگیری قبل از وقوع" است که برای شناسایی عوامل بالقوه خرابی به کار می‌رود. دلیل طرح‌ریزی این تکنیک

آن است که یک اقدام قبل از واقعه باشد نه یک تمرین بعد از آشکارشدن مشکلات.

به بیانی دیگر، یکی از تفاوت‌های اساسی FMEA با سایر تکنیک‌های کیفی این است که FMEA یک اقدام کنشی است، نه واکنشی. اگر درست و به موقع انجام شود، فرایندی زنده و همیشگی است، یعنی هر زمان که قرار است تغییرات بنیادی در طراحی محصول یا فرایند تولید انجام گیرد باید به روز شوند، لذا همواره ابزاری پویاست که در چرخه بهبود مستمر به کار می‌رود. برای تهیه فرم FMEA ابتدا می‌بایست یک تیم (توصیه می‌شود که تعداد افراد تیم بیشتر از ۶ نفر نباشد) تشکیل شود. سپس با توافق اعضاء به تهیه فرم پرداخته شود، به گونه‌ای که بتواند سؤالاتی را در موارد زیر مطرح نماید: "تحت چه شرایطی محصول نمی‌تواند نیازهای فرایند را انجام دهد (خطر)؛ حالات خرابی چه تأثیری برخواسته مصرف‌کننده خواهد داشت (پیامد)، سپس اثر خرابی براساس رتبه‌بندی ۱ تا ۱۰ که چه شدتی دارد (عدد شدت)؟ احتمال وقوع علل خرابی براساس رتبه‌بندی ۱ تا ۱۰ چقدر است (احتمال بروز حادثه)؟ میزان خطرپذیری حالات بالقوه خرابی به ازای علل مختلف چه مقدار است (محاسبه RPN)؟ RPN که از حاصلضرب شدت و وقوع به دست می‌آید، اولویت‌بندی خرابی‌ها را نشان می‌دهد. پس از محاسبه RPN در مرحله اول آنها را به صورت نزولی مرتب می‌کنیم و از خطرانی که بیشترین RPN را دارند اقداماتی کنترلی را در پستهای مورد نظر انجام می‌دهیم. دوباره RPN جدید را بعد از اقدامات کنترلی به دست می‌آوریم تا به بررسی تأثیر اقدامات در

1- Severity.



کاهش اندازه ریسک بپردازیم.

با وجود آنکه پیاده‌سازی FMEA سخت و زمان‌بر است و نیاز به دیدگاه تخصصی دارد ولی از آنجا که به تجزیه و تحلیل کلیه عوامل اصلی خطر می‌پردازد، دارای جامعیت بوده و کاربرد وسیعی در شناسایی و تحلیل خطرات و مشکلات بالقوه در سیستم، طرح محصول، فرایندهای تولید و ارائه خدمت دارد.

به منظور کاربردی‌تر کردن روش FMEA و ساده نمودن قابلیت‌های استفاده از آن می‌توان از فرم تعدیل شده FMEA استفاده نمود که در آن به اصول FMEA محدود نشده و چهره‌ای قابل انعطاف‌تر از آن ارائه می‌شود و با کمک آن می‌توان به شناسایی و ارزیابی نواقص ایمنی سیستم‌های موجود و دستیابی به اطلاعات جهت بهینه‌سازی و طراحی مجدد پرداخت.

در این روش فرم‌هایی مانند نمونه ذکر شده در این مقاله می‌تواند برای هر یک از پستها تعریف شود و با تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده در این فرم‌ها، به ارزیابی ریسک و تحلیل شرایط و ایجاد بهبود در وضعیت ایمنی دست یافت. لازم به ذکر است که فرم مذکور به نحوی برگرفته از روش FMEA است و با توجه به شرایط شرکت مورد بررسی، تهیه شده است و با توجه به نظر کارشناسان مربوطه بسته به استفاده و کاربرد آن می‌تواند تغییر کند.

ذیلاً به منظور شفاف‌سازی نحوه پر کردن فرم مذکور توضیحات بیشتری ارائه می‌گردد.

خطر: شناسایی اعمال و شرایط نایمنی که بالقوه می‌تواند منجر به بروز حادثه برای کارکنان و یا خرابی در سیستم شود.

پیامد: مشخص نمودن اثرات بروز نقص در اجرای سیستم یا فرایند یا روش کار

محاسبه میزان ریسک خطرات: ریسک به عنوان ترکیبی از احتمال وقوع یک پیامد مشخص و شدت پیامدهای آن بیان می‌شود. به منظور قضاوت در مورد خطرات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای برای ارزیابی ریسک، با توجه به شرایط شرکت از فرمول زیر استفاده گردید.

$$\text{شدت نتایج } S \times \text{احتمال بروز حادثه } P^1 = \text{RPN}^2$$

بدین منظور برای تخصیص عدد مربوطه در فرم FMEA از جداولی با عنوان "جدول احتمال بروز خطر" که دامنه تغییرات آن بین ۱ (تقریباً غیرممکن) و ۱۰ (اجتناب‌ناپذیر و قطعی) و "جدول شدت پیامدها" که دامنه تغییرات آن بین ۱ (قابل صرف‌نظر) و ۱۰ (شکست سیستم) بوده، استفاده گردید. شاخص ریسک بدست آمده (RPN) برای هر یک از خطرات در نهایت امکان طبقه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های ارزیابی‌شده را فراهم می‌نماید. نمونه‌ای از این نوع طبقه‌بندی برای ارزیابی‌های انجام‌شده در این واحد به شرح جدول (۱) می‌باشد: معمولاً اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی و درجه اهمیت آنها بستگی به شرایط سازمان داشته و از یک سازمان به سازمان دیگر متفاوت می‌باشد، اما بدیهی است که برای مثال ریسک‌هایی که در طبقه‌بندی "بسیار مهم" جای گرفته‌اند باید لحظه‌ای از آنها غافل نشده و کنترل مداوم یا حذف دائمی شوند.

تعیین اقدامات کنترلی: بعد از محاسبه ریسک خطرات باید اقدامات کنترلی برای حذف یا کاهش هر حادثه ارائه شود. بهترین راه حل برای کاهش حوادث، حذف منابع خطر می‌باشد ولی این راه حل همیشه ممکن نیست و گاهی اوقات باید با محدود کردن منابع خطر، شدت و یا احتمال بروز حادثه را کاهش داد.

1- Probability.

2- Risk Priority Number.

جدول (۱)

درجه اهمیت	میزان ریسک
بسیار مهم	۸۰-۱۰۰
مهم	۶۰-۸۰
اهمیت متوسط	۴۰-۶۰
کم اهمیت	۲۰-۴۰
قابل تحمل	زیر ۲۰

انجام هر اقدام کنترلی محاسبه شود. این پارامتر نشان‌دهنده میزان اثربخشی هر اقدام کنترلی در کاهش ریسک خواهد بود. در صورتیکه ریسک باقی‌مانده بالاتر از میزان ریسک قابل قبول باشد نشان‌دهنده کافی نبودن کنترلهای ارائه‌شده می‌باشد. میزان ریسک باقیمانده با در نظر گرفتن هزینه پیاده‌سازی هر اقدام کنترلی می‌تواند به عنوان معیاری برای تعیین کاربردی‌ترین کنترل به حساب آید.

۲- تحلیل ریسک حوادث برق منطقه‌ای به

کمک FMEA

برای حوادث و خطرات ایجاد شده در برق منطقه‌ای مورد نظر به تفکیک پست‌ها تحلیل ریسک انجام گرفت، به گونه‌ای که با توافق اعضاء گروه فرمهایی تهیه شد که بتواند خطرات منطقه را نشان داده، به ارائه راه‌حل و کنترل حوادث بپردازد. پس از طراحی فرم، خطرات ایجاد شده در هر پست لیست شده و پیامدهای حاصل از هر خطر معین گردید. سپس با توجه به مطالعات و پرسش‌های انجام شده از مهندسين، کارکنان و تعمیرکاران کابل‌های برق به رتبه‌بندی و عدددهی به خطرات و محاسبه RPN منجر گردید. خطراتی که بیشترین RPN را دارا بودند، اولویت‌بندی

• حذف منبع خطر (Elimination): در صورت امکان‌پذیری باید منابع خطر را حذف نمود. به طور مثال اگر تجهیزات دچار خرابی شوند باید با تعمیر آنها منبع خطر را حذف نمود.

• جایگزینی (Substitution): در برخی موارد می‌توان از مواد کم خطرتر یا روشهای کاری کم‌خطرتر به جای رویه جاری استفاده نمود.

• ایزوله کردن (Isolation): منابع خطر باید از افرادی که درگیر با انجام کار نیستند جدا شود. برای این منظور می‌توان از ایزوله کردن محیط خطرناک استفاده نمود.

• حفاظ‌گذاری (Safeguarding): برای قسمتهای متحرک ماشین‌آلات باید از حفاظ استفاده شود و هرگز نباید هنگام استفاده از ماشین‌آلات حفاظ آن برداشته شود.

• پیروی از قوانین و دستورالعمل‌های کاری

• استفاده از وسایل حفاظت فردی (PPE): در صورتی که استفاده از موارد کنترلی ذکر شده امکان‌پذیر نبوده و یا منجر به کاهش ریسک تا حد قابل قبول نگردد باید از وسایل حفاظت فردی مناسب استفاده شود. همچنین برای اطمینان از حفاظت کامل افراد در برابر حوادث وسایل حفاظت فردی مناسب بسیار مؤثر خواهند بود.

محاسبه ریسک باقی‌مانده: پس از شرح اقدامات کنترلی باید ریسک باقیمانده خطر پس از

خاصی برای انجام اقدامات کنترلی را به خود اختصاص دادند که می‌بایست به آنها توجه شود تا با این اقدامات و محاسبه دوباره RPN، از شدت و میزان ریسک آنها کاسته شود. جداول مربوط به تحلیل FMEA در ذیل آمده‌است.

۳- ارائه راهکار

روش FMEA روشی است که پس از انجام اقدامات کنترلی، معنی و ارزش می‌یابد. هدف

فعالیت‌های پیشنهادی کاهش معیارهایی است که RPN زیاد ایجاد می‌کنند. در اینجا به ارائه چند راهکار می‌پردازیم:

- ۱- استفاده از سیستم‌های change over و یا PLC در شبکه توزیع فشار متوسط.
- ۲- رینگ کردن پست‌های ۲۰ کیلوولت
- ۳- سرویس‌های دوره‌ای و منظم بر روی پست‌های توزیع

جدول (۲): فرم ارزیابی ریسک به روش FMEA

خطر	پیامد	شدت	احتمال	RPN	کنترل	شدت	احتمال	RPN
۱	فرحزاد اشکان							
اتصال کابل	خورده شدن تجهیزات (کلمپ‌ها)	۸	۸	۶۴	استفاده از مواد اولیه مناسب و مرغوب، آموزش نیروی انسانی، تجربه کاری پرسنل فنی	۷	۶	۴۲
ترکیدن پرتولین	قطع برق، قطع دزنگتور	۹	۹	۸۱	استفاده از کابل و سرکابل مناسب	۷	۷	۴۹
ترکیدن سرکابل	قطع برق	۷	۸	۵۶	پرهیز از عبور جریان آزاد از آن و اضافه بار پست‌ها به گونه‌ای که عملکرد پست‌ها در ظرفیت نامی آنها باشد	۵	۵	۲۵
۲	فرحزاد فنی							
شکستن پایه و پارگی سیم	قطع برق	۵	۸	۴۰	استفاده از مواد مرغوب و بازرسی‌های دوره‌ای	۵	۶	۳۰
جدا شدن جمپر روی شبکه هوایی	قطع فاز	۳	۵	۱۵	بررسی دوره‌ای کلمپ‌های اتصال بین جمپر و هادی	۳	۴	۱۲
۳	فرحزاد خوردین							
شکستن تیر	قطع برق و اتصال سیم‌ها	۵	۸	۴۰	افزایش مقاومت پایه بتونی با تزریق ماده اشباع گرم در ۵۰ درجه سلسیوس بالا و پایین تیر و یا با روش بانداژ با ورق آلومینیوم قیراندود نمودن	۴	۶	۲۴
شکستن مقره انکالی	کم شدن سطح عایقی مقره، سقوط یا جدا شدن هادی و اتصال سیم‌ها	۷	۷	۴۹	بررسی دوره‌ای خط، استفاده از مقره‌هایی با استقامت مکانیکی زیاد و مقره‌های مخصوص ضد آلودگی	۵	۶	۳۰
بر خورد درخت با تیر	پاره شدن سیم‌ها، اتصال کوتاه و احیاناً آتش‌سوزی	۸	۸	۶۴	حتی‌الامکان از کاشتن درخت در مسیر تیرها جلوگیری شود	۷	۷	۴۹
شاخه‌زنی	بریدن سیم توسط بعضی از اشخاص	۹	۸	۷۲	حتی‌الامکان از کاشتن درخت در مسیر تیرها جلوگیری شود	۶	۷	۴۲
۴	استقلال بنیاد							
بارندگی و باد	پایین آمدن سطح عایقی مقره‌ها و تجهیزات که سبب خطای اتصالی و نشتی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	۷	۸	۵۶	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود، و نصب Recloser و spacer در ابتدای خط	۵	۸	۴۰
ترکیدن مقره انکالی	کم شدن سطح عایقی مقره، سقوط یا جدا شدن هادی	۷	۷	۴۹	بررسی دوره‌ای خط، استفاده از مقره‌هایی با استقامت مکانیکی زیاد و مقره‌های مخصوص ضد آلودگی	۵	۶	۳۰



۱۵	۵	۳	تست کردن قبل از استفاده، در صورت عملکرد نادرست موارد زیر اعمال شود (۱) سفت کردن پیچ‌های اتصال (۲) اندازه‌گیری مقاومت در حالت وصل به آن (۳) تعیین زمان عملکرد سکسیونر	۳۰	۶	۵	عملکرد نادرست سکسیونر قابل قطع زیر بار	معیوب شدن سکسیونر قابل قطع زیر بار
۳۲	۸	۴	نصب دستگاه recloser در اول خط توزیع و دستگاه sectionalizer در انشعابات	۵۴	۹	۶	اتصال کوتاه و احیاناً پارگی خط	افتادن شی روی خط
								۵ نمایشگاه علامه
۲۴	۶	۴	پرهیز از عبور جریان زیاد از آن و اضافه بار سرکابلها به گونه‌ای که عملکرد سرکابل در ظرفیت نامی آنها باشد، عایق کاری خوب بین کابل و سرکابل	۴۸	۸	۶	قطعی برق و جدا شدن سر کابل از بدنه تیر، افتادن بر روی سیم‌های دیگر	عیب سرکابل هوایی
۴۹	۷	۷	استفاده از کابل و سرکابل مناسب	۸۱	۹	۹	قطعی برق در نکتور	ترکیدن پرتولین
۳۰	۶	۵	بررسی دوره‌ای خط، استفاده از مقره‌هایی با استحکام مکانیکی زیاد و مقره‌های مخصوص ضد آلودگی	۵۶	۸	۷	سقوط یا جدا شدن هادی	شکستن مقره
۴۰	۸	۵	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود. از نظر بهره‌برداری استفاده از Spacer استفاده از recloser در ابتدای خط	۵۶	۸	۷	پایین آمدن سطح عایقی مقره‌ها و تجهیزات که سبب خطای اتصالی و نشی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	بارندگی و باد
								۶ بهرود پیوند
۴۰	۸	۵	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود. از نظر بهره‌برداری استفاده از Spacer استفاده از recloser در ابتدای خط	۵۶	۸	۷	پایین آمدن سطح عایقی مقره‌ها و تجهیزات که سبب خطای اتصالی و نشی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	بارندگی زیاد
۳۲	۸	۴	نصب دستگاه recloser در اول خط توزیع و دستگاه sectionalizer در انشعابات	۵۴	۹	۶	اتصال کوتاه و احیاناً پارگی خط	برخورد شی با خط
۲۴	۶	۴	افزایش مقاومت پایه بتونی با تزریق ماده اشباع گرم در ۵۰ درجه سلسیوس بالا و پایین تیر و یا باروش باندا ز بارق الومینیوم قیر اندود نمودن	۴۰	۸	۵	قطعی برق و اتصالی سیم‌ها	شکستگی تیر
								۷ ستارخان فردوسی
۴۰	۸	۵	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود. از نظر بهره‌برداری استفاده از spacer و استفاده از Recloser در ابتدای خطی	۵۶	۸	۷	پایین آمدن سطح عایقی مقره‌ها و تجهیزات که سبب خطای اتصالی و نشی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	بارندگی، باد و طوفان
۱۲	۴	۳	بررسی دوره‌ای کلمپ‌های اتصالی بین جمپر و هادی	۱۵	۵	۳	قطع فاز	جدا شدن جمپر
۲۱	۷	۳	داشتن نقشه سیم‌ها در زیرزمین استفاده از نوار هشداردهنده هنگام دفن کابل	۳۵	۷	۵	بریده شدن کابل و قطعی جریان	کلنگ خوردگی
								نمایشگاه پارک وی
۳۵	۷	۵	داشتن نقشه سیم‌ها و استفاده از نوار هشداردهنده هنگام دفن کابل	۴۲	۷	۶	قطعی برق	برخورد بیل مکانیکی با کابل
۴۲	۷	۶	استفاده از مواد اولیه مناسب و مرغوب، آموزش نیروی انسانی، تجربه کاری پرسنل فنی	۶۴	۸	۸	خورده شدن تجهیزات (کلمپ‌ها)	اتصال کابل
۲۵	۵	۵	پرهیز از عبور جریان زیاد از آن و اضافه بار از سر کابل به گونه‌ای که عملکرد سر کابل در ظرفیت نامی آنها باشد، عایق کاری خوب بین کابل و سرکابل	۵۶	۸	۷	قطعی برق و جدا شدن سر کابل از بدنه تیر، افتادن بر روی سیم‌های دیگر	ترکیدن سر کابل

۲۵	۵	۵	پرهیز از عبور، جریان زیاد از آن و اضافه بار سرکابل به گونه‌ای که عملکرد سرکابلها در ظرفیت نامی آنها باشد	۵۶	۸	۷	قطعی برق و جریان	ترکیدن سر کابل هوایی
۳۲	۴	۸	محکم و متعادل بستن	۴۵	۵	۹	پاره شدن خط، اتصال کوتاه	برخورد تیر چهلوک با خط
۴۸	۶	۸	گذاشتن علامتهایی که نشان دهنده تیر قبل از محل تیر باشد، استفاده از تیرهای بتونی و محکم	۵۶	۷	۸	اتصال خطوط به یکدیگر و احیاناً پاره شدن، از بین رفتن استحکام مکانیکی تیر و فرسایش آن	برخورد اتومبیل با تیر
								۱۴ پونک رضا
۳۵	۵	۷	بررسی دوره‌ای خط استفاده از مغزه انکایی با کیفیت خوب	۴۹	۷	۷	کم شدن سطح عایقی مقرر، سقوط یا جدا شدن هادی	ترکیدن مقرر انکایی
۲۵	۵	۵	پرهیز از عبور جریان زیاد از آن و اضافه بار سرکابل به گونه‌ای که عملکرد کابل در ظرفیت نامی آنها باشد، آببندی خوب بین کابل و سرکابل	۵۶	۸	۷	جدا شدن سرکابل از بدنه تیر، افتادن بر روی خطوط دیگر و قطعی برق	ترکیدن سرکابل هوایی
۴۰	۸	۵	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود. از نظر بهره‌برداری استفاده از spacer و نصب recloser در ابتدای خط	۵۶	۸	۷	پایین آمدن سطح عایقی مقررها و تجهیزات که سبب خطای ناشی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	بارندگی، باد و طوفان
								۱۵ بهرود مجایی
۴۰	۸	۵	از نظر طراحی فاصله هادی‌ها با توجه به سرعت افقی و عمودی باد تعیین شود. از نظر بهره‌برداری استفاده از spacer و نصب recloser در ابتدای خط	۵۶	۸	۷	پایین آمدن سطح عایقی مقررها و تجهیزات که سبب خطای ناشی می‌شود، برخورد هادی‌ها، اتصال کوتاه	بارندگی و باد
								۱۶ ستارخان ژاندارمری
۳۰	۶	۵	عایق کاری خوب بین کابل و سرکابل	۴۸	۸	۶	جدا شدن سرکابل از بدنه تیر، افتادن بر روی خطوط دیگر، قطعی جریان	معیوب شدن سرکابل
۲۰	۵	۴	تست کردن قبل از استفاده، در صورت عملکرد نادرست موارد زیر اعمال شود (۱) سفت کردن پیچ‌های اتصال (۲) اندازه‌گیری مقاومت در حالت وصل به آن (۳) تعیین زمان عملکرد سکسیونر	۴۲	۷	۶	عملکرد نادرست سکسیونر	معیوب شدن سکسیونر
۱۰	۵	۲	بررسی دوره‌ای کلمپ‌های اتصالی بین جمپر و هادی	۱۵	۵	۳	قطع برق	جدا شدن جمپر

- ۱۰- اطمینان از مرغوبیت کالاهای خریداری شده
- ۱۱- طراحی مناسب و انجام اقدامات اصلاحی و نوسازی
- ۱۲- استفاده از فناوری‌های جدید
- ۱۳- تعیین pH خاک جهت نصب پایه‌ها و احداث شبکه هوایی و روشنایی معابر و تعیین مقاومت مخصوص خاک در طرح‌های کابل کشی
- ۱۴- رعایت شعاع خمش

- ۴- بازدید از خطوط توسط افراد مجرب
- ۵- استفاده از فیوزهای متناسب با جریان مجاز کابل و از نوع مرغوب
- ۶- جلوگیری از خوردگی خطوط در طول مسیر شبکه
- ۷- رعایت استانداردها در زمان اجرای پروژه‌های کابل کشی
- ۸- رعایت طول مجاز شبکه
- ۹- جلوگیری از افزایش بار در شبکه



- ۱۵- جلوگیری از آسیب عایق و پوشش کابل ناشی از فشارهای مکانیکی حین کابل کشی.
- ۱۶- استفاده از متعلقات استاندارد کابل ها
- ۱۷- رعایت انواع حفاظت های لازم
- ۱۸- نصب هواکش های سقفی
- ۱۹- شناخت و اجرای دستورالعمل های تعمیر و نگهداری به لحاظ افزایش عمر کابل ها
- ۲۰- اجرای عملیات شاخه زنی در مسیرهای شبکه های هوایی با هماهنگی شهرداری

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به مطالب عنوان شده در این مقاله، حوادث برق در پستها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. تحلیل جامع عنوان شده در مقاله روشی سیستماتیک و بنیادی و کاملاً عملی را برای شرکت های توزیع تبیین می نماید. حوادثی مانند ترکیدن پرتولین، اتصالی کابل، ترکیدن سرکابل، دارای میزان ریسک بالایی هستند که با استفاده از مواد اولیه مناسب و مرغوب کنترل و RPN آنها کاهش می یابد. حوادثی مانند بارندگی، باد، طوفان و برخورد اشیاء با خط حوادثی طبیعی هستند که با طراحی مناسب قابل کاهش می باشند. حوادثی مانند شاخه زنی و برخورد درخت با تیر نیز از عوامل خطرناکی هستند که می بایست حتی الامکان از کاشتن درخت در مسیر تیرها جلوگیری شود. عوامل خطر دیگری نیز وجود دارند که روش های ذیل برای بالا بردن راندمان و کنترل بهتر حوادث پیشنهاد می گردد:

- ۱- علاوه بر روش های ذکر شده در مقاله می توان از تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی، جهت افزایش راندمان کاری استفاده نمود که می تواند ابزار مفید و ایمنی برای مدیران باشد و همچنین احتمال

بروز و نوع خطرات را کاهش دهد و در تولید و راندمان کمک بیشتری نماید.

- ۲- تشکیل کمیته تجزیه و تحلیل حوادث و بررسی اشکالات اجرایی و آموزش های مورد نیاز.
- ۳- کنترل برق های غیرمجاز

۴- استفاده هر چه بیشتر فناوری های جدید مانند اکیپ خط گرم به ویژه در فصل تابستان جهت سرویس پست ها و شبکه همزمان با توزیع برق

۵- خرید لوازم شبکه ضمن اخذ برگ مشخصات فنی و مطابقت آن با استانداردها و همچنین اخذ دستورالعمل سرویس - نگهداری و نصب و راه اندازی آنها.

۶- جلوگیری از دوباره کاری ها خصوصاً در مراحل اولیه کار مانند بازدیدهای اولیه برآورد لوازم تهیه دستور کار و ...

۷- اجرای پروژه کاملاً مطابق با استانداردها

۸- استفاده از رنگ های روشن برای ترانس ها، تأسیسات پست ها به منظور دفع بهتر حرارت و افزایش ظرفیت بارگذاری با توجه به دانش فنی ترمودینامیک

۹- کنترل نشت جریان سیستم داخلی مشترکین به وسیله نصب کلیدهای حفاظتی برای انجام درست و ایمن در مناطق برق پیشنهاد می گردد.

۵- مراجع

- ۱- ارزیابی و تحلیل ریسک در بررسی حوادث برق منطقه ای سعادت آباد. آذر ۸۳. شهرزاد خسروی. فرامرز فقیهی. سیما غایبلو. محدثه مجریان. ساناز جعفری نیا. حمیده عسگری
- ۲- استفاده از روش FMEA در ارزیابی ریسک خطرات ایمنی و بهداشت حرفه ای در یک شرکت تولید لوازم خانگی. آبان ۸۲. شهرزاد خسروی. مصطفی بختیار



design testing a practical case study [failure mode and effects analysis]," International Conference on Business of Electronic Product Reliability and Liability, 27-30 April 2004, pp. 72-76.

13- C.M. Spencer and S.J. Rhee, "Cost based failure modes and effects analysis (FMEA) for system of accelerator magnets," Proceedings of the Particle Accelerator Conference, PAC 2003., Vol 4. May12-16 2003 pp. 2177-2179.

14- Z. Bluvband, P. Grabov, O. Nakar, "Expanded FMEA (EFMEA)," Reliability and Maintainability, Annual Symposium, Jan. 26-29, 2004, pp. 31-36.

15- Z. De Lemos, "FMEA software program for managing preventive maintenance of medical equipment," Bioengineering Conference, Proceedings of the IEEE 30th Annual Northeast, April 17-18, 2004, pp. 247-248.

16- Z. Alaywan and J. Allen, "California Electric Restructuring: a Broad Description of the Development of the California ISO," IEEE Transactions on Power System, Vol. 13, No. 4, November, pp 1445-1450, 1998.

17- Y. Hong, S.W. Tsia, and M. T. Weng, "Bidding Strategy Based on Artificial Intelling For a Competitive Electric Market," IEE Proceeding, General Transmission and Distribution, Vol. 148, No. 2, pp 159-164, March 2001.

18- M. Apprill, "Regulations Impact on Restructuring," IEEE Potentials, pp. 11-13, December 1997/ January 1998.

19- M. Ilic and P. Skantze, "Electric Power Systems Operation by Decision and Control," IEEE Control Systems Magazine, pp25-38, August 2000.

20- OHSAS18001: 1999, "occupational Heath & Safety Management Systems

۳- متن الزامات OHSAS18001:1999. شرکت

بازرسی و کیفیت استاندارد ایران

۴- آئین نامه حفاظت و بهداشت کار، وزارت کار و امور اجتماعی

۵- دکتر مهربان. رضا. تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن. نشر البرز ۱۳۷۸.

6- O.N. Gerek, D.G. Ece, "D analysis and compression of power-quality event data," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, Issue 2, April 2004, pp.791-798.

7- O.N. Gerek, D.G. Ece, "Power Quality Event Detection Using Joint 2-D-Wavelet Subspaces," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 53, Issue: 4, Aug. 2004, pp. 1040-1046.

8- M. Wang, and A. V. Marnishev, "Classification of Power Quality Events Using Optimal Time-Frequency Representations - Part 1: Theory," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, Issue: 3, July 2004, pp. 1488-1495.

9- R.A. Slavickas, and M.A. El-Kady, "A novel methodology for management decision in an electrical distribution utility," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, Issue: 1, Jan. 2004, pp. 255-260.

10- S.M. Yacouba, and H. H. Ammar, "A Methodology for Architecture-Level Reliability Risk Analysis," IEEE Transaction on Software Engineering, Vol. 28, No. 6, June 2002, pp. 529-535.

11- A. Sneur, "tifying FMEA the intercrossing method," Reliability and Manintainability Symposium, 2003, pp. 371-373.

12- T.T Chen, Yun-shiow Chen, Yun-Kung Chung, "Implementation of an enhanced FMEA system for the PCBA



Specification", British Standard Institute.

21- [http://www.maintenanceresources.com/Reference Library / Failure Analysis](http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/FailureAnalysis).

22- <http://www.safetyline.wa.gov.au/pagebin>

خانم شهرزاد خسروی دارای لیسانس مهندسی صنایع از دانشگاه علم و صنعت ایران بوده و از اوایل سال ۸۴ همکاری خود را با قدس نیرو شروع کرده است. خانم خسروی ضمن همکاری با قدس نیرو دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع می باشد. زمینه علاقمندی ایشان فعالیت در زمینه ارزیابی ریسک، مدیریت استراتژیک و مدیریت دانش است.

Skhosravi @ ghods-niroo.com

نگارنده در تهیه این مقاله از همکاری آقایان مهندس محمدموسی زاده (مدیریت محترم منطقه برق بیهقی)، مهندس مصطفی مدیری، مهندس آرش قهقایی (مسؤل مناقصات داخلی پست ها و BOP نیروگاه بخش پیشنهادات شرکت پارسیان)، دکتر فرامرز فقیهی (مرکز تحقیقات فشار قوی و مواد مغناطیسی، دانشگاه علم و صنعت ایران) و مهندس یوسف گلچوبی، مهندس غایبلو، مهندس مجریان، مهندس جعفری نیا، مهندس عسگری، مهندس رمضانیا (مدیر مهندسی شرکت نام آوران) و همچنین پرسنل واحد حوادث منطقه برق سعادت آباد بهره مند شده و سپاسگزاری می نماید.



ارائه روشی نوین در آنالیز برخورد صاعقه به دکل در سیستمهای فوق توزیع ۶۳kv دو مداره با سیم گارد

علی فرشیدنیا

کارشناس برق - معاونت مهندسی شبکه‌های انتقال و توزیع

پیمان نادری

عضو هیأت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده:

در این مقاله به بررسی حالت گذرای خطوط فوق توزیع ۶۳kv دو مداره با یک سیم گارد در برخورد صاعقه به قسمتی از خط که بطور طبیعی بین دو دکل قرار گرفته است و معیار محاسبات عایقی الکتریکی در مراحل طراحی این خطوط با نگرشی جدید در حوزه لاپلاس پرداخته می‌شود. این مقاله ضمن ساده سازی محاسبات، روش بدست آمده در آن را برای انواع خطوط با فاصله گذاریهای غیر یکسان در محاسبات اضافه ولتاژهای گذرای ناشی از صاعقه تعمیم می‌دهد. بررسی ولتاژ القایی در هادیهای فاز و همچنین ولتاژ بازوهای دکل که زنجیر مفره‌ها به آن متصل می‌گردند ناشی از تاثیر مستقیم صاعقه به سیم گارد در حوزه لاپلاس بدست آمده و از روی آن ولتاژ قرار گرفته بر روی زنجیر مفره محاسبه گردیده و سپس با لاپلاس معکوس سریع، نتایج فوق در حوزه زمان حاصل می‌گردند. در نهایت با شبیه سازی یک خط نمونه ۶۳kv که دارای ابعاد و فاصله گذاریهای واقعی است و به کمک نرم افزار MATLAB صحت دیدگاه عملی روش فوق، با شبیه سازی برخورد صاعقه به وسط یک اسپن، ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: صاعقه - حوزه لاپلاس - لاپلاس معکوس سریع - سیم گارد - ماتریس مدال

مقدمه:

برای هر زنجیر مفره، ولتاژ هادی و بازوی مربوط به دکل محاسبه گردد و امروزه در غالب مطالعات و مقاله‌های بسیاری علاقمندی به چنین محاسباتی نشان داده شده است که از روشهای موجود در چنین محاسباتی می‌توان به روشهای بیولی، برژرون و لاپلاس اشاره نمود. در این مقاله ضربه وارده ناشی از اصابت صاعقه به سیم گارد واقع در حد فاصل بین ۲ دکل (اسپن)، در هادیهای فاز و بازوهای مربوطه، در حوزه لاپلاس آنالیز می‌شوند. در ابتدا ولتاژ بالاترین نقطه دکل که همان محل اتصال سیم گارد با دکل است محاسبه، و با مدل سازی بدنه فلزی دکل با یک مقاومت توسط رابطه نمایی و در نظر گرفتن سرعت انتشار موج در آن، ولتاژ در بازوهای متصل به زنجیر مفره محاسبه می‌گردد. سپس ولتاژ هر یک از هادیهای فاز که ۶ عدد می‌باشند را بدست آورده و از روی آنها اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه در دو سر زنجیر مفره حاصل می‌گردد.

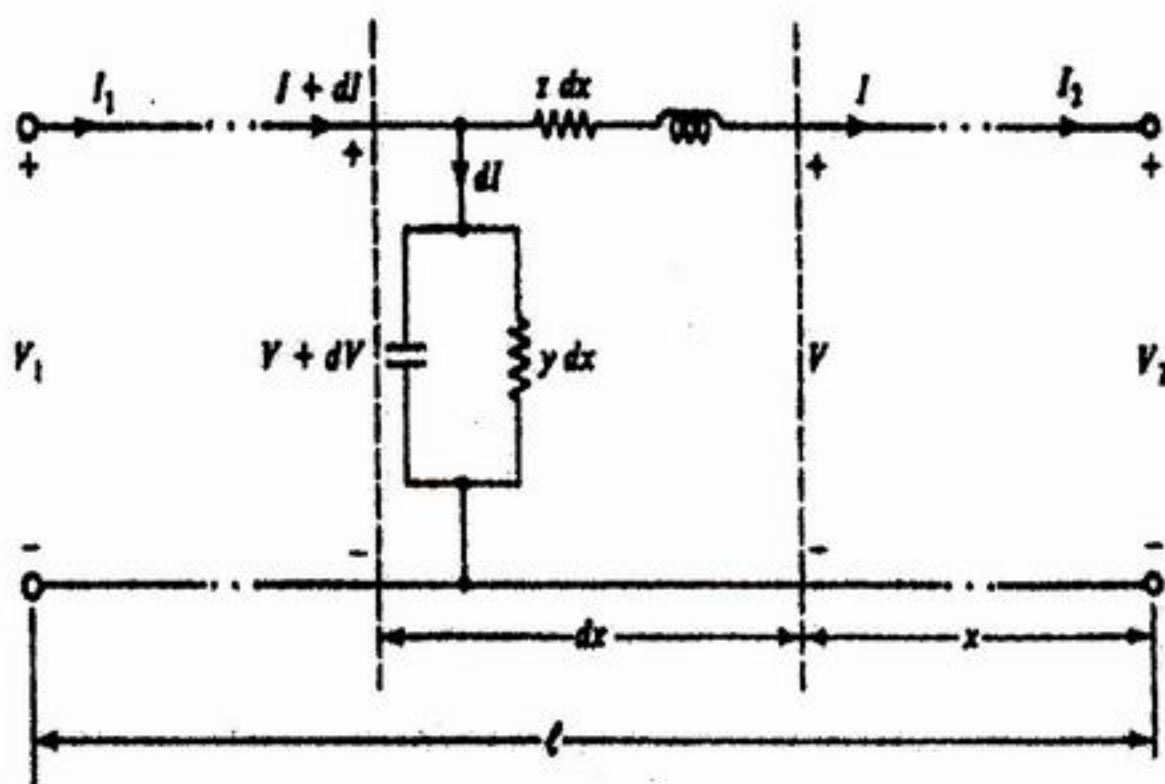
برخورد صاعقه به هادی گارد در خطوط انتقال فوق توزیع که بطور معمول دارای چند هادی فاز و یک سیم گارد هستند می‌تواند سبب تخلیه الکتریکی مفره‌ها شود. این در حالیست که دلیل وجود هادی گارد جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به هادیهای فاز است ولی از آنجاییکه بین هادیهای خط انتقال وجود القای مغناطیسی امری اجتناب ناپذیر است و ناشی از برخورد صاعقه به سیم گارد بوده که معمولاً در شبیه سازیها به صورت منبع جریان با توابعی ریاضی بیان می‌شود، لذا ولتاژ القایی در هادیهای فاز و هر نقطه از بدنه دکل را بدنبال خواهد داشت که تفاضل این دو، اضافه ولتاژ حاصله در دو سر زنجیر مفره ناشی از صاعقه خواهد بود. حال در صورتیکه این ولتاژ سبب شکست الکتریکی عایقی شود، وقفه در نیرورسانی و خاموشی خط را بدنبال خواهد داشت. بنابراین برای عدم بروز چنین حادثه‌ای می‌بایست



۱- آنالیز خط سه فاز ۲ مداره در حوزه لاپلاس

معادلات دقیق یک خط انتقال که یک عنصر دیفرانسیلی آن بصورت تک خطی در شکل (۱) نشان داده شده است بصورت زیر می باشد [6]:

ماتریسها با توجه به وجود ۱ هادی گارد و ۶ هادی فاز (۳ هادی در هر مدار) شکل کلی سیستم آن مانند شکل (۲) است. بنابراین، این سیستم دارای ۷ هادی است و ماتریسهای Z و Y نیز در ابعاد 7×7 خواهند



شکل (۱): عنصر دیفرانسیلی از خط

بود. ضمن اینکه عناصر این ماتریسها با در نظر گرفتن مدل حالت گذرای خط محاسبه می شوند و با مقادیری که در عملکرد حالت دائمی خط می گیرند متفاوت است. در ضمیمه این مقاله، روابط مربوط به محاسبات این ماتریسها بیان شده است

$$\frac{dV}{dx} = -ZI \quad (1-1)$$

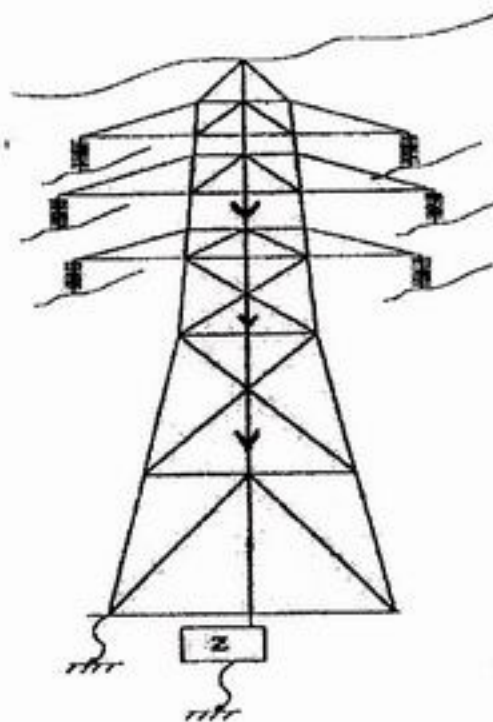
$$\frac{dI}{dx} = -YV \quad (1-2)$$

که I و V به ترتیب ماتریسهای فازوری جریان و ولتاژ و Z و Y به ترتیب ماتریسهای ادمیتانس موازی و امپدانس سری خط انتقال هستند. ساختار این

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} & y_{16} & y_{17} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & y_{25} & y_{26} & y_{27} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} & y_{35} & y_{36} & y_{37} \\ y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & y_{45} & y_{46} & y_{47} \\ y_{51} & y_{52} & y_{53} & y_{54} & y_{55} & y_{56} & y_{57} \\ y_{61} & y_{62} & y_{63} & y_{64} & y_{65} & y_{66} & y_{67} \\ y_{71} & y_{72} & y_{73} & y_{74} & y_{75} & y_{76} & y_{77} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} & Z_{16} & Z_{17} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} & Z_{25} & Z_{26} & Z_{27} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} & Z_{35} & Z_{36} & Z_{37} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} & Z_{45} & Z_{46} & Z_{47} \\ Z_{51} & Z_{52} & Z_{53} & Z_{54} & Z_{55} & Z_{56} & Z_{57} \\ Z_{61} & Z_{62} & Z_{63} & Z_{64} & Z_{65} & Z_{66} & Z_{67} \\ Z_{71} & Z_{72} & Z_{73} & Z_{74} & Z_{75} & Z_{76} & Z_{77} \end{bmatrix} \quad (2)$$





شکل (۲): ساختار یک خط ۳ فاز ۲ مداره با سیم گارد

با توجه به اینکه در یک خط انتقال مدت زمان رسیدن موج به انتهای خط به اندازه ثابت زمانی خط طول می کشد، در صورتیکه مدت زمان تحلیل از آن کوچکتر انتخاب شود، نوع بار اتصالی به خط و در نتیجه جریانهای فاز تأثیری در محاسبات اضافه ولتاژ ندارند بنابراین این با صفر فرض کردن جریانهای فازی، روابط زیر حاصل میشوند:

$$[V_S] = [A][V_R] \quad (7)$$

$$[I_S] = [C][V_R] \quad (8)$$

$$[V_S] = [A][C]^{-1}[I_S] \text{ و } [E] = [A][C]^{-1} \quad (9)$$

با در نظر گرفتن ۷ هادی، در صورتیکه هادی ۱ هادی گارد و هادیهای ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب فازهای a، b و c مدار ۱ و هادیهای ۵ و ۶ و ۷ به ترتیب فازهای a، b و c مدار ۲ باشند، و صاعقه به صورت یک منبع جریان به هادی گارد برخورد نماید، معادله (۹) بصورت زیر بازنویسی می شود. شکل (۳) چنین سیستمی را نمایش میدهد که در آن Z_f امپدانس پایه دکل و Z_g امپدانس مدل صاعقه می باشد.

مقادیر ولتاژ و جریان به فاصله l از طرف گیرنده بصورت زیر است [6]:

(۴)

$$\begin{bmatrix} [V_S] \\ [I_S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\cosh(\gamma l)] & [Z_C] \\ [Z_C^{-1}] & [\sinh(\gamma l)] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_R] \\ [I_R] \end{bmatrix}$$

که تمامی زیرماتریسهای معادله (۴) با ابعاد 7×7 هستند و در آنها $Z_C = \sqrt{Z/Y} = \sqrt{ZY}$ به ترتیب ثابت انتشار و امپدانس مشخصه نامیده می شوند و به صورت ماتریسی و از روابط (۲) و (۳) قابل محاسبه می باشند. براساس تئوری بکار رفته در [9]، برای یک خط متقارن جایگزین شده با سیم گارد زمین شده، رابطه زیر حاصل می گردد:

(۵)

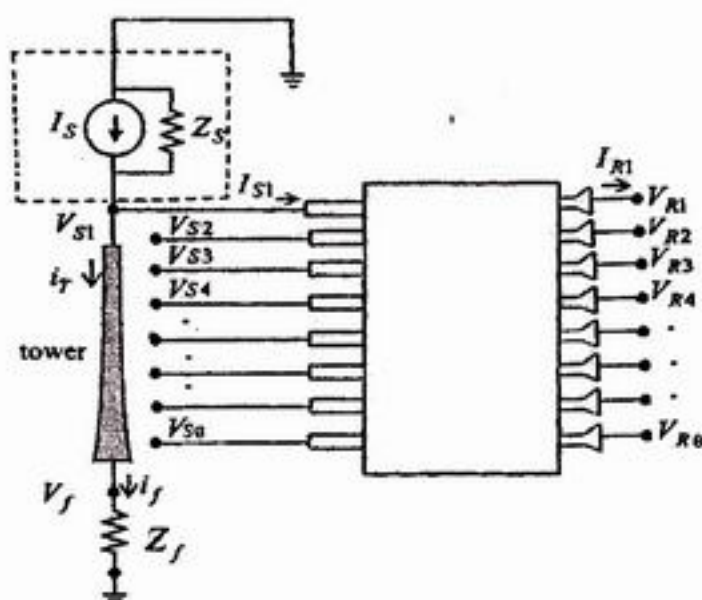
$$\begin{bmatrix} [V_S] \\ [I_S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\cosh(\gamma l)] & [Z_C/2] \\ [2/Z_C] & [\sinh(\gamma l)] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_R] \\ [I_R] \end{bmatrix}$$

که فرم فشرده معادله فوق بصورت زیر است:

(۶)

$$\begin{bmatrix} [V_S]_{7 \times 1} \\ [I_S]_{7 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A]_{7 \times 7} & [B]_{7 \times 7} \\ [C]_{7 \times 7} & [D]_{7 \times 7} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_R]_{7 \times 1} \\ [I_R]_{7 \times 1} \end{bmatrix}$$





$$\begin{bmatrix} V_{S1} \\ V_{S2} \\ V_{S3} \\ V_{S4} \\ V_{S5} \\ V_{S6} \\ V_{S7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} & e_{16} & e_{17} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} & e_{24} & e_{25} & e_{26} & e_{27} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} & e_{34} & e_{35} & e_{36} & e_{37} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & e_{44} & e_{45} & e_{46} & e_{47} \\ e_{51} & e_{52} & e_{53} & e_{54} & e_{55} & e_{56} & e_{57} \\ e_{61} & e_{62} & e_{63} & e_{64} & e_{65} & e_{66} & e_{67} \\ e_{71} & e_{72} & e_{73} & e_{74} & e_{75} & e_{76} & e_{77} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{S1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

شکل (۳): مدار معادل سیستم بی بار وقتی صاعقه به هادی گارد و در نتیجه، دکل برخورد نماید

بنا بر این رابطه ماتریسی (۱۰) را می توان با معادلات زیر بیان کرد:

$$\begin{aligned} V_{S1} &= e_{11} I_{S1} & (11-1) \\ V_{S2} &= e_{21} I_{S1} & (11-2) \\ V_{S3} &= e_{31} I_{S1} & (11-3) \\ V_{S4} &= e_{41} I_{S1} & (11-4) \\ V_{S5} &= e_{51} I_{S1} & (11-5) \\ V_{S6} &= e_{61} I_{S1} & (11-6) \\ V_{S7} &= e_{71} I_{S1} & (11-7) \end{aligned}$$

حال برای بدست آوردن ولتاژ هادیها می بایست I_{S1} معلوم باشد که برای اینکار باید ولتاژ سر دکل یعنی محل اتصال هادی گارد با دکل را بدست آورد. برای اینکار با توجه به تئوری بکار رفته در [10] میتوان از معادله زیر استفاده کرد:

$$V_{S1} = \frac{I_s}{Y(S)} \quad (12)$$

$$Y(S) = \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{e_{11}} + \frac{1}{Z_{TF}} \quad (13)$$

که Z_{TF} امپدانس دیده شده از سر دکل تا زمین است. حال با جانشینی معادله (۱۳) در (۱۲) و با توجه به اینکه I_s معلوم است، مقدار V_{S1} بدست آمده و با قرار دادن آن در معادلات (۱۱) روابطی برای ولتاژ هادیها بدست می آید که همگی در حوزه لاپلاس هستند، به نحوی که :

$$V_{S1} = \frac{e_{11}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-1)$$

$$V_{S2} = \frac{e_{21}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-2)$$

$$V_{S3} = \frac{e_{31}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-3)$$

$$V_{S4} = \frac{e_{41}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-4)$$

$$V_{S5} = \frac{e_{51}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-5)$$

$$V_{S6} = \frac{e_{61}}{e_{11} Y(S)} I_s(S) \quad (14-6)$$

حال روشی جهت تبدیل از حوزه لاپلاس به حوزه زمان ارائه می گردد.

۲- تبدیل ولتاژهای فازی از حوزه لاپلاس به

حوزه زمان

برای تبدیل از حوزه لاپلاس به حوزه زمان تابع $F(S)$ از رابطه زیر استفاده می شود :

$$f(t) = \int_{\gamma-j\infty}^{\gamma+j\infty} F(S) e^{St} dS \quad (15)$$

ولی رابطه فوق فقط برای برخی توابع خاص بوده و عمومیت ندارد. از این رو فرم عددی این معادله بیشتر به کار میرود که در این فرم خواهیم داشت:



(۱۶)

$$f_{cc}^{kp}(t,a) = \left(e^{\frac{a}{t}} \right) \left[\sum_{n=1}^{k-1} F_n + \left(\frac{1}{2^{p+1}} \right) \sum_{N=0}^p A_{np} E_{k+n} \right]$$

$$F_n = (-1)^n \operatorname{Im} F \{ [a + j(n - 0.5)\pi] / t \} \quad (17)$$

$$A_{pp} = 1, \quad A_{pn-1} = A_{pn} + \binom{p+1}{n} \quad (18)$$

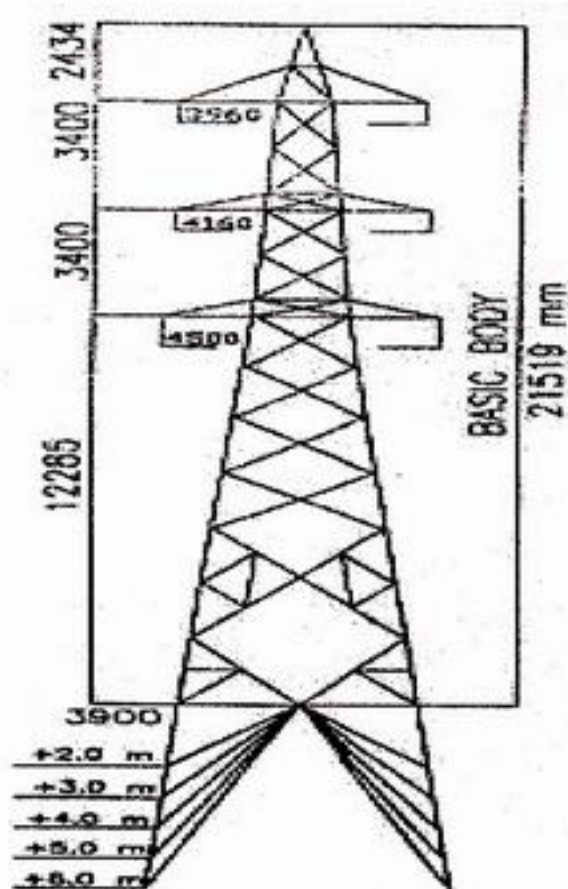
۳- محاسبه ولتاژ در بازوهای دکل

اگر مقاومت اهمی بالاترین نقطه دکل R_1 و پایین ترین نقطه آن R_2 ، مقاومت دکل را با توجه به شکل هندسی آن می توان با یک رابطه نمایی به شکل $Z_k(x) = R_1 e^{kx}$ بیان کرد که k با توجه به R_2 محاسبه می شود و x فاصله از سطح زمین است. برای مدل سازی دکل میتوان از مدل خط تک فاز غیر همگن با سرعت انتشار نور یعنی $300 \text{ m} / \mu\text{s}$ و با معین بودن ولتاژ سر دکل یعنی V_{s1} ، ولتاژ در بازوهای دکل بدست می آید [2,10].

۴- شبیه سازی یک خط نمونه

برای شبیه سازی در این مقاله، فرض میشود که یک صاعقه به شکل شیب با دامنه 3 pu و زمان صعود 20 ns به سیم گارد در فاصله 10 m تری دکل 63 kv برخورد نماید. شکل (۴) نمونه واقعی این دکل را نشان میدهد که از نوع NN-1 بوده و در آن فاصله هادیها از هم نیز با توجه به شکل، قابل محاسبه میباشد. با استفاده از روابط مربوط به محاسبات در حالت گذرای ماتریسهای امپدانس وادمیتانس که در ضمیمه آورده شده است ماتریسهای Y و Z بصورت ذیل خواهند بود. با در نظر داشتن $l = 10 \text{ m}$ در رابطه (۵) و با بدست آوردن Z_0 و γ ماتریس E در رابطه (۱۰) بدست آمده، وبا جایگذاری منبع جریان، در حوزه لاپلاس در معادله (۱۰)، اضافه ولتاژ هر یک از هادی در حوزه لاپلاس محاسبه می شود که اضافه ولتاژ هادی ۱، اضافه ولتاژ سر دکل خواهد بود و با

استفاده از آن، اضافه ولتاژ در هریک از بازوهای دکل که زنجیر مفره به آن متصل است محاسبه میگردد، ضمن اینکه مقاومت اهمی در سر دکل 220 و در پایین دکل 150 و مقاومت پایه دکل 17 و مقاومت زمین نیز صفر اهم در نظر گرفته شده است. همچنین فرض شده تمامی هادی از نوع LYNX بوده و که در دمای 20 درجه سانتیگراد دارای مقاومت اهمی $1588 \text{ m}\Omega / \text{pm}$ هستند و در آنها $\text{GMR} = 27 \times 10^{-3} \text{ m}$ میباشد. نتایج شبیه سازی به همراه روابط مربوط به چگونگی محاسبات ماتریسهای امپدانس وادمیتانس حالت گذرا، در ضمیمه آورده شده است.



شکل (۴): دکل 63 KV نوع NN-1

۵- نتیجه گیری و پیشنهاد

در این مقاله نشان داده شد که با استفاده از ماتریس ضرایب خط و روش لاپلاس، محاسبات اضافه ولتاژ وقتی صاعقه به دکل برخورد می نماید تا چه حد امکان پذیر است. با مدل سازی بدنه فلزی دکل با یک خط تک فاز، ولتاژ در سر دکل و بازوها محاسبه شده، و



- analysis", IEEE Proc.-Gener, Transm. Distrib., vol. 143, no. 3, May 1996.
- [5] M.E. Almeida, and M.T. Correia De Barros, "Tower modeling for lightning surge analysis using Electro-Magnetic Transient Program", IEEE Proc.-Gener, Transm. Distrib., Vol. 141, no. 6, November 1994
- [6] M.S. Mamis, and M. Koksai, "Transient analysis of nonuniform lossy transmission lines with frequency dependent parameters", Electric Power Systems Research, 52, (3), pp. 223-238, 1999.
- [7] H. Karrenbauer, Propagation of traveling waves on overhead shape line faults, Ph.D. Thesis, Munch, Germany, 1967 (in German)
- [8] T. Mozum, "Numerical electromagnetic field analysis of archover voltage during a back-flashover on a 500-kv twin-circuit line", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 18, no. 1, pp. 207-213, January 2003
- [9] J.A. Gutierrez R., P. Moreno, J.L. Naredo, L. Guardado, "Non Uniform line tower model for lightning transient studies", 4th Int conference on power system Transient ISP 01, Rio de Janeiro, Brazil, 2003.
- [10] M.S. Mamis, and M. Koksai, "lightning surge analysis using Nonuniform single phase line model", IEEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., vol. 148, no 1, January 2001

آقای علی فرشیدنی دارای لیسانس مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران و فوق لیسانس مهندسی برق (قدرت) از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد. ایشان دارای ۳ سال سابقه کار بوده که یکسال آن در قدس نیرو است. زمینه کاری و علاقمندی آقای فرشیدنی حالت گذرا در سیستم های قدرت *Power Quality* و هارمونیکها در شبکه های قدرت می باشد.

آقای پیمان نادری دانشجوی دکترای مهندسی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی بوده و همچنین عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد بروجرد می باشد. ایشان به مدت ۲ سال با شرکت مهندسی مشاور مدبرنیرو گستر همکاری داشته اند. زمینه علاقمندی ایشان مطالعات سیستم قدرت می باشد.

با استفاده از ماتریس ضرایب خط ولتاژ هادیها در محل اصابت صاعقه در حوزه لاپلاس بدست می آید که با استفاده از لاپلاس معکوس سریع، این مقادیر به حوزه زمان برده میشوند. نتایج حاصله در شبیه سازی انجام شده در این مقاله نشان میدهد که بیشترین اضافه ولتاژ در دو سر زنجیر مقرر فاز پایینی قرار میگیرد و این بدلیل فاصله بیشتر هادی متصل به این زنجیر مقرر با محل اصابت صاعقه و در نتیجه القا کمتر ولتاژ در آن است و این در حالی است که کاهش دامنه ولتاژ در طول بدنه دکل چندان زیاد نیست. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پیک ولتاژ سر دکل حدود ۱۸۰ pu و پیک ولتاژ دکل در موقعیت فاز پایین حدود ۱۷۰ pu می باشد. بنا براین قرارگیری بیشترین اضافه ولتاژ در زنجیر مقرر پایینی توجیه پذیر است و در نتیجه، پایین ترین فاز ملاک ایزولاسیون خط در اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه خواهد بود. در یک مطالعه دقیق تر می توان این اضافه ولتاژها را در خطوط با تعداد مدارات بیشتر یا در دکل های مجاور با دکل که صاعقه به آن اصابت نموده است محاسبه نمود. همچنین برای انجام یک کار بهتر می توان بدنه فلزی دکل را با تعدادی خط تکفاز متصل به هم با امیدانسه های مشخصه متفاوت، مدل سازی نمود و با اضافه ولتاژ های مربوطه را از تئوری مدال محاسبه و با روش بکار رفته در این مقاله مقایسه نمود.

۶- مراجع:

- [1] M. Kawai, "studies of the surge response on a transmission line tower", IEEE trans., PAS-83, pp. 30-34, 1964
- [2] M. Ishii, et. all., "Multistory transmission tower model for lightning surge analysis", IEEE Trans. on power Del., vol. 6, no. 3, pp. 1327-1335, July 1991.
- [3] T. Yamada, at all., "Experimental evaluation of a UHV tower model for lightning surge analysis", IEEE Transactions on power Delivery, vol. 10, no. 1, pp. 393-402, 1995
- [4] Hara, N., and Yamamoto, O., "modeling of a transmission tower for lightning surge

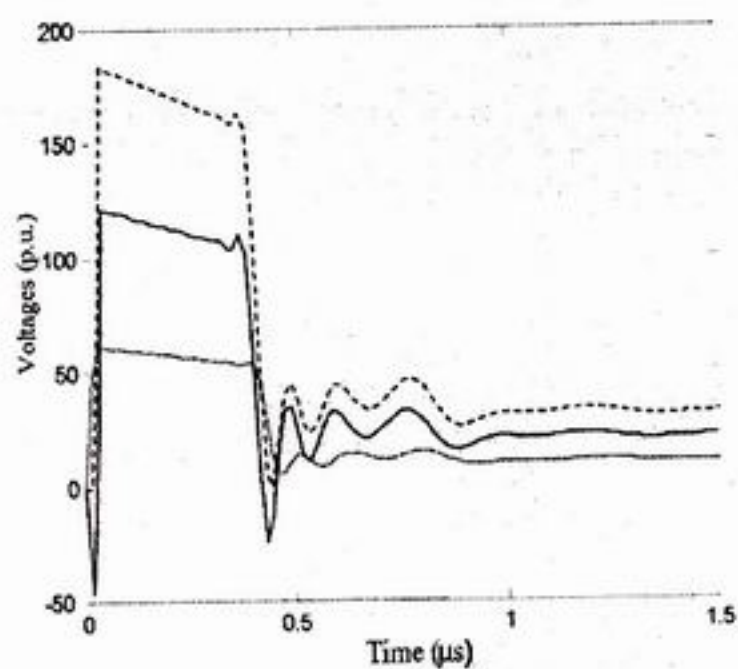
ع. د. م.



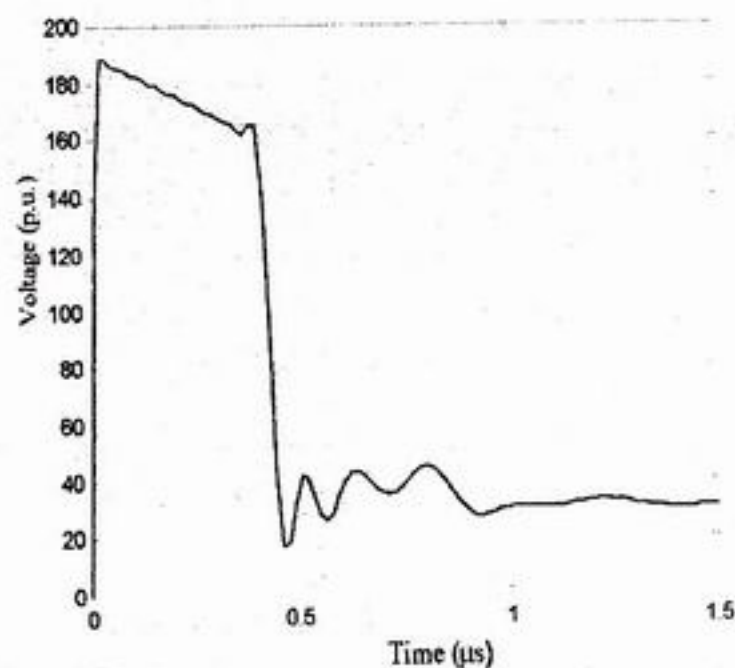
ضمیمه ۱- نتایج شبیه سازی

در شکل های ۷ و ۸:

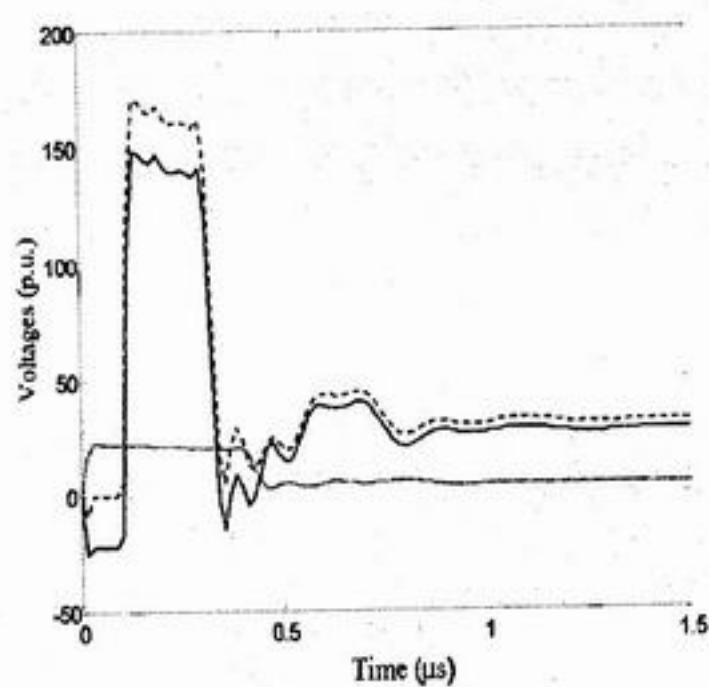
خط چین: ولتاژ دکل خط کمرنگ: ولتاژ دو سر زنجیر مفره خط پررنگ: ولتاژ در هادی فاز



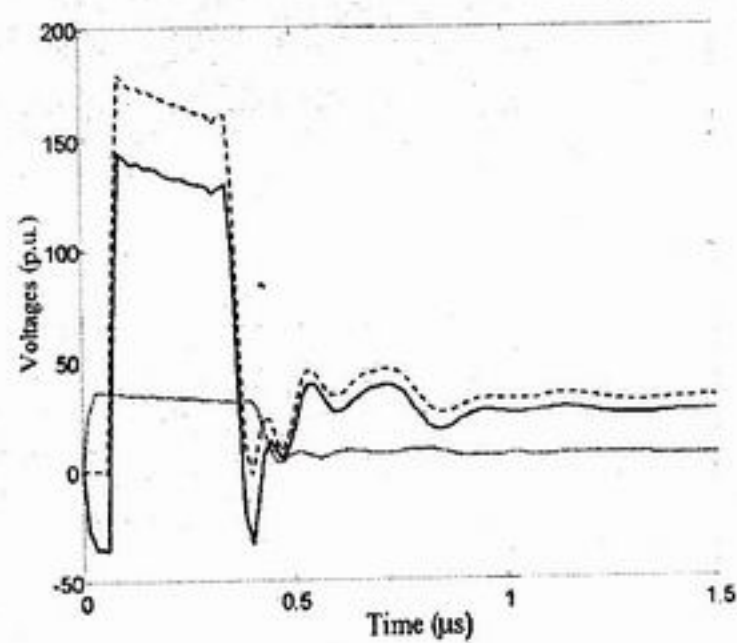
شکل (۶): ولتاژ در فاز بالایی



شکل (۵): ولتاژ در بالاترین نقطه دکل



شکل (۸): ولتاژ در فاز پایینی



شکل (۷): ولتاژ در فاز وسط



ضمیمه ۲- چگونگی محاسبات ماتریسهای امپدانس و ادمیتانس خط در حالت گذرا

برای بدست آوردن عناصر ماتریس Z در حالت گذرا در یک خط با چند هادی، که بعنوان رابطه (۲) در متن مقاله آورده شده است:

$$p = \frac{1}{\sqrt{s\mu_0\sigma}}$$

$$Z_{ii} = R_i + \frac{\mu_0}{2\pi} s \ln \frac{2(H_i + p)}{GMR_i} \quad \Omega / m$$

$$Z_{ij} = \frac{\mu_0}{2\pi} s \ln \frac{\sqrt{(H_i + H_j + 2p)^2 + D_{ij}^2}}{\sqrt{(H_i - H_j)^2 + D_{ij}^2}} \quad \Omega / m$$

که در آنها:

$s = j\omega$ فرکانس مختلط:

σ (s/m) کندوکتانس زمین:

H_i (m): فاصله هادی i تا زمین

فاصله افقی بین هادیهای i, j : D_{ij} (m)

شعاع هندسی هادی i : GMR_i (m)

مقاومت اهمی هادی i : R_i (Ω / m)

برای بدست آوردن ماتریس Y در حالت گذرا در یک خط با چند هادی، که بعنوان رابطه (۳) در متن مقاله آورده شده است:

ابتدا ماتریس p به صورت زیر محاسبه میگردد:

$$p_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(H_i + H_j)^2 + D_{ij}^2}}{\sqrt{(H_i - H_j)^2 + D_{ij}^2}}$$

$$p_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2H_i}{r_i}$$

که r_i شعاع هادی i می باشد. حال ماتریس ادمیتانس

از روی ماتریس p وبصورت زیر محاسبه می شود:

$$Y = j\omega p^{-1}$$

ایمن سازی ویندوز سرور 2003

نجلا نجمی

کارشناس نرم افزار مرکز رایانه - امور فنی

چکیده:

ویندوز 2003 از ابزاری برخوردار است که محدوده امنیتی و ابزار تحلیل (Configuration Security And Analysis Tool) نامیده می شود. این ابزار اجازه می دهد که خط مشی جاری سرور با خط مشی امنیتی لیست پایه که درون یک فایل الگو قرار دارد مقایسه گردد.

مقدمه:

اگر تا به حال از ویندوز سرور NT (ویندوز سرور 2000) استفاده کرده باشید، احتمالاً متوجه شده اید که میکروسافت، آنها را به صورت پیش فرض، غیر ایمن طراحی کرده است. گرچه میکروسافت ساز و کارهای امنیتی متعددی ایجاد نموده، اما نصب آنها به عهده کاربران است و این در حالی است که، میکروسافت ویندوز 2003 را انتشار داد.

فلسفه جدید این است که سرور باید به صورت پیش فرض ایمن باشد. به طور کلی این ایده بسیار خوبی است، اما میکروسافت نتوانست آن را به طور کامل پیاده کند. با اینکه ویندوز 2003 بدون شک ایمن تر از ویندوز NT یا ویندوز 2000 است، اما هنوز هم نقصانی در آن دیده می شود. در اینجا ما اعمال ساده ای را که شما می توانید برای ایمن تر کردن ویندوز سرور 2003 انجام دهید شرح می دهیم.

۱- نقش خود را بدانید

شناخت نقش سرور در روند ایمن سازی بسیار حیاتی است. نقش های متعددی وجود دارد که ویندوز سرور ممکن است بر عهده داشته باشد.

برای مثال ویندوز سرور 2003 می تواند در نقش یک کنترل کننده دامنه^۱، یک سرور عضو^۲، سرور

پایه، سرور فایل، سرور پرینت، سرور پایانه و یا حالت های متعدد دیگر عمل کند. یک سرور همچنین می تواند ترکیبی از این نقش ها را به عهده داشته باشد.

مشکل اینجاست که سرور در هر کدام از این نقش ها، نیازهای امنیتی خاص خودش را دارد. برای مثال، اگر قرار است که سرور شما در نقش یک سرور IIS کار کند، شما باید سرویس های IIS را فعال کنید، در حالی که اگر سرور قرار است فقط به عنوان یک سرور فایل و پرینت کار کند، فعال کردن IIS ریسک امنیتی بزرگی خواهد بود. این موضوع را به این دلیل مطرح کردیم که بدانید روش خاصی وجود ندارد که بتوانید در هر شرایطی آن را دنبال کرده و انتظار نتیجه از آن داشته باشید. نیازهای امنیتی یک سرور با توجه به نقش سرور و محیط سرور^۳ تفاوت های بسیاری دارند. روش های متعددی برای ایمن سازی یک سرور وجود دارد ولی فقط موارد ضروری و اساسی برای فعال کردن یک سرور فایل ساده و در عین حال ایمن، شرح داده خواهد شد. سعی خواهد شد مواردی مشخص گردد که سرور در نقش های مختلف کارهای

1- Domain Controller

2- Member Server.

3- Server's Environment



متفاوت انجام دهد اما حتماً به این نکته توجه داشته باشید که این اعمال در حکم یک راهنمای عمومی برای ایمن سازی همه انواع سرور نیست.

۲- امنیت فیزیکی

برای رسیدن به امنیت واقعی، سرور شما باید در مکان امنی قرار گیرد. معمولاً این به معنی قرار دادن سرور پشت درهای بسته است. امنیت فیزیکی بسیار مهم است زیرا بسیاری از بازارهای مدیریتی می‌توانند به عنوان ابزار هک کردن به کار گرفته شوند. هر شخصی با حداقل مهارت و با استفاده از چنین ابزارهایی در صورتیکه دسترسی فیزیکی به ماشین داشته باشد می‌تواند یک سرور را در عرض چند دقیقه هک کند. تنها راه جلوگیری از چنین حمله‌هایی قرار دادن سرور در یک محیط امن است. این در مورد هر سرور ویندوز 2003 صرف نظر از نقش آن، صادق است.

۳- ایجاد یک لیست پایه^۱

در ویندوز سرور 2003 نیازهای امنیتی خود را مشخص کنید و به محض به کار گرفتن سرور موارد مربوطه در خصوص امنیت و سیاست‌های مبتنی بر آنها را نیز فعال کنید.

بهترین روش در این زمینه ایجاد یک لیست پایه امنیتی است. این لیست شامل مدارک و تنظیمات مورد قبول امنیتی است. در اکثر شرایط تنظیمات لیست پایه شما براساس نقش سرور کاملاً فرق خواهد داشت.

بنابراین بهترین کار، ایجاد تعدادی لیست‌های پایه متفاوت است که بتوانید آنها را برای انواع مختلف سرور بکار ببرید. برای مثال، ممکن است شما یک لیست پایه برای سرورهای فایل، یک

لیست پایه برای کنترل‌کننده‌های دامنه و لیست دیگری برای سرورهای IIS داشته باشید. ویندوز 2003 از ابزاری برخوردار است که محدوده امنیتی و ابزار تحلیل (Security Configuration And Analysis Tool)

نامیده می‌شود. این ابزار به شما اجازه می‌دهد که خط مشی امنیتی جاری سرور را با خط مشی امنیتی لیست پایه که درون یک فایل الگو قرار دارد، مقایسه کنید. شما می‌توانید فایل‌های الگو را خودتان ایجاد کنید یا اینکه از یکی از انواع آماده آنها استفاده کنید. الگوهای امنیتی یک رشته متن براساس فایل‌های INF هستند که در فولدر System Root / Security / Templates ذخیره شده‌اند. ساده‌ترین روش برای آزمایش و تغییر الگوهای شخصی، از طریق کنسول مدیریت مایکروسافت (MMC یا Microsoft Management Console) است. برای باز کردن کنسول، دستور MMC را در خط دستور Run وارد کنید. وقتی که کنسول بالا می‌آید، دستور Add/ Remove Snap-in را نمایش می‌دهد. کلید Add را کلیک کنید، لیستی از تمام کنسول‌های Snap-in موجود را خواهید دید. الگوهای امنیتی Snap-in را از لیست انتخاب کنید و سپس کلیدهای Add، Close و OK را کلیک کنید.

زمانی که الگوهای امنیتی Snap-in بالا آمد، می‌توانید هر کدام از الگوها را مشخص کنید. به هنگام مرور درخت کنسول، خواهید دید که هر الگویی از خط مشی گروه خود تقلید می‌کند و نام هر الگو، اهداف آن الگو را منعکس می‌کند. برای مثال HISECDC، یک الگو با امنیت بالا برای کنترل‌کننده‌های دامنه (High Security Domain Controller) است. اگر قصد ایمن سازی یک سرور فایل را دارید، ما استفاده از الگوی SECUREWS را به شما

1- Baseline.

توصیه می‌کنیم. با دقت در نوع تنظیمات این الگو شاید متوجه شوید که این الگو با وجود ایمن‌تر کردن سرور نسبت به قبل، ممکن است جوابگوی نیازهای شما نباشد. تنظیمات امنیتی خاص ممکن است بیش از حد سختگیرانه یا اغماضگرانه باشد. توصیه می‌شود که یا با تغییرات جزئی در نوع تنظیمات موجود، آنها را با نیازهایتان متناسب کنید و یا خط مشی‌های جدیدی ایجاد کنید. شما می‌توانید به آسانی با کلیک راست روی فولدر C: WINDOWS Security Template داخل کنسول و انتخاب دستور Template New شده و از منوی ایجاد شده یک الگو (Template) جدید ایجاد کنید.

ویندوز تنظیمات امنیتی موجود در سرور شما را با فایل الگو مقایسه می‌کند. شما می‌توانید نتایج این مقایسه را با مرور در کنسول Security Configuration And Analysis مشاهده کنید. تنظیمات خط‌مشی هر گروهی، هم تنظیمات جاری و هم تنظیمات الگو را نمایش می‌دهد. وقتی که به این لیست دست می‌یابید، یعنی اینکه زمان اجرای خط‌مشی امنیتی مبتنی بر الگو فرا رسیده است. به همین منظور، برای آخرین بار روی Security Configuration And Analysis کلیک راست کنید و دستور Configure Computer Now را از منوی میانبر انتخاب کنید. آنگاه این ابزار خط‌مشی امنیتی کامپیوتر شما را برای هماهنگ شدن با خط‌مشی الگو تغییر می‌دهد. خط‌مشی‌های گروهی از یک خصلت موروثی برخوردارند.

۴- تغییر دادن اعتبارهای داخلی

- 1- Administrator Account.
2- Guest Account.

2003، به صورت پیش فرض، قابلیت ایجاد کاربر مهمان غیرفعال شده است، اما وظیفه تغییر نام مدیر سیستم همچنان برعهده شما است. این تغییر نام، ایده خوبی است زیرا هکرها و مهاجمان معمولی سعی می کنند تا به Administrator Account آسیب برسانند. تعداد زیادی از ابزارهای هک وجود دارد که می توانید نام اصلی Administrator Account را از طریق امتحان DSI پیدا کنید. متأسفانه شما نمی توانید این Account را تغییر دهید و به همین دلیل راهی برای جلوگیری از دستیابی به چنین ابزارهایی به نام اصلی Administrator Account و تغییر توضیحات این Account به همه توصیه می شود و برای این کار دو دلیل وجود دارد:

اول اینکه بسیاری از هکرها ی تازه کار یا غیر حرفه ای ممکن است از وجود چنین ابزارهایی اطلاع نداشته باشند و دوم آنکه تغییر نام Administrator Account به یک نام خاص، امکان ردیابی و کنترل حملات روی این Account را برای شما فراهم می کند.

نکته دیگر مربوط به سرورهای عضو است. سرورهای عضو هر کدام Administrator Account داخلی خاص خود را دارند که کاملاً با Administrator Account دامنه فرق دارد. شما می توانید سیستمی ایجاد کنید که سرور عضو برای خود از یک نام Administrator Account و کلمه عبور جداگانه استفاده کند. هدف این است که اگر افرادی نام Administrator Account و کلمه عبور یک سرور عضو را پیدا کردند، نتوانند از طریق این اطلاعات بقیه سرورها را هک کنند. البته اگر شما وضعیت امنیتی فیزیکی خوبی در محل داشته باشید طبیعی است از آنجا که کسی نمی تواند به هیچ سروری دسترسی یابد نخواهد توانست Account محلی آن را هم پیدا کند.

۵- نتیجه گیری

برای اینکه به وضعیت امنیتی خوبی دست یابید مایکروسافت توصیه کرده است که نام کاربر مدیر را تغییر دهید و قابلیت ایجاد کاربر مهمان را غیرفعال کنید که در ویندوز سرور 2003 به صورت پیش فرض قابلیت ایجاد کاربر مهمان غیرفعال شده است اما وظیفه تغییر نام مدیر سیستم همچنان برعهده شما است. این تغییر نام ایده خوبی است زیرا هکرها و مهاجمان معمولی سعی می کنند تا به کاربر مدیر آسیب برسانند.

۶- مراجع

www.google.com

خانم نجلا نجمی دارای مدرک لیسانس مهندسی نرم افزار کامپیوتر از دانشگاه آزاد واحد قزوین بوده که از سال ۱۳۸۳ در شرکت مهندسی مشاور قدس نیرو مشغول به کار می باشد. زمینه علاقمندی خانم نجمی برنامه نویسی و سیستم های شبکه است.

nnajmi@ghods-niroo.com



بررسی فرایند جوشکاری فولادهای غیرهمجنس و مشکلات آن

رسول محرمی

کارشناس ارشد پروژه‌های کنترل کیفیت - مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

در جوشکاری فولادهای غیرهمجنس مسائل و مشکلاتی به وجود می‌آید که بر عملکرد سازه و ضریب اطمینان آن تأثیرگذار است.

در این مقاله ابتدا سعی شده است جوشکاری فولادهای غیرهمجنس و نحوه تعیین ساختار جوش و انتخاب الکترود مناسب بیان شود و سپس مسائل و مشکلات جوشکاری فلزات غیرهمجنس شامل ایجاد ترک‌های گرم و سرد در منطقه جوش و مناطق اطراف آن، تنش‌های پسماند جوشی ناشی از متفاوت بودن خصوصیات مواد و همچنین روشهای برطرف کردن مشکل یا جلوگیری از ایجاد آن مورد بررسی قرار گرفته‌است.

مقدمه:

اتصالات فولادهای غیرهمجنس در بخش‌های مختلف تأسیسات تبدیل انرژی و همچنین سازه‌های مختلف صنعتی کاربرد فراوان دارد. از کاربردهای این نوع اتصال می‌توان به اتصال نازل ورودی به مخازن تحت فشار در سیستم لوله‌کشی مورد استفاده در صنایع پتروشیمی و برخی از نیروگاهها به ویژه در نیروگاههای هسته‌ای اشاره نمود. در اینگونه مخازن به دلیل مسائل اقتصادی و مهندسی، مخزن یا راکتور، نازل و لوله‌های مربوطه از دو جنس مختلف فولاد ضدزنگ و فولاد کربنی بوده و اتصال این قسمت‌ها از طریق جوشکاری ایجاد می‌گردد. جوشکاری یکی از مطمئن‌ترین و پرکاربردترین روشها در اتصال فلزات در بخشهای مختلف صنعتی می‌باشد اما با تمام برتریهای جوشکاری نسبت به سایر روشهای اتصال مکانیکی قطعات، در جوشکاری فولادهای غیرهمجنس مسائل و مشکلاتی به وجود می‌آید

که بر عملکرد سازه و ضریب اطمینان آن تأثیرگذار است.

۱- جوشکاری فولادهای غیرهمجنس

روشهای جوشکاری فلزات غیرهمجنس همانند روشهای معمول جوشکاری است. روشهای جوشکاری معمول نظیر جوشکاری با قوس الکتریکی، جوشکاری MAG/MIG و TIG برای جوشکاری فلزات غیرهمجنس نیز به کار می‌رود. جوشکاری فلزات غیرهمجنس، بدلیل وجود تفاوت در خواص متالورژیکی، فیزیکی و مکانیکی فلزات مورد جوشکاری، با مشکلاتی توأم خواهد بود. مسائل و مشکلات ایجاد شده در جوشکاری فولادهای غیر همجنس، و به طور کلی مواد غیرهمجنس را می‌توان به دو دسته متالورژیکی و مکانیکی تقسیم‌بندی نمود. ایجاد ترک در منطقه جوش و مناطق اطراف آن از مشکلات متالورژیکی و تنش‌های پسماند جوشی ناشی از اختلاف خصوصیات مواد از مسائل مکانیکی مطرح در این زمینه می‌باشد.



نکته مهمی که در این عملیات باید مورد توجه قرار گیرد بررسی ویژه در مورد ترکیب فلز جوش و تنشهای پسماند ایجاد شده در اتصال است. این بررسی از نظر پیش‌بینی عیوب احتمالی در سازه پس از اتصال اهمیت دارد. همچنین این مهم برای پیش‌بینی خواص و استحکام سازه پس از عملیات بعدی یا در محیط کار ضروری می‌باشد. در این رابطه تکنیک جوشکاری و فیلر جوش مورد استفاده اهمیت بسزایی دارد.

فیلر جوشکاری که به طور وسیعی در اینگونه اتصالات استفاده می‌گردد مواد آستنیتی است که دارای مقدار مشخصی فریت باشد. چنانچه سازه در معرض دماهای بالا یا سیکل‌های شدید حرارتی قرار داشته باشد الکترودهایی با پایه نیکل مانند Inconel مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول (۱) تعدادی از سیم جوشهای معمول مورد استفاده برای جوشکاری فلزات غیرهمجنس را معرفی می‌کند. در جدول (۲) برخی تکنیک‌های مورد استفاده در

جوش سربه سر فلزات غیر همجنس نشان داده شده و با مقایسه نسبت به هم، خصوصیات هر مورد ذکر شده است. این اتصالات شامل جوشکاری با تکنیک Buttering به قسمت فولاد کربنی یا کم‌آلیاژی و همچنین جوشکاری مستقیم است. انتخاب تکنیک جوشکاری مناسب، به شرایط کاربری سازه بستگی دارد. در جوشکاری با تکنیک Buttering، از یک فیلر مخصوص علاوه بر فیلر مصرفی در ایجاد اتصال برای ایجاد لبه جوشکاری جدید استفاده می‌شود. فیلر مخصوص مورد استفاده در Buttering معمولاً طوری انتخاب می‌شود که مشکلات ناشی از اختلاف خصوصیات مواد کاهش یابد. در جوشکاری فولادهای کربنی به فولادهای آستنیتی با جوشکاری و با استفاده از فیلر Inconel، سطح قطعه فولاد آستنیتی پوشانده می‌شود. در ادامه جوشکاری بین سطح جدید که از جنس Inconel می‌باشد و فولاد کربنی و با استفاده از فیلر آستنیتی ایجاد می‌گردد.

جدول (۱): سیم جوشهای معمول مورد استفاده در جوشکاری فلزات غیر همجنس [۱]

Base metal composition examples		Types of applied welding additives or specifications	
Carbon/low-alloy steels	Stainless steels		
Mild steel	Austenitic stainless steels	D309/309L	
Low-alloy steel	SUS304/304L/347	D309MoL	
(High-strength steel)	SUS316/316L	D312	Inconel type**
(Cr-Mo steel)			50Ni**
Cast steel/castings	Martensitic stainless steel and ferritic stainless steel SUS405, 410, 430	D430Nb	
		D309/309L	

xx برای استفاده در سیکل‌های شدید حرارتی

جدول (۲): نمونه هایی از جوش سر به سر فلزات غیر همجنس [۱]

Joint method type	Joint welding with Inconel Inconel buttering	Joint welding with Inconel	Joint welding with 308 Buttering with 308 Buttering with 309	Joint welding with 309
Procedure	1) Inconel buttering 2) SR 3) Joint welding (Inconel)	1) Joint welding with Inconel with preheating 2) With or without SR	1) Buttering with 309 type welding additive 2) Buttering with 308 type welding additive 3) SR 4) Joint welding (with 308 type welding additive)	1) Joint welding with 309 type welding additive with preheating 2) With or without SR
Quality evaluation	1) Carbon migration 2) Thermal stress 3) Corrosion resistance 4) Debonding cracking of bond	Excellent Excellent Good Good	Excellent Excellent Good Good	Good Good Excellent Excellent

(۲)

$$\text{Chrome Equivalent} = \%Cr + \%Mo + 1.5\%Si + 0.5\%Nb$$

در دیاگرام شافلر محور افقی کرم معادل و محور عمودی نیکل معادل را مشخص می کند. با داشتن ترکیب شیمیایی، نیکل و کرم معادل طبق روابط (۱) و (۲) محاسبه شده و با ترسیم خطی موازی محور عمودی از نقطه کرم معادل روی محور افقی و موازی محور افقی از نقطه نیکل معادل روی محور عمودی، نقطه مربوط به آن فلز بدست می آید. ترکیب این نقطه نشان دهنده ساختار معادل آن فلز است و با توجه به اینکه نقطه مزبور در کدامیک از مناطق مشخص شده دیاگرام قرار گیرد، ساختار آستنیتی، مارتنزیتی و یا فریتی برای فلز مورد نظر پیش بینی می شود. شکل (۱) این دیاگرام را نشان می دهد.

۲- نحوه تعیین ساختار جوش و انتخاب

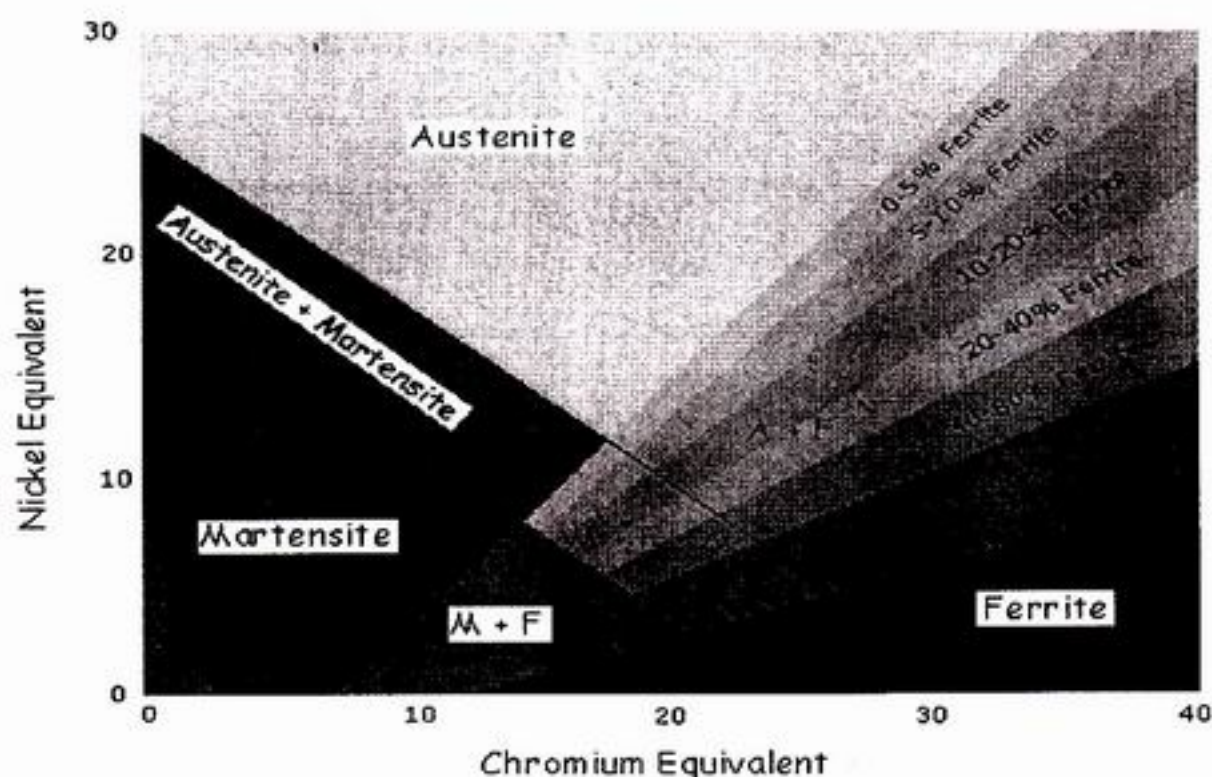
الکتروود مناسب

هنگامیکه یک عملیات جوشکاری به کمک فیلر مصرفی انجام می گیرد، در ناحیه جوش فلز پایه و فیلر با هم ترکیب می شوند، بگونه ای که حدوداً ۲۰٪ ترکیب را فلز پایه و ۸۰٪ آن را فیلر تشکیل می دهد که این نسبت، به فرایند جوشکاری، نوع اتصال و پارامترهای جوشکاری بستگی دارد.

در تعیین نوع ریز ساختار در ناحیه جوش، اثرات نیکل و سایر عناصری که آستنیت ساز هستند در مقابل اثرات کرم و سایر عناصر فریت ساز قرار می گیرند. به این منظور عناصر موجود در ساختار فلز پایه، الکتروود و فلز جوش با نیکل و کرم معادل به صورت روابط (۱) و (۲) تعریف می شود [۲]:

$$Ni \text{ Equivalent} = \%Ni + 30\%C + 0.5\%Mn \quad (1)$$

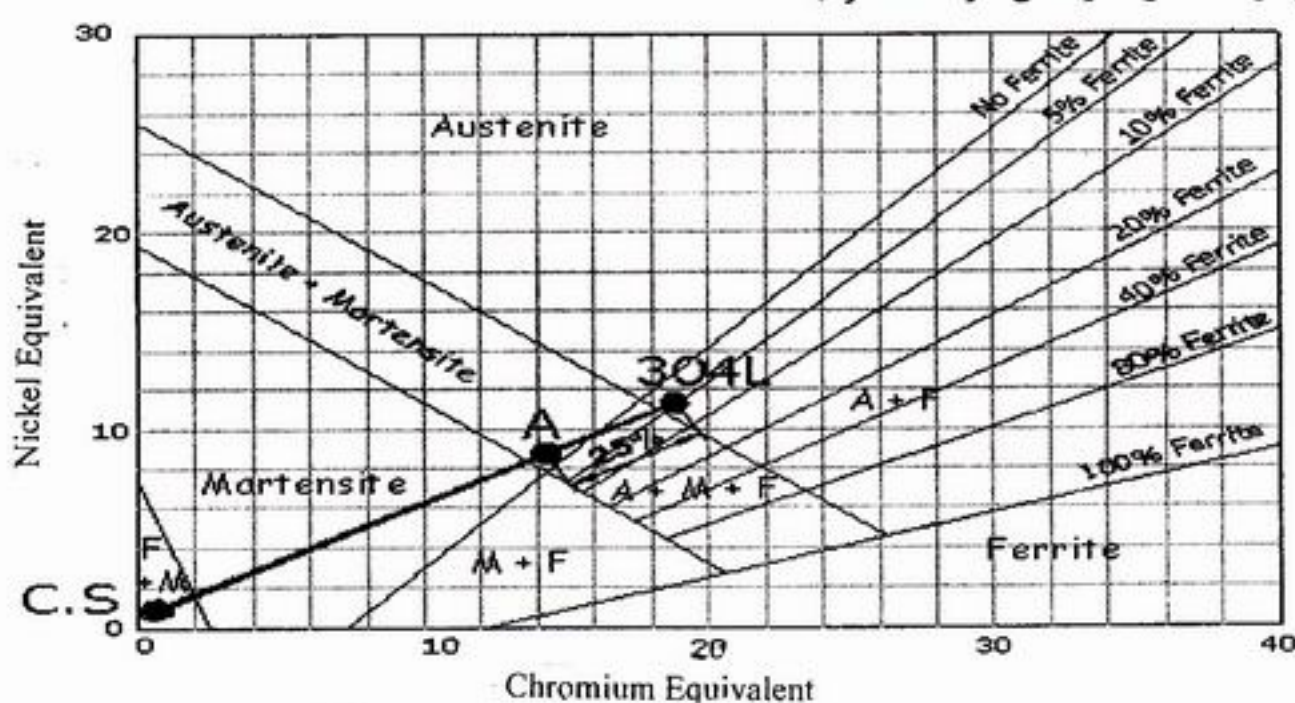




شکل (۱): دیاگرام شافلر [۲].

راست به هم وصل کنیم و از سمت ترکیب الکتروود به اندازه درجه رقت ضرب در طول خط واسط در راستای خط واصل و به سمت ترکیب فلز پایه نزدیک شویم، نقطه به دست آمده نشان دهنده ساختار نهایی جوش حاصل است و در نهایت این نقطه است که باید از نظر ساختاری در نقطه مناسبی قرار داشته باشد. در شکل (۲) این نمودار برای جوشکاری فولاد کربنی (C.S) با الکتروود 304L نشان داده شده است:

در حالتیکه فلز جوش ترکیبی از یک نوع فلز پایه و فیلر باشد به کمک دیاگرام شافلر می‌توان ترکیب فلز جوش را از طریق وصل کردن دو نقطه‌ای که معرف ترکیب فیلر و فلز پایه هستند و همچنین ترکیب فلز جوش تشخیص داد. به این ترتیب که پس از تشخیص مقادیر کرم و نیکل معادل برای ساختار فلز پایه و الکتروود، این مقادیر را روی دیاگرام شافلر رسم می‌کنیم. دو نقطه که معرف ترکیب فیلر و فلز پایه است در نمودار، معین می‌گردد. حال اگر این دو نقطه را با خط

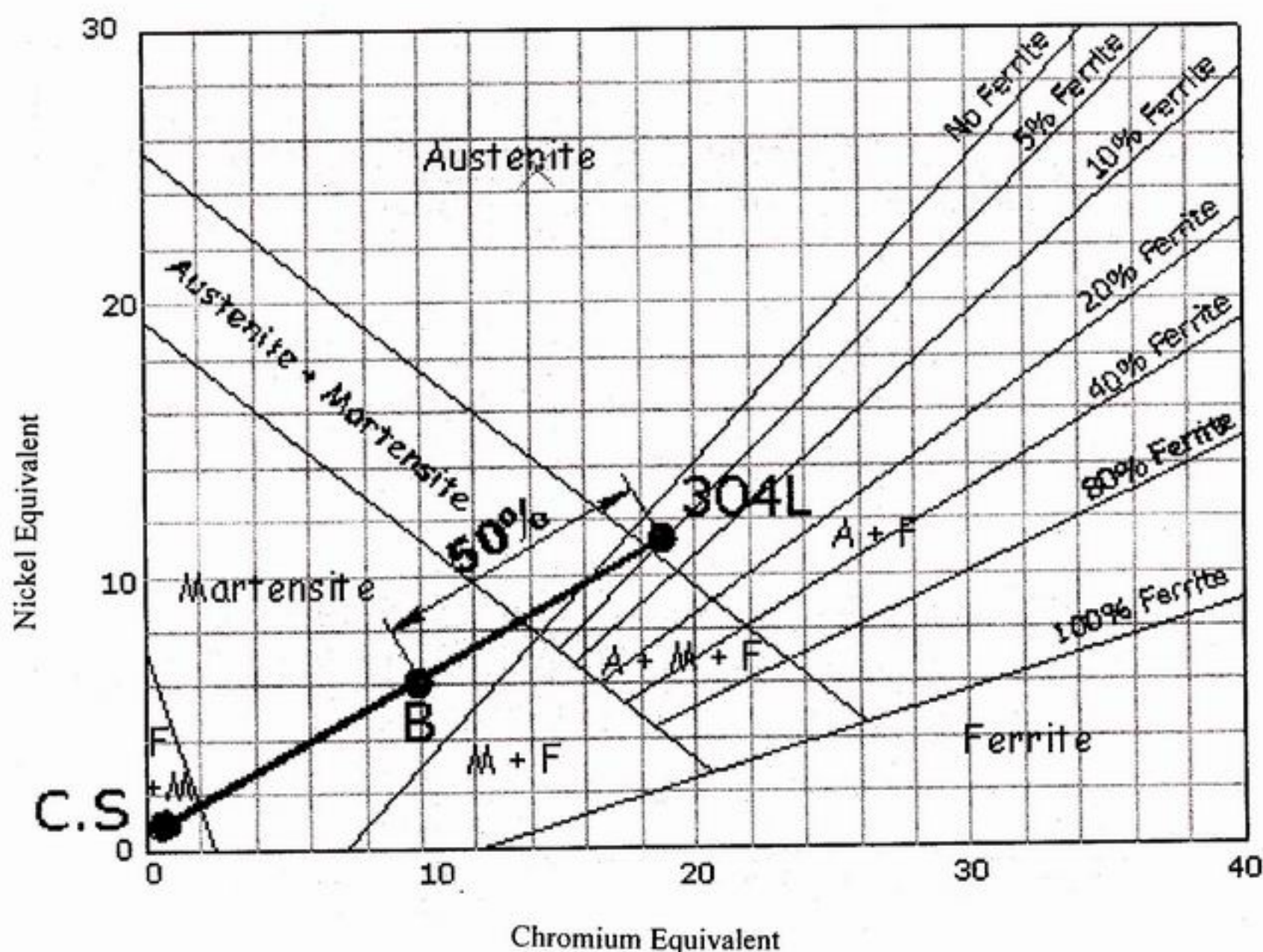


شکل (۲): نحوه تشخیص ساختار جوش [۱]

اگر ترکیب نهایی جوش شامل ۲۵٪ از فلز پایه و ۷۵٪ از فیلر باشد نقطه A نشان دهنده ساختار نهایی جوش حاصله است. مشاهده می‌گردد که ساختار نهایی حاوی ساختار مارتنزیت خواهد بود که ساختار نامناسبی است. برای حل این مشکل می‌توان از الکترودهایی با درصد عناصر آلیاژی بالاتر نظیر 309L استفاده کرد تا ساختار نهایی را به منطقه امن بکشاند.

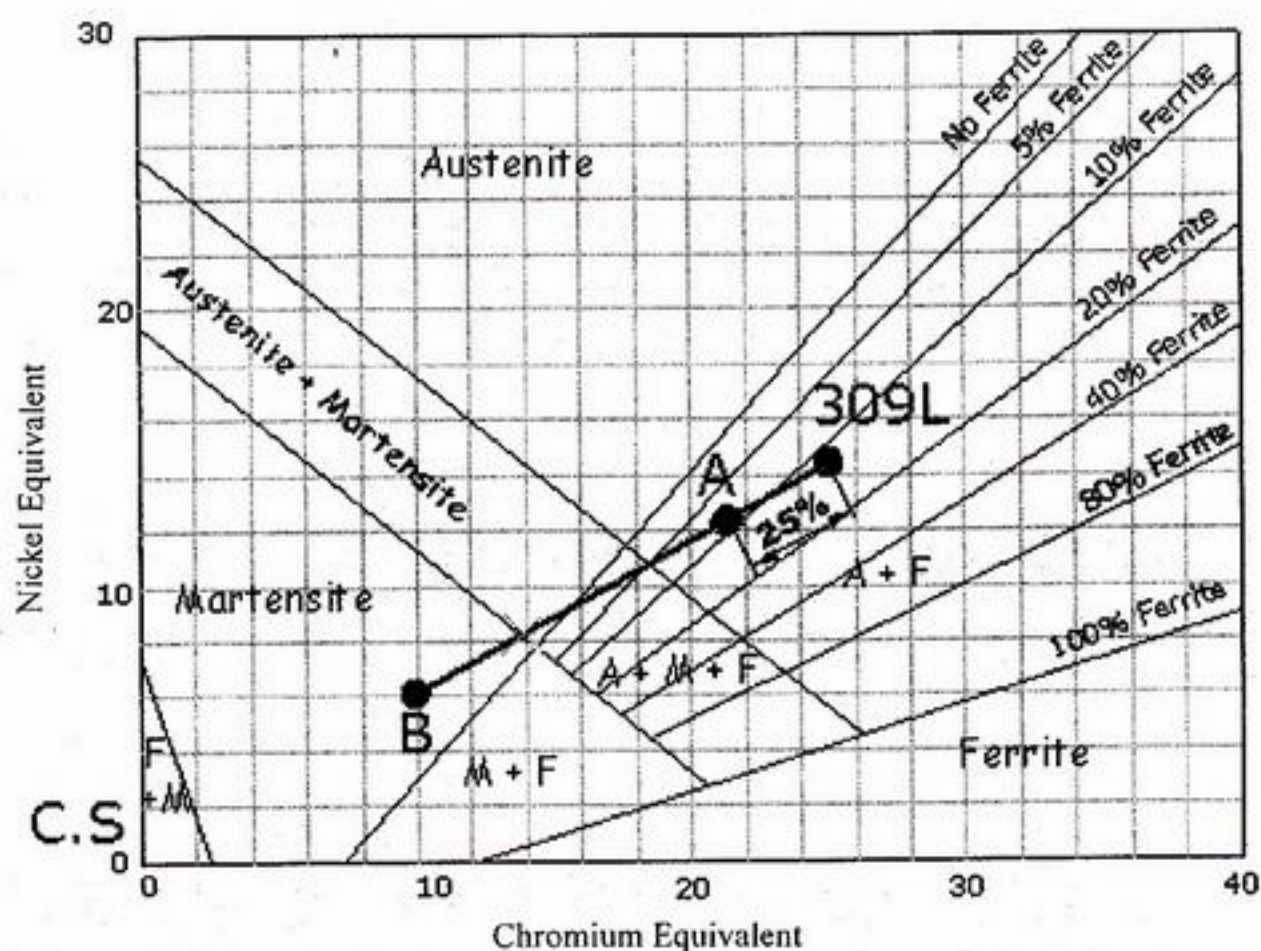
هنگامیکه ناحیه جوش ترکیبی از دو فلز پایه مختلف باشد مسأله پیچیده تر می‌گردد. در ابتدا ترکیب هر دو فلز پایه را روی دیاگرام مشخص کرده و با یک خط به هم وصل می‌کنیم. حال چنانچه نسبت هر دو فلز در فلز جوش یکسان

باشد وسط این خط نشانگر ترکیب فلز جوش بدون فیلر است (شکل ۳-a نقطه B). حالا اگر الکتروده مصرفی را در دیاگرام مشخص کنیم، (در این مثال 309L) چنانچه از این نقطه (نقطه ترکیب الکتروده) به اندازه درجه رقت (در اینجا ۲۵٪) در طول خط واسط حرکت کنیم ترکیب فلز جوش به دست خواهد آمد (شکل ۳-b نقطه A). حال چنانچه ترکیب مورد نظر پذیرفته بود الکتروده، مورد قبول می‌باشد و جوش به دست آمده ترکیب مناسبی از جهت مقاومت به ترک خواهد داشت. این مراحل در شکل‌های (۳-a) و (۳-b) نشان داده شده‌اند.



شکل (۳-a): مراحل تشخیص ساختار جوش در جوشکاری فلزات غیر همجنس [۱]





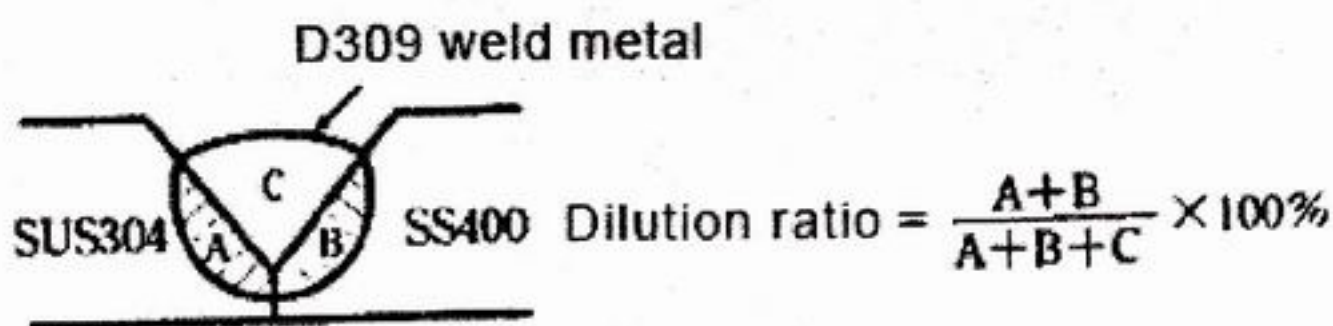
شکل (۳-ب): مراحل تشخیص ساختار جوش در جوشکاری فلزات غیر همجنس [۱]

(۴) از روی نسبت سطح مقطع ها به دست می آید.

۳- عدد فریت

در جوشکاری فلزات غیرهمجنس، مانند جوشکاری معمولی فولاد ضدزنگ آستنیتی، ساختار پایدار با مقاومت خوب در مقابل ترک خوردگی هنگامی قابل دسترسی است که در فلز جوش چند درصد فاز فریت وجود داشته باشد. این خصوصیت بدلیل خواص خوب فریت در انعطاف پذیری و حل کردن ناخالصیها در خود ایجاد می گردد.

در مواردی برای تشخیص الکتروود مورد نیاز جهت جوشکاری مسأله حل شده فرض می گردد. به این معنی که ترکیب نهایی فلز جوش در منطقه امن در نظر گرفته شده و با در نظر گرفتن ترکیب فلزات پایه، ترکیب الکتروود در دیاگرام تعیین می گردد. پس از به دست آوردن محدوده مجاز ترکیب، کرم معادل و نیکل معادل محاسبه گشته و نوع الکتروود از روی آن بدست می آید. لازم به توضیح است که درجه رقت میزان مشارکت فلز پایه در ساختار جوش می باشد و با توجه به شکل



شکل (۴): تعیین درجه رقت جوش

موجود در ترکیب جمع می‌شود. شکل (۵) این نمودار را نشان می‌دهد.

(۳)

$$Ni\ Equivalent = \%Ni + 30\%C + 0.5\%Mn + 30\%N$$

(۴)

$$Chrome\ Equivalent = \%Cr + \%Mo + 1.5\%Si + 0.5\%Nb$$

۴- مسائل و مشکلات جوشکاری فلزات

غیرهمجنس

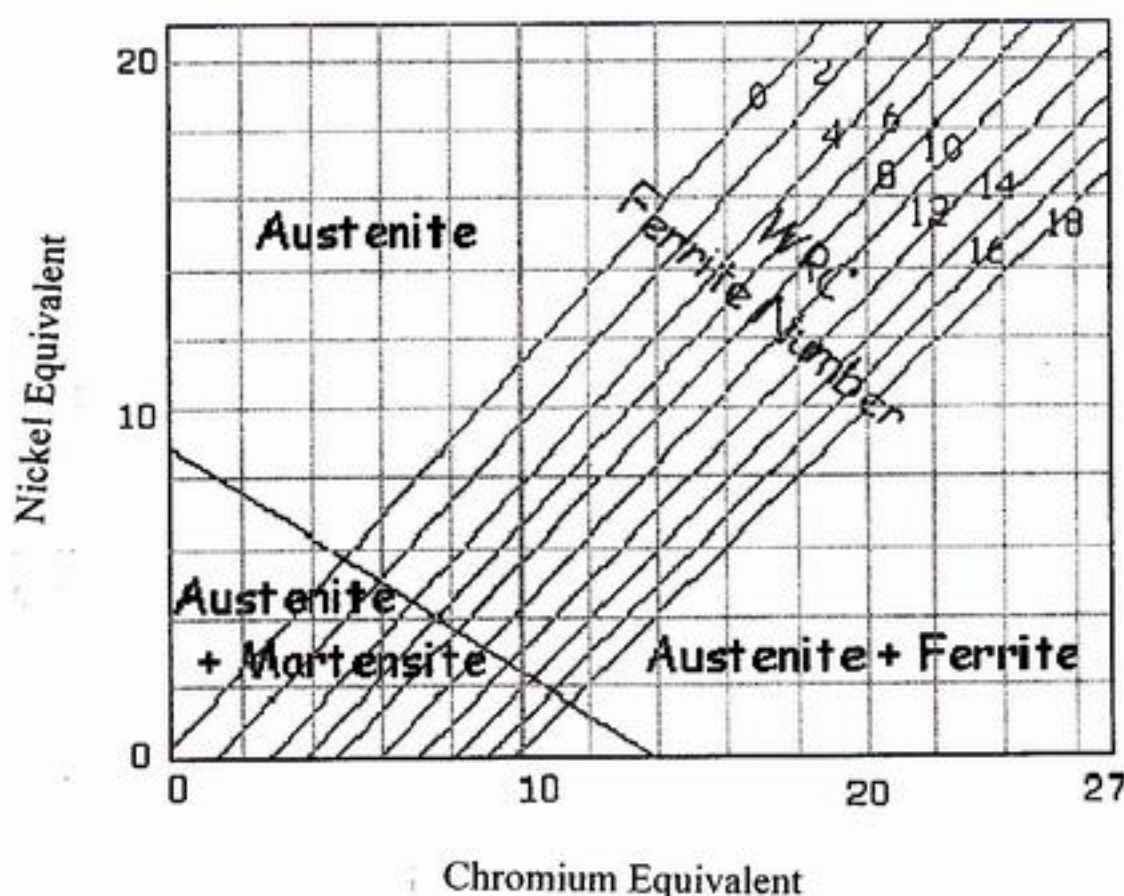
نکات مهمی که در جوشکاری فولاد ضدزنگ به فولاد کربنی باید مورد توجه قرار گیرد در این قسمت ذکر گردیده‌است.

۴-۱- ترک گرم

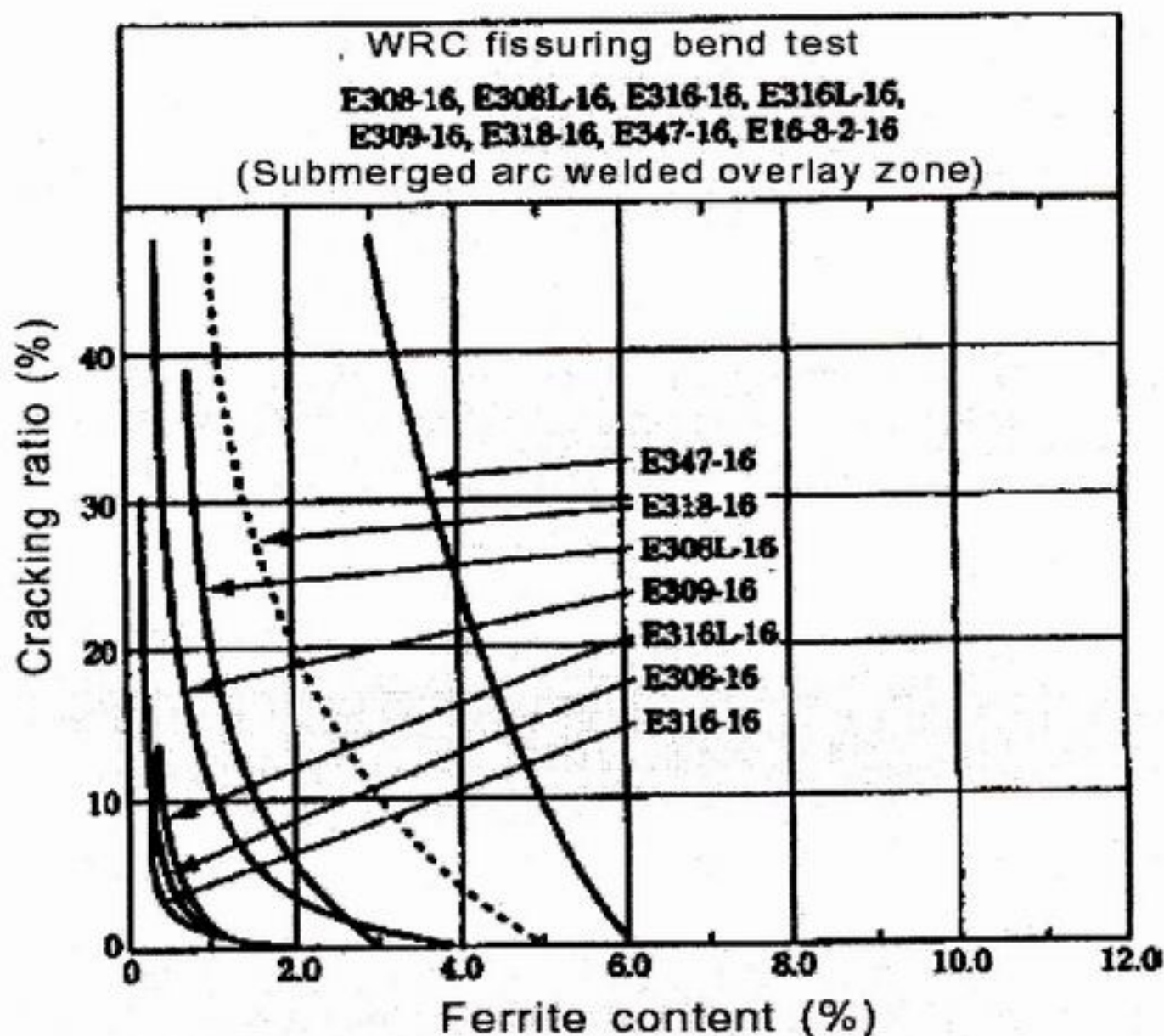
ترک گرم در اثر وجود برخی ناخالصیها نظیر فسفر و گوگرد که در منطقه ذوب جدا می‌گردند به وجود می‌آید. اگر در ساختار جوش درصد بسیار زیادی آستنیت وجود داشته باشد به دلیل حلالیت کم عنصر گوگرد در این فاز، خطر ایجاد ترکهای

در فولاد آستنیتی در حین جوشکاری خطر ترک خوردگی گرم وجود دارد (به دلیل وجود گوگرد). برای جلوگیری از ترک گرم در فلز جوش باید ۴ تا ۱۰ درصد فریت وجود داشته باشد. چنانچه درصد فریت بیش از اندازه زیاد شود ممکن است در حین عملیات بعدی یا کارکرد در دمای بالا همراه مواد تردکننده منجر به ایجاد فاز سیگما گردد. به این دلیل جوشهایی که در عملیات با دمای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند تا حد ممکن باید درصد فریت پایین داشته باشند.

میزان فریت موجود در اتصال با عدد فریت بیان می‌شود. عدد فریت معیاری است که از جاذبه مغناطیسی برای اندازه گیری درصد فریت در ترکیب استفاده می‌کند. عدد فریت از روی دیاگرام شافلر اصلاح شده که دیاگرام دلونگ نامیده می‌شود، بدست می‌آید. کرم و نیکل معادل همان مقادیر مورد استفاده در دیاگرام شافلر می‌باشد با این تفاوت که نیکل معادل با ۳۰ برابر نیتروژن



شکل (۵): دیاگرام دلونگ جهت تعیین عدد فریت [۱].



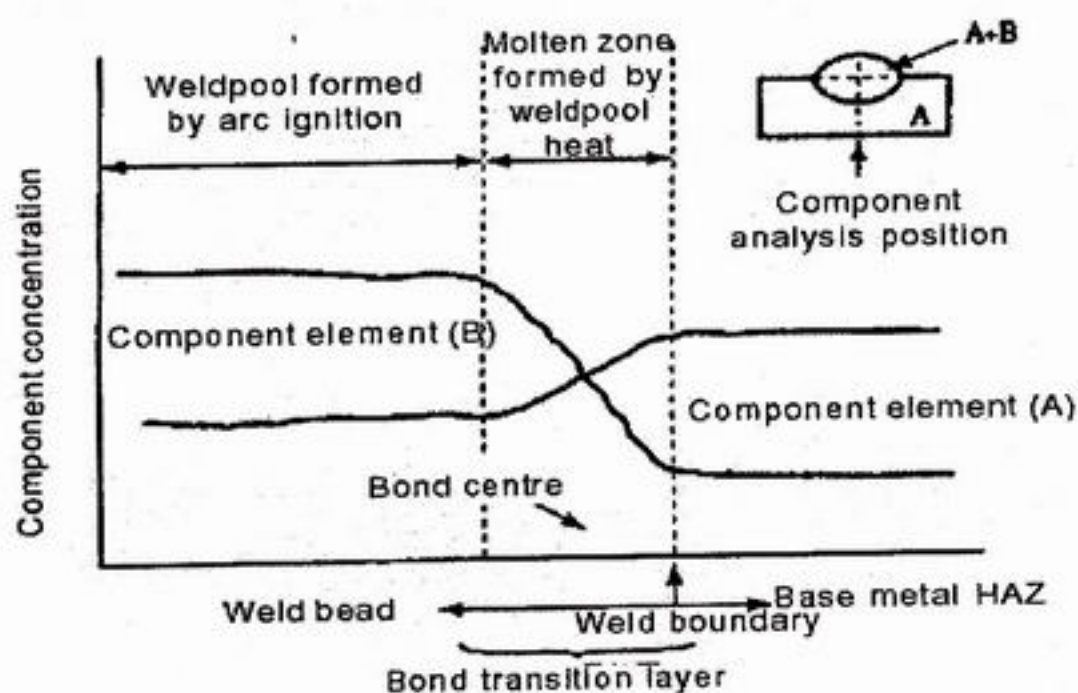
شکل (۶): ارتباط میان درصد فریت موجود در ماده و ترکهای جوش [۱]

این اتصال غیرهمجنس افزایش یابد، فلز جوش حاوی فاز مارتنزیت بیشتری خواهد شد. فاز مارتنزیت دارای رفتار ترد بوده و قطعه را مستعد ایجاد ترک های سرد می کند. جهت جلوگیری از ایجاد این ترکها، اطمینان از انتخاب مناسب فیلر جوشکاری، روش جوشکاری و شرایط جوشکاری ضروری است. با انجام عملیات پیشگرم مناسب می توان از تشکیل فاز مارتنزیت جلوگیری کرد و احتمال ایجاد ترک سرد را کمتر نمود. شکل (۷) نحوه توزیع ترکیبات فلزات و همچنین باند تشکیل مارتنزیت را در منطقه جوش نشان می دهد.

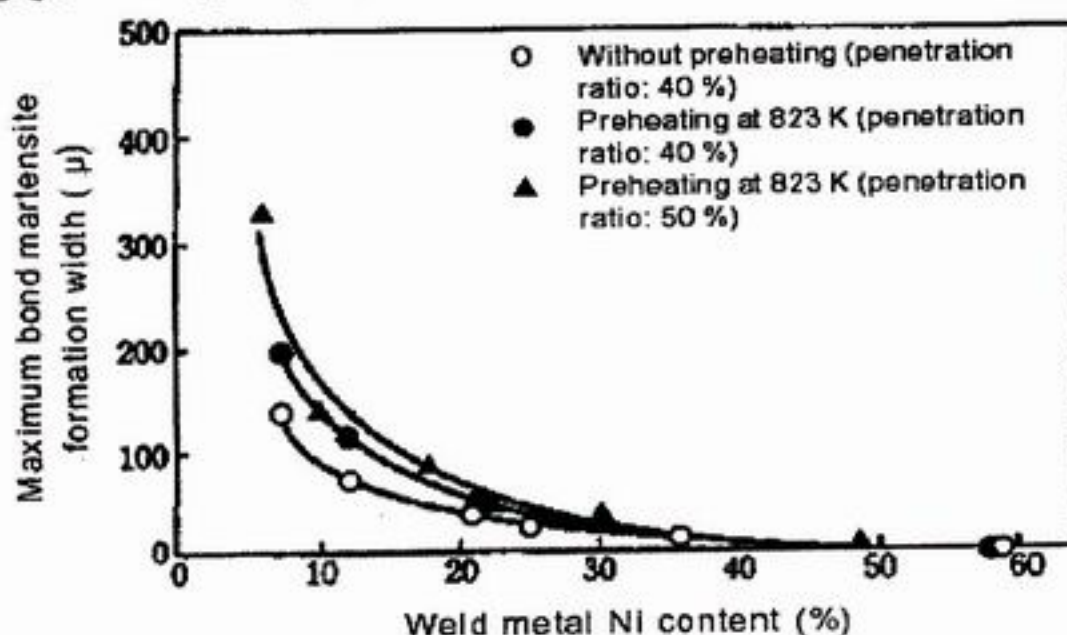
گرم وجود خواهد داشت. این ناخالصیها در مناطق مرزی مذاب و جامد تجمع کرده و با وجود تنش های آن منطقه موجب ترک در جوش می گردند. بهترین راه جلوگیری از به وجود آمدن اینگونه ترکها وجود چند درصد فریت در ساختار فلز جوش می باشد. این امر با انتخاب الکتروده مناسب امکان پذیر می باشد. همانگونه که در شکل (۶) نشان داده شده است وجود فریت مانع این ترکها می گردد.

۴-۲- ترک سرد

با توجه به دیاگرام شافلر، مشخص است هرچه میزان فلز پایه فولاد کم آلیاژی یا فولاد کربنی در



شکل (۷): توزیع ترکیبات فلزات و باند تشکیل مارتنزیت در منطقه جوش [۱]



شکل (۸): تغییرات عرض باند تشکیل مارتنزیت با افزایش درصد نیکل در فلز جوش [۱]

فلز پایه، شرایط و قیود باید مورد توجه قرار گیرد.

۳-۴- تنشهای حرارتی جوش

تنشهای حرارتی موجود در اتصال جوشی فلزات غیرهمجنس دارای دو منبع می باشد. در طول جوشکاری فلزات غیر همجنس، تنشهای حرارتی که در نتیجه تفاوت ضریب انبساط حرارتی هر دو فلز پایه و فلز جوش ایجاد می گردد، به تنشهای پسماند طبیعی ایجاد شده در اثر عملیات جوشکاری اضافه می گردد.

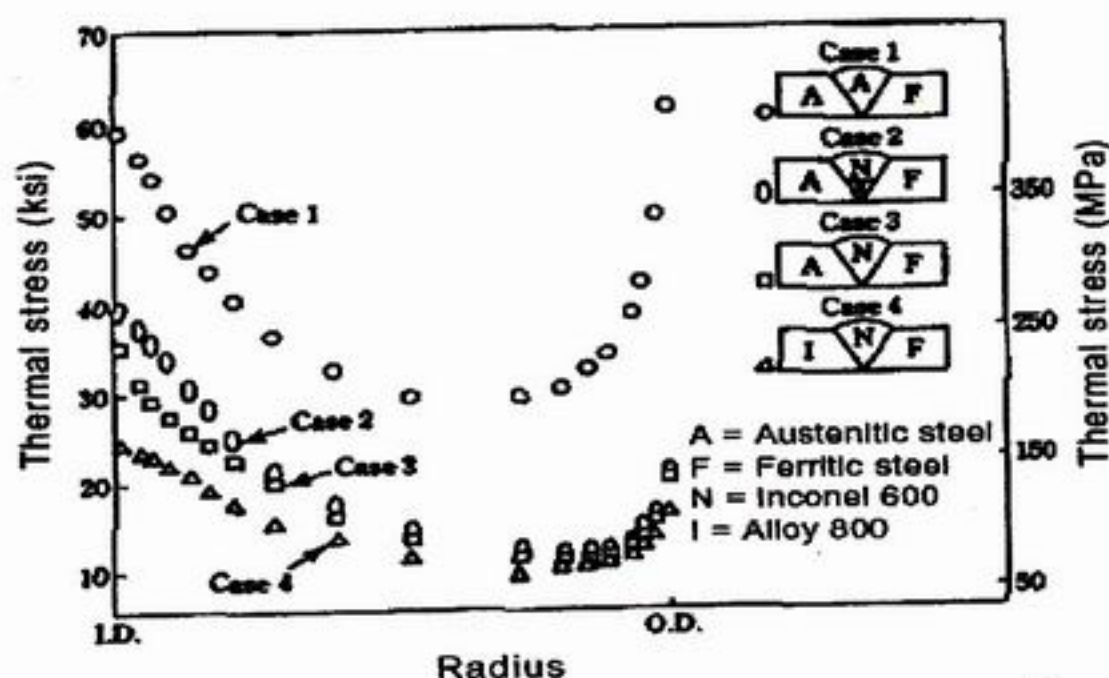
جدول (۳) نمونه هایی از ضریب انبساط حرارتی چندین فلز پایه و فیلر جوشکاری را نشان می دهد.

با در نظر گرفتن باند تشکیل مارتنزیت، شکل (۸) نشان می دهد که عرض این باند با افزایش درصد نیکل در فلز جوش کاهش می یابد. با افزایش باند تشکیل مارتنزیت امکان شکست سازه در قیود سنگین وجود خواهد داشت. بنابراین انتخاب صحیح الکتروود مصرفی در ایجاد اعتماد در کارکرد صحیح سازه ضروری است. چنانچه عملیات جوشکاری با فیلرهای آستنیتی انجام گیرد عملیات پیشگرم یا پسگرم ضروری نمی باشد. در هر حال در هنگام انجام عملیات جوشکاری در فلزات غیرهمجنس، کنترل مناسب حرارتی بر طبق جنس



جدول (۳): ضریب انبساط حرارتی چند فلز پایه و فیلر جوشکاری [۱]

Material		Thermal expansion coefficient ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Remarks
Carbon/low-alloy steel		14.3	0.5Mo steel
Welding additives	Ni-base alloys	15.2	Inconel 600
	Stainless steel type	18.7	308 type
Stainless steel		18.7	SUS304



شکل (۹): نتایج آنالیز توزیع تنش در ضخامت قطعه (صفحه) را در نواحی نزدیک جوش فولاد فریتی و آستنیتی [۱]

اتصال مواد غیر همجنس این است که بخشی از تنشها که در نتیجه تفاوت ضریب انبساط حرارتی بین دو فلز پایه بوجود آمده با عملیات حرارتی مرسوم قابل استحاله نیست.

بدلیل اهمیت و نقش تنشهای پسماند در کاهش خصوصیات مفید اتصال نظیر مقاومت در مقابل خوردگی، استحکام خستگی و مقاومت شکست، سعی میشود با انتخاب تکنیک مناسب، فیلر مناسب و اجرای درست جوشکاری به یک اتصال قابل قبول در این مواد رسید.

شکل (۹) نتایج آنالیز توزیع تنش در ضخامت قطعه (صفحه) را در نواحی نزدیک جوش فولاد فریتی و آستنیتی نشان می دهد. نمودار شکل (۹) موید این مطلب است که بکار بردن فیلهایی که ضریب انبساط حرارتی آنها نزدیک فلزات پایه باشد باعث ایجاد تنشهای پسماند کوچکتری می شوند. از الکتروود Inconel با پایه Ni در جاهایی که بیشتر در مواردیکه سازه تحت سیکل حرارتی قرار دارد استفاده می گردد. نکته مهم درباره تنش های پسماند ایجاد شده در

۵- نتیجه گیری

اتصال فولادهای غیر همجنس از مواردی است که در صنایع نیروگاهی و پتروشیمی استفاده فراوان داشته و بدلیل اختلاف در خواص متالورژیکی، فیزیکی و مکانیکی مستعد ایجاد مشکلاتی است. با انتخاب تکنیک مناسب، فیلر مناسب، و اجرای صحیح جوشکاری میتوان به یک اتصال قابل قبول در این مواد رسید.

۶- مراجع

- 1- Arc welding technology for dissimilar joints, Selected from Journal of the Japan Welding Society 2002 71 (6) 25-29; Reference JJ/02/6/25; Translation 3113
2. Schaeffler, A. L. 1949. Constitution diagram for stainless steel weld metal. Metal Progress 56(11): 680-680B

آقای رسول محرمی دارای کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و از ۵ سال پیش با پروژه‌های کنترل کیفیت قدس نیرو همکاری دارد. آقای محرمی هم اکنون دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک در دانشگاه صنعتی امیرکبیر میباشد. زمینه علاقمندی ایشان تکنولوژی جوشکاری و طراحی و ساخت سازه های جوشکاری و مخازن تحت فشار است.

moharami@gmail.com





مهندسين مشاور قدس نیرو
GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

شرکت مهندسين مشاور قدس نیرو

خدمات مشاوره، مهندسی و طراحی جزئیات، تهیه مشخصات فنی، نظارت عالی، نظارت بر اجرا و راه اندازی طرحها، انجام پروژههای EPC و مدیریت اجرایی را در زمینه های ذیل ارائه می نماید:

- نیروگاههای حرارتی (بخاری، گازی و سیکل ترکیبی)
- پست های فشار قوی
- خطوط انتقال نیرو، شبکه های توزیع برق
- سدها و نیروگاههای برق آبی، شبکه های آبیاری و زهکشی
- مطالعات زیست محیطی
- خطوط و ایستگاههای نفت و گاز



آدرس: خیابان استاد مطهری، چهارراه سهروردی، شماره ۹۸

کد پستی: ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱ - تهران

تلفن: ۸۸۴۱۶۳۴۴ - ۸۸۴۰۳۶۱۳

فاکس: ۸۸۴۱۱۷۰۴



تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه سهروردی - شماره ۹۸ - کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۸۶۱۱۷۰۶ - فاکس : ۸۸۶۳۰۳۶۱۲ - ۸۸۶۳۰۴۵۱۶
تلفن : ۳۳۴۵۰۷ - جی ان سی ای ایران
NO.98 OSTAD MOTAHARI AVE, TEHRAN 1566775711 - IRAN
TEL : 88403613 - 88430454 Email : info@ghods-niroo.com
CABLE : SHDRGHODS NIROO IRAN - FAX : 88411704