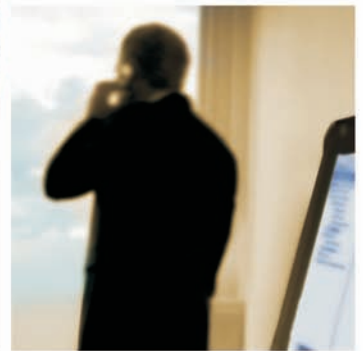
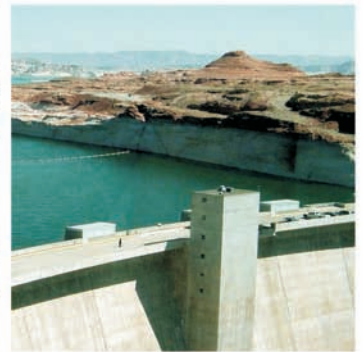
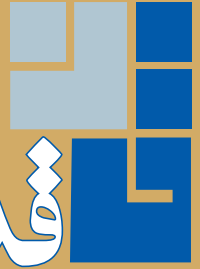


نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۳۱ - پاییز ۱۳۸۸

شرکت مهندسی

قدس نیرو



واحد مدیریت صنایع نفت و گاز



صنعت نفت و گاز در کشور ما نقش بسیار پراهمیتی را در تأمین و توزیع انرژی ایفا می‌کند و به همین سبب تأثیر غیرقابل انکار محدوده این صنعت بر کل ساختار صنعتی و اقتصادی کشور بسیار قابل لمس است. شرکت مهندسی قدس نیرو که پیشرو و صاحب تجربه در زمینه نیرو و انرژی است، تصمیم گرفت که با تکیه بر تجارب مهندسی و مدیریتی خود، سهمی در ارتقاء نظام صنعتی و اقتصادی کشور از طریق فعالیت در زمینه نفت و گاز داشته باشد. لذا از سال ۱۳۸۲ فعالیت‌های خود را در این زمینه آغاز نمود و در حال حاضر و تنها پس از گذشت کمتر از یک دهه این واحد موفق شده است برخی از بزرگ‌ترین پروژه‌های نفت و گاز را به انجام رساند.

شرح مختصری از پروژه‌ها:

در حال حاضر واحد صنایع نفت و گاز توانسته است با مدیریت طرح بزرگ خط لوله پنجم سراسری و ۵ ایستگاه تقویت فشار گاز، امکان انتقال گاز ترش استحصالی فازهای ۶، ۷ و ۸ پارس جنوبی را طی یک خط لوله ۵۶ اینچ گاز ترش به طول ۵۰۴ کیلومتر به منطقه نفتی آغاچاری فراهم سازد تا با تزریق گاز به چاه‌های نفتی این منطقه، بالا رفتن ظرفیت تولید نفتی این چاه‌ها را شاهد باشیم.

با عنایت به اهداف استراتژیک سند چشم انداز بیست ساله کشور و جهت توسعه سهم ایران در بازارهای گاز منطقه و جهان (کشورهای همسایه و اروپائی)، خط لوله نهم سراسری گاز ایران به عنوان یک طرح مهم و استراتژیک با قطر ۵۶ اینچ و حدود ۱۹۰۰ کیلومتر از منطقه پارس جنوبی در استان بوشهر تا مرز بازرگان در استان آذربایجان غربی واقع در مرز کشور ترکیه، در نظر گرفته شده است.

از سوی دیگر فاز دوم طرح توسعه خط لوله ششم سراسری گاز نیز از اهواز تا دهگلان با قطر ۵۶ اینچ و به طول تقریبی ۶۰۰ کیلومتر بعنوان اولویت اول اجرایی طرح‌های شرکت ملی گاز ایران در سال ۸۹ تعریف و انتخاب شده است.

در حال حاضر واحد صنایع نفت و گاز شرکت مهندسی قدس نیرو مفتخر است که بعنوان مدیر طرح در این دو طرح مهم و استراتژیک حضور دارد.

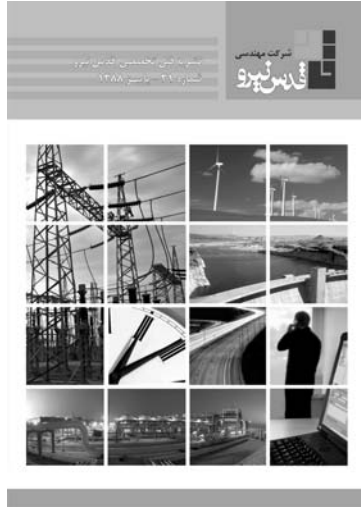
از دیگر پروژه‌های در دست اقدام، پروژه طراحی و نظارت بر احداث مخازن ذخیره نفت وارداتی از روسیه را می‌توان نام برد.

با توجه به استانداردهای نهادینه شده و حضور بیش از ۱۲۰ کارشناس متخصص، امکان ارائه خدمات مدیریتی و مهندسی در کلیه زمینه‌های صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در بخش‌های مهندسی و طراحی (E)، تدارکات کالا (P)، ساخت و نصب و راه‌اندازی (C) به شکل‌های مختلف همکاری اعم از MC, EPC, PC, EP و غیره مطابق با نظام فنی و اجرایی کشور و وزارت نفت، در این واحد فراهم شده است.

این واحد دارای گواهینامه و استانداردهای ذیل است:

- دارای گواهینامه رتبه پایه یک خطوط انتقال نفت و گاز از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
- دارای گواهینامه صلاحیت ارائه خدمات مدیریت طرح (MC) از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
- بکارگیری استانداردهای مدیریت پروژه ANSI-PMI

بسمه تعالی



فهرست مطالب

- | | |
|----|---|
| ۱ | معرفی |
| ۲ | • نقش راهبردی شبکه‌های برق در اجرای سیاست اروپایی انرژی - مهندس ایرج کاوه |
| ۵ | • تأثیر مدار مغناطیسی بر کارکرد ترانسفورمر - دکتر کاوس قصبه |
| ۹ | • تخلیه الکتریکی جزیی بر روی شینه‌های ژنراتور - مهندس محمدرضا صادقی |
| ۲۰ | • بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت نهایی جوش در روش Flash Butt Welding - مهندس جعفر رضازاده |
| ۲۵ | • رفتار سازه‌ای قاب‌های مهاربندی شده کمناش محدود - دکتر جعفر عسگری مارنانی |
| ۳۰ | • ارائه الگوریتم برنامه‌ریزی استراتژیک با رویکرد مهندسی مجدد فرایندها - مهندس راحله نعمتی |
| ۳۹ | • جلوگیری از فروپاشی مخازن ذخیره اتمسفری آب دمین - مهندس حسین حق پرست |

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو

شماره ۳۱ - پاییز ۱۳۸۸

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد

سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس میر داود حسینی میلانی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت داوران:

مهندس پورنگ پاینده، مهندس مسعود حبیب‌آبادی، زاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس رضا رضوی، مهندس محمدحسن زرگرشوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صرمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس بهرام کرمانی، مهندس علی‌اصغر کسائی، مهندس محسن کمالی‌زاده، مهندس وحید مرتضوی، مهندس الهام ملکی، مهندس رضا میرمحمدی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترنت قدس‌نیرو در دسترس همکاران می‌باشد. ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آن در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترنت قدس‌نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان‌پذیر می‌باشد.

نقش راهبردی شبکه‌های برق در اجرای سیاست اروپایی انرژی

نوشته: آندره مرلن، رئیس سیگره، مجله الکترا، اکتبر ۲۰۰۹

ترجمه: ایرج کاوه، مدیر عامل اسبق قدس نیرو

۱- مقدمه

جهان اکنون بسوی سومین انقلاب انرژی می‌رود. انقلاب اول استفاده وسیع از ذغال‌سنگ و کاربرد ماشین‌های بخار در قرن نوزدهم بود و انقلاب دوم کاربرد وسیع برق و مصرف نفت در قرن بیستم. اکنون در آغاز قرن بیست و یکم به مرحله مصرف انرژی کم‌کربن و توسعه پایدار وارد می‌شویم.

اتحادیه اروپا یک سیاست بلند پروازانه انرژی را با سه هدف در این زمینه جدید اختیار کرده است:

- کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در جو زمین برای مقابله با خطر تغییرات آب و هوایی جهان.
- ایمن‌سازی منابع انرژی از طریق محدود کردن وابستگی به سوخت‌های فسیلی (نفت، گاز...) و تحکیم اتحاد بین کشورهای عضو در یک وضعیت بحرانی.
- تکمیل ساختار بازارهای داخلی برق و گاز و توسعه بیشتر یک پارچه‌سازی این ساختار در مقیاس اروپایی و با مناطق همسایه (کشورهای اطراف مدیترانه و روسیه)

برای اجرای مؤثر چنین سیاستی، برق نقش عمده‌ای در ترکیب انرژی اروپا خواهد داشت و شبکه‌های انتقال که استخوان‌بندی سیستم‌های برق را تشکیل می‌دهند، نقشی راهبردی را بازی خواهند کرد. منظور از مقاله حاضر دقیقاً تبیین چنین امری است.

۲- نقش غالب برق در زمینه جدید انرژی

برای دستیابی به سه هدف اصلی سیاست انرژی اروپا، بطوریکه فوقاً بیان شد، برق بدون شک یکی از مؤلفه‌های منحصر بفرد است. در صنعت، فرایندهای مبتنی بر استفاده از برق به‌طور معمول از نظر مصرف انرژی معتدل‌تر از فرایندهایی هستند که بر اساس استفاده مستقیم از حرارت (مثل تولید کاغذ) کار می‌کنند. در محدوده گرمایش و تهویه هوای ساختمان‌ها، استفاده از پمپ‌های حرارتی برقی امکان صرفه‌جویی متنابهی را در مقایسه با سیستم‌های متعارف گرمایشی فراهم می‌کند.

نهایتاً در محدوده حمل و نقل جاده‌ای، توسعه وسایل نقلیه هیبریدی یا خودروهای برقی کاهش مصرف نفت و رشد تقاضای برق را میسر می‌سازند.

در مجموع، وقتی پیش‌بینی‌های تقاضای انرژی برای سال ۲۰۲۰ در ۲۷ کشور اروپا نشان‌دهنده افت قابل توجه تقاضا در مقایسه با ارقام امروز است، مصرف برق بایستی افزایش یابد، البته با گام‌هایی آهسته‌تر از گذشته، اما بدون شک با رشدی بیشتر از یک درصد در سال. در نتیجه سهم برق در ترکیب انرژی اروپا حتی بزرگ‌تر خواهد شد.

در طرف تولید نیز مزیت‌هایی به چشم می‌خورد. تولید برق بهره‌گیری از همه انواع انرژی‌های نشرکننده کم‌کربن را اعم از انواع تجدیدپذیر (آبی، بادی، زمین‌گرمایی، خورشیدی و...) یا انرژی هسته‌ای، میسر می‌سازد. در آینده، یعنی احتمالاً پس از سال ۲۰۲۰، وقتی روش‌های دریافت و ذخیره‌سازی CO₂ در سطح صنعتی اجرایی شود، می‌توان بصورت منطقی سیستم برق اروپایی را سیستمی فاقد نشر اکسیدکربن تصور کرد. در واقع این موضوع چشم‌اندازی است که سازمان برق اروپا (یورو الکتریک) پیشنهاد کرده است. در سال ۲۰۰۵، ۵۴/۶٪ از کل برق تولید شده توسط ۲۷ کشور عضو در اروپا، از سوخت‌های فسیلی بوده است (عمدتاً ذغال‌سنگ معادل ۲۸٪ و گاز ۲۱٪)؛ فقط ۴۵/۴٪ حاصل از انرژی‌های با انتشار کم‌کربن بوده (انرژی هسته‌ای ۳۰/۲٪ و برق آبی ۱۰/۴٪). انرژی‌های تجدیدپذیر (بدون انرژی آبی) کلاً فقط ۴/۸٪ از ترکیب برق بوده است.

با نگاه به سال ۲۰۲۰ و با توجه به جد و جهد عظیمی که در جهت انرژی‌های تجدیدپذیر بکار رفته (۲۰٪ از ترکیب انرژی تا آن تاریخ) احتمال می‌رود که دو سوم برق تولیدی در اروپا از منابع تولید برق با انتشار کم‌کربن باشد، یعنی یک سوم از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (با برق آبی) و یک سوم دیگر از انرژی هسته‌ای.

در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در حدود ۱۳٪ از ترکیب برق اروپا از انرژی بادی خواهد بود، در حالی که این منبع انرژی در سال ۲۰۰۵ حدود ۱/۹٪ محسوب شده. این ۱۳٪ معادل ۵۰۰ تیراوات‌ساعت (TWh) از کل تولید سالیانه حدود ۴۰۰۰ تیراوات ساعت انرژی برق در سال ۲۰۲۰ است (۳۳۰۰ در سال ۲۰۰۵). با توجه به مشخصه منقطع بودن این نوع انرژی و دوره بهره‌برداری از تولید این نوع انرژی که ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ساعت در سال است، برای تولید این مقدار انرژی برق ظرفیتی معادل ۲۵۰-۲۰۰ گیگاوات قدرت نصب شده بادی لازم است که به سیستم برق اروپا وصل شود و جمعا ظرفیت نصب شده‌ای حدود ۱۰۰۰ گیگاوات را تشکیل دهند.



چنین تحول شدیدی در ترکیب تولید برق، سیستم برق اروپا را بسوی تغییر بسیار مهمی سوق می‌دهد، تغییری که باید پذیرفته شود اما در محافل سیاسی اروپای متحد و کشورهای عضو تأکید کافی بر آن نشده است.

۳- نقش راهبردی شبکه‌های برق

چرا شبکه‌های برق در زمینه‌های جدید انرژی چنان تغییری را تحمل می‌کنند؟ عمدتاً به سه دلیل که سیاست‌گذاری اروپایی انرژی را پوشش می‌دهد:

- توانایی یک پارچه‌سازی مقادیر زیادی از انرژی‌های تجدیدپذیر، با مشخصه منقطع بودن، برای ورود به سیستم بهم پیوسته برق اروپا.
- افزایش هم‌آهنگی [سیاست‌های] انرژی بین کشورهای اتحادیه اروپا از طریق خدمات پشتیبانی متقابل سیستم‌های برق بین کشورهای اروپایی عضو، و مناطق همسایه.
- تکمیل یکپارچگی بازار داخلی برق در سطح اروپا.

بنابراین، بهره‌برداران سیستم‌های انتقال نیرو در اروپا با اولویت‌جلوتری مواجه هستند: که شبکه به هم پیوسته اروپایی را مقتدرانه‌گسترش دهند، نه تنها به این دلیل که کمیسیون اروپا مرتباً برای ایجاد رقابت بیشتر بین بازیگران بازار بر آن تأکید می‌کند، بلکه همانگونه که تلاطم‌های وسیع تجربه شده سیستم‌های برق اروپا در سال ۲۰۰۶ نشان داد، برای کاهش خطر خاموشی‌های گسترده، همانند آنچه که در ایتالیا و شمال شرق ایالات متحده و کانادا در سال ۲۰۰۳ اتفاق افتاد.

تقویت سیستم‌های بهم پیوسته نیز اساسی و اولویت‌دار است. این اولویت بمنظور متعادل کردن عرضه و تقاضا در وضعیتی که مستمراً تولیدات انرژی بادی به شبکه افزوده می‌شود و ضرورت پشتیبانی تمام مدت از آن به وسیله انواع تولیدات دیگر، به دلیل مشخصه منقطع انرژی بادی در حالت باد ضعیف یا باد خیلی تند، وجود دارد. برخلاف عقیده بعضاً متداول که انرژی غیرمتمرکز می‌تواند صرفه‌جویی در توسعه سیستم انتقال نیرو داشته باشد، طبیعت متناوب انرژی بادی و عدم اتکالی آن به ظرفیت ذخیره، ایجاب می‌نماید که یک توسعه قوی در سیستم بهم پیوسته، متناسب با مقادیر انرژی منقطعی که به شبکه برق اروپا تزریق می‌شود، داده شود.

این شبکه به هم پیوسته به ماورای مرزهای موجود سیستم برق اروپا توسعه داده خواهد شد. در مرحله اول در دو جهت، یکی در اطراف حوضه مدیترانه برای پشتیبانی پروژه‌های انرژی اتحادیه اروپا در مدیترانه و بعد از آن بطرف شرق برای وصل به شبکه برق روسیه، بطوریکه مبادله انرژی بین کشورهای حوضه بالتیک و لهستان و همسایگان اسکاندیناوی آن امکان‌پذیر باشد.

درنهایت، برای اداره کردن سیستم‌های قدرتی که به‌طور فزاینده‌ای، هم از نظر گسترش تاسیسات موجود به ماورای حدود فعلی و هم از

منظر توسعه ترکیب تولید برق غیر متمرکز و منقطع، پیچیده‌تر می‌شوند، لازم است که بهره‌برداری شبکه برق اروپا به راندمان بالاتری دست یابد.

چه نوع توسعه تکنولوژی برای سیستم‌های برق لازم است تا بتوانند با چالش‌های این زمینه مقابله نمایند؟

این توسعه‌ها خاص اروپا نیستند و احتمالاً می‌توانند به شکل‌های مختلفی، بسته به مناطق جهان و سیاست‌های اجرایی، به مورد اجرا گذاشته شوند.

با وجود این، دو جهت اصلی می‌تواند برجسته‌تر شود.

- توسعه و تقویت سیستم‌های اصلی بهم پیوسته در سطح قاره و احتمالاً مرحله آغازین شبکه بین قاره‌ای (اروپا - آسیا یا اروپا - آفریقا).

- توسعه شبکه‌های هوشمندتر (شبکه‌های قدرت باهوشمندی بیشتر). برای تقویت و توسعه شبکه‌های بهم پیوسته در سطح قاره‌ای، احتمالاً سیستم‌های انتقال نیروی دوگانه هرچه بیشتر توسعه خواهند یافت. این توسعه شامل خطوط انتقال نیروی جریان متناوب (AC) به عنوان استخوان‌بندی سیستم قدرت و خطوط ولتاژ بالای جریان مستقیم (DC) بصورت اتصالات نقطه به نقطه، در مواقع خاص که عبور از موانع طبیعی زیرزمینی، زیر دریایی یا کوهستانی لازم باشد، خواهد بود.

آیا ما همان جهتی را که چین یا هندوستان در توسعه سیستم فوق فشار قوی (بیشتر از یک میلیون ولت AC یا هشتصد هزار ولت DC) طی کرده‌اند، خواهیم رفت؟ نیازها و فواصل در اروپا کمتر است و حساسیت نسبت به امور زیست‌محیطی مربوط به سازه‌های هوایی اگر مانع تلقی نشود عامل بازدارنده‌ای برای چنین افزایش سطح ولتاژی خواهد بود. توسعه فن‌آوری خطوط انتقال با عایق گاز، که انتقال نیروی برق فوق فشار قوی AC را در خطوط بلند انتقال نیرو (بیش از ۵۰ کیلومتر) ممکن می‌سازد، می‌تواند در دهه آینده برای مقابله با افزایش فشارهای زیست‌محیطی، به سطح صنعتی گسترش یابد.

دومین جهت‌گیری اساسی از توسعه شبکه‌های هوشمندتر حاصل می‌شود. این امر از سهم فزاینده انرژی‌های غیر متمرکز در ترکیب انرژی و رقابت مستمر برای بازدهی بهتر در مدیریت مصرف برق مشترک نهایی، ایجاب می‌شود.

این هوشمندی که پیاده‌سازی آن در شبکه از دهه ۱۹۶۰ آغاز شد، با سرعت بسیار زیاد پیشرفت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، ابتدا با توسعه سیستم‌های کنترل و اتوماسیون و حفاظت که امروزه بیشتر و کاملاً دیجیتال شده‌اند روی بخش‌های اصلی شبکه‌ها تأثیر گذاشت.

توسعه گسترده تولید غیرمتمرکز، در شبکه‌های توزیع، طبیعت و وظیفه این شبکه‌ها را تغییر خواهد داد. درحالی‌که تابحال نقش این شبکه‌ها به‌طور ساده، ایجاد مسیر برق‌رسانی به مشترک نهایی بوده است، حالا باید به صورت فزاینده فعال شوند، یعنی در شرایط معینی از بار و





قابلیت دسترسی، بخشی از قدرت تولید وصل شده به این شبکه‌ها باید به شبکه‌هایی با سطح ولتاژ بالاتر تزریق شود که اغلب به مراتب بهتر از مصرف سوخت برای تأمین انرژی مصارف محلی است.

چنین توسعه‌ای، نیاز به تجمیع اطلاعات بیشتری همانند آنچه در گذشته در سیستم‌های انتقال وجود داشته، در سیستم‌های توزیع نیرو دارد، تا این اطلاعات به اطلاعات موجود که در ولتاژ سطوح بالاتر پیاده شده اضافه شود. به علاوه، گشایش کامل بازار برق به روی همه مشترکین منجر به عمومیت یافتن دستگاه‌های اندازه‌گیری هوشمند مخصوصاً برای مشترکین محلی می‌شود و به این ترتیب، استفاده از این هوشمندی در راه کسب بازدهی بیشتر انرژی برای مشترک نهائی بکار می‌رود.

نهایتاً افزایش مبادله انرژی برق در سطح اروپا که نتیجه دو عامل؛ یک‌پارچه شدن بازارها و توسعه گسترده منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و نیز جستجو برای اتحاد بیشتر بین کشورهای عضو بخصوص در موقعیت‌های بحرانی است، نیاز به تقویت هماهنگی در بهره‌برداری سیستم برق اروپایی دارد. ما معتقدیم که هماهنگی باید از طریق تجمیع بزرگتری از اطلاعات سیستم انتقال نیرو و حداقل در قاره اروپا با استقرار مرکز هماهنگی اروپایی برای انتقال برق جامه عمل بپوشد. این مرکز نباید به عنوان جانشین مراکز ملی کنترل کشورها تلقی شود، بلکه در عوض به آنها در اصلاح هماهنگی در مدیریت سیلان انرژی بین این سیستم‌ها، کمک می‌کند.

۴- جمع‌بندی

سیاست بلندپروازانه انرژی اتحادیه اروپا معطوف به اطمینان بخشی در امنیت عرضه انرژی و مقابله با خطرات تغییرات آب و هوایی است. در این زمینه جدید، برق نقشی با اهمیت فزاینده در ترکیب انرژی اروپایی، با به‌کارگیری همه انرژی‌های کم‌کربن و تأمین بازدهی بیشتر انرژی برای مصرف‌کننده نهایی، ایفا خواهد کرد. چنین توسعه‌ای نیاز به یک تغییر اساسی در نقش شبکه‌های برق دارد، تغییری که باید از طریق پیاده‌سازی توانم؛ توسعه شبکه‌های بهم پیوسته بزرگ^۱ و سیستم‌های برق هوشمند^۲ بخصوص در ولتاژهای پائین‌تر (شبکه‌های توزیع) به انجام رسد. شورای جهانی شبکه‌های بزرگ برق (CIGRE) که من افتخار ریاست آنرا دارم، نقشی اساسی در اروپا و سایر نقاط جهان برعهده دارد، این نقش برانگیختن نوآوری‌هایی است که اجازه چنین تغییراتی را می‌دهند.

آقای مهندس ایرج کاوه در سال ۱۳۳۸ با درجه فوق لیسانس مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران فارغ‌التحصیل گردیده‌اند و از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۵۳ در مشاغل گوناگون در سازمان آب و برق خوزستان به کار اشتغال داشته‌اند. مشاغل دیگر ایشان از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۸ مدیرعامل برق منطقه‌ای خراسان، از ۱۳۵۸ تا

۱۳۵۹ معاونت نوسازی توانیر، از ۱۳۵۹ تا ۱۳۶۱ مدیرعامل آب و برق خوزستان، از ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۳ در حوزه ستادی وزارت نیرو بوده و از ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۷۰ که به افتخار بازنشستگی نائل گردیدند مدیرعامل شرکت قدس نیرو بوده‌اند. پس از بازنشستگی از ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۵ در شرکت متن به فعالیت پرداختند و از آن سال تاکنون نیز به فعالیت‌های علمی و مهندسی خویش همچنان ادامه می‌دهند.



1- Super Grids
2- Smart Grids

تأثیر مدار مغناطیسی بر کارکرد ترانسفورمر

کاوس قصبه

سرپرست گروه تخصصی برق - SBU نیروگاه

چکیده

مدار مغناطیسی ترانسفورمر، مسیری با مقاومت مغناطیسی کم برای عبور شار مغناطیسی فراهم می‌سازد. با توجه به مسیر بسته شدن شار، این مدار می‌تواند به دو دسته مستقل و غیرمستقل تقسیم گردد که در این مقاله تأثیر آنها بر کارکرد ترانسفورمر سه فاز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

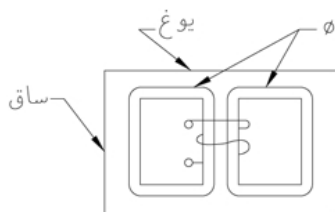
۱- مقدمه

در ساختمان ترانسفورمر، مدار مغناطیسی و به عبارت دیگر هسته، بخش عمده‌ای را تشکیل می‌دهد که وظیفه آن ایجاد مسیری با مقاومت مغناطیسی کم جهت عبور شار ϕ می‌باشد. برای ایجاد شار کافی توسط نیروی محرک مغناطیسی کم، لازم است مقاومت مغناطیسی مسیر شار کم باشد (قانون اهم مغناطیسی). برای این منظور از هسته آهنی استفاده می‌شود که جهت کاهش جریان‌های گردابی و نتیجتاً کاهش تلف فوکو، از کنار هم قرار دادن ورقه‌های آهنی نازک به ضخامت حدود 0.2 الی 0.3 میلی‌متر که نسبت به یکدیگر ایزوله هستند ساخته می‌شود. هسته ترانسفورمر از دو بخش ساق^۱ و یوغ^۲ تشکیل می‌گردد (شکل ۱) و سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه هر فاز روی یکی از ساق‌ها قرار می‌گیرند. از نظر مسیر عبور شار، هسته در دو نوع مستقل و غیرمستقل ساخته می‌شود. این تقسیم‌بندی برای ترانسفورمرهای سه فاز صادق است و ترانسفورمرهای تک‌فاز از نوع مستقل می‌باشند.

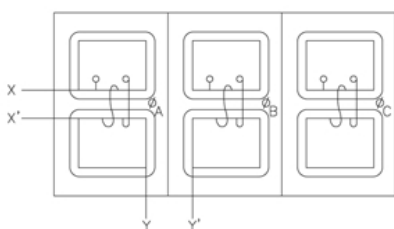
۱-۱- هسته مستقل

در هسته مستقل، مسیر بسته شدن شار هر فاز مستقل بوده و تداخلی با مسیرهای دو فاز دیگر ندارد. در شکل (۱-۱) مدار مغناطیسی ترانسفورمر تک‌فاز و در شکل (۲-۱) ترانسفورمر سه فاز رسم شده‌است که در واقع از کنار هم قرار گرفتن سه ترانسفورمر تک‌فاز تشکیل شده‌است. ساختار شکل (۱) را هسته نوع زرهی^۳ می‌نامند و همانطور که از شکل (۲-۱) مشاهده می‌گردد شار هر فاز مسیر مستقل خود را دارد. از آنجا که شار فازها نسبت به هم 120° درجه اختلاف فاز زمانی دارند، با جمع‌برداری دو شار $\phi_A + \phi_B$

می‌توان نشان داد که در شکل (۲-۱) شار عبوری از سطح YY' نصف شار عبوری از سطح XX' است و لذا می‌توان سطح YY' را نصف سطح XX' اختیار نمود. این نکته یکی از جنبه‌های اقتصادی ترانسفورمر سه فاز زرهی نسبت به سه ترانسفورمر تک‌فاز زرهی می‌باشد.



شکل (۱-۱): ترانسفورمر تک فاز زرهی



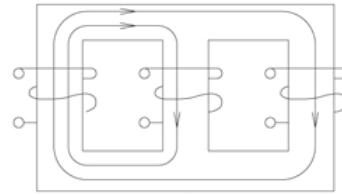
شکل (۲-۱): ترانسفورمر سه فاز زرهی

شکل (۱): مدار مغناطیسی مستقل ترانسفورمر

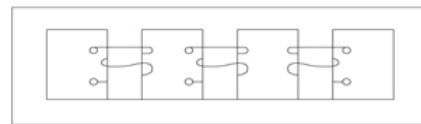
- 1- Leg
- 2- Yoke
- 3- Shell Type

۲-۱- هسته غیرمستقل

در هسته غیرمستقل، شار هر فاز از مسیر شار فازهای دیگر عبور می‌کند. در شکل (۱-۲)، مدار مغناطیسی ترانس سه فاز سه ساقه و در شکل (۲-۲) سه فاز پنج ساقه رسم شده است. دو ساق اضافی که بر روی آنها سیم پیچ قرار نمی‌گیرند باعث کاهش ارتفاع هسته و نتیجتاً سهولت حمل و نقل می‌شود.



شکل (۱-۲): مدار مغناطیسی سه ساقه



شکل (۲-۲): مدار مغناطیسی پنج ساقه

شکل (۲): مدار مغناطیسی غیرمستقل ترانسفورمر

مدار مغناطیسی شکل (۲) را نوع هسته‌ای^۱ می‌نامند. مسیر عبور شار فازها متغیری از زمان است و بعنوان نمونه، با توجه به اختلاف زمانی 120° بین آنها، هنگامی که شار یک فاز ماکزیمم و مثبت است شار دو فاز دیگر برابر نصف ماکزیمم و منفی می‌باشند و لذا شار ماکزیمم از طرق دو ساق دیگر مسیر خود را می‌بندد (شکل ۱-۲). یا در لحظه‌ای که شار یک فاز صفر است، شار فقط از دو ساق دیگر عبور می‌کند.

۲- تأثیر مدار مغناطیسی بر کارکرد ترانسفورمر

نوع مدار مغناطیسی (مستقل یا غیرمستقل) در نحوه عملکرد ترانسفورمر سه فاز مؤثر است. این تأثیرات، خصوصاً هنگام بارگیری تکفاز، پدیده‌های مختلفی نظیر اعوجاج ولتاژ، عدم تعادل ولتاژ و نوسان پتانسیل نقطه خنثی را ایجاد می‌نمایند که اثرات منفی بر کارکرد بار متصل به ترانسفورمر دارند. این پدیده‌ها در ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲- بار تکفاز

اگر بارگیری از ثانویه بصورت تکفاز و بین فاز و نول باشد، عملکرد ترانسفورمر نوع مستقل متفاوت از نوع غیرمستقل خواهد بود، در حالی که اگر بار تکفاز بدو فاز ثانویه متصل گردد، اشکالاتی که در ذیل خواهد آمد ایجاد نمی‌شود.

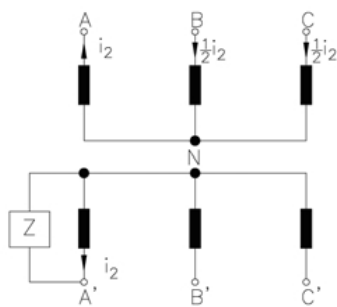
۱-۱-۲- ترانسفورمر غیرمستقل

در شکل (۱-۳) یک ترانسفورمر سه فاز غیرمستقل (نوع هسته‌ای) با اتصال Yyn بار تکفاز z را با جریان i_2 تغذیه می‌کند. می‌توان نشان داد که جریان فازهای اولیه نامتعادل است که در آن $i_2' = ni_2$ و $n = w_2/w_1$ نسبت حلقه‌های سیم‌پیچ است. مشاهده می‌گردد که اصل تعادل آمپر دور بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه واقع روی هر ساق برقرار نیست و هر یک از ساق‌ها دارای آمپر دوری برابر با $w_1 i_2' / 3$ می‌گردد که همفاز نیز می‌باشند. این آمپر دورها (نیروی محرک مغناطیسی) شارهای همفازی در ساق‌ها ایجاد می‌کند که مسیر گردش آنها طبق شکل (۲-۳) خارج از هسته، یعنی عبور از مسیر روغن و جداره خارجی ترانسفورمر می‌باشد. این کار سبب ایجاد جریان فوکو در جداره و نتیجتاً تلف حرارتی می‌گردد که یکی از معایب این نوع بارگیری است.

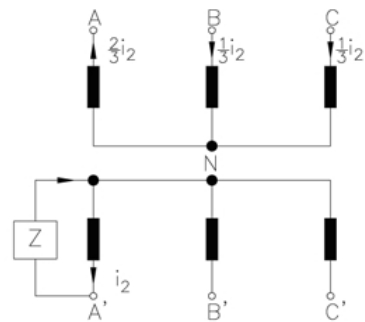
اشکال دومی که این شارهای همفاز ایجاد می‌کنند، عدم تعادل ولتاژ فازها می‌باشد زیرا شارهای همفاز سبب القاء ولتاژهای همفاز می‌شوند که با اضافه شدن به ولتاژ اصلی هر فاز، سبب تغییر مکان پتانسیل نقطه خنثی N و عدم تعادل ولتاژ فازها طبق شکل (۳-۳) می‌شوند. تفاوت بین مدار مغناطیسی مستقل و غیرمستقل در این نکته ظاهر می‌گردد که در غیرمستقل، دامنه شارهای همفاز به سبب عبور از مسیر هوا با مقاومت مغناطیسی زیاد، کمتر از نوع مستقل است و لذا عدم تعادل ولتاژ فازها کمتر است.

جهت رفع مشکلات ذکر شده لازمست اتصال اولیه دارای نقطه خنثی باشد (اتصال $YNyn$) که در این صورت در اولیه فقط از فاز A و سیم خنثی آن جریان i_2' عبور می‌کند و دو فاز دیگر اولیه بدون جریان خواهند بود و تعادل آمپر دور برقرار است.

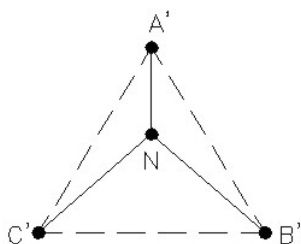
بطور کلی، با انتخاب اتصال مثلث یا زیگزاگ برای یکی از دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه، مشکلات ذکر شده رفع می‌شود.



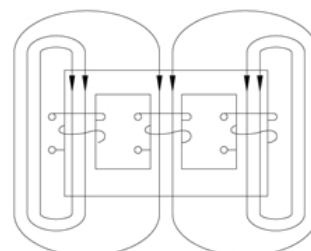
شکل (۱-۴): مدار شماتیک



شکل (۱-۳): مدار شماتیک



شکل (۲-۴): تغییر مکان نقطه خنثی

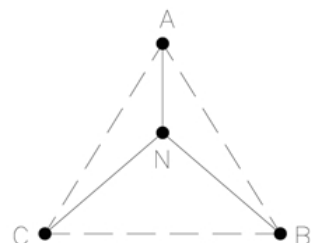


شکل (۲-۳): مسیر شارهای هم فاز

شکل (۴): بار تک فاز در ترانسفورمر نوع زرهی

۲-۱-۳- اتصال ستاره - مثلث (Dyn)

با عبور جریان i_2 از یک فاز و نول ثانویه، جریان I_2' از سیم پیچ همنام اولیه عبور می کند و تعادل آمپر دور ساق مربوطه برقرار می گردد. از دو فاز دیگر اولیه جریانی عبور نمی کند و لذا مشکلات ذکر شده در این نوع اتصال برای ترانس های نوع مستقل یا غیرمستقل پدید نمی آید.



شکل (۳-۳): تغییر مکان نقطه خنثی

شکل (۳) بار تک فاز در ترانسفور غیرمستقل

۲-۱-۲- ترانسفورمر مستقل

در شکل (۱-۴) یک ترانسفورمر سه فاز نوع مستقل (زرهی) با اتصال Yyn ، بار تک فاز Z را با جریان i_2 تغذیه می کند. می توان نشان داد که با عبور جریان I_2' از فاز ثانویه، از فاز همنام آن در اولیه جریان $i_2' = ni_2$ عبور می کند و تعادل آمپر دور برای این فاز برقرار می گردد. از دو فاز دیگر اولیه نصف جریان I_2' عبور می کند و بعلت عدم وجود جریان در فازهای مشابه ثانویه، تعادل آمپر دور برای ساق های B ، C برقرار نبوده و هسته ساق های B ، C بشدت اشباع می شوند و ولتاژهای بزرگی در سیم پیچ های B ، C القاء می گردد که نتیجه آن کاهش ولتاژ فاز بردار و افزایش ولتاژ دو فاز دیگر طبق شکل (۲-۴) می باشد. در اینجا، برخلاف شکل (۲-۳)، شار فازهای B و C از درون هسته عبور می کنند و مشکل تلف حرارتی در جداره خارجی را ایجاد نمی کنند.

۲-۲- بار بین دو فاز

می توان نشان داد که در کلیه انواع اتصالات با قرار گرفتن بار بین دو فاز ثانویه، تعادل آمپر دور همواره برقرار است و مشکلات ذکر شده پدید نمی آید.

۲-۳- تغییر فرم ولتاژ (اعوجاج)

می دانیم که فرم جریان مغناطیس کنندگی ترانسفورمر به سبب غیرخطی بودن منحنی مغناطیسی هسته، غیرسینوسی بوده و عمدتاً دارای هارمونیک سوم (حدود ۴.۵٪) می باشد. امکان عبور هارمونیک سوم جریانی بستگی به نوع اتصال سیم پیچ ها (ستاره - مثلث - زیگزآگ) داشته و اگر به سبب نوع اتصال نتواند در سیم پیچ اولیه جریان یابد (مثلاً اولیه با اتصال ستاره بدون سیم نول)، فرم شار غیرسینوسی شده و دارای هارمونیک سوم خواهد شد. شارهای هارمونیک سوم سبب القاء ولتاژهای





هارمونیک سوم در فازها گردیده و اعوجاج ولتاژ را به همراه دارند که میزان آن به مستقل یا غیرمستقل بودن هسته بستگی دارد.

در ترانسفورمر نوع غیرمستقل شارهای هارمونیک سوم همافزند از هوا عبور می کنند (شکل ۳-۲) و لذا مقدار آن ناچیز و عملاً اعوجاج ولتاژ پدید نمی آید.

در ترانسفورمر نوع مستقل، مسیر شارهای هارمونیک سوم از هسته است و لذا مقدار آن قابل توجه و اعوجاج ولتاژ پدید می آید. در انتخاب ترانسفورمر سه فاز برای عناصر انتگرال گیر نظیر کنتورهای انرژی که به هارمونیک ولتاژ حساس هستند بهتر است که از نوع هسته ای استفاده شود. برای مدارات حفاظتی توصیه می شود که از سه عدد ترانسفورمر تکفاز یا هسته سه فاز مستقل استفاده گردد.

۴-۲- نوسان پتانسیل نقطه خنثی

وجود هارمونیک سوم در ولتاژ فازها پدیده ای به نام نوسان نقطه خنثی^۱ ایجاد می کند. در صورتیکه فقط هارمونیک سوم منظور شود و با ولتاژ فازها جمع برداری گردد، مکان هندسی پتانسیل نقطه خنثی، دایره ای به مرکز N و شعاع E_3 (دامنه ولتاژ هارمونیک سوم) خواهد بود. این پدیده سبب افزایش ولتاژ فازها می گردد که میزان آن در نوع غیرمستقل حدود ۵٪ و در نوع مستقل تا ۵۰٪ می رسد.

بطور کلی جهت ایجاد مسیری برای عبور هارمونیک سوم جریان مغناطیس کننده و نتیجتاً حذف هارمونیک های فرد ولتاژی، می توان یا یکی از دو سیم پیچ را با اتصال مثلث انتخاب نمود، یا اینکه سیم پیچ ثالثیه^۲ با اتصال مثلث اضافه نمود.

۳- کاربرد در مدارات صنعتی

در مدارات صنعتی از ترانسفورمرهای سه فاز با توان کم جهت تغذیه رله های حفاظتی و تجهیزات اندازه گیری استفاده می شود. در صورت استفاده از ترانسفورمر غیرمستقل جهت تغذیه مثلاً رله حفاظتی ولتاژ کم (کد ۲۷) توجه گردد که قطع یک فاز در اولیه، مثلاً به سبب سوختن فیوز، تغییری در ولتاژهای سه فاز ثانویه ایجاد نکرده و نتیجتاً سبب تشخیص خطا توسط رله حفاظتی نمی شود. علت اینست که جمع برداری شار دو فاز سالم از سیم پیچ ثانویه فاز قطع شده عبور نموده و سبب القاء ولتاژ در این فاز می گردد. در حالیکه اگر ترانسفورمر از نوع مستقل باشد، در ثانویه فاز قطع شده ولتاژی القاء نمی گردد و رله حفاظتی عمل خواهد کرد. در این مورد

استفاده از سه ترانسفورمر تکفاز یا یک ترانسفورمر سه فاز مستقل توصیه می گردد. برای عناصر انتگرال گیر نظیر کنتورهای انرژی، همانطور که اشاره شد از ترانسفورمر سه فاز نوع غیر مستقل استفاده شود.

۴- نتیجه گیری

- نوع مدار مغناطیسی ترانسفورمر سه فاز (مستقل یا غیرمستقل) بر عملکرد ترانسفورمر مؤثر است و این تأثیر در بارگیری تکفاز، اعوجاج ولتاژ، نامتعادل شدن ولتاژ فازها و نوسان پتانسیل نقطه خنثی ظاهر می گردد.

- نوع غیرمستقل اعوجاج ولتاژ کمتری پدید می آورد و برای تغذیه تجهیزاتی که به هارمونیک ولتاژ حساسند مناسب است.

- بارگیری تکفاز (بین فاز و نول) در نوع مستقل نامتعادلی بیشتری در ولتاژها و جابجائی بیشتری در نقطه خنثی سیم پیچ ایجاد می کند.

- بارگیری تکفاز (بین دو فاز) در هر دو نوع مدار مغناطیسی با مشکل خاصی روبرو نمی باشد.

- با انتخاب مناسب اتصال سیم پیچ ها، اشکالات بارگیری تکفاز مرتفع می گردد.

مراجع

- ۱- نقش مدار مغناطیسی در ترانس های ولتاژ جداکننده، مهندس محمدرضا رضائی و همکاران، مجله صنعت برق، بهمن ۸۲.
- ۲- ماشین های الکتریکی و کاربرد آنها، کاوس قصبه. 3- J&P Transformer Book.

آقای کاوس قصبه دارای فوق لیسانس مهندسی برق از آلمان (سال ۱۳۴۵) و دکترای مهندسی برق از انگلستان (سال ۱۳۵۳) می باشد. ایشان تا سال ۱۳۶۲ به تدریس در دانشگاه صنعتی شریف پرداخته و ۲۹ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کارشناسی و سرپرستی دارد. زمینه فعالیت آقای قصبه، بطور کلی سیستم ها و تجهیزات برق نیروگاه بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان ماشین های الکتریکی و ترانسفورمرها می باشد.

1- Neutral Oscillation
2- Tertiary

تخلیه الکتریکی جزئی بر روی شینه‌های ژنراتور

محمد رضا صادقی

سرپرست کارگاه نیروگاه گازی کرمانشاه - SBU نیروگاه

۱- مقدمه

بطور معمول تجهیزات الکتریکی برای عمری حدود ۳۰ تا ۴۰ سال بدون تعمیر سیستم عایقی طراحی می‌گردند: این موضوع برای تجهیزات ایستا مانند ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری کابل‌های قدرت و همچنین تجهیزات دینامیکی مانند کلیدها نیز صادق می‌باشد.

بسیاری از تجهیزات دینامیکی احتیاج به تعمیرات سیستم‌های محرک خود دارند اما بندرت سیستم دی‌الکتریک آنها احتیاج به تعمیر پیدا می‌کند، بنابراین اندازه‌گیری و آشکار سازی تخلیه الکتریکی جزئی در این تجهیزات چندان مورد توجه نیست و اصولاً طراحی‌ها طوری انجام می‌گیرد که تخلیه الکتریکی جزئی در آنها رخ نمی‌دهد یا بسیار پایین است، در برخی از تجهیزات (مانند GIS^۱) جهت آشکار سازی تخلیه الکتر یکی جزئی^۲ به سنسورهای مخصوص و به تعداد زیاد نیاز خواهیم داشت که این اصلی‌ترین نکته منفی در آشکار سازی این پدیده است.

در این میان ماشین‌های گردان یک استثنا هستند زیرا در این تجهیزات طراحی به شکلی است که سطح مناسبی از تخلیه الکتریکی جزئی همواره وجود دارد و می‌بایستی اندازه‌گیری‌های لازم و پیشگیرهای مربوطه جهت جلوگیری از تجاوز از حد خاص مورد نظر به عمل آید. از آنجا که به علت مسأله بازده ماشین‌های الکتریکی سعی می‌گردد که ضخامت عایقی در سیم پیچ‌ها تا حد امکان نازک‌تر گردد و از طرف دیگر نازکی بیش از حد عایق موجب بروز پدیده تخلیه الکتریکی جزئی و بالا رفتن میزان آن می‌گردد و در نهایت برای ماشین الکتریکی که جهت عملکرد ۳۰ الی ۴۰ ساله طراحی می‌گردد تخلیه‌های الکتریکی جزئی نا مطلوب اثرات مخربی خواهند داشت، بنابراین سعی می‌شود که تخلیه‌ها در مراحل ابتدائی تشخیص داده شده و برطرف گردند.

معمولاً استرس‌های شدید ناشی از اتصال کوتاه‌ها، عملکرد تحت شرایط اضافه بار و ... موجب زوال تدریجی عایق گردیده و در نتیجه باعث خروج از مدار ژنراتورها می‌گردد: در مراحل اولیه، افزایش تخلیه الکتریکی جزئی مشاهده می‌گردد بنابراین با توجه به هزینه‌های سنگین اختلالات، خروج از مدار ژنراتورها، تحمل هزینه‌های پیشگیرانه حتی اگر بالا نیز باشد قابل تأمل و توجیه است: مسئله

آشکار سازی تخلیه الکتریکی جزئی بطور On-line از حدود ۴۰ سال قبل اهمیت یافته است. منتها در سال‌های اخیر گردآوری و پردازش نوبزهای فرکانس بالا به شکل عملی و فراگیر درآمده است.

۲- تعریف تخلیه الکتریکی جزئی

تخلیه جزئی به تخلیه‌هایی که به صورت موضعی در عایق ایجاد شده و فقط محدود به یک قسمت از ماده دی‌الکتریک بوده و در نتیجه به طور کامل میان الکترودها پل ایجاد نمی‌کند، اطلاق می‌گردد.

تخلیه جزئی در انواع عایق‌های جامد، مایع و گاز اتفاق می‌افتد که معمولاً به تخلیه جزئی که در گاز بخصوص در هوا اتفاق می‌افتد (کرونا) گفته می‌شود. اصطلاح تخلیه جزئی گروه وسیعی از انواع تخلیه الکتریکی را شامل می‌شود که تخلیه در خلل و فرج سطح و یا داخل حباب‌های موجود در عایق مایع و نیز تخلیه‌های کرونا که بر اثر وجود میدان‌های قوی الکتریکی ناهمگن در عایق‌های گازی به وجود می‌آید از این قبیل است.

۳- روش‌های آشکار سازی تخلیه الکتریکی جزئی

۱-۳- روش Tip-Up

تست Tip-Up براساس اندازه‌گیری ضریب تلفات در دو سطح ولتاژ جداگانه (معمولاً ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولتاژ نامی) و مقایسه بین آنها انجام می‌شود. از معایب عمده این روش: دقت پایین، عدم شناسایی محل و منبع تخلیه جزئی و لزوم وجود منبع خارجی جهت اعمال ولتاژ می‌باشد.

۲-۳ روش تحلیل تلفات دی‌الکتریک

در این روش اتلاف توان در یک سیستم عایقی به عنوان تابعی از ولتاژ در یک سیکل بررسی می‌گردد. این روش با وجود دقت بیشتر نسبت به روش قبل دارای دقت قابل قبولی نیست و نیاز به منبع خارجی در این حالت نیز وجود دارد.

1- Gas Insulation Switchgear
2- Partial Discharge

۳-۳- روش پروپ‌های القایی

در این روش از پروپ‌ها یا سنسورهای مخصوص القایی جهت تشخیص محل و منبع تخلیه الکتریکی جزئی استفاده می‌شود. در این روش با وجود دقت خوب و امکان تشخیص مکان تخلیه، دو مشکل اساسی زمان خروج از مدار طولانی و نیاز به منبع مولد انرژی با قدرت بالا دارد.

۳-۴- روش تشخیص سیگنال‌های صوتی

در این روش با یک سنسور صوتی که اصوات را به یک مدار اندازه‌گیری مناسب منتقل می‌کند و یا بدون مدار اندازه‌گیری خاص، فقط با روش شنیداری توسط سنسور به محل تخلیه الکتریکی جزئی پی برده می‌شود. این روش حساسیت کم و دقت پایینی دارد، منتهی به علت هزینه کم و سادگی بعضاً مورد توجه می‌باشد. آزمایش هیسینگ از جمله این روش‌ها می‌باشد.

۳-۵- روش آشکار سازی و تحلیل پالس

در این روش از آشکار سازی پالس‌های تخلیه الکتریکی جزئی توسط خازن‌ها یا سلف‌های کوپلینگ که مستقیماً به سیم پیچ‌های ماشین کوپل شده‌اند استفاده می‌گردد.

این پالس‌ها در یک اسیلوگراف خاصی یا تحلیلگر پالس مورد بررسی واقع می‌شوند این روش دقیق‌ترین و کاراترین روش جهت مشاهده پدیده تخلیه الکتریکی جزئی می‌باشد.

۳-۶- روش Off-Line

اندازه‌گیری‌های Off-Line در طی یک وقفه کاری، این مزیت که تحت شرایط مشخصی از لحاظ سرعت، قطع تحریک، نبود اغتشاشات الکتریکی حاصل از ماشین را دارد، صورت می‌پذیرد.

معایب این روش، لزوم خروج ژنراتور و عدم تطبیق استرس‌های ولتاژ و استرس‌های مکانیکی مدل‌سازی شده با واقعیت موجود می‌باشد. در عمل ماشین از سیستم قدرت جدا شده و یک ولتاژ خارجی به یک فاز آن اعمال می‌گردد، ولتاژ از صفر تا یک پریو نیت و در هر مرحله به اندازه یک دهم پریو نیت افزایش داده می‌شود و سپس تا ولتاژ صفر پائین آورده می‌شود.

سیگنال‌های تخلیه الکتریکی جزئی با استفاده از یک خازن کوپلینگ فشار قوی به دستگاه مشاهده‌گر اعمال می‌شود. در ساده‌ترین حالت این دستگاه می‌تواند یک اسیلوگراف باشد.

سال‌ها آموزش و سرمایه‌گذاری و در نهایت نتایج غیردقیق موجب شده است که این روش در حال حاضر کاربرد چندانی نداشته باشد. روش مناسب‌تر و مدرن‌تر ارسال سیگنال‌های دریافتی از خازن به یک دستگاه پردازشگر سیگنال است که با توجه به نتایج قبلی و داده‌های پیشین که در حافظه دستگاه جاسازی شده است امکان ارزیابی دقیق و با سرعت کافی را دارد، ارزیابی دقیق تخلیه الکتریکی جزئی با توجه به مشخصه‌های قید شده در IEC 270 که عبارتند از: ماکزیمم بار، جریان تخلیه متوسط، چگالی بار و فرکانس تخلیه امکان‌پذیر است این مشخصه‌ها به صورت تابعی از دامنه و فاز ولتاژ اندازه‌گیری می‌شوند و با مقایسه این داده‌ها با مقادیر مربوط به یک ماشین سالم و یا معیوب امکان تشخیص ایراد و میزان آن وجود خواهد داشت.

۳-۷- روش On-Line

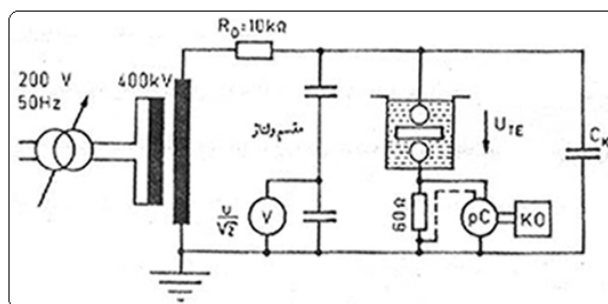
با توجه به مشکلاتی که برای روش Off-Line عنوان شد این روش بیشتر مورد توجه است در این روش سیگنال‌های تخلیه جزئی در نقطه ستاره و یا فشار قوی اندازه‌گیری می‌شوند و باز نتایج به یک واحد پردازش سیگنال همانند مورد ذکر شده در روش قبل منتقل می‌گردد. مشکل اساسی در این روش وجود نویزهای حاصل از سیستم تحریک و اغتشاشات سیستم قدرت می‌باشد که با طراحی فیلترهایی نسبت به حذف آنها اقدام می‌شود.

۴- تخلیه الکتریکی جزئی در ترکیب عایق‌های مایع و جامد

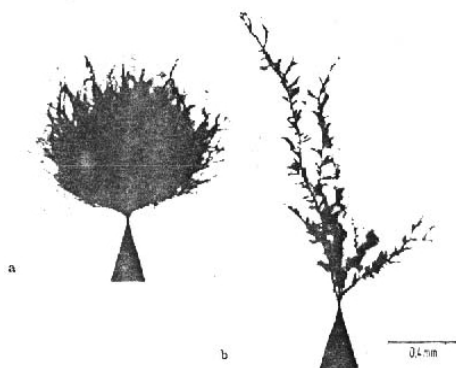
از آنجا که تخلیه جزئی در مجاورت مواد عایق آلی باعث تخریب عایق و دیر یا زود منجر به شکست می‌گردد، طراحی عایق‌بندی تجهیزات فشار قوی با توجه به این نکته انجام می‌گیرد. یعنی در کار عادی و در ولتاژ نامی یا بهتر بگوییم در ولتاژ کار، نباید هیچگونه تخلیه جزئی در عایق انجام گیرد.

تخلیه جزئی دارای حالت هیستریزس است یعنی در ولتاژ بالاتری شروع و در ولتاژ پایین‌تری خاموش می‌گردد. لذا این خطر وجود دارد که بر اثر اضافه ولتاژهای گذرا تخلیه جزئی شروع شود و در ولتاژ نامی خاموش نگردد.

شکل (۱) مدار اندازه‌گیری ولتاژ شروع تخلیه جزئی را نشان می‌دهد. میزان تخلیه جزئی نیز با کمک این مدار اندازه‌گیری می‌شود.



شکل (۱): مدار اندازه‌گیری ولتاژ شروع تخلیه جزئی



شکل (۲): نقش‌های ناشی از تخلیه جزیی در عایق پلی‌اتیلن با تریپینگ به صورت بوته‌ای و درخت

شکست الکتریکی در عایق‌های جامد اغلب به دلیل تخریب رخ می‌دهد و تخلیه جزیی دلیل این تخریب می‌باشد. بدیهی است عوامل دیگر مانند درجه حرارت و تنش‌های مکانیکی نیز در این تخریب نقش دارد. در تخریب عایق ولتاژ متناوب بیشتر مؤثر است. تخریب را متناسب با تعداد دفعاتی که ولتاژ متناوب قطع و وصل شده یا تغییر علامت داده است می‌دانند. در ولتاژ متناوب پس از آنکه یک جرقه زده شد، مقداری بار الکتریکی در سطح عایق و یا در فاصله معینی از الکترودها باقی می‌ماند.

۵-۲- Water Treering

پس از عوض شدن علامت ولتاژ، شدت میدان بین الکترودها و نقطه‌ای از سطح عایق که بارهای الکتریکی در آنجا قرار گرفته بودند افزایش یافته و مجدداً جرقه‌ای زده می‌شود که این عمل به کرات ادامه خواهد یافت.

در داخل حفره‌های عایق جامد نیز به شرط کافی بودن شدت میدان الکتریکی، جرقه زده می‌شود (تخلیه جزیی صورت می‌گیرد).

۶- دسته‌بندی انواع تخلیه الکتریکی جزیی

انواع تخلیه جزیی را به روش‌های مختلف دسته‌بندی نموده‌اند که در کلی‌ترین و مناسب‌ترین این دسته‌بندی‌ها آنها را به چهار گروه متمایز تقسیم کرده‌اند.

- تخلیه‌های داخلی که مربوط به حفره‌ها و شکاف‌های ریز در داخل عایق جامد و یا حباب در عایق مایع می‌شود.
- تخلیه‌های سطحی که بر اثر وجود نا همواری‌های سطح عایق و در نتیجه میدان غیر یکنواخت و شکست‌های موضعی به وجود می‌آید.
- تخلیه‌های کرونا که مربوط به یونیزه شدن موضعی گازها در اثر میدان غیر یکنواخت بوده و به صورت جرقه‌های ریزی پدیدار می‌شود.
- تخلیه‌های جزیی یا ساختار درختی (تریپینگ) که قبلاً شرح داده شد.

1- Treering

2- Water Treering

در این شکل pc دستگاه اندازه‌گیری تخلیه جزیی و ko اسیلسکوپ می‌باشد. تخلیه جزیی را بر حسب pc (پیکوکولمب) می‌سنجند و آن بار الکتریکی است که بر اثر تخلیه جزیی در زمان معینی مثلاً در هر پرپود از امپدانس ۶۰ اهم در این مدار عبور می‌نماید.

در این مدار ولتاژ را بالا می‌برند و تخلیه جزیی را برای هر مقدار ولتاژ اندازه می‌گیرند. ولتاژی که در آن تخلیه جزیی شروع می‌گردد، ولتاژ شروع تخلیه جزیی خوانده می‌شود.

تخلیه جزیی در روغن باعث تجزیه روغن به اجزاء سازنده آن مانند هیدروکربورها $C_n H_m$ و هیدروژن می‌شود. گازهایی که به این ترتیب بوجود می‌آیند قسمتی در روغن حل شده و قسمتی به صورت حباب در می‌آیند. این حباب‌ها در درازمدت می‌توانند باعث شکست الکتریکی روغن شوند.

۵- تخلیه الکتریکی جزیی در عایق‌های جامد

شکست بر اثر تخریب عایق ممکن است چندین ساعت یا چندین ماه طول بکشد. در طول این مدت بر اثر تخلیه جزیی، عایق تخریب می‌گردد. بدیهی است تخلیه جزیی در نقاطی پیش می‌آید که شدت میدان الکتریکی در آن نقاط بیش از حد تحمل عایق است.

معمولاً تخلیه جزیی در سطح عایق جامد (فصل مشترک عایق جامد و مایع یا جامد و گاز) یا در داخل حفره‌هایی که در داخل عایق جامد به همین دلیل ابتدائاً شکست کامل پیش نمی‌آید و از این روست که تخلیه جزیی می‌تواند برای مدت طولانی برقرار بماند.

در طول زمان این نوع تخلیه باعث خورده شدن و تخریب عایق خواهد گردید. هر جرقه که بر روی سطح عایق جامد و یا در داخل حفره‌ای از آن پدید می‌آید از نظر مکانیکی و شیمیایی عایق را تخریب می‌نماید، در نتیجه حفره مذکور بزرگتر شده و در درون عایق موادی با قابلیت هدایت الکتریکی بیشتر به وجود می‌آید.

این نوع تخلیه اغلب در داخل عایق و یا بر روی سطح آن شکل‌هایی نظیر درخت یا بوته را به وجود می‌آورد که به آن تریپینگ^۱ می‌گویند.

۵-۱- تریپینگ

شکل (۲) کانال‌های تخلیه جزیی به شکل درخت و بوته را در عایق پلی‌اتیلن که در کابل خشک به کار می‌رود، نشان می‌دهد.

پدیده تریپینگ با حضور رطوبت بیشتر مشاهده می‌شود که به آن تریپینگ رطوبتی یا تریپینگ آبی^۲ گویند. این پدیده دشمن بزرگ کابل‌های فشارقوی با عایق پلی‌اتیلن است. آب در حد چند ملکول برای این امر کافی است. این مقدار رطوبت در طول زمان از پوسته کابل نفوذ می‌کند.



۷- چگونگی ایجاد تخلیه الکتریکی جزئی

برای اینکه تخلیه جزئی در عایق صورت گیرد دو شرط باید تحقق یابد، اول آنکه میدان الکتریکی در داخل حفره از میدان بحرانی^۱ (Ecr) زیادتر شود و دوم آنکه برای شروع بهمین یونیزاسیون^۲ یک الکترون در داخل حفره به وجود آید. در حقیقت هر یک از دو شرط مذکور لازم است ولی کافی نیست و برای تحقق تخلیه در داخل حفره باید هر دو شرط هم زمان تحقق یابند. بوجود آمدن اولین الکترون جهت شروع پدیده تخلیه، نمایانگر اتفاقی بودن پدیده تخلیه جزئی است. با ایجاد تخلیه، بارهای الکتریکی در فضای حفره جابجا شده و حضور این بارها در سطح داخلی حفره میدانی در جهت مخالف میدان اصلی ایجاد می‌کند که این مسئله باعث می‌شود میدان برآیند از حد لازم برای استقرار تخلیه کمتر شود به همین دلیل پدیده تخلیه جزئی ضربانی^۳ است و پالس‌های تیز جریان ایجاد می‌شود. عایق‌های عملی اغلب دارای حفره‌هایی در داخل ماده یا روی مرزهای بین جامد و الکترودها می‌باشند.

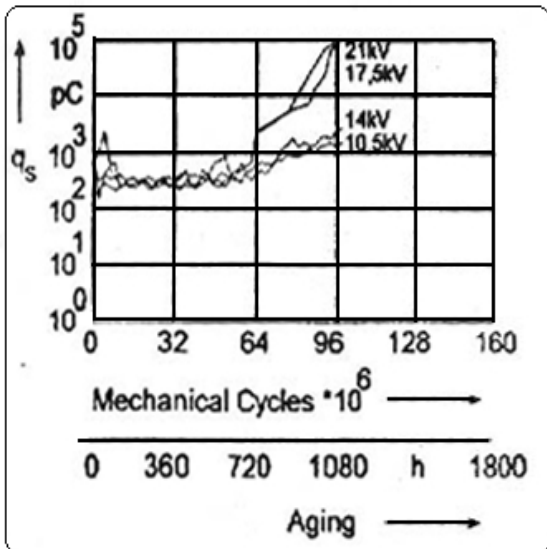
معمولاً این حفره‌ها از ماده دیگری (گاز یا مایع) با استقامت الکتریکی کمتری نسبت به عایق جامد پر شده‌اند. اکثر اوقات ضریب نفوذپذیری ماده پرکننده کمتر از ماده عایقی است و این باعث می‌شود که شدت میدان در حفره شدیدتر از عایق باشد. در نتیجه تحت فشار کاری مجاز عایق، ولتاژی که روی حفره می‌افتد، می‌تواند از مقدار شکست آن تجاوز کرده و باعث شروع شکست در حفره شود.

۸- تغییرات تخلیه الکتریکی جزئی در روند پیری عایق

پارامتر اصلی در شناسایی روند پیری عایق‌های فشار قوی اندازه‌گیری مداوم تخلیه الکتریکی جزئی بصورت (On Line) می‌باشد. لذا به نتایج آزمایش‌هایی اشاره می‌کنیم که در آن روند تخریب عایق در مدت پیری توسط اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزئی (On Line) مورد بررسی قرار گرفته است.

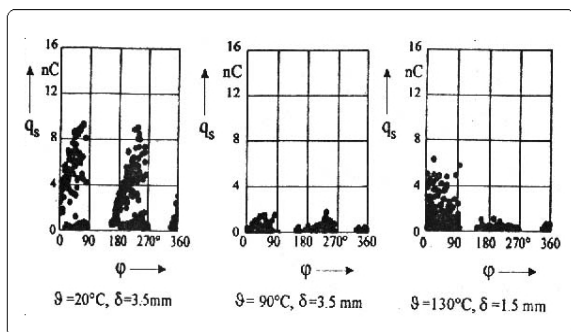
در این آزمایش‌ها توسط ماشین پیرسازی شین، شین‌های مورد آزمایش، تحت تنش‌های منفرد یا ترکیبی الکتریکی (دو برابر ولتاژ نامی)، حرارتی (۲۰ الی ۱۵۵ درجه سانتیگراد) و مکانیکی (ارتعاش با فرکانس ۲۵ سیکل در ثانیه) در ۹ مرحله و مجموعاً در طی ۱۰۰۰۰ ساعت پیر شده‌اند شکل (۳) تغییرات حداکثر بار الکتریکی تخلیه‌های مربوط به یک شین پیر شده در ۹۰ درجه سانتیگراد را در ولتاژهای ۱۰/۵ تا ۲۱ کیلو ولت نشان می‌دهد.

تفاوت فاحش بین دامنه بار تخلیه‌ها در ولتاژهای بالاتر نشان‌دهنده رشد سریع کانال تخلیه در این شین در ولتاژهای بالاتر و نیاز به ولتاژ بیشتر جهت آغاز تخلیه الکتریکی می‌باشد.



شکل (۳): تغییرات حداکثر بار تخلیه الکتریکی جزئی یک شین در طول مدت پیری

نمودارهای تخلیه الکتریکی نسبت به فاز ولتاژ اعمالی نیز حاکی از محل پدیدار شدن عیب در شین می‌باشد. شکل (۴) این نمودارهای دو بعدی را برای سه شین بعد از ۶۰۰ ساعت پیری نشان می‌دهد.



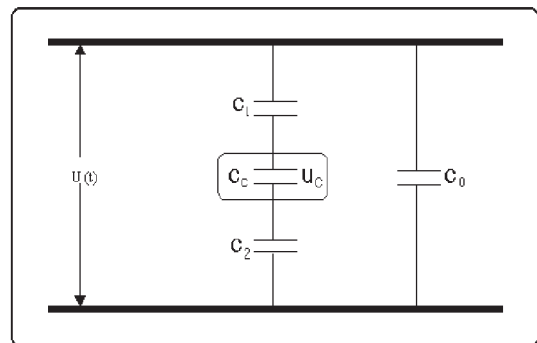
شکل (۴): تخلیه الکتریکی سه شین که در شرایط مختلف پیر شده‌اند بر حسب زاویه فاز ولتاژ آزمایش (پس از ۶۰۰ ساعت پیری)

تفاوت تخلیه‌ها در نیم سیکل‌های مثبت و منفی و همچنین دامنه تخلیه الکتریکی نشانگر این است که عایق پیر شده در درجه حرارت محیط، از سطوح میانی و خارجی شروع به تخریب نموده در صورتیکه شین پیر شده در درجه حرارت ۱۳۰ درجه سانتیگراد از سطوح داخلی بین هادی و عایق آغاز عیب کرده است.

- 1- Critical
- 2- Ionisation Avalanche
- 3- Pulsatin

۹- مدار معادل و روابط الکتریکی تخلیه جزئی

شکل (۵) یک حفره را که در داخله عایق جامدی قرار گرفته است نشان می‌دهد. این عایق جامد در بین دو الکتروود صفحه‌ای قرار دارد. تعدادی از خطوط نیرو از داخل حفره عبور می‌کنند. این خطوط نیرو یک کانال میدان را ایجاد می‌نمایند و این کانال به نوبه خود سه ظرفیت را در طول مسیر تشکیل می‌دهد. این سه ظرفیت که با نام‌های C_1 و C_2 و C_C در شکل (۵) مشخص شده‌اند به صورت سری به یکدیگر وصل شده‌اند. سایر خطوط نیرو نیز ظرفیت C_0 را در بین دو الکتروود تشکیل می‌دهند. اینک اگر دو الکتروود را از طریق یک امپدانس به منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، افت ولتاژ بر روی خازن C_C به صورت زیر محاسبه خواهد شد:



شکل (۵): مدار معادل حفره در عایق جامد

$$U_C(t) = \frac{U(t)C_{12} + q}{C_{12} + C_C} \quad (1)$$

در رابطه (۱) C_{12} ظرفیت معادل اتصال متوالی دو ظرفیت C_1 و C_2 بوده و U_C افت ولتاژ روی حفره و $U(t)$ ولتاژ منبع و q بار الکتریکی خازن C_C است. در صورتی که خازن C_C و خازن‌های C_1 و C_2 بدون بار الکتریکی باشند، می‌توان نوشت:

$$U_C(t) = U(t) \frac{C_{12}}{C_C + C_{12}} \quad (2)$$

اگر خازن C_C بار الکتریکی معادل q داشته باشد با توجه به سینوسی بودن ولتاژ منبع، ولتاژ حفره یعنی U_C به صورت زیر خواهد بود:

$$U_C(t) = \frac{C_{12}U_0 \sin \omega t + q}{C_{12} + C_C} \quad (3)$$

از این رابطه مشخص می‌گردد که ولتاژ $U_C(t)$ نیز یک ولتاژ سینوسی است، ضمن آنکه علاوه بر ولتاژ سینوسی، دارای یک مؤلفه

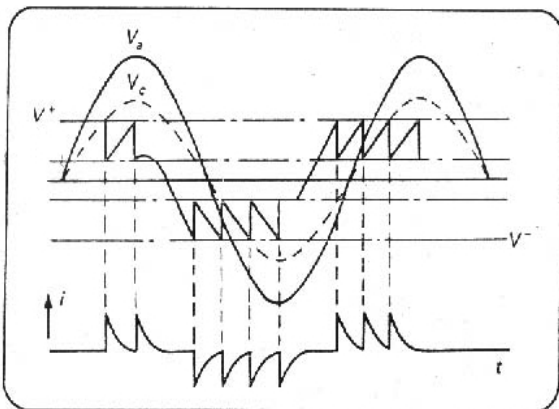
دائم برابر $\frac{q}{C_{12} + C_C}$ نیز می‌باشد. هر گاه ولتاژ حفره به مقدار

معینی مثلاً U_Z برسد، در داخل حفره یک جرقه زده می‌شود و مقداری بار الکتریکی از یک طرف حفره به طرف دیگر آن منتقل می‌گردد. این بار الکتریکی باعث می‌شود که افت ولتاژ بر روی حفره به صفر (یا حدود صفر) برسد. پس از اینکه ولتاژ حفره به صفر رسید جرقه خاموش خواهد شد. مقدار بار q در این لحظه باعث می‌شود که ولتاژ حفره $U_C(t)$ صفر باشد. با خاموش شدن جرقه بار q ثابت باقی می‌ماند و بنابر این ولتاژ حفره مطابق رابطه (۳-۱) تغییر می‌نماید. رابطه (۳) را می‌توان به این صورت نوشت:

$$U_C(t) = A \sin(\omega t) + B \quad (4)$$

مقدار A کوچکتر از B است و B برابر مقداری است که $U_C(t)$ را در لحظه قطع جرقه معادل صفر نماید.

تحت ولتاژ اعمالی V_a وقتی که V_c به مقدار شکست V^+ مربوط به فاصله t برسد، حفره ممکن است بشکند، زنجیره شکست‌ها تحت تأثیر ولتاژ متناوب سینوسی در شکل (۶-۱) ارائه شده است.



شکل (۶): زنجیره شکست حفره در اثر اعمال ولتاژهای متناوب

منحنی خط چین (V_c) ولتاژ ظاهر شده روی حفره را (اگر حفره نشکند) نشان می‌دهد.

زمانی که V_c به مقدار V^+ می‌رسد تخلیه‌ای رخ می‌دهد، ولتاژ V_c فرو افتاده و جرقه خاموش می‌گردد، آنگاه ولتاژ حفره دوباره شروع به افزایش می‌کند تا به V^+ برسد و تخلیه دوباره روی می‌دهد، بنابراین در خلال بالا رفتن ولتاژ اعمالی تعداد زیادی تخلیه می‌تواند رخ دهد.

همچنین هنگام افزایش ولتاژ در نیم سیکل بعدی وقتی که ولتاژ روی حفره به V برسد تخلیه رخ می‌دهد بدین ترتیب گروه تخلیه‌های خلق شده از یک حفره باعث ازدیاد پالس‌های مثبت و منفی به ترتیب روی بخش افزایشی و کاهش ولتاژ می‌گردند (نیم سیکل مثبت و منفی).



وقتی گاز درون حفره می‌شکند، سطوح عایقی موجود در دو طرف حفره، کاند و آند لحظه‌ای را به وجود می‌آورند. برخی از الکترون‌های برخوردکننده با آند دارای آن اندازه انرژی هستند که پیوند شیمیایی سطح عایق را بشکنند.

بطور مشابه بمباران کاند توسط یون‌های مثبت می‌تواند از طریق ازدیاد دمای سطح و ایجاد ناپایداری حرارتی محلی، باعث خرابی عایق گردد. همچنین کانال‌ها و فرورفتگی‌هایی ایجاد می‌شود که با مکانیسم گام به گام در عایق امتداد می‌یابند، بعلاوه امکان ایجاد پوسیدگی شیمیایی حاصل از محصولات فعال تخلیه نیز موجود می‌باشد.

۱۰- جریان‌های تخلیه الکتریکی جزئی

جریان‌های تخلیه الکتریکی جزئی دارای دامنه‌ای در حدود ۰/۱ میلی‌آمپر و یا بیشتر و فرکانس‌هایی در حد فرکانس امواج رادیویی می‌باشند. تخلیه جزئی ناشی از وجود حباب‌های مجوف در عایق، تولید پالس‌های جریان‌ی با عرض کمتر از 5nsec می‌نماید و همانند فرایند تخلیه در گازها در یک فضای محدود و در زمان بسیار کوتاه توسعه یافته و به حرکت بسیار جزئی حامل‌های بار ختم می‌شود.

تخلیه‌های درون یک ماده عایق همگن نظیر گاز، تولید جریان‌های ضربه با پیشانی موج کمتر از 5 nsec و پیش‌ت موج بزرگ‌تر می‌کند. نظر به اینکه جریان‌های با گسترش سریع توسط فرایندهای بهمنی تولید می‌شوند و جریان‌های کاملاً الکترونی را بوجود می‌آورند، کاهش جریان را می‌توان به سرعت رانده شده الکترون‌های جذب شده و یون‌های مثبت داخل ماده نسبت داد.

در فضای آزاد پالس‌های تخلیه کرونا دارای زمان‌هایی در حدود nsec 100 و کمتر می‌باشند، پالس‌های عریض‌تر در عایق‌های جامد و مایع تنها به شرطی که تعداد حباب‌های کم و نیز در یک زمان کوتاه تعداد پالس‌ها محدود باشد، امکان اندازه‌گیری آنها وجود دارد. در بیشتر موارد کل مدت زمان جریان تخلیه در عایق‌های جامد در حدود $2 \mu\text{sec}$ می‌باشد.

۱۱- مدارهای اندازه‌گیری بار ظاهری تخلیه جزئی

بسته به نوع وسیله عایق که تحت آزمایش PD قرار می‌گیرد، حساسیت دستگاه اندازه‌گیری PD که برای آشکار سازی دامنه‌های خطرناک مورد نیاز می‌باشد را می‌توان تغییر داد. پائین‌ترین حدود عملی بین ۰/۱ تا یک PC می‌باشد. این مقادیر بار به وضوح مقادیر بسیار کمی هستند. برای جلوگیری از ظاهر شدن هارمونیک‌های فرکانس بالای منبع تغذیه و نیز اثرات امواج الکترو مغناطیسی ناشی از منابع خارج در محیط اطراف، باید مدار آزمایش مجهز به فیلتر و قفس‌های مناسب باشد.

در محیط‌های آزمایشگاهی به دلیل عدم وجود نویزهای الکترومغناطیس خطاهای فاحشی بروز نمی‌کند ولی در محل نصب تجهیزات در شبکه انواع تداخل وجود دارد که روی نتایج آزمایش

تأثیر می‌گذارند. منابع تغذیه علاوه بر موج اصلی با فرکانس قدرت، دارای هارمونیک‌ها و ولتاژهای گذرای کلیدزنی هستند و علاوه بر موج اصلی با فرکانس قدرت، دارای هارمونیک‌ها و ولتاژهای گذرای کلیدزنی هستند و علاوه بر آن شل بودن اتصالات مدار آزمایش نیز سبب ایجاد جریان‌های فرکانس بالای نوسانی با دامنه کوچک در حوالی صفر جریان می‌شود و نیز میدان‌های پراکنده الکتریکی و مغناطیسی تولید شده در مدارهای فشار قوی مجاور و خطوط انتقال نیرو و امواج الکترومغناطیسی ایستگاه‌های رادیویی باعث تداخل در مدار آزمایش شده و سبب ایجاد خطای اندازه‌گیری می‌شوند. در نهایت جدای از تخلیه جزئی درون دستگاه تحت آزمایش، ممکن است تخلیه جزئی درون منبع تغذیه، خازن‌های کمکی و یا کابل‌های رابط فشار قوی روی دهد. بنابر این واضح است در صورتیکه جریان‌ها و ولتاژهای تداخل را از مدار آزمایش حذف نکنیم، اندازه‌گیری تخلیه جزئی در دستگاه مورد نظر غیر ممکن است.

تداخل امواج به دو دسته تقسیم می‌شوند. یکی هارمونیک‌های فرکانس بالای منبع و موج‌های الکترومغناطیس و دوم پالس‌های مشابه با جریان‌های تخلیه جزئی. جریان‌های متناوب با هر فرکانسی ایجاد اختلال در مدارهای اندازه‌گیری می‌کنند و بنابراین حذف آنها بوسیله فیلترهای مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، این فیلترها می‌توانند جدای از مدار اندازه‌گیری باشند. دو نوع مدار اندازه‌گیری تخلیه جزئی وجود دارد که در شکل (۷) نشان داده شده‌اند.

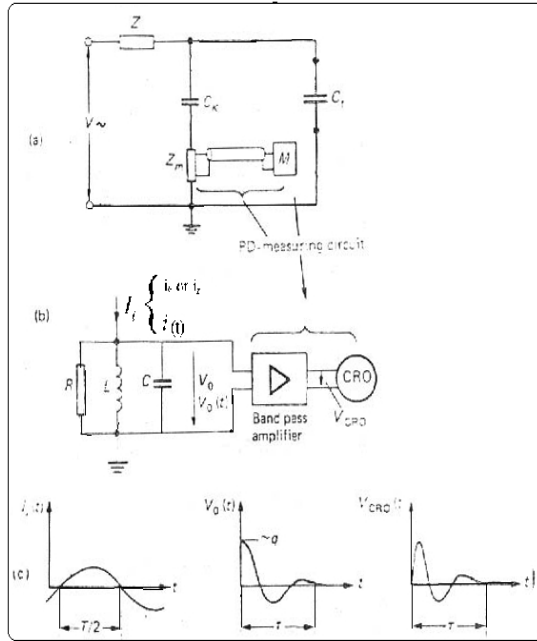
۱۱-۱- مقایسه دو مدار اندازه‌گیری

در این مدارها امپدانس Z_m معمولاً یک عنصر دو قطبی است که در مدار تخلیه به طور سری با خازن‌های C_t یا C_k قرار می‌گیرد. اگر خازن‌های پراکندگی و همچنین تداخلی از طرف منبع تغذیه نداشته باشیم، کمیت اندازه‌گیری شده در دو مدار یکسان خواهد بود لیکن در عمل قرار گرفتن این امپدانس در شاخه دستگاه تحت آزمایش حساسیت بیشتری ایجاد کرده و تنظیم دستگاه‌های اندازه‌گیری بهتر صورت می‌گیرد. اما عیب این روش آسیب دیدن احتمالی این تجهیزات در صورت فروپاشی دستگاه تحت آزمایش است.

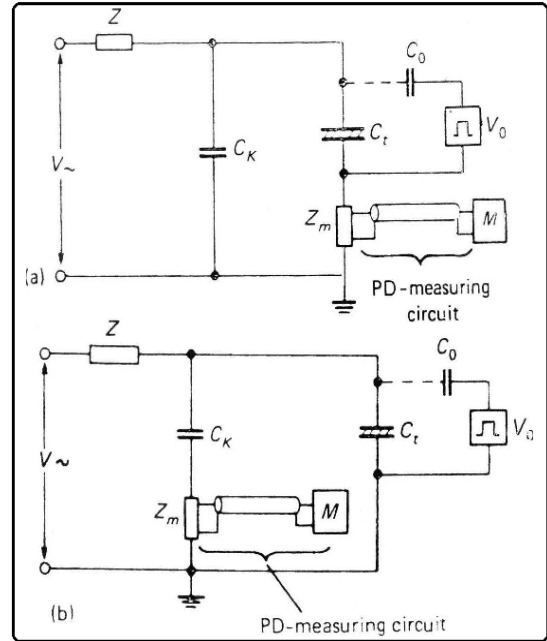
در مدار شکل (۷-b) که Z_m در شاخه C_k قرار دارد، این احتمال وجود ندارد و یا وجود آنکه افزایش ظرفیت‌های پراکندگی باعث کاهش حساسیت آن می‌شود معمولاً این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضمن اینکه در صورت زمین شدن دستگاه تحت آزمایش استفاده از این روش اجتناب‌ناپذیر است.

خازن C_0 و منبع پله V_0 برای تنظیم کردن (کالیبراسیون) دستگاه اندازه‌گیری قرار داده شده است در این زمینه در مبحث کالیبراسیون دستگاه شرح بیشتری خواهد آمد.

صرفنظر از مدارهای ویژه‌ای که برای انترگرال‌گیری جریان‌های PD بکار می‌رود دو نوع مدار باند پهن و باند باریک برای سنجش بار الکتریکی تخلیه جزئی وجود دارد.



شکل (۸) : مدار اندازه‌گیری بار الکتریکی باند پهن



شکل (۷) : مدارهای آشکار ساز PD ، آرایش‌های کامل مدار آزمایش شامل اتصالات کالیبراسیون

رابطه (۵) نشان می‌دهد که اندازه این امپدانس به ازای فرکانس‌های صفر و بی‌نهایت صفر است. به عبارتی فرکانس‌های بالاتر و پایین‌تر از فرکانس تشدید را تضعیف می‌کند و یک فیلتر میان‌گذر است. با افزایش ضریب کیفیت ^(۱) مقدار تضعیف بیشتر و پهنای باند مدار کوچک‌تر می‌گردد.

فرکانس تشدید f_0 همچنین از عناصر مدار آزمایش اصلی یعنی C_k و C_t تاثیر می‌گیرد زیرا اتصال سری آنها با C مرتبط است. بنابراین واحدهای RLC باید طبق ظرفیت نمونه مورد آزمایش تغییر داده شوند تا یک پهنای باند یا فرکانس تشدید f_0 با حدود مشخص بدست آید. این فرکانس بایستی در محدوده پهنای باند فیلتر و تقویت‌کننده وصل شده به مدار تشدید موازی RLC باشد.

۱۲- مشخصات شیشه‌های مورد آزمایش

آزمایشات بر روی شیشه‌ها با ولتاژ نامی ۶/۳۵ و ۱۱ و ۱۶/۵ کیلو ولت، ضخامت عایقی ۴ میلیمتر از جنس میکا و اپوکسی رزین با کلاس عایقی F صورت گرفت.

شکل (۹) شمای خارجی یک شیشه مورد آزمایش و نمای مقطعی شیشه را نشان می‌دهد.

شکل (۹) شمای خارجی شیشه مورد آزمایش، ناحیه پوشانده شده با رنگ هادی (۵۰ cm)، E ناحیه پوشانده شده با رنگ نیمه هادی (۲۰ cm) و C هادی شیشه (۵ cm)

۱۱-۲- مدارهای اندازه‌گیری باند پهن

شکل (۸) اصول کار این مدارها را نشان می‌دهد. امپدانس تزویج گر Z_m در شکل (۸-ا) به طور کلی یک مدار تشدید RLC موازی است که ضریب کیفیت آن نسبتاً کم است. با وجود این چنین امپدانس تزویج‌کننده‌ای دو کیفیت مهم ایجاد می‌شود: اولاً محاسبه ساده نسبت ولتاژ خروجی V_0 به جریان ورودی I_i در حوزه فرکانس، به سهولت تضعیف و توفیف جریان‌های دارای فرکانس بالاتر و پایین‌تر از فرکانس تشدید را نمایان می‌کند. ثانیاً این مدار موازی به هر حال از جریان‌های PD انتگرال می‌گیرد، زیرا هر مشخصه فیلتری می‌تواند به عنوان یک انتگرال‌گیر مورد استفاده قرار گیرد.

نسبت ولتاژ خروجی V_0 به جریان ورودی I_i در حوزه فرکانس مقدار امپدانس Z_m را بیان می‌دارد:

$$I_i = I_R + I_L + I_C \quad (۵)$$

$$I_i = \frac{V_0}{R} + \frac{1}{L} \int V dt + C \frac{dv}{dt}$$

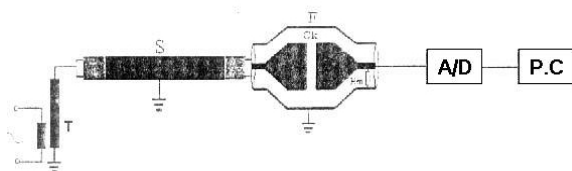
$$I_i = V_0 \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{LS} + CS \right) = V_0 \left(\frac{LS + R + RLCS^2}{RLS} \right)$$

$$Z_m = \frac{V_0}{I_i} = \frac{RLS}{RLCS^2 + LS + R}$$



۱۵- آزمایش اندازه گیری تخلیه الکتریکی جزئی بر روی شیشه‌ها

برای اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی که در حفره‌های داخلی عایق شیشه و تخلیه سطحی از مدار شکل (۱۱) استفاده می‌کنیم.



شکل (۱۱) شمای مدار اندازه گیری تخلیه الکتریکی جزئی

پارامترهای مدار شامل:

T : ترانسفورماتور فشار قوی

F : فیلتر

CK : خازن کوپلاژ

Rm : امپدانس اندازه‌گیری

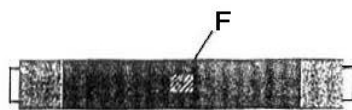
A/D : کارت آنالوگ به دیجیتال

PC : کامپیوتر

۱۶- آزمایش اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزئی سطحی

ناشی از تخریب رنگ هادی

در این آزمایش با استفاده از تخریب مصنوعی رنگ هادی شیشه تخلیه ناشی از آن اندازه‌گیری می‌شود. ابعاد تخریب شده حدود 10×10 میلی‌متر مربع است. مدار آزمایش مطابق شکل (۱۱) است که در آن شیشه شکل (۱۲) جایگزین می‌شود. ولتاژ شیشه در این آزمایش $16/5$ کیلو ولت می‌باشد. شکل (۱۷) سیگنال دریافت شده را نشان می‌دهد.

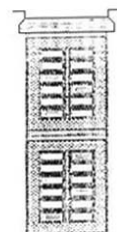
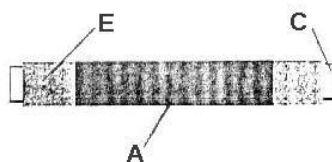


شکل (۱۲) : شمای خارجی شیشه مورد آزمایش حاوی سطح تخریب شده (F) در ناحیه لایه هادی خارجی

۱۷- آزمایش اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزئی سطحی

ناشی از تخریب رنگ نیمه هادی

در این آزمایش تخلیه الکتریکی جزئی سطحی که در انتهای شیشه در اثر تخریب مصنوعی رنگ نیمه هادی اتفاق می‌افتد، اندازه‌گیری می‌شود. تخریب رنگ نیمه هادی انتهای شیشه به عرض 10 میلی‌متر در کل پیرامون سطح مقطع شیشه صورت می‌گیرد. با تراشیدن لایه نیمه هادی بصورت فوق علاوه بر ایجاد تخلیه سطحی، تولید تخلیه‌های

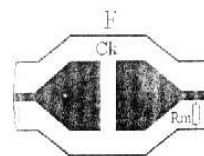


شکل (۹) : نمای مقطعی شیشه

۱۳- مشخصات فیلتر

فیلتر مورد استفاده در آزمایشات یک فیلتر RC با باند بسیار پهن می‌باشد این فیلتر دارای این مزیت است که می‌توان با استفاده از آن تک پالس تخلیه را اندازه‌گیری کرد. این سیستم که شمای آن در شکل (۱۰) دیده می‌شود شامل یک محفظه (تله تخلیه) است که شیشه در آن قرار می‌گیرد و مستقیماً به خازن کوپلاژ متصل می‌گردد. پهنای باند این دستگاه برای اندازه‌گیری روی شیشه حدود 17 مگاهرتز می‌باشد. این فیلتر فرکانس‌های پایین را حذف کرده و فرکانس‌های بالا را به خروجی می‌برد و چون فرکانس تخلیه الکتریکی جزئی بالا است آنها را از خود عبور می‌دهد.

خازن CK از دو خازن C1K و C2K که خازن‌های سیلندری خشک می‌باشند تشکیل شده است که به صورت سری به یکدیگر متصل شده‌اند این خازن‌ها هر کدام یک خازن 15 KV با ظرفیت 1600 PF می‌باشند.



شکل (۱۰) شمای فیلتر اندازه‌گیری تخلیه جزئی

۱۴- کارت آنالوگ به دیجیتال

این دستگاه از سیگنال‌های خروجی فیلتر ناشی از تخلیه الکتریکی جزئی که به صورت آنالوگ می‌باشد نمونه‌برداری کرده و به صورت دیجیتال تبدیل می‌کند. فرکانس نمونه‌برداری این دستگاه 100 MHZ می‌باشد. ورودی کارت به فیلتر و خروجی آن به کامپیوتر متصل می‌شود.

جرقه که ناحیه تراشیده را پل می‌زند نیز امکان‌پذیر می‌گردد. مدار آزمایش مطابق شکل (۱۱) می‌باشد با این تفاوت که شینه شکل (۱۳) جایگزین می‌شود. شکل (۱۸) سیگنال دریافت شده را نشان می‌دهد.



شکل (۱۳): شمای خارجی شینه مورد آزمایش حاوی سطح تخریب شده (F) در ناحیه لایه نیمه هادی انتهایی

۱۸- شرح نمودارها

$$: N=F(d)$$

در این نمودار محور افقی که بر حسب درجه است به صد قسمت که طول هر قسمت ۳/۶ درجه است تقسیم می‌شود. نمودار نشان می‌دهد که در هر کدام از این قطعات ۳/۶ درجه‌ای چند تخلیه اتفاق افتاده است. نمونه این نمودار در شکل (۱۴) نمایش داده شده است.

$$: q=F(t)$$

این نمودار نشان می‌دهد که در طول زمان چه تخلیه‌هایی واقع شده است و تخلیه‌هایی که در این مدت اتفاق افتاده را بر حسب میزان بار نشان می‌دهد. محور افقی بر حسب میلی ثانیه و محور عمودی بر حسب پیکوکولمب است. نمونه این نمودار در شکل (۱۵) نشان داده شده است.

$$: N=F(q,d)$$

دیگرام سه بعدی است که محورهای x و y آن بر حسب بار و درجه و محور z آن تعداد تخلیه را نشان می‌دهد محور x به قطعات مساوی تقسیم شده است که طول هر قطعه حسب انتخابی که برنامه بر مبنای عوامل مختلف انجام می‌دهد 25 pc یا 100 pc می‌باشد. محور y به قطعاتی که طول هر کدام ۳/۶ درجه است تقسیم شده است. محور z نشان می‌دهد که در هر کدام از خانه‌های روی صفحه x-y که طول آنها ۲۵ یا ۱۰۰ پیکوکولمب و عرض آنها ۳/۶ درجه است چه تعداد تخلیه رخ داده است. نمونه این نمودار در شکل (۱۶) نشان داده شده است.

۱۹- نتیجه‌گیری

آزمایشات صورت گرفته بر روی شینه ژنراتور نشان می‌دهد که با استفاده از یک فیلتر باند پهن می‌توان به شناسایی تخلیه‌های داخلی و سطحی در داخل و خارج شیار که ناشی از تخریب عایق، لایه‌های هادی و نیمه‌هادی شینه هستند پرداخت، همچنین می‌توان پارازیت‌های مختلف دستگاه‌های دیگر را از تخلیه جزئی تفکیک نمود. مقایسه بین انواع سیگنال‌های ناشی از شینه‌های سالم و سیگنال‌های ناشی از شینه‌های معیوب صورت گرفت و با اندازه‌گیری تعداد پالس‌ها، دامنه پالس‌ها و پهنای پالس آنها به شناسایی انواع تخلیه و پارازیت امکان‌پذیر می‌گردد.

در حوزه زمان مقایسه بدین‌صورت انجام گرفت که تعداد، دامنه و پهنای پالس هر یک از سیگنال‌های ناشی از تخلیه اندازه‌گیری و مقایسه گردید. بدین صورت که تفاوت تعداد تخلیه در نیم سیکل اول و نیم سیکل دوم و دامنه و تعداد پالس‌ها در نیم سیکل دوم نسبت به نیم سیکل اول نشانگر وجود تخلیه می‌باشد و بیشتر بودن تخلیه‌ها در نیم سیکل دوم نسبت به نیم سیکل اول نشانگر وجود تخلیه بین هادی و عایق می‌باشد که در اثر جدا شدن عایق داخلی از هادی ایجاد شده‌اند. بوسیله این آزمایش‌ها با استفاده از یک سیستم اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزئی با باند بسیار پهن می‌توان خلل موجود در شینه را در مراحل تولید و یا تعمیر تشخیص داد و از یکدیگر تفکیک نمود. این روش در انجام تست‌های نمونه در مرحله طراحی و تولید شینه در کارخانه و یا بر روی شینه‌های مستعمل جهت شناسایی نوع تخریب‌های موجود در شینه قابل استفاده می‌باشد.

مراجع

- ۱- نقاشان، محمد رضا- شناسایی روند پیری عایق ماشین‌های الکتریکی بر اساس اندازه‌گیری تخلیه الکتریکی جزئی، دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی برق ایران، تهران، آبان ۱۳۷۶
- ۲- نقاشان، محمد رضا- پدیده تخلیه الکتریکی جزئی در عایق‌های الکتریکی جامد و بر اثر آن در پیری ماشین‌های گردان، سمینار یک روزه، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران، ۱۳۷۹
- ۳- نقاشان، محمد رضا و کاترین انگل- اندازه‌گیری مداوم تخلیه الکتریکی ناقص جهت ارزیابی پیری شین‌های آزمایشی با عایق میکا، دهمین کنفرانس بین‌المللی برق ایران، تهران، آبان ۱۳۷۴.
- ۴- کافل، زانگل- مبانی مهندسی فشار قوی، عبدالرضا رنجبران، چاپ اول، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پاییز ۱۳۷۳.
- ۵- محسنی، ح- مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی، انتشارات دانشگاه تهران، مهرماه ۱۳۷۷.
- ۶- محمدی، م- اصول مهندسی فشار قوی الکتریکی، چاپ دوم، دهخدا، تهران ۱۳۵۳.

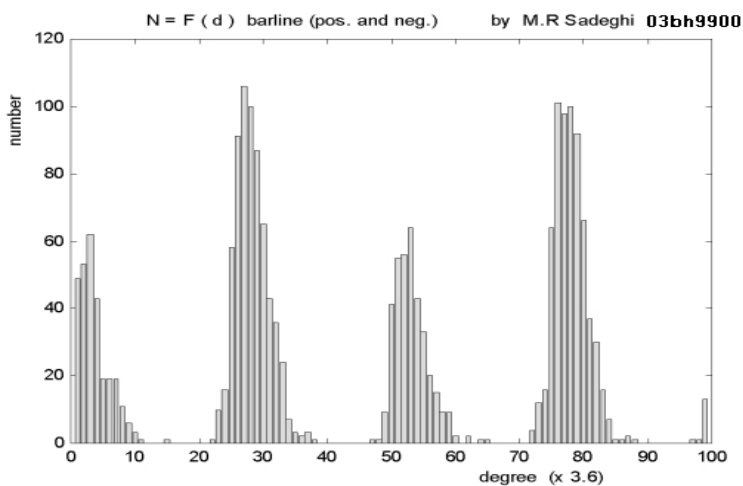
آقای محمدرضا صادقی دارای مدرک لیسانس مهندسی برق- قدرت از دانشگاه جامع اصفهان می‌باشد. ایشان دارای ۱۰ سال سابقه کار در زمینه نصب و راه‌اندازی تجهیزات نیروگاهی بوده و از سال ۱۳۸۵ فعالیت خود را در شرکت مهندسی قدس نیرو آغاز نموده‌اند. زمینه کاری مورد علاقه آقای صادقی ژنراتور، الکتروموتورهای ولتاژ بالا و ترانسفورماتورهای قدرت در بخش نیروگاهی و همچنین اثرات تنش‌های مختلف و تست تخلیه الکتریکی جزئی (PD) بر روی شینه‌های ژنراتور می‌باشد.

Email:
msadeghi @ ghods-niroo.com



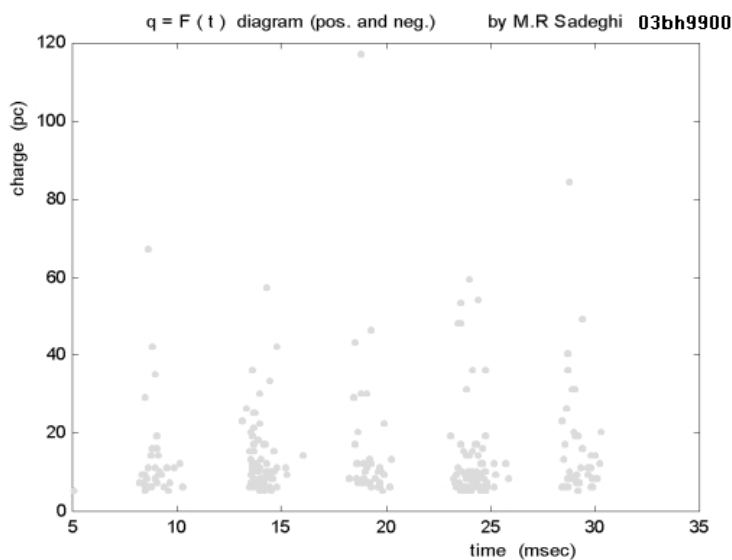
شکل (۱۴)

نمودارهای $N=F(d)$ سیکل‌های ۱ تا ۳۰ تخلیه‌های مثبت و منفی سیگنال‌های دریافت‌شده از شینه بدون عیب



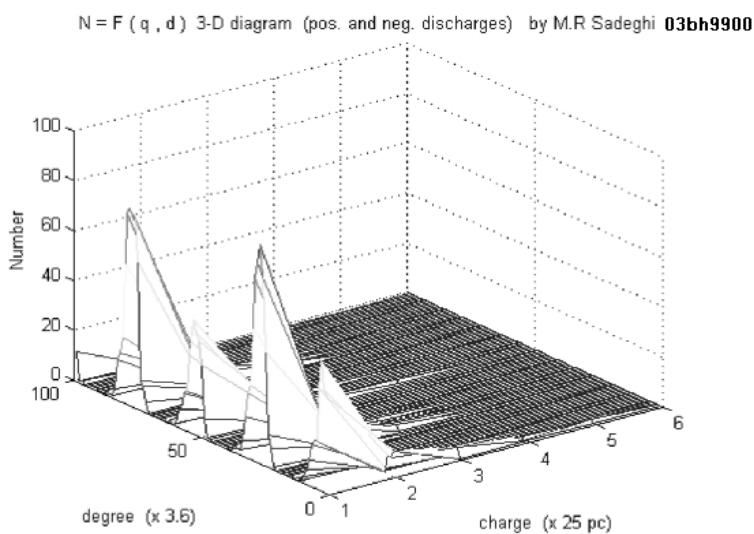
شکل (۱۵)

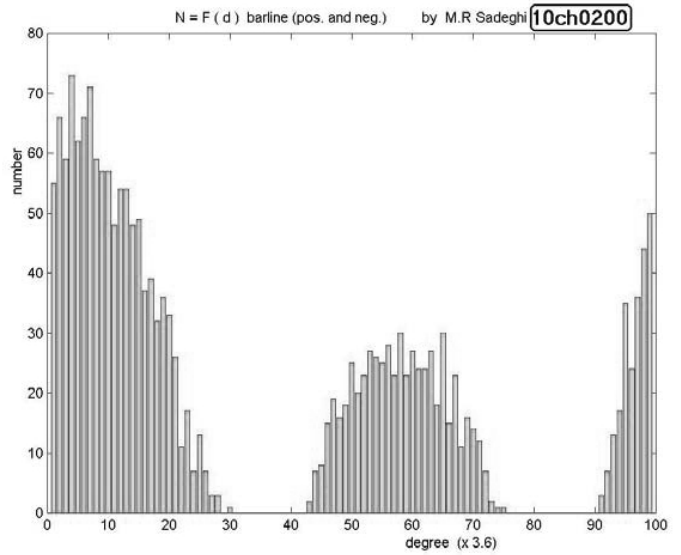
نمودارهای $q=F(t)$ در فاصله زمانی ۵ تا ۳۵ میلی ثانیه تخلیه‌های مثبت و منفی سیگنال‌های دریافت شده از شینه بدون عیب



شکل (۱۶)

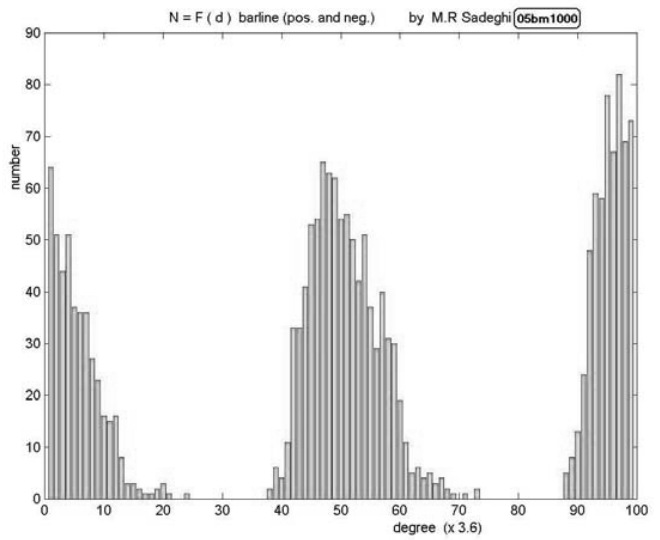
نمودارهای $N=F(q, d)$ سیکل‌های ۱ تا ۳۰ تخلیه‌های مثبت و منفی سیگنال‌های دریافت شده از شینه بدون عیب





شکل (۱۷)

نمودارهای $N=F(d)$ سیکل‌های ۱ تا ۳۰ تخلیه‌های مثبت و منفی سیگنال‌های دریافت شده از تخلیه سطحی در اثر تخریب رنگ هادی سطح خارجی شینه



شکل (۱۸)

نمودارهای $N=F(d)$ سیکل‌های ۱ تا ۳۰ تخلیه‌های مثبت و منفی سیگنال‌های دریافت شده از تخلیه سطحی در اثر تخریب رنگ نیمه هادی انتهای شینه



بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت نهایی جوش در روش Flash Butt Welding

جعفر رضازاده

کارشناس ارشد مواد - SBU نیروگاه

چکیده

پروسه Flash Butt Welding از نوع جوشکاری در حالت جامد محسوب می‌شود. در این نوع جوش به دلیل آنکه ساختار دانه‌بندی و ترکیب شیمیایی فلز در ناحیه جوش و منطقه متأثر از حرارت (HAZ) تغییر چندانی نمی‌کند لذا خواص مکانیکی جوش در حد فلز پایه می‌باشد. پارامترهایی از جمله نیروی Upset کردن، میزان جابجایی فک متحرک دستگاه جوش در خلال جوشکاری، شدت جریان جوشکاری و رابطه بین نحوه حرکت فک متحرک و توزیع نیروی مکانیکی لازم برای جوشکاری در خلال پروسه بر کیفیت نهایی جوش تاثیر گذار هستند.

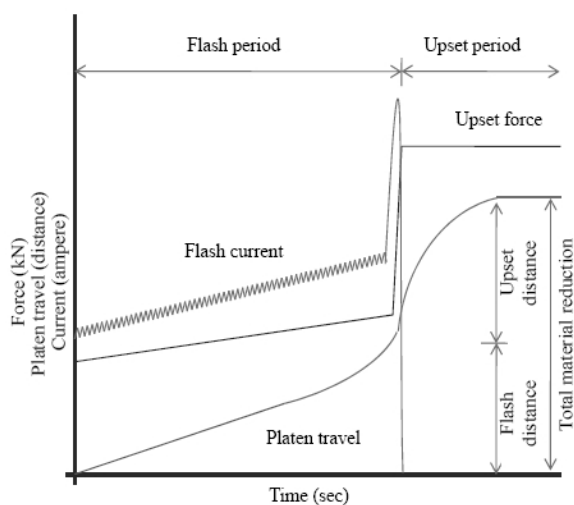
۱- مقدمه

پروسه Flash Butt Welding یک نوع از جوشکاری مقاومتی است که برای ایجاد اتصال دایم در طیف وسیعی از ضخامت‌ها در آلیاژهای آهنی و غیر آهنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه به طور معمول این روش در جوشکاری خطوط راه‌آهن، صنایع هوایی، کشتی‌سازی و نیز جوشکاری میلگردها و لوله‌ها کاربرد فراوانی پیدا نموده است. ایده اصلی در این روش جوشکاری بر این اصل استوار است که عبور جریان از یک هادی سبب گرم شدن آن شده و در صورتی که مقاومت هادی در برابر عبور جریان به اندازه کافی باشد می‌تواند سبب ذوب شدن یا خمیری شدن هادی گردد. سپس با اعمال نیروی مکانیکی می‌توان هادی‌های داغ شده را به همدیگر جوش داد (شکل ۱). بدلیل آنکه در این روش از هیچ نوع الکتروود مصرفی استفاده نمی‌شود و جوش از نوع کاملاً ذوبی نیست لذا دارای خواص ویژه‌ای خواهد بود.

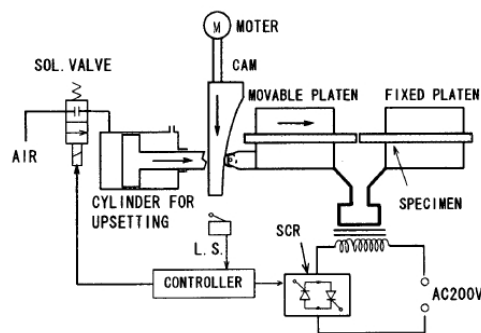
۲- مراحل Flash Butt Welding

مطابق نمودار شماره (۱) پروسه Flash Butt Welding دارای سه پارامتر اساسی بوده که عبارتند از:

- ۱- جریان مورد نیاز برای مرحله Flashing
- ۲- میزان بهینه حرکت و جابجایی فک متحرک دستگاه و به طبع آن قطعه کارها به طرف همدیگر (Platen Travel)
- ۳- نیروی مکانیکی مناسب و کافی جهت مرحله Upsetting.



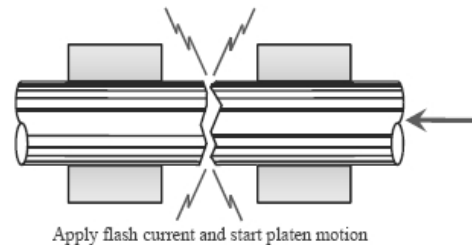
نمودار (۱): نمودار تغییرات پارامترهای جوشکاری Flash Butt Welding



شکل (۱): بلوک دیاگرام دستگاه جوشکاری Flash Butt Welding

۲-۱- مرحله Flashing

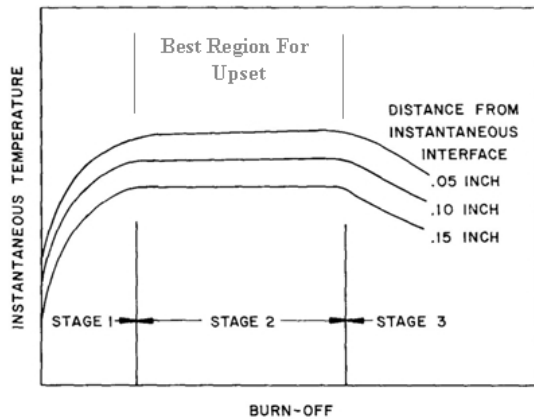
در این مرحله قطعه کارها بین فک‌های ثابت و متحرک دستگاه جوش محکم بسته شده و تا حد امکان به همدیگر نزدیک می‌شوند (تماس فیزیکی وجود ندارد) و یا با نیروی کمی به همدیگر فشرده می‌شوند. سپس اتصال بین قسمت ثانویه ترانسفورماتور دستگاه جوش و قطعه کارها برقرار می‌شود. بسته به نوع قطعه کار (اندازه و جنس) جریان مقاومت بالای ایجاد شده در برابر عبور جریان در سطح تماس بین دو قطعه کار گرمای زیادی ایجاد می‌شود. گرمای حاصله سبب ذوب شدن نقاطی از سطح دو قطعه کار در محل تماس شده و پل‌های مذاب ایجاد می‌شود. در اثر اعمال نیروی مکانیکی کم در خلال مرحله Flashing این پل‌ها شکسته و مذاب به بیرون از سطح تماس بین دو قطعه کار پاشیده می‌شود. شدت جریان عبوری علاوه بر ایجاد نقاط ذوب جدید، سبب گرم و خمیری شدن قطعه کارها در محل تماس با همدیگر خواهد شد که بسته به نوع و ضخامت قطعه کار این مرحله می‌تواند از چند ثانیه تا چند دقیقه طول بکشد. در این هنگام شرایط برای تغییر شکل پلاستیک در اثر نیروی مکانیکی کاملاً فراهم می‌شود. (شکل ۲).



شکل (۲) : مرحله Flashing

نمودار (۲) گرم شدن نقاط نزدیک به سطح تماس را در مرحله Flashing نشان می‌دهد. پس از برقراری تماس الکتریکی بین دو قطعه کار در اثر بوجود آمدن نقاط ذوب موضعی ناحیه پشت سطح تماس با اندکی تأخیر نسبت به سطح تماس شروع به گرم شدن می‌کند (Stage 1). قسمت دوم (Stage 2) شامل ذوب شدن کامل سطح تماس و رسیدن ناحیه پشت سطح تماس به دمای بالاتر از دمای فورجینگ فلز است. این قسمت بهترین موقعیت از نظر درجه حرارت (Steady State) برای Upset کردن می‌باشد. فلزاتی که دارای هدایت حرارتی کم و مقاومت الکتریکی بالا هستند به دلیل ناحیه HAZ باریک و Stage 2 عریض بهترین نوع فلزات برای

جوشکاری Flash Butt Welding هستند. قسمت سوم (Stage 3) پس از قطع جریان و شروع مرحله Upsetting در ناحیه نزدیک سطح تماس اتفاق می‌افتد. قبل از افت درجه حرارت و رسیدن به قسمت سوم جوشکاری باید کامل شود.

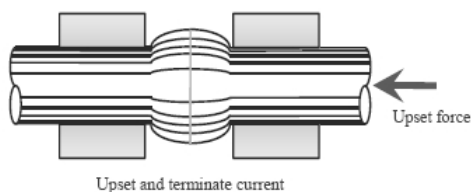


نمودار (۲): نمودار تغییرات دمای قطعه کار بر اساس فاصله از مرکز اتصال در حین پروسه Flashing

۲-۲- مرحله Upsetting

در این مرحله جریان الکتریسیته قطع شده و نیروی مکانیکی که سبب فشرده شدن قطعه کارها به همدیگر می‌شود به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. این عمل سبب ادغام فلز داغ خمیری شکل در همدیگر شده که پس از سرد شدن جوش، شکل نهایی خود را پیدا می‌کند (نمودار ۱). فشرده شدن قطعات به همدیگر با نیروی زیاد در این مرحله کمک به بیرون جهیدن مذاب باقیمانده بین دو سطح تماس شده که این امر خود کمک بزرگی به سلامت جوش بدلیل خروج سطوح اکسید شده می‌نماید (شکل ۳).

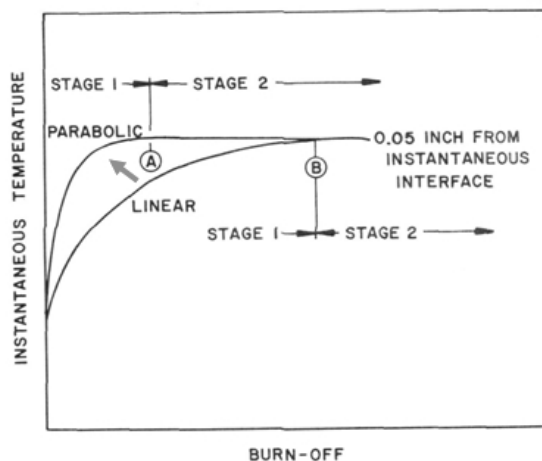
حرکت فک متحرک دستگاه به صورت پیوسته از لحظه آغاز مرحله Flashing شروع شده و تا پایان مرحله Upsetting ادامه دارد. مطابق نمودار شماره (۱) میزان حرکت فک متحرک متناسب با افزایش جریان Flashing بوده و به صورت یکنواخت و خطی افزایش پیدا می‌کند. در بسیاری از موارد این حرکت می‌تواند خطی نبوده بلکه صورت سهمی شکل باشد.



شکل (۳) : مرحله Upsetting



مطابق نمودار (۳) در هنگامیکه وضعیت حرکت قطعه کارها به طرف همدیگر به صورت سهمی شکل باشد عرض ناحیه ۲ افزایش چشمگیری نسبت به این ناحیه در حرکت خطی پیدا می‌کند. در واقع این موضوع نشان می‌دهد که درجه حرارت فورجینگ در فاصله نزدیکتری از سطح تماس قطعه کارها در حرکت سهمی نسبت به خطی حاصل می‌شود. لذا این نوع حرکت مطلوب‌تر می‌باشد.



نمودار (۳) : نمودار تغییرات دمای قطعه کار بر اساس فاصله از مرکز اتصال در حین پروسه Flashing متناسب با نوع حرکت فک متحرک دستگاه جوش.

۳- کنترل پروسه Flash Butt Welding

پارامترهای مختلفی از جمله شدت جریان مورد نیاز جوشکاری، میزان نیروی لازم جهت فشردن قطعات به همدیگر، میزان و سرعت حرکت فک متحرک روی پروسه Flash Butt Welding تاثیر می‌گذارد.

با افزایش شدت جریان سرعت جوشکاری افزایش پیدا می‌کند اما در عوض ناحیه HAZ عریض‌تر می‌شود و اتلاف فلز در مرحله Flashing بیشتر می‌شود. بسته به نوع فلزات با تغییر میزان نیروی فشردن، نحوه اختلاط و میزان Upset قطعه کار در محل جوش تغییر می‌نماید.

نکته اساسی در کنترل پروسه Flash Butt Welding مربوط به نحوه حرکت دو قطعه کار به طرف همدیگر در مراحل Flashing و Upsetting است. در دستگاه‌های قدیمی‌تر فاصله دو قطعه کار از همدیگر، سرعت و میزان حرکت فک دستگاه، زمان و نیروی لازم برای

مراحل مختلف پروسه جوش و جریان مورد نیاز برای جوشکاری به صورت دستی و توسط اپراتور دستگاه تنظیم می‌شود. امروزه کلیه پارامترهای فوق قابل برنامه‌ریزی و به صورت اتوماتیک توسط دستگاه جوش مونیتور و کنترل می‌گردد.

۴- پارامترهای مؤثر بر کیفیت نهایی جوش

- دقت در تنظیم اولیه دستگاه برای مراحل Flashing و Upsetting.
- فراهم ساختن شرایطی جهت مونیتور کردن مرحله Flashing.
- کنترل اتوماتیک کلیه پارامترهای جوشکاری شامل شدت جریان، نیروی Upset کردن و میزان جابجایی فک متحرک.
- رعایت پیشگرم در فلزاتی که از مقاومت به ضربه کم برخوردار هستند.
- جلوگیری از اکسیداسیون سطوح تماس بین دو قطعه کار یا کمتر شدن میزان آن.

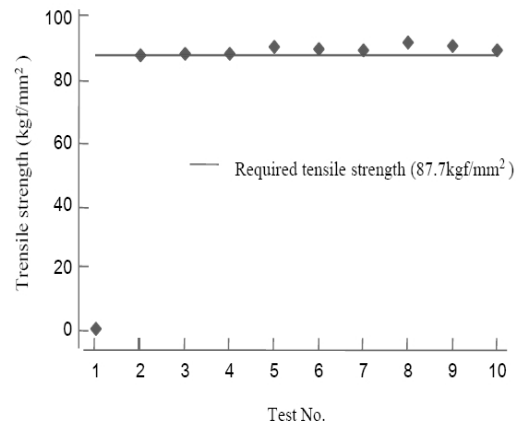
نتایج بررسی‌های انجام شده روی نمونه‌های Flash Weld نشان می‌دهد که خواص مکانیکی این نوع جوش متأثر از نیروی Upsetting و جریان مورد نیاز برای Flashing است. برای درک بهتر این موضوع و چگونگی اثرگذاری این پارامترها تعداد ۱۰ نمونه تهیه شده به روش Flash Butt Welding مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

نمونه‌های شماره ۱ تا ۵ در مُد Position Upset (در این مُد جابجایی فک متحرک به اندازه‌ای است که میزان نهایی Upset length در قطعه کار ایجاد شود) و نمونه‌های شماره ۶ تا ۱۰ در مُد Upset Force (در این مُد جابجایی فک متحرک به اندازه‌ای است که مقدار نهایی Upset Force به قطعه کار وارد شود) تهیه شده‌اند.

روی نمونه‌های تست آزمون‌های کشش، ضربه و بررسی میکرو استراکچر انجام شده است.

نمودار (۴) نشان‌دهنده استحکام کششی نمونه‌های تست می‌باشد. حداقل استحکام کششی فلز پایه برابر 87.7kg/mm^2 است. نتایج حاصله از تست نشان می‌دهد که استحکام کششی کلیه نمونه‌ها این میزان را پوشش می‌دهد. ولی نمونه‌های که در مُد Upset Force تهیه شده‌اند از استحکام کششی بهتری نسبت به نمونه‌های Upset Position برخوردار هستند.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Position mode	No data				

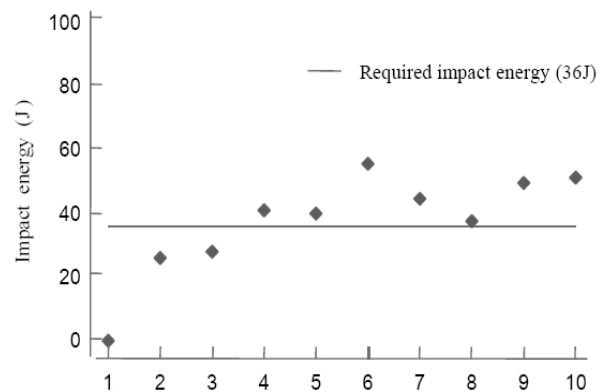


	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10
Force mode					

نمودار (۴) : نتایج تست استحکام کششی نمونه‌ها

نمودار شماره (۵) نتایج تست مقاومت به ضربه نمونه‌ها را در دمای -20°C نشان می‌دهد. نتایج تست نمونه‌های ۴ تا ۱۰ حداقل مقاومت به ضربه مربوط به فلز پایه (36J) را همپوشانی می‌نمایند.

بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که مقاومت به ضربه نمونه‌های که در مُد Upset Force تهیه شده‌اند بهتر از مقاومت به ضربه نمونه‌های است که در مُد Upset Position تهیه گردیده‌اند (38.8 J - 47.7 J).



نمودار (۵) : نتایج تست مقاومت به ضربه نمونه‌ها

در جدول (۱) میکرو استراکچر جوش‌های شماره ۲ تا ۱۰ نشان داده شده است.

بررسی دقیق این ساختارها نشان می‌دهد که در محل اتصال دو قطعه کار به همدیگر یک خط سفید رنگ و در بعضی از قسمت‌ها به رنگ سیاه وجود دارد.

جدول (۱) : میکرواستراکچر نمونه‌های تست.
(اچ شده در نیتال ۰.۴)

بررسی‌های دقیق‌تر نشان می‌دهد به دلیل آنکه در حین جوشکاری درجه حرارت سطح تماس بالاست لذا در حین پروسه Flashing کربن موجود در مذاب به دلیل عدم حفاظت در برابر اکسیداسیون از بین رفته و کربن سطح به ناحیه مذاب نفوذ می‌کند. این کربن تحت اثر نیروی مکانیکی وارده همراه با مذاب به بیرون سطح تماس دو قطعه کار منتقل می‌شود. لذا انتظار می‌رود که ناحیه سفید رنگ به دلیل پایین‌تر بودن میزان کربن آن از سختی کمتری برخوردار باشد.

نمودار (۶) سختی ویکرز ناحیه جوش، HAZ و فلز پایه را نشان می‌دهد.

همچنانکه از روی نمودار مشخص است میزان سختی در مرکز محل اتصال (جوش) کمترین میزان و در ناحیه HAZ بیشترین می‌باشد.



در شکل (۴a) به دلیل دیفیوژن کربن در محل اتصال دو قطعه کار ناحیه‌ای سفید رنگ ایجاد شده است. در شکل (۴b) ناحیه سیاه‌رنگ مربوط به حبس شدن لایه‌های اکسیدی است که در جریان مراحل جوشکاری ایجاد و امکان خارج شدن را پیدا نکرده است. لایه اکسید شده مانع از دیفیوژن کربن به محل اتصال شده و سبب بهبود سختی این ناحیه می‌شود. اکسیدهای فلزی و غیر فلزی موجود در فلز جوش جزء ناخالصی‌های جوش محسوب شده و باعث پایین آمدن کیفیت جوش می‌شوند. این عیوب توسط روش‌های NDT به سختی قابل شناسایی می‌باشند.

۵- نتیجه‌گیری

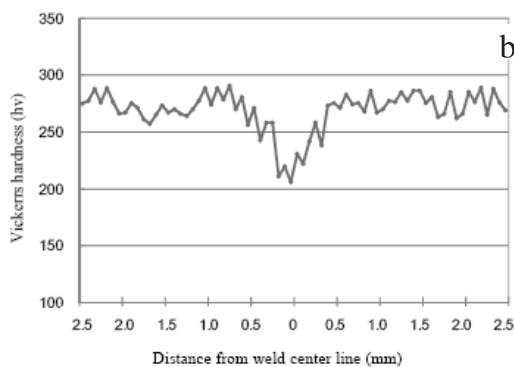
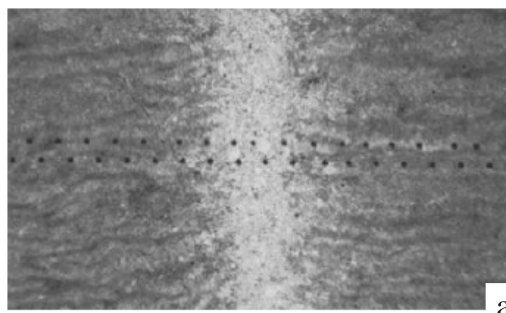
- نتایج حاصله از تست‌های کشش و ضربه در این جوشکاری مقاومتی نشان می‌دهد که تأثیر نیروی وارده در مرحله Upsetting بر روی حداقل مکانیکی جوش بیشتر از تأثیر میزان شدت جریان جوشکاری و اندازه حرکت فک متحرک دستگاه می‌باشد.
- ایجاد نور باریک کم‌کربن (نسبت به فلز پایه) در محل اتصال و محبوس شدن لایه‌های اکسیدی در سطح مشترک دو قطعه کار از معایب این روش می‌باشد که توسط روش‌های NDT قابل شناسایی می‌باشد.
- روش Flash Butt Welding در مقایسه با سایر روش‌های جوشکاری معمول، ناحیه HAZ باریک‌تری در مجاورت محل جوش ایجاد می‌کند. همچنین به دلیل آنکه جوشکاری در حال جامد انجام می‌گیرد، تغییرات ساختار میکروسکوپی، دانه‌بندی و آنالیز شیمیایی فلز در محل جوش ناچیز می‌باشد، لذا با رعایت پارامترهای مؤثر بر کیفیت نهایی جوش می‌توان اتصالی با خواص مکانیکی و متالورژیکی برتر تولید نمود.

مراجع

- 1- D.C. Kim, W.J. So b, M.J. Kang "Effect of flash butt welding parameters on weld quality of mooring chain". Advanced Welding & Joining R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology.
- 2- Kouki Nagura. "Flash Welding Control by Use of PWM Inverter Power Supply" (Mie University).
- 3- ICHIYAMA Yasutomo, ICHIKAWA Masashi and SAITO Tohru. "Effect of upsetting condition on flash weld toughness".
- 4- ASM Metals Handbook, Vol 06.
- 5- Hassan Farhagi and Seyed Mostafa Mousavizadeh. "HORIZONTAL SPLIT-WEB FRACTURES OF FLASH BUTTWELDED RAILS."

آقای جعفر رضازاده دارای کارشناسی ارشد تکنولوژی مواد از انستیتوی ملی فناوری هندوستان (NITW) بوده و جمعاً ۹ سال سابقه کار دارد که حدود ۵ سال آن در قدس نیرو و پروژه‌های نیروگاهی می‌باشد. زمینه کاری و علاقمندی آقای مهندس رضازاده جوشکاری سوپر آلیاژها، نانو مواد و انتخاب مواد مهندسی است.

Email:
Jafar_049 @ yahoo.com

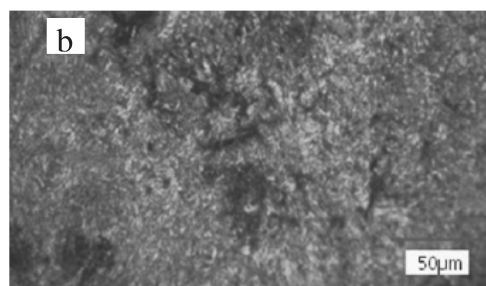


نمودار (۶): تست سختی میکرو ویکرز نمونه.

(a) میکرو استراکچر جوش و فلز پایه

(b) نتایج تست سختی

هرچه عرض ناحیه کم کربن بیشتر باشد به دلیل نرم شدن فلز جوش در این ناحیه استحکام مکانیکی آن پایین‌تر می‌آید و در آزمون کشش امکان پارگی از این ناحیه بیشتر می‌شود. میکرو استراکچر ناحیه جوش در نقاط سیاه و سفید با بزرگنمایی ۵۰۰ در شکل شماره (۴) نمایش داده شده است.



شکل (۴): میکرو استراکچر نواحی سفید و سیاه محل اتصال

رفتار سازه‌های قاب‌های مهاربندی شده کمانش محدود

جعفر عسگری مارنانی

مدیر گروه سد و نیروگاه - SBU آب

چکیده

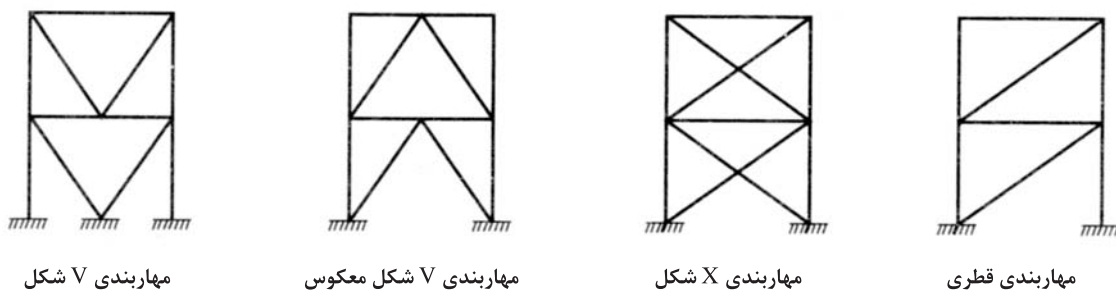
قاب‌های مهاربندی کمانش محدود^۱ نوع نسبتاً جدیدی از سیستم مهاربندی هم مرکز هستند که هم در کشش و هم در فشار، مقاومت‌های تنظیم شده حالت غیرالاستیک را از طریق تبدیل مقاومت محوری و مقاومت کمانش خمشی به مقاومت فشاری، بصورت یکسان دارا می‌باشند. در این نوع سیستم مهاربندی، غلاف از کمانش هسته فولادی جلوگیری کرده و کرنش‌های محوری تقریباً یکسانی را ایجاد می‌نماید. در نتیجه بواسطه دارا بودن حلقه هیستریزیستی کامل، سیستم قابلیت جذب انرژی بالاتری را نسبت به سایر سیستم‌های مهاربندی هم مرکز دارد.

در این مقاله به معرفی و بررسی رفتار سازه‌های این نوع مهاربندها و مقایسه آنها با سیستم مهاربندی متداول پرداخته شده است.

۱- مقدمه

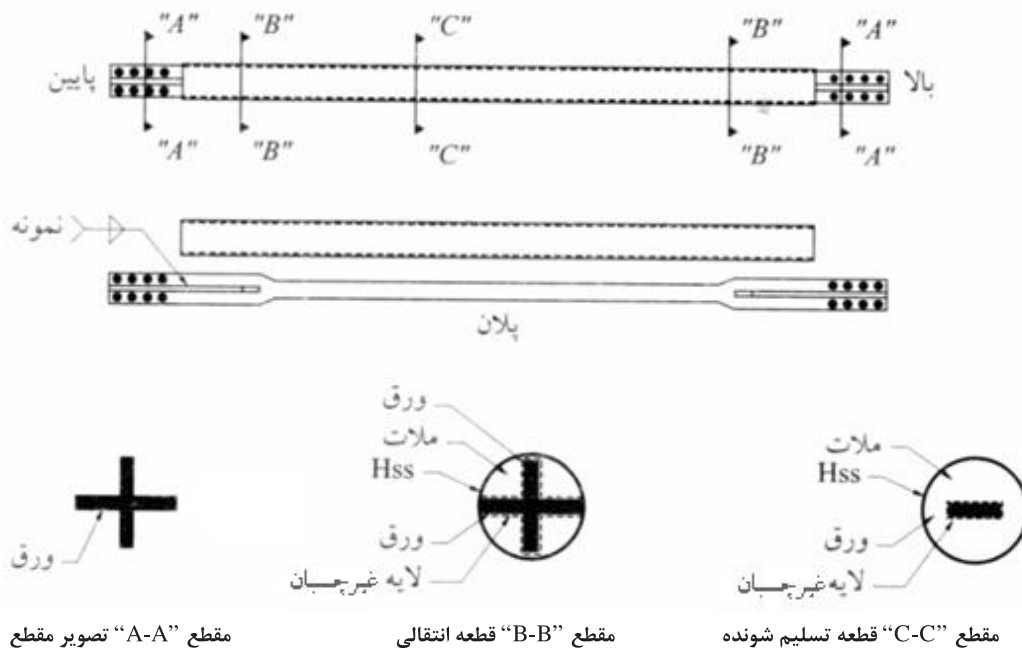
تسلیم غیرالاستیک در فشار، همانند کشش مشخص می‌شوند. در این سیستم مهاربندی، جذب انرژی در طی چرخه‌های تسلیم پایدار کششی- فشاری صورت می‌پذیرد [4]. شکل (۳) مشخصات رفتار هیستریک برای این نوع از مهاربند را در مقایسه با مهاربند کمانش کننده نشان می‌دهد. این رفتار در اثر محدود نمودن کمانش هسته فولادی در داخل المان‌های مهاربندی حاصل می‌شود، به طوری که تنش محوری مستقل از عملکرد کمانشی خمشی به هسته فولادی محدود شده است. مکانیزم محدودسازی کمانش، باعث می‌شود که سیستم، در برابر کمانش کلی مهاربندها مقاومت کرده و کمانش هسته فولادی در موده‌های بالاتر را محدود سازد.

قاب مهاربندی شده کمانش محدود یک رده خاص از قاب‌های مهاربندی شده هم مرکز^۲ می‌باشد که دقیقاً همانند آنها تقاطع محوره‌های اعضا در یک نقطه اتصال، یک سیستم خرپایی عمودی که نیروهای جانبی را تحمل می‌کند، تشکیل می‌دهد. ولی دارای شکل پذیری و جذب انرژی بیشتری در مقایسه با CBF است در این سیستم از کمانش کلی مهاربند و کاهش مقاومت مربوط به آن در تحمل نیروها و تغییر شکل‌های مربوط به جابجایی نسبی طرح در طبقه‌ها جلوگیری می‌شود. شکل (۱) پیکربندی‌های ممکن در سیستم‌های BRBF و شکل (۲) یک ترکیب شماتیک از یک المان مهاربندی با این سیستم را نشان می‌دهد. BRBF با قابلیت المان‌های مهاربندی برای

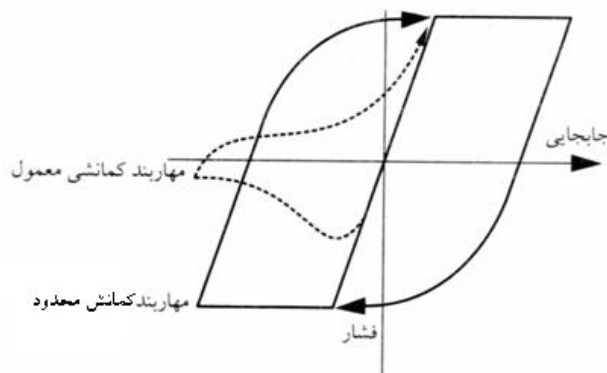


شکل (۱): مثال‌هایی از پیکربندی‌های مهاربندی هم مرکز

- 1- Buckling- Restrained Braced Frames = BRBF
- 2- Concentric Braced Frames = CBF



شکل (۲): جزئیات یک نوع از مهاربندهای کماتش محدود (روش R. Tremblay)



شکل (۳): رفتار هیستریک در مهاربند کماتش محدود و مقایسه آن با رفتار مهاربندی

دارای سطح مقطعی بزرگتر نسبت به ناحیه تسلیم شونده می‌باشند اما به همان صورت مهار می‌شوند. ناحیه اتصال بخشی انتهایی از مهار است که در امتداد غلاف بوده و برای اتصال مهار به دیگر اعضاء سازه‌ای قاب استفاده می‌شود [5], [6]. پیکربندی ناحیه اتصال بنا بر نوع اتصال استفاده شده قابل تغییر می‌باشد. در شکل (۴)، ناحیه اتصال با حرف C، ناحیه انتقال با حرف B و ناحیه تسلیم شونده با A نشان داده شده است.

شکل (۴) پیکربندی نمونه متداول BRBF را نشان می‌دهد، اگر چه پیکربندی‌های بسیار دیگری هم اکنون در دسترس هستند که تعدادی از آنها در شکل (۵) ارائه شده است. در این شکل بخش‌های سیاه نشان دهنده مقطع هسته فولادی و نواحی هاشور خورده عضو مقاومتی ملات یا بتن را نشان می‌دهد.

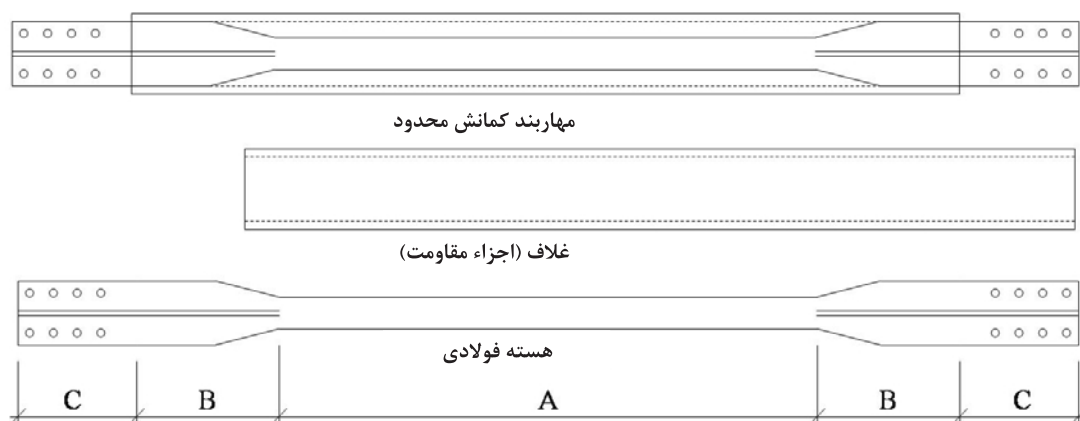
۲- اجزاء مهاربند کماتش محدود (BRB)

سیستم مهاربند کماتش محدود از دو ناحیه اصلی به شرح زیر تشکیل می‌شود:

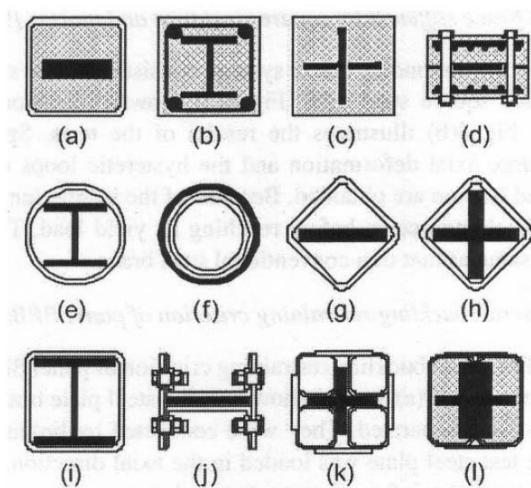
۱-۲- هسته فولادی

هسته فولادی که این خود مطابق شکل (۴) از سه قسمت اصلی تشکیل می‌شود: ناحیه تسلیم شونده، ناحیه انتقال و ناحیه اتصال. ناحیه تسلیم شونده قطعه‌ای از مهار است که در آن تمامی نیرو بواسطه کشش و تسلیم‌شدگی فشاری خنثی خواهد شد. این ناحیه دارای یک مقطع کاهش یافته جهت ضمانت تشکیل تسلیم در آن و بطور یکنواخت، می‌باشد. این ناحیه کاملاً توسط غلاف (اجزاء مقاومتی) مهار می‌شود تا بیشتر تحت عملکرد تسلیم‌شدگی فشاری باشد تا کماتش کلی یا محلی.

ناحیه انتقالی قطعاتی از مهار هستند که مستقیماً در طرف دیگر ناحیه تسلیم شونده قرار دارند. این قطعات هر چند



شکل (۴): نمایی از اجزاء مهاربند کمانش محدود متداول



شکل (۵): پیکربندی‌های متفاوت BRB مقاطع متقاطع قابل استفاده [9]

۲-۲- سیستم محدودکننده کمانش هسته (سیستم مقاومت یا

غلاف)

سیستم مقاومت BRBF شامل اجزائی است که مانع از کمانش کلی یا موضعی هسته فولادی در طول بارگذاری فشاری می‌شوند و مهار رفتار هیستریزیس قابل پیش‌بینی، پایدار و متوازن را با دست یافتن به تسلیم فشاری و کششی، ارائه می‌دهد. در این سیستم محدودکننده کمانش، بایستی هسته فولادی بدون اینکه غلاف در تحمل قسمتی از بار نقش داشته باشد، همه نیرو را تحمل کند. برای این منظور معمولاً از یک لایه شکننده و غیرچسبنده و در برخی از نمونه‌ها از مکانیزم ایجاد فاصله بین هسته فولادی و سیستم مقاوم استفاده می‌شود.

هسته فولادی BRBF جهت مقاومت در برابر تحمل بار فشاری در مهاربند طراحی می‌شود و غلاف نقشی در حمل بار محوری در مهاربند ندارد. همچنین فاصله در نظر گرفته شده در انتهای نواحی انتقال و تسلیم شونده، جهت ممانعت از تأثیرگذاری هسته بر اجزاء مقاومت در طول تسلیم شدن می‌باشد [1],[2]. این نوع سیستم مهاربندی با هسته فولادی در برابر بار محوری متناوب مثل بار ناشی از زمین‌لرزه بواسطه تسلیم‌شدگی فشاری و کششی، مقاومت بسیار مطلوبی را از خود نشان می‌دهد. در بارگذاری متناوب نیروی لرزه‌ای، توانایی این سیستم در تسلیم‌شدگی یکنواخت در کشش و فشار روی طول ناحیه تسلیم شونده، و مقاومت در برابر خستگی در اتلاف نیرو بسیار کارآمد است [7].

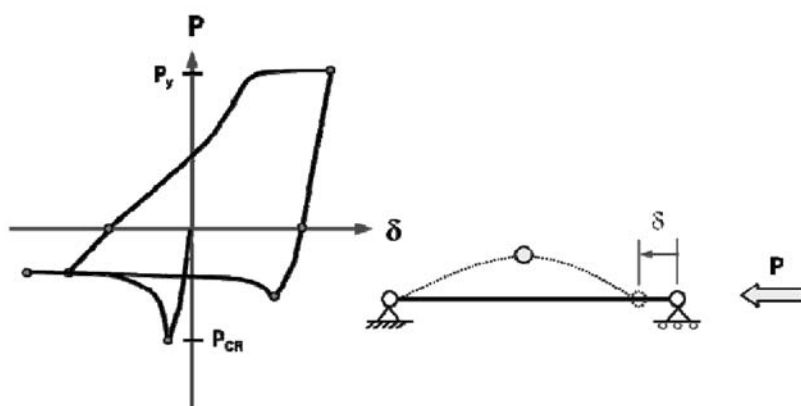
۳- مقایسه جذب انرژی سیستم BRBF با CBF

سیستم BRBF انرژی لرزه‌ای تحمیلی به سازه را بواسطه تسلیم‌شدگی در مهاربندها، جذب می‌نماید. در حالی که در سیستم CBF انرژی لرزه‌ای توسط کمانش مهاربند و شکل‌پذیری مفصل پلاستیک جذب می‌شود [1]. این در حالی است که سیستم BRBF در مقایسه با CBF دارای قابلیت بالاتر شکل‌پذیری و جذب انرژی است.

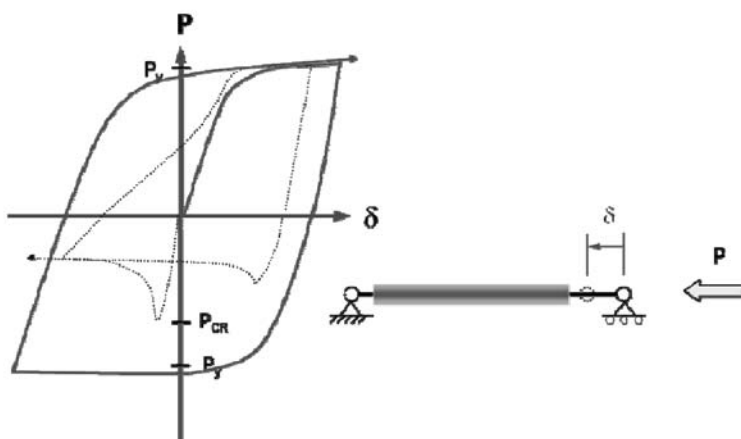
در شکل (۶) تغییرشکل محوری براساس نیروی وارده محوری P برای یک سیستم مهاربندی معمولی رسم شده است این شکل نشان دهنده به وقوع پیوستن کمانش در فشار قبل از رسیدن به حد تسلیم می‌باشد.

مهاربندهای معمولی در کشش تسلیم می‌شوند و شکل‌پذیر هستند و در فشار قبل از رسیدن به حد تسلیم کمانش کرده، شکل‌پذیر نبوده و دارای اختلاف مقاومت کششی و فشاری معناداری هستند.

مقاومت جانبی در برابر کمانش فشاری هسته فولادی توسط ملات بتنی ریخته شده در محفظه فولادی اطراف هسته، فراهم می‌شود. این روکش دور هسته فولادی، تعیین‌کننده نام و عملکرد BRB می‌باشد. ملات بتنی طول کامل ناحیه‌های انتقال و تسلیم مهار را، بدون آنکه هیچ مقاومتی در تحمل نیروی محوری داشته باشد، می‌گیرد به طوری که هیچ انتقال برشی از هسته فولادی به آن وجود ندارد زیرا ملات بتنی از اتصال به هسته فولادی با استفاده از لایه‌های شکننده و یا لایه‌های با مصالح غیرچسبنده جدا می‌شود. این مصالح غیرچسبنده می‌تواند رزین epoxy، رزین سیلیکونی، رزین vinyl، ورق‌های غشای پلی‌اتیلن، ورق‌های لاستیکی butyl، ورق‌های لاستیکی سیلیکون و فوم styrol یا ترکیبی از آنها باشد. [5],[6],[9]. مصالح غیرچسبنده استفاده شده همچنین برای تخمین انبساط عرضی هسته فولادی در طول تسلیم‌شدگی فشاری ناشی از اثر پواسون کاربرد دارند [9].



شکل (۶) : رفتار مهاربندهای معمولی تحت بارگذاری محوری دوره‌ای



شکل (۷) : رفتار مهاربندهای کمانش محدود تحت بارگذاری محوری دوره‌ای

- Proceedings 68th Annual Convention, pp. 355-371, Structural Engineers Association of California, Sacramento, CA.
- 4- Clark, P., Kasai, K., Aiken, I., Kimura, I., 1999, "Evaluation of Simplified Design Approaches for Structures with Yielding Steel Braces for Energy Dissipation," Proceedings of the 1999 Annual Meeting of the Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council, Los Angeles, CA.
 - 5- Higgins, C. and Newell, J. (2004). Confined Steel Brace for Earthquake Resistant Design, Engineering Journal, 41(4): 187-202.
 - 6- Sabelli, R. and Lopez, W. (2004). Design of Buckling-Restrained Braced Frames, Modern Steel Construction, 44(3): 67-73.
 - 7- Sabelli, R., Mahin, S., and Chang, C. (2003). Seismic demands on steel braced frame buildings with buckling-restrained braces, Engineering Structures, 23: 655-666.
 - 8- Sabelli, R., Pottebaum, W., Brazier, C., and Lopez, W. (2005). Design of a Buckling-Restrained Braced Frame Utilizing 2005 Seismic Standards, Proceedings of the Structures Congress: 1807-1818.
 - 9- Xie, Q. (2005). State of the art of buckling-restrained braces in Asia, Journal of Constructional Steel Research, 61(6): 727-748.

آقای جعفر عسگری مارنانی فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی در رشته عمران- مهندسی سازه از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۶۷، فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی ارشد در رشته عمران- سازه‌های آبی از دانشگاه تهران در سال ۱۳۶۹ و فارغ‌التحصیل در مقطع دکترای تخصصی در رشته مهندسی عمران- سازه مشترکاً از دانشگاه تربیت مدرس ایران و TW- WIEN کشور اتریش می‌باشد. ایشان جمعاً ۲۰ سال سابقه کار دارند که ۱۰ سال آن در قدس نیرو است. علاقمندی آقای عسگری کار روی طراحی سازه‌های فولادی و تهیه مدل‌های عددی در تحلیل سیستم‌های سازه‌ای است.

Email:
Jasqari @ ghods-niroom.com

شکل (۷) تغییر شکل محوری یک سیستم BRBF تحت بار فشاری P را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود در این سیستم کمانش در فشار قبل از رسیدن به حد تسلیم به وقوع نمی‌پیوندد و سیستم مقاومتی بیش از حد تسلیم از خود نشان می‌دهد.

بطور کلی مهاربندهای کمانش محدود در کشش و فشار به حد تسلیم می‌رسند و شکل‌پذیر هستند و دارای اختلاف مقاومت کششی و فشاری ناچیزی می‌باشد. در این سیستم تنها هسته فولادی باید برای تحمل کل نیروی محوری در مهاربند طراحی شود.

۴- جمع‌بندی

سیستم مهاربندی کمانش محدود (BRBF) دارای مزیت‌ها ذیل نسبت به سیستم مهاربند هم‌مرکز CBF است:

۱. BRBF بدلیل مکانیزم اجرایی خاص خود دارای شکل‌پذیری بیشتری نسبت به CBF است. این مهاربندها در فشار و کشش به تسلیم‌شدگی می‌رسند در حالیکه سیستم CBF در کشش تسلیم شده اما در فشار کمانش می‌کند که از شکل‌پذیری قاب می‌کاهد.
۲. سطح مقطع مهاربند مورد نیاز برای سیستم BRBF مستقیماً از مقاومت مورد نیاز تعیین می‌شود. در صورتیکه در سیستم CBF محاسبه سطح مقطع مهاربند از شرایط کمانش موضعی و کلی حاصل می‌شود.
۳. مقاومت‌های اتصالی مورد نیاز برای سیستم BRBF بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقاومت‌های اتصالی مورد نیاز در سیستم CBF است. لذا پیچ‌های کمتر، اندازه جوش‌های کوچکتر و صفحات اتصال کوچکتری را نیاز دارند.
۴. BRBF سیستمی برتر برای نواحی با لرزه‌های بزرگ در ساختمان‌های با کاربری با اهمیت بالا است.
۵. در انتها لازم به ذکر است که هزینه و مدت زمان اجرای سیستم BRBF خیلی بیشتر از سیستم‌های معمولی مهاربندی بوده لذا برای ساختمان‌های کوچک و با اهمیت کم، مقرون به صرفه نمی‌باشند.

مراجع

- 1- AISC, (2006a). Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 341, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, 2006.
- 2- AISC, (2006b). Seismic Design Manual, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, 2006.
- 3- Clark, P., Aiken, I., Kasai, K., Ko, E., and Kimura, I., 1999, "Design Procedures for Buildings Incorporating Hysteretic Damping Devices,"



ارائه الگوریتم برنامه‌ریزی استراتژیک با رویکرد مهندسی مجدد فرایندها

راحله نعمتی

کارشناس برنامه‌ریزی و کنترل پروژه - SBU آب

کلمات کلیدی:

فرایندهای کسب و کار، فرایند محوری، بلوغ، مدیریت فرایندهای کسب و کار، مدل‌های بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار، استراتژی، تفکر استراتژیک، برنامه‌ریزی استراتژیک

چکیده

الگوریتم‌های برنامه‌ریزی استراتژیک موجود بدلیل اینکه وظیفه‌گرا هستند و اشاره محدودی به فرایندگرایی دارند، از پویایی لازم جهت همگامی با تغییرات محیط و شرایط حاکم برخوردار نیستند. لذا، در این تحقیق نسبت به ارائه یک الگوریتم جدید برنامه‌ریزی استراتژیک با رویکرد فرایندگرایی و مدیریت فرایندها که سازمان‌ها را در زمینه مدیریت، بهبود و افزایش بلوغ فرایندها در جهت رسیدن به استراتژی‌ها یاری می‌دهد اقدام شده است. در این راستا، از رویکرد توصیفی جهت تعیین استراتژی سازمان استفاده شده، سپس مدل جدید بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار جهت افزایش بلوغ فرایندی و بهبود فرایندها تحت عنوان "مدل بلوغ فرایند و سازمان توسعه یافته" پیشنهاد شده و در نهایت مدل مذکور در الگوریتم برنامه‌ریزی استراتژیک بکار گرفته شده و در قالب یک الگوریتم منسجم و تلفیقی تحت عنوان "استراتژی اثربخش و برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی آن" ارائه گردیده است. در واقع الگوریتم تلفیقی مذکور، توسعه یافته مدل برنامه‌ریزی استراتژیک مینا است.

۱- مقدمه

بالاتری از عملکرد تجاری و عملیاتی دست یابند.

بررسی تجارب شرکت‌ها در پیاده‌سازی برنامه‌ریزی استراتژیک نشان می‌دهد که این الگوریتم‌ها از اثربخشی کافی در اجرای به استراتژی‌ها برخوردار نیستند [4] و نقش مدیریت فرایندهای کسب و کار و کاربرد مدل‌های بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار جهت رسیدن به استراتژی‌های سازمانی مورد توجه قرار نگرفته است. لذا، ارائه یک الگوریتم جدید با رویکرد فرایندگرایی و مدیریت فرایندها با بکارگیری مدل بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار مناسب که بتواند با گام‌های خود سازمان‌ها را در پیاده‌سازی استراتژی‌ها یاری نماید ضروری می‌باشد. در این مقاله به این مهم پرداخته شده است.

۲- مدل‌های بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار

۱-۲- تعریف

مدیریت فرایندهای کسب و کار از دیدگاه‌های متفاوت دارای تعابیر مختلفی است. در این مقاله مدیریت فرایندهای کسب و کار عبارتست از: "رسیدن به اهداف سازمان از طریق بهبود، مدیریت و کنترل فرایندهای کلیدی کسب و کار" [1].

مدل‌های بلوغ به عنوان مبنای ارزیابی و مقایسه بمنظور بهبود مورد استفاده قرار می‌گیرند و رویکرد مناسبی را برای افزایش قابلیت‌ها در سازمان‌ها ارائه می‌دهند. مدل‌های بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار ابزاری هستند که به سازمان‌ها کمک می‌کنند تا در اجرای مدیریت فرایندهای کسب و کار موفق باشند و به تبع آن به منافع

۲-۲- ادبیات موضوع

"پالک" بیان می‌کند که بهبود بلوغ سازمان‌ها در زمینه مدیریت فرایندهای کسب و کار منجر به "افزایش قابلیت‌های فرایندهای سازمان" می‌شود. در نتیجه، تعداد زیادی مدل بمنظور اندازه‌گیری بلوغ جنبه‌های مختلف مدیریت فرایندهای کسب و کار پیشنهاد شده است. پایه و اساس مشترک بیشتر این مدل‌ها "مدل بلوغ قابلیت‌ها" بوده که در ابتدا برای ارزیابی بلوغ فرایندهای توسعه نرم‌افزار ایجاد شده است [1]. در میان تمام کسانی که مدل بلوغ پیشنهاد داده‌اند، هارمن (Harmon) مدل بلوغ فرایندهای کسب و کار را بر اساس CMM ایجاد نمود [3]. در روشی مشابه فیشر (Fisher) "پنج اهرم تغییر" را با پنج سطح از بلوغ ترکیب می‌کند [2]. اسمیت و فینگار (Smith and Fingar) معتقدند که مدل‌های بلوغ مبتنی بر CMM که فرایندهای تکرارپذیر و به طور مناسب سازماندهی شده را الزام می‌دارند، خلاقیت و ابتکار را در فرایندهای کسب و کار در نظر نمی‌گیرند [3]. Bill Curtis مدل بلوغ بعدی را با پنج سطح پیشنهاد داد [11]. راملر-براشه (Rummler-Brache) ده فاکتور بحرانی موفقیت را در مدیریت فرایندهای کلیدی کسب و کار تعیین کردند [5]. پیچارد و آرمیستد (Pritchard & Armistead) سازمان‌ها را بر اساس صلاحیت و میزان پیشرفت آنها در اجرای مدیریت فرایندهای کسب و کار گروه‌بندی نمودند [6]. مل (Maull et al) نیز هنگام تعیین بلوغ در فرایندهای



با مشکل فقدان امکان استفاده از معیارهای عینی روبرو شد [7].
 مک کیب و دتورو (DeToro & McCabe) از دو بعد کارایی و
 اثربخشی جهت تعیین وضعیت سازمان‌ها استفاده کردند [8].
 مایکل رزمن، تونیا دی بران، برد پاور، Rosemann, Tonia de Bruin
 (Michael Brad Power) در سال ۲۰۰۵ [1] و مایکل همسر (Michel
 Hammer) در سال ۲۰۰۷ مدل‌های بعدی را معرفی نمودند [10].

۳- مراحل ارائه مدل پیشنهادی

۳-۱- بررسی مدل‌های موجود

به منظور ارائه مدل پیشنهادی برای سازمان‌های ایرانی، در ابتدا
 مدل‌های بلوغ موجود در این زمینه که از سال ۲۰۰۳ تاکنون
 پیشنهاد شده‌اند مورد بررسی قرار گرفتند. این مدل‌ها عبارتند از:

- مدل [3] Harmon، [2] Fisher، مدل [11] Bill Curtis
- مدل [5] Rummier-Brache، مدل [10] Michel Hammer
- مدل [1] Michael Rosemann, Tonia de Bruin, Brad Power

۳-۲- مقایسه مدل‌ها

۳-۲-۱- مرحله اول مقایسه

با توجه به هدف مقایسه که تعیین مدل پایه از بین مدل‌های مورد بررسی
 می‌باشد، برخی معیارهای مرتبط با خصوصیات کلی مدل‌ها انتخاب
 گردیدند که عبارتند از: نحوه دسته‌بندی فاکتورهای مدیریت فرایندهای
 کسب و کار (به تفکیک بلوغ فرایند، بلوغ سازمان و به صورت کلی)، نحوه
 تعیین اقدامات (به تفکیک فاکتورها، مراحل بلوغ، فاکتورها و مراحل بلوغ
 به طور ماتریسی)، واضح بودن اقدامات و مشخصات تعیین‌شده، تعداد
 مراحل بلوغ، تعداد ابعاد مدل، قابل استفاده بودن در همه سازمان‌ها. سپس
 با توجه به جنبه مثبت و منفی هر معیار مزایا و معایب هر یک از مدل‌ها
 تعیین گردید که در جدول شماره (۱) خلاصه شده‌اند.

لازم به ذکر است مدل‌هایی که فاکتورهای مؤثر را بر اساس بلوغ
 فرایند و بلوغ سازمان تفکیک کرده‌اند مطلوب‌تر هستند [9] زیرا
 اگر فرایند به طور مجرد مورد بررسی قرار گیرد تأثیر آن بر سایر
 فرایندهای موجود در سازمان دیده نمی‌شود. در ضمن به راحتی
 می‌توان این مدل‌ها را در سازمان‌های ایرانی که در ابتدای راه
 فرایندگرایی هستند به کار برد و ابهام کمتری دارند.

پس از مقایسه مدل‌ها و بررسی مزایا و معایب هر یک از آنها،
 مدل "مایکل رزمن، تونیا دی بران و برد پاور" و مدل "مایکل همسر"
 دو گزینه برتر هستند. ولی از آنجا که اقدامات تعیین‌شده در مدل
 "مایکل رزمن، تونیا دی بران و برد پاور" به طور ماتریسی نبوده و
 همچنین دسته‌بندی فاکتورها به تفکیک فرایند و سازمان نیست،
 بکارگیری آن در سازمان‌های ایرانی که در زمینه فرایندگرایی و
 فرایندمحوری در ابتدای راه بوده مشکل است. لذا مدل "مایکل
 همسر" که از هر دو مزیت فوق برخوردار است به عنوان مدل پایه در
 این مرحله انتخاب گردید. در ضمن می‌توان سایر مزایای مدل‌های
 دیگر (مانند ابعاد مدل) را نیز به آن اضافه نمود.

۳-۲-۲- مرحله دوم مقایسه

هدف از این مرحله، اطمینان از جامعیت مدل پایه انتخابی از
 نقطه نظر فاکتورهای مؤثر در مدیریت فرایندهای کسب و کار
 بوده که معیار مقایسه در این مرحله فاکتورهای مؤثر در
 مدیریت فرایندهای کسب و کار است. همانطور که مقایسه
 مدل‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد مدل پایه در فاکتورهای
 "همراستایی با استراتژی سازمان"، "استراتژی"، "تکنولوژی
 اطلاعات" و "متدها" دارای کمبود است.

جدول (۱) مزایا و معایب هر مدل

ردیف	نام مدل	مزایا	معایب
۱	مدل Fisher	اقدامات به تفکیک فاکتور و مراحل بلوغ به صورت ماتریسی تعیین شده است. تعداد مراحل بلوغ متناسب می‌باشد قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد	دسته بندی فاکتورها به صورت کلی می‌باشد عدم وضوح اقدامات تعیین شده در هر مرحله بلوغ جهت پیاده سازی در سازمان ها دو بعدی می‌باشد. دارای بعد دامنه (سازمانی و زمانی) نمی‌باشد.
۲	مدل Rummier-Brache	قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد - - - تعداد مراحل بلوغ کم می‌باشد.	دسته بندی فاکتورها به صورت کلی می‌باشد عدم وضوح اقدامات تعیین شده در هر مرحله بلوغ تعداد مراحل بلوغ کم می‌باشد. دو بعدی می‌باشد. دارای بعد دامنه (سازمانی و زمانی) نمی‌باشد.
۳	مدل Harmon	تعداد مراحل بلوغ متناسب می‌باشد قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد	دسته بندی فاکتورها به صورت کلی می‌باشد اقدامات به تفکیک مراحل بلوغ تعیین شده است. عدم وضوح اقدامات تعیین شده در هر مرحله بلوغ جهت پیاده سازی در سازمان ها یک بعدی می‌باشد. و دارای بعد فاکتور و دامنه(سازمانی و زمانی) نمی‌باشد
۴	مدل Michael Rosemann Tonia de Bruin, Brad Power	واضح بودن اقدامات تعیین شده به تفکیک فاکتور تعداد مراحل بلوغ متناسب می‌باشد سه بعدی می‌باشد. دارای بعد دامنه (سازمانی و زمانی) نمی‌باشد. قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد	دسته بندی فاکتورها به صورت کلی می‌باشد اقدامات به تفکیک فاکتور تعیین شده است. - - دسته بندی فاکتورها فقط به تفکیک فرایندها می‌باشد اقدامات به تفکیک مراحل بلوغ تعیین شده است. یک بعدی می‌باشد. و دارای بعد فاکتور و دامنه(سازمانی و زمانی) نمی‌باشد
۵	مدل Bill Curtis	واضح بودن اقدامات تعیین شده به تفکیک فاکتور تعداد مراحل بلوغ متناسب می‌باشد قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد	تعداد مراحل بلوغ نسبت به سایر مدلها کمتر می‌باشد. دو بعدی می‌باشد. دارای بعد دامنه (سازمانی و زمانی) نمی‌باشد. - -
۶	مدل Michel Hammer	دسته بندی فاکتورها به تفکیک فرایند و سازمان می‌باشد اقدامات به تفکیک فاکتور و مراحل بلوغ به صورت ماتریسی تعیین شده است. واضح بودن اقدامات تعیین شده به تفکیک فاکتور و مراحل بلوغ قابل استفاده در همه سازمانها می‌باشد	- -



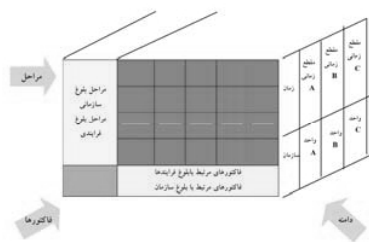


جدول (۲): نتایج مقایسه مدل‌ها در مرحله دوم

فکتورها	زیر فکتورها	مدل Fisher	مدل -Rummier Brache	مدل *Harmon	مدل Michael Rosemann, Tonia de Bruin, Brad Power	مدل Bill *Curtis	
فکتورهای مرتبط با فرایندها	طراحی	هدف	-	-	فکتور ۵	-	
		زمینه	-	-	فکتور ۱	-	
		مستندات	-	-	-	-	
	کنندگان کار	دانش	فکتور ۳	-	-	فکتور ۵	-
		مهارت	فکتور ۳	-	-	فکتور ۵	-
		رفتار	فکتور ۳	-	-	فکتور ۶	-
	صاحب کار	هویت	فکتور ۳	-	-	-	-
		نقائنها	فکتور ۳	-	-	-	-
		اختیارات	فکتور ۳	-	-	-	-
	زیر ساخت	نظام اطلاعات	-	فکتور ۹	-	-	-
نظام های منابع		-	-	فکتور ۲	فکتور ۲	-	
تعریف		فکتور ۲	فکتور ۶	-	فکتور ۱	-	
معیارها	کاربردها	فکتور ۲	فکتور ۸	-	فکتور ۲	-	
	آگاهی	فکتور ۲	فکتور ۳	-	فکتور ۶	-	
	هم سویی	فکتور ۲	-	-	فکتور ۵	-	
رهبری	رفتار	فکتور ۴	-	-	فکتور ۶	-	
	سیک	فکتور ۲	فکتور ۴	-	-	-	
	کار تیمی	فکتور ۲	-	-	-	-	
فرهنگ	مشتری مداری	فکتور ۲	فکتور ۷	-	-	-	
	مسئولیت	فکتور ۲	-	-	-	-	
	بگوش به تحول	فکتور ۴	فکتور ۱۰	-	فکتور ۶	-	
تخصص	افراد	-	فکتور ۳	-	-	-	
	روش	فکتور ۲	فکتور ۵	-	فکتور ۲	-	
	مدل فرایند	فکتور ۳	فکتور ۲	-	-	-	
حاکمیت	پاسخگویی	فکتور ۲	-	-	فکتور ۲	-	
	یکپارچگی	فکتور ۲	-	-	-	-	
	هر استانی یا استرادی	فکتور ۱	-	-	فکتور ۱	-	
استرادی سازمان	فکتور ۱	-	-	-	-		
تکنولوژی اطلاعات	فکتور ۵	-	-	فکتور ۲	-		
متدها	-	-	-	فکتور ۳	-		

فکتورهایی که در مدل Michel Hammer به آنها اشاره نشده است.

* اقدامات تعیین شده به تفکیک فکتور بیان نشده است.



شکل (۱): ابعاد مدل پیشنهادی

- بعد فکتورها: شامل فکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها و فکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان.
 - بعد مراحل بلوغ: شامل مراحل بلوغ هر یک از فکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها و بلوغ سازمان.
 - بعد دامنه: شامل دامنه سازمانی و زمانی (نشان دهنده مقطع زمانی بکارگیری مدل و زیر بخش یا واحدی از سازمان که مدل بکار گرفته می‌شود)
- طبق این مدل، به منظور آمادگی برای مدیریت فرایندهای کسب و کار و برنامه‌ریزی و ارزیابی پیشرفت آنها، سازمان‌ها باید نسبت به وضعیت بلوغ "فکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها" و "فکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان" در مقاطع زمانی مختلف و در کل سازمان و یا بخش و واحدی از آن شناخت پیدا کنند.

۳-۳-۱-۴-۱-۱ بلوغ فرایندها در مدل دی. پی. ای. ام. ام.

وجود پنج فکتور برای عملکرد درست هر فرایند و بلوغ آن ضروری است که عبارتند از: طراحی، کنندگان کار، صاحب کار، زیرساخت‌ها، معیار اندازه‌گیری. فکتورهای پنج‌گانه به صورت نزدیک و مشترک، به هم پیچیده و مرتبط هستند. نبود هر کدام از آنها، موجب ناکارایی دیگران هم می‌شود. هر کدام از فکتورها دارای زیرفکتورهایی است (جدول ۳).

فکتورهای مؤثر در بلوغ فرایندها از چهار مرحله بلوغ متفاوت برخوردارند که هر یک از این مراحل، بر مرحله پیشین استوار هستند (جدول ۳). هر چه این فکتورها از مرحله بلوغ بالاتری برخوردار باشند، نتایج ارزنده‌تری به بار خواهند آورد.

چنانچه همه فکتورها در مرحله پی. پی. یک یا پی. دو قرار گرفته باشند کل فرایند نیز در همان مرحله جای دارد. اگر چهار تا از فکتورها به مرحله‌ای مشخص رسیده باشند، نمی‌توان گفت که کل فرایند به آن مرحله رسیده است. بلکه به مرحله پایین‌تر تعلق خواهد داشت. در حالت استثنایی، اگر حتی یکی از فکتورها آن چنان ضعیف باشد که به مرحله پی. پی. یک هم نرسد کل فرایند در مرحله صفر (پی. صفر) جای دارد. هنگامی که سازمان زمینه فرایند محوری را آماده نکرده باشد، در مرحله پی. صفر قرار دارد.

۳-۳-۴-۱-۴-۱-۱ ارائه مدل پیشنهادی

ممکن است در شرایطی که سازمان بالغ نباشد، بتوان بلوغ فرایندها را به کمک برخی از افراد در سازمان بهبود داد. ولی این وضعیت پایدار نمی‌ماند بعبارت دیگر بلوغ پایدار فرایندها نیازمند و وابسته به بلوغ سازمانی است [11]. در این راستا مدل پیشنهادی بمنظور تعیین بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار سازمان، بلوغ فرایند و بلوغ سازمان را به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهد. مدل پیشنهادی "بلوغ فرایند و سازمان توسعه یافته"^۲ دارای سه بعد (شکل ۱) به شرح ذیل است:

1- Developed Process and Enterprise Maturity Model (DPEMM)

موضوع	موضوع	موضوع	موضوع	موضوع	موضوع
تولید به صورت کلکار طراحی شده است. مبدان حوزه ها از طرح موروثی به عنوان زمینه ای برای بهبود عملکرد حوزه خود استفاده میکنند.	تولید به صورت سراسری و به منظور تهیه مدارهای عملکرد طراحی شده است.	تولید به گونه ای طراحی شده است که با دیگر تولیدهای سازمان و نظام ناداری اطلاعات آن همگامی دارد تا به عملکرد بهبود برسد.	تولید به گونه ای طراحی شده است که با دیگر تولیدهای سازمان و نظام ناداری اطلاعات آن همگامی دارد تا به عملکرد بهبود برسد.	تولید به گونه ای طراحی شده است که با دیگر تولیدهای سازمان و نظام ناداری اطلاعات آن همگامی دارد تا به عملکرد بهبود برسد.	تولید به صورت کلکار طراحی شده است. مبدان حوزه ها از طرح موروثی به عنوان زمینه ای برای بهبود عملکرد حوزه خود استفاده میکنند.
در زمانه روزگاری، کسب و مشتری تولید شناسایی و مشخص شده اند.	نیروها در زمینه های مشتری تولید مورد شناسایی و توانی قرار گرفته اند.	صاحبکار تولید با دیگر صاحبکاران تولید میزبان در نظر انگار و اهداف راهبردی گرفته اند.	صاحبکار تولید با دیگر صاحبکاران تولید میزبان در نظر انگار و اهداف راهبردی گرفته اند.	صاحبکار تولید با دیگر صاحبکاران تولید میزبان در نظر انگار و اهداف راهبردی گرفته اند.	در زمانه روزگاری، کسب و مشتری تولید شناسایی و مشخص شده اند.
مستندات تولید مشخص شده است.	اسناد کلکار و سراسر تولید آماده است.	مستندات تولید برای هدف رسانی و اهداف سازمانی است.	مستندات تولید برای هدف رسانی و اهداف سازمانی است.	مستندات تولید برای هدف رسانی و اهداف سازمانی است.	اسناد کلکار و سراسر تولید آماده است.
همسویی با طراحی تولیدهای جدید با هدف تعریف عملیاتی انجام میشود.	طراحی تولیدهای جدید بر اساس شناسایی تولیدهای کلکار و همچنین تغییرات تولیدی ناشی از تغییر استراتژی سازمان انجام میشود.	طراحی تولیدهای جدید بر اساس شناسایی تولیدهای کلکار و همچنین تغییرات تولیدی ناشی از تغییر استراتژی سازمان انجام میشود.	طراحی تولیدهای جدید بر اساس شناسایی تولیدهای کلکار و همچنین تغییرات تولیدی ناشی از تغییر استراتژی سازمان انجام میشود.	طراحی تولیدهای جدید بر اساس شناسایی تولیدهای کلکار و همچنین تغییرات تولیدی ناشی از تغییر استراتژی سازمان انجام میشود.	همسویی با طراحی تولیدهای جدید با هدف تعریف عملیاتی انجام میشود.
کنندگان کار میوند. حد و حدود، نام تولید، مدارهای اصلی، مدارهای عملکردی آن را مشخص نمایند.	کنندگان کار میوند. حد و حدود، نام تولید، مدارهای اصلی، مدارهای عملکردی آن را مشخص و عملکرد اصلی هر چه سطحی است.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار میوند. حد و حدود، نام تولید، مدارهای اصلی، مدارهای عملکردی آن را مشخص نمایند.
کنندگان کار در مورد حل مسأله و همکاری تولیدات دارند.	کنندگان کار در همکاری تیمی و مدیریت خود عمل میکنند.	کنندگان کار در تصمیم گیری های خود خود مهارت خوبی دارند.	کنندگان کار در تصمیم گیری های خود خود مهارت خوبی دارند.	کنندگان کار در تصمیم گیری های خود خود مهارت خوبی دارند.	کنندگان کار در مورد حل مسأله و همکاری تولیدات دارند.
کنندگان کار نا خودی به تولید و ظاهر شده اند. ولی همچنان به همکاری و وظیفه ای خود درجه دارند.	کنندگان کار میگویند و باید طراحی تولید پیش روند و راه نام کار دیگران را نیز به نحو موثر به کار خواهند آورد.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	کنندگان کار نا خودی به تولید و ظاهر شده اند. ولی همچنان به همکاری و وظیفه ای خود درجه دارند.
صاحب کار	صاحب کار خود یا گروهی است که به صورت غیر رسمی مسئول همکاری و تولید است.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار خود یا گروهی است که به صورت غیر رسمی مسئول همکاری و تولید است.
فناینها	صاحب کار تولید و مشخص و مستند سازی میکند، آن برای همه کندگان همین میکند و از تغییرات در قطعات کوچک پشتیبانی میکند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار تولید و مشخص و مستند سازی میکند، آن برای همه کندگان همین میکند و از تغییرات در قطعات کوچک پشتیبانی میکند.
اجتازات	صاحب کار تولید، همسویی میکند. ولی تنها کارشناسی مبدان وظیفه گر به پذیرش ندارد. مشاور و بودجه کار را مهم انتخاب دارد.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار با دیگر صاحبکاران در زمینه همکاری ها، هدف و مبرهنه های خود تعریف خوبی دارند.	صاحب کار تولید، همسویی میکند. ولی تنها کارشناسی مبدان وظیفه گر به پذیرش ندارد. مشاور و بودجه کار را مهم انتخاب دارد.
نظام اطلاعات	سیستم های اطلاعاتی و جابجا هم اطلاعات از تولید پشتیبانی میکند.	یک نظام اطلاعات یکپارچه با دستور کارش برای تولید ایجاد شده تا از بسیاری از خطی استفاده پشتیبانی کند.	یک نظام اطلاعات یکپارچه با دستور کارش برای تولید ایجاد شده تا از بسیاری از خطی استفاده پشتیبانی کند.	یک نظام اطلاعات یکپارچه با دستور کارش برای تولید ایجاد شده تا از بسیاری از خطی استفاده پشتیبانی کند.	سیستم های اطلاعاتی و جابجا هم اطلاعات از تولید پشتیبانی میکند.
نظام های	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.
مباحث انسانی	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	نظام های استخدام پرورش نیروها، پایش می کنند و تغییر بر پایه نیازها و هدف های تولید تنظیم و نرژ شده اند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.
تولید به خود را از برخی مدارهای مشخص هزینه و کیفیت است.	مبدان، نیروها از برای پیگیری چگونگی عملکرد و شناسایی ریشه عملکردهای نقصی به کار میگیرند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	تولید به خود را از برخی مدارهای مشخص هزینه و کیفیت است.
کاربرها	تولید دارای مدارهای سراسری بر پایه خواست و نیازهای مشتری است.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	مبدان وظیفه گر مدیریت و پایش می کنند. وظیفه های خود را در قالب تولید به عهده دارند.	تولید دارای مدارهای سراسری بر پایه خواست و نیازهای مشتری است.

جدول (۳) : جدول ارزیابی بلوغ فرایندها - بهبود یافته



با استفاده از جدول (۴) می‌توان بلوغ یک فرایند کسب و کار را ارزیابی و چگونگی بهبود عملکرد آن را مشخص کرد. باید تعیین شود که عبارات نوشته شده در هر مرحله بلوغ برای هر زیرفاکتور به چه میزان مصداق دارد. اگر هر عبارت تا حد زیادی مصداق داشته باشد (یا عبارتی حداقل ۸۰ درصد) خانه مربوطه به رنگ خاکستری روشن، اگر تا حدی (یا عبارتی بین ۲۰ تا ۸۰ درصد) مصداق داشته باشد، خانه مربوطه به رنگ سفید و اگر تا حد زیادی مغایرت داشته باشد (کمتر از ۲۰ درصد مصداق داشته باشد) خانه مربوطه به رنگ خاکستری تیره در آورده می‌شود. برای سازمان‌هایی که در تلاش هستند به سطح بالاتر بلوغ فرایندی ارتقا یابند، خانه‌هایی که با خاکستری روشن رنگ شده‌اند خوب کار می‌کنند و نیاز به توجه ویژه ندارند. رنگ سفید زمینه‌هایی را نشان می‌دهد که شرکت کارهای زیادی را برای انجام دارد. خانه‌هایی که خاکستری تیره شده‌اند تنگناها را نشان می‌دهند، جاهایی که مانع رسیدن فرایندها به عملکرد عالی می‌شود.

۳-۲-۳- بلوغ سازمان در مدل دی.پی.ای.ام.ام

برخورداری از فرایندهای بالغ که دارای عملکرد متعالی هستند، علاوه بر فاکتورهای پنجگانه فوق نیازمند ایجاد محیطی است که پیشرفت کار را به خوبی پشتیبانی کند. سازمان باید در هفت فاکتور دارای توانمندی لازم بوده و یا آنها را بیافریند که عبارتند از: رهبری، فرهنگ سازمانی، مهارت کارکنان، حاکمیت، تکنولوژی اطلاعات، متدها و استراتژی سازمان. تا زمانی که همه فاکتورهای ذکر شده در سراسر سازمان به وجود نیاید فاکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها نمی‌توانند به درستی انجام وظیفه کرده و عملکرد عالی فرایندها را تضمین کنند. هر کدام از فاکتورها دارای زیرفاکتورهایی بوده که در جدول (۴) آورده شده است.

"فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان" هم در چهار مرحله مختلف خود را نشان می‌دهند. اگر فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان در مرحله ای.یک باشد شرکت در مرحله یک از بلوغ است. این وضعیت شامل همه فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان است. هر چه "فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان" در مرحله بالاتر از بلوغ باشد "فاکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها" نیرومندتر خواهند بود که نتیجه‌اش برخورداری شرکت از فرایندهایی با عملکرد بهتر است. بنابراین هنگامی که فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان در هر هفت زمینه در سطح ای.یک باشد آمادگی برای ارتقا آنها به سطح ای.دو باید فراهم شود. پس از آن است که فاکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها نیز به سطح پی.دو بالا می‌روند و جریان به همین سبک ادامه می‌یابد (جدول ۴).

برای تعیین این موضوع که سازمان آماده پشتیبانی از تحول فرایند محور است، عبارات جدول (۴) همانند جدول ارزیابی بلوغ فرایندها باید مورد ارزیابی قرار گیرد. عبارات مذکور، سطوح بلوغ را برای فاکتورهایی که سازمان برای توسعه فرایندهای کسب و کار بدان نیاز دارد نشان می‌دهد.

۳-۴-۳- مشخصات کلی مدل دی.پی.ای.ام.ام.

در مدل پیشنهادی، "فاکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها" و "فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان" ابزار ارزشمندی برای ارزیابی بلوغ فرایندهای کسب و کار و آمادگی پذیرش تحولات فرایند محور را به دست می‌دهند (بعد اول مدل).

این مدل، پرداختن به باز طراحی فرایندها را آسان می‌کند. از سوی دیگر، با آگاهی از مراحل بلوغ فاکتورهای مرتبط با بلوغ فرایندها و سازمان که در جریان تحول از وظیفه‌گرایی به فرایند محوری ضروری است، شرکت چشم بسته وارد تحولی همه جانبه و خطرناک نمی‌شود (بعد دوم مدل).

لازم به ذکر است دامنه (زمانی و سازمانی) بکارگیری این مدل در سازمان‌ها متفاوت است. ممکن است یک سازمان به صورت کامل و سراسری آماده بازطراحی فرایندها نبوده ولی بخش، زیربخش و یا واحدهایی از سازمان این آمادگی را داشته باشند. در چنین شرایطی مدیریت باید تنها فاکتورهای مرتبط با بلوغ این گونه واحدها را ارزیابی نماید و پایه تصمیم‌گیری قرار دهد و فرایندهای این بخش را مورد باز طراحی قرار دهد. انجام فعالیت‌های باز طراحی فرایندها در یک واحد، موجب تشویق دیگر واحدها و کوشش در بالابردن مراحل بلوغ فاکتورهای مرتبط با بلوغ سازمان و فرایندها به طور سراسری در سازمان می‌شود. در ضمن، سازمان‌ها در مقاطع مختلف زمانی نسبت به باز طراحی فرایندها می‌پردازند. آنها در یک مقطع زمانی بلوغ فرایندها را تعیین می‌نمایند و در مقطع زمانی بعدی با انجام اقدامات بهبود میزان افزایش بلوغ همان فرایندها را مورد بررسی قرار می‌دهند (بعد سوم مدل).

مدل پیشنهادی در مورد همه صنایع و فرایندهای گوناگون کاربرد دارد. شرکت‌ها می‌توانند این مدل را به صورت استاندارد و آسان به کار گیرند. مدیریت این مدل آسان است. حتی کسانی که تازه با فرایند آشنا شده‌اند با یک جلسه معرفی ابتدایی می‌توانند جدول‌ها را تکمیل، تحلیل و نتیجه‌گیری نمایند. [10]

۴- الگوریتم برنامه‌ریزی استراتژیک پیشنهادی با بکارگیری

مدل پیشنهادی

در این بخش الگوریتم پیشنهادی برنامه‌ریزی استراتژیک تحت عنوان "الگوی استراتژی اثربخش و برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی آن" ارائه شده است. در این راستا ابتدا اسناد کلی استراتژیک سازمان شامل ماموریت، چشم‌انداز و اصول ارزشی تعیین و سپس استراتژی سازمان با توجه به مفاهیم و نگرش‌های جدید رویکرد استراتژی اثربخش [14,15] در سازمان تعیین می‌شود.

عبارت "فرایند از استراتژی پیروی می‌کند" بدین معناست که استراتژی‌ها به کمک فرایندها اجرا می‌شوند یا به عبارتی فرایندها اجرای استراتژی‌ها را پشتیبانی می‌کنند [17]. لذا گام بعدی، پس از تعیین اهداف استراتژیک و استراتژی سازمان، شناسایی فرایندهای



سازمان است. باید توجه داشت که هر چه قدر فرایندها بهتر مدیریت شوند و سازمان از بلوغ بالاتری در مدیریت فرایندهایش برخوردار باشد، موفقیت فرایندها بیشتر می‌شود و هر چه قدر موفقیت فرایندها بیشتر باشد سازمان موفق تر می‌شود بدین معنا که سازمان به استراتژی‌هایش دست پیدا می‌کند [1]. در نتیجه دنیای کسب و کار اینک "مدیریت فرایندها" را به عنوان روش ارزشمند ادامه فعالیت و زندگی پذیرفته است. در این راستا باید فرایندها را متناسب با استراتژی سازمان تغییر و بهبود داد تا بتوان به استراتژی تعیین شده دست پیدا کرد. برای رسیدن به این مقصود، سازمان‌ها با تحولات فرایندی در این پروسه روبرو می‌شوند و باید بتوانند فرایندها را به طور مناسب مدیریت نمایند.

بنابراین سازمان‌ها جهت ایجاد تحول فرایند محور و بهره‌برداری از مزایای آن، نیازمند وجود دو گروه از فاکتورها هستند. یکی به فرایند مربوط می‌شود و دیگری به سازمان مرتبط است. که این دو فاکتور در مدل بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار پیشنهادی آورده شده است. بنابراین در این مرحله از مدل بلوغ مدیریت فرایندهای کسب و کار پیشنهادی استفاده می‌کنند و برای هر کدام از فرایندها که اولویت با فرایندهای کلیدی است، جدول ارزیابی بلوغ فرایندها را تکمیل می‌نمایند. پس از تعیین وضعیت بلوغ فعلی فرایندها با در نظر گرفتن استراتژی سازمان و سطح بلوغ سازمان که در گام بعد تعیین می‌شود، وضعیت بلوغ آتی فرایند نیز مشخص می‌شود و تعیین می‌گردد که فرایند باید در چه مرحله از بلوغ قرار گیرد. در این مرحله خانه‌های سفید و خاکستری تیره که نشانه موانع و تنگناها جهت رسیدن به بلوغ فرایندها و در نهایت رسیدن به استراتژی سازمان هستند، مشخص می‌شوند.

لازم به ذکر است در مورد سازمان‌هایی که وظیفه‌گرا هستند و همچنین فرایندهای جدیدی که باید طراحی شوند، وضعیت بلوغ فرایندی صفر در نظر گرفته می‌شود که با در نظر گرفتن استراتژی سازمان و سطح بلوغ سازمانی باید موانع و تنگناها جهت رسیدن به سطح بلوغ یک را تعیین نمود و با رفع آنها و در گام‌های بعدی با افزایش بلوغ سازمان، به سطوح بالاتر بلوغ فرایندی ارتقا داد.

سپس سازمان به تکمیل جدول ارزیابی بلوغ سازمان می‌پردازد تا بلوغ فعلی سازمان را جهت قبول تغییرات فرایندی مورد بررسی قرار دهد. سپس متناسب با تعیین مرحله بلوغ آتی فرایند، مرحله بلوغ آتی سازمان نیز تعیین شود. در این قسمت نیز، خانه‌های سفید و خاکستری تیره که نشانه موانع و تنگناها جهت رسیدن به بلوغ سازمان و در نهایت رسیدن به استراتژی سازمان است، نیز مشخص می‌شوند.

بر اساس خانه‌های سفید و خاکستری تیره، برنامه‌ها و پروژه‌های استراتژیک لازم جهت رفع موانع و تنگناها و افزایش بلوغ فرایندها و سازمان و در نهایت رسیدن به استراتژی سازمان تعیین می‌شوند. همچنین با تغییرات فرایندی در سازمان، ساختار سازمانی نیز تغییر می‌کند [13] که برنامه‌ها و پروژه‌های استراتژیک ناشی از آن نیز مد نظر قرار می‌گیرد و در نهایت شاخص‌هایی جهت پایش و کنترل آنها تعریف می‌شود (شکل ۲).

۵- اعتبارسنجی

اعتبارسنجی مدل به روش پرسشنامه‌ای انجام گردیده که توسط برخی از متخصصین مقوله برنامه ریزی استراتژیک و مدیریت فرایندها تکمیل شده است. تحلیل آماری به کمک آزمون فرض صورت گرفته و از آنجا که تعداد جامعه مورد نظر محدود بوده و جامعه دارای توزیع مشخصی نیست، آزمون بکارگرفته شده در این مرحله آزمون ویلکاکسون^۱ برای یک جامعه بوده که برای مقایسه میانگین‌ها استفاده می‌شود. آزمون فرض به تفکیک هر یک از سوالات پرسش‌نامه با فرض‌های ذیل صورت گرفته است [۱۶]:

فقدان اعتبار مدل و الگوریتم پیشنهادی به ازای پرسش مورد نظر $H_0: \mu \leq \mu_0$

اعتبار مدل و الگوریتم پیشنهادی به ازای پرسش مورد نظر $H_1: \mu > \mu_0$

سوال‌های پرسشنامه همگی از نوع مرتبه‌ای هستند. گزینه‌های پرسشنامه به ترتیب درجه اهمیت از ۴ به ۱ امتیازبندی شده‌اند. برای هر پرسش میانگین گزینه‌ها به عنوان میانگین جامعه در آن پرسش در نظر گرفته شده (در این جا ۲/۵) است. سپس با کمک نرم‌افزار Statgraph-Plus آزمون ویلکاکسون (α=۰/۵) انجام شده که نتایج آزمون فرض نشان می‌دهد که فرض H_0 به ازای هر سوال مورد پذیرش بوده لذا مدل و الگوریتم پیشنهادی معتبر می‌باشند.

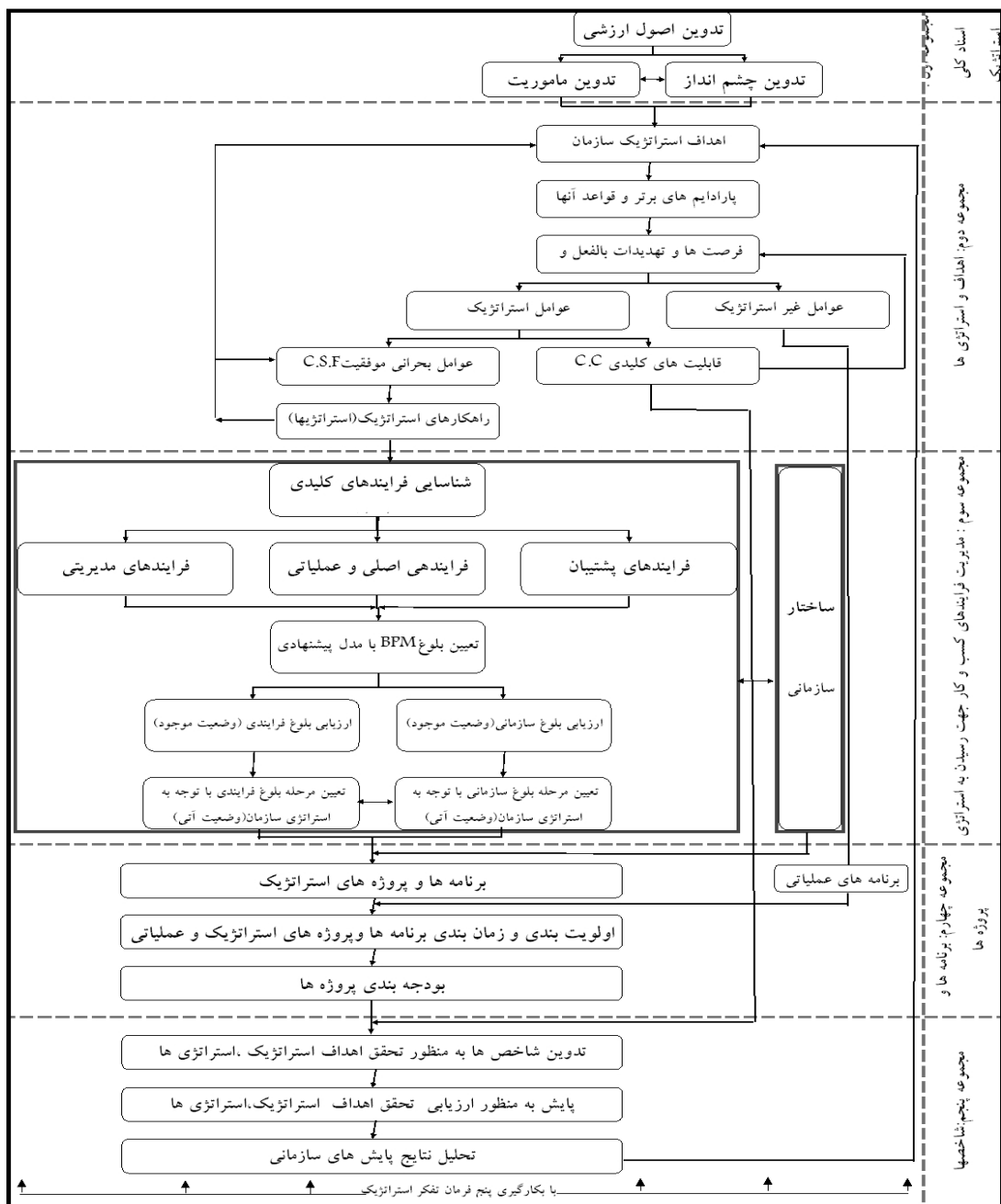
۶- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت استراتژی‌ها و توانمند ساختن سازمان‌ها جهت رسیدن به این استراتژی‌ها، ارائه الگوریتم‌هایی که سازمان‌ها را در این زمینه یاری نماید، امری ضروری است. که در این تحقیق از رویکرد مدل‌های بلوغ فرایندهای کسب و کار استفاده شده که امید است در آینده از سایر رویکردهای کاربردی استفاده گردد. در این راستا پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی در زمینه‌های ذیل انجام شود:

- با توجه به این که مرحله اول مقایسه با فرضیات نگارنده انجام شده و بر اساس فرضیات مذکور مدل "مایکل همبر" انتخاب شده است، می‌توان در تحقیقات آتی صحت فرضیات و جامع و کامل بودن آن را مورد بررسی قرار داد.

- یکی از موارد مدل پیشنهادی تعداد کم مراحل بلوغ نسبت به سایر مدل‌های مورد بررسی است. با توجه به این که این مدل برای سازمان‌های غیرایرانی تهیه شده و آنها از نظر فرایندگرایی و فرایندمحوری پیشرو هستند. لذا جهت بکارگیری در سازمان‌های ایرانی که در زمینه فرایندگرایی و فرایند محوری در ابتدای راه هستند، نیاز به تغییراتی دارند به نظر می‌رسد تغییر مراحل بلوغ از ۴ مرحله به ۵ مرحله برای سازمان‌های ایرانی مفید می‌باشد.

1 - Wilcoxon



شکل (۲): استراتژی اثربخش و برنامه ریزی برای پیاده سازی آن

مراجع

- 1- Jeston, John; Nelis, Johan; Business Process Management, 1st edition, published by Elsevier, India :printed and bound at Rajkamal Electric Press,2006
- 2- Fisher, David M.; The Business Process Maturity Model: A Practical Approach for Identifying Opportunities for Optimization, Business Process Trends, [Online] Available: <http://www.bptrends.com/> September 2004
- 3- Smith , Howard ; Fingar , Peter ; The Third Wave:Process Management Maturity Models, Business Process Trends, [Online] Available: <http://www.bptrends.com/> July 2004
- ۴- غفاریان وفا-عمادزاده مرتضی، معانی نو ظهور در مفهوم استراتژی، تهران، سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۸۳
- 5- Rummler Brache Group, Process Performance Index, [Online] Available :www.rummlerbrache.com
- 6- Pritchard, J. P ; Armistead, C. ; Business process management - lessons from European business. Business Process Management Journal, volume 5, number 1, pp.10-32,1999
- 7- Maull, R. S.; Tranfield, D. R., ; Maull, W.; Factors characterising the maturity of BPR programmes. International Journal of Operations & Production Management, volume 23,number 6, 2003, pp.596-624
- 8- Rosemann, Michael ; Bruin, Tonia de.; Application of a Holistic Model for Determining BPM Maturity, Business Process Trends ,[Online] Available: <http://www.bptrends.com/> February 2005
- 9- Sinur , Jim ; Business Process Management Maturity: It's Not That Simple, Business Process Trends, [Online] Available: <http://www.bptrends.com/> May 2007
- ۱۰- همر مایکل، ممیزی فرایند، نشریه گزیده مدیریت، ترجمه: رضایی نژاد عبدالرضا، سال هشتم، شماره هفتاد و یکم، ۹۷-۸۷-۱۳۸۶
- 11- Curtis, Bill ; Alden, John; Business Process Improvement Guided By the BPMM , Business Process Trends.[Online], Available: <http://www.bptrends.com/> Nov. 2006
- 12- Power , Brad ; Michael Hammer's Process and Enterprise Maturity Model , Business Process Trends. [Online] Available: <http://www.bptrends.com/> July 2007
- 13- Kiraka R.N. ; Manning K.; Managing Organizations Through a Process-based Perspective: Its Challenges and Benefit , Knowledge and process management .V.12.N.4.John Wiley & sons Ltd,2005
- ۱۴- غفاریان وفا-کیانی غلامرضا، استراتژی اثربخش، تهران ، سازمان فرهنگی فراه، ۱۳۸۰
- ۱۵- غفاریان وفا-کیانی غلامرضا، پنج فرمان برای تفکر استراتژیک، تهران، سازمان فرهنگی فراه، ۱۳۸۴
- ۱۶- فروند جان-والپول راند، آمار ریاضی، ترجمه: عمیدی علی- وحیدی اصل محمد قاسم، تهران، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، چاپ پنجم، ۱۳۷۷
- 17- Schmidt , SL. ; Treichler ,C.; A Process based View and its Influence On Strategic Management , Knowledge and process management .V.5.N.1.John Wiley & sons Ltd and Cornwallis Emmanuel Ltd,1998

خانم راحله نعمتی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی صنایع (گرایش مدیریت سیستم و بهره‌وری) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشند. ایشان ۸ سال سابقه کاری دارد که همه آن در شرکت قدس نیرو است. زمینه علاقمندی خانم نعمتی سیستم‌های مدیریتی می‌باشد.

Email:
Rnematii @ ghods-niroo.com



جلوگیری از فروپاشی مخازن ذخیره اتمسفری آب دمین

حسین حق پرست

کارشناس شیمی و محیط زیست - شرکت مدیریت تولید برق یزد

واژه‌های کلیدی: فروپاشی تحت خلاء، مخازن ذخیره اتمسفری، خلاء، حادثه مخازن

مقدمه

یکی از حوادث مشترک در مخازن ذخیره اتمسفری، تانکرهای حمل مایعات و سایر تجهیزاتی که در فشارهای کم بهره‌برداری می‌شوند فروپاشی در اثر خلاء تحت فشار اتمسفری است که مخرب است و می‌تواند مخاطره‌آمیز نیز باشد. دلایل بروز چنین حوادثی معمولاً از دو جا ناشی می‌شود: در تشخیص خطر کوتاهی صورت گرفته است و یا اینکه طراحی ناقص بوده و ظرفیت کافی برای رهاسازی خلاء تدارک دیده نشده است تا فشار داخلی بالاتر از ماکزیمم خلاء مجاز تجهیز نگه داشته شود. در حدود سه دهه قبل دکتر Treveor Kletz مقاله‌ای نوشت که در آن آینده نزدیک را پیش‌بینی نمود. او به سادگی اظهار داشت که فروپاشی مخازن ذخیره اتمسفری تحت اثر خلاء رویدادی است که هر شرکت مکرراً با آن روبرو بوده است و در سال‌های آینده بیشتر با این پدیده مواجه خواهیم بود. حوادث بسیاری در ارتباط با فروپاشی مخازن و آسیب تجهیزات در اثر خلاء در منابع گزارش شده است و هر چند که تا کنون تلفات انسانی در این ارتباط گزارش نشده است ولی چنین حوادثی می‌تواند برای افراد نیز مخاطره‌آمیز باشد. در این مقاله تعدادی از حوادث فروپاشی مخازن صنایع داخلی در اثر خلاء گزارش می‌گردد. در اینجا تأکید بر روی مخازن ذخیره اتمسفری آب دمین است که در نیروگاه‌ها مورد استفاده می‌باشد. ساختار ونت مخازن ذخیره آب دمین با ساختار ونت سایر مخازن ذخیره اتمسفری اندکی متفاوت می‌باشد. بعد از مطرح نمودن حوادث دلایل رخداد آنها به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. با امید به اینکه از حوادث به وجود آمده تجربه‌ای بدست آید تا دیگر شاهد بروز چنین حوادثی در صنعت برق داخل کشور نباشیم.

۱- مخازن ذخیره اتمسفری

طبق تعریف NFPA یک مخزن ذخیره اتمسفری مخزنی است که به گونه‌ای طراحی شده تا در فشاری بین فشار اتمسفری و ۶/۹ کیلو پاسکال بهره‌برداری شود (که در بالای تانک اندازه‌گیری می‌شود). این تانک‌ها در دو طراحی ساخته می‌شوند که شامل سقف ثابت و سقف‌های متحرک (که سقف بر روی سطح مایع شناور می‌باشد و با بالا رفتن و پایین آمدن آن بالا و پایین می‌رود) می‌باشند. طرح‌های سقف ثابت شامل یک پوسته استوانه‌ای هستند که سقف به آن جوش داده شده است و سقف می‌تواند مخروطی، مسطح و یا گنبدی شکل باشد. در طرح‌های سقف‌های متحرک سقف بر روی سطح مایع شناور است و با سطح مایع حرکت می‌کند. برای تانک‌هایی با سقف ثابت سه ظرفیت تعریف می‌گردد ظرفیت اسمی، ناخالص و خالص. در تانک‌ها با سقف ثابت حتماً باید ونت به اتمسفر وجود داشته باشد تا از ایجاد فشار اضافی در زمان پرشدن مخزن و همچنین دی‌اکسیدکربن تشکیل خلاء در زمان تخلیه جلوگیری شود. دی‌اکسیدکربن موجود در اتمسفر و همچنین

موجود در گازهای حاصل از احتراق در آب حل شده و تشکیل کربونیک اسید می‌دهد و باعث کاهش pH آب دمین می‌گردد. همچنین در صورتی که هوای اتمسفر مجاور آلوده به SO₂ باشد، باعث تشکیل اسید سولفور می‌شود. در صورت آلودگی آب به اکسیژن اتمسفر در درون دی‌آریتور اکسیژن حذف می‌گردد. برای جلوگیری از تماس اتمسفر محیط با آب ذخیره شده سه روش در صنعت برق استفاده می‌گردد:

۱- سقف‌های شناور

۲- دیافراگم‌های سنتزی

۳- استفاده از بلانکت نیتروژن

تانک‌های کوچک که معمولاً ظرفیتی در حد ۱۶۰۰ متر مکعب دارند با نسبت ارتفاع به قطر نزدیک به ۱ یا بزرگتر ساخته می‌شوند. در تانک‌های بزرگتر این نسبت کاهش می‌یابد به دلیل اینکه ماکزیمم ارتفاع به ۱۵-۱۲ محدود می‌باشد (به دلیل محدودیت ضخامت کورس کف). ضخامت پوسته‌ها در طراحی‌های API نباید از ۳mm تجاوز کند در حالیکه طبق استاندارد AWWA تا ضخامت ۵۰mm را مجاز می‌داند.

ویژه در فصل زمستان که امکان یخزدگی وجود دارد اهمیت بیشتری دارد. مواردی که در آن مخازن به علت یخزدگی در محل و کیوم بریکر فروپاشیده‌اند گزارش گردیده است. در موقع بازرسی از تانک‌ها اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از آسیب به لاینر مخزن باید اندیشیده شود. دوره معمول بازدید از مخازن هر ۲ سال یکبار می‌باشد. سقف‌های شناور معمولاً مراقبت بیشتری نسبت به سقف‌های ثابت نیاز دارند.

۲- ذخیره‌سازی آب دمین

مخازن ذخیره آب دمین باید دارای ظرفیت کافی باشند تا نیاز واحد را تحت هر شرایطی برآورده کنند. همچنین باید برای مسیرهای سرریز و کیوم بریکر طراحی‌های مناسب در نظر گرفته شود تا تانک در اثر سر ریز شدن یا تحت خلاء در شرایط افت ناگهانی سطح آسیب نبیند. در برخی از نیروگاه‌ها مخزن ذخیره آب دمین و مخزن کندانس یک مخزن می‌باشد. برای چنین مواردی حداقل ظرفیت مورد نیاز باید ۱/۸۹ متر مکعب به ازای هر مگا وات ظرفیت تولید واحد باشد و ظرفیت ارجح بین ۲/۸۴ تا ۳/۷۹ متر مکعب به ازای هر مگا وات ظرفیت تولید واحد می‌باشد. در صورت ذخیره مناسب آب دمین تغییر قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آن روی نمی‌دهد. خلوص آبی که درون بویلرها مصرف می‌گردد باید با کیفیت آب خروجی از بسترهای مختلط یکی باشد. در تانک‌های ذخیره قدیمی که دارای ونت بودند و مستقیماً با اتمسفر در تماس بودند امکان آلودگی آب دمین با دی‌اکسید کربن و اکسیژن موجود در هوا و همچنین گازهای محصولات احتراق وجود داشت. برای جلوگیری از آلودگی مخازن دمین از جاذب‌های CO₂ استفاده می‌گردد.

ضخامت پوسته به وسیله معادله زیر مشخص می‌گردد. ضخامت معمول برای کف و سقف به ترتیب ۵ و ۶ متر می‌باشد.

$$T_s = 2.6HDG/S \quad (1)$$

T_s = ضخامت پوسته تانک

H = ماکزیمم ارتفاع مایع

D = قطر تانک

G = وزن مخصوص سیال

S = استرس طراحی (psi یا kpa)

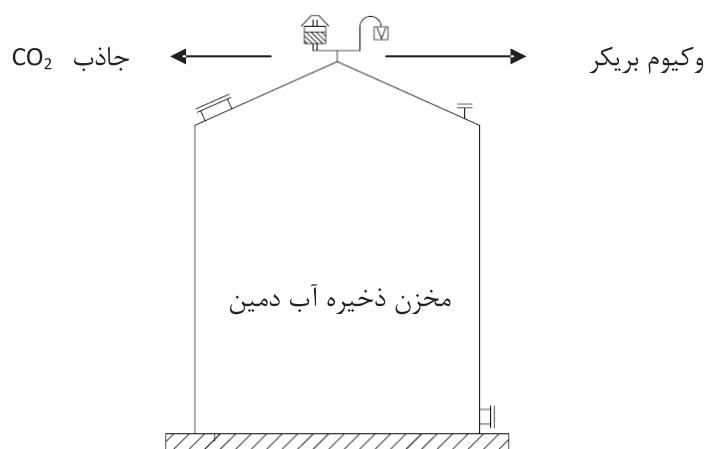
E = کارایی اتصال

جدول (۱): حداقل ضخامت پوسته توصیه شده برای مخازن رو زمینی

قطر تانک m	حداقل ضخامت mm
۱۵/۲	۴/۷۶
۱۵/۲-۳۶/۶	۶/۳۵
۳۶/۳-۶۱	۷/۹۴
۶۱-۲۰۰	۹/۵۳

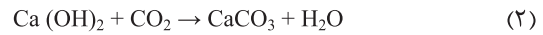
آب مخصوصاً آب دمین نسبت به کربن استیل خورنده بوده و انحلال محصولات خوردگی در آب دمین هم مخرب است و هم باعث آلودگی آب دمین می‌گردد و باید به حداقل رسانده شود. بنابراین در اکثر موارد از پوشش لاینر اپوکسی استفاده می‌گردد. حداقل ضخامت پوشش مورد استفاده باید ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون باشد.

از ونت‌های مخازن و کیوم بریکرها باید به طور دوره‌ای و منظم بازدید به عمل آید تا به طور صحیح کار کنند. این مسئله به



شکل (۱): مخزن ذخیره اتمسفری آب دمین مجهز به جاذب CO₂ و شیر خلاء شکن

معمول ترین جاذب دی اکسید کربنی که استفاده می شود سودا لایم است که مرکب از کلسیم هیدروکسید و سود (و / یا پتاس) می باشد. واکنش آن با دی اکسید کربن به صورت (رابطه ۲) است. میزان مصرف آن به ازای هر ۱۰ متر مکعب هوا ۸ گرم می باشد.



۳- خطر فروپاشی در اثر خلاء

برای محافظت از فروپاشی مخازن در اثر خلاء اصل نسبتاً ساده ای وجود دارد که باید مقدار کافی گاز (معمولاً هوا یا یک گاز بی اثر) جایگزین سیالی که از مخزن تخلیه شده است و بخاری که متراکم گردیده است، شود تا حداقل فشار درون تجهیز در محدوده قابل قبول حفظ گردد. عوامل مشترکی که منجر به ایجاد خلاء درون یک مخزن ذخیره اتمسفری می شوند شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تخلیه سیال درون مخزن در حالیکه ونت به اندازه کافی باز نباشد.
- ۲- تراکم بخار سیال درون مخزن (زمانی که بخار آب مایع گردد حجم آن به نسبت کاهش می یابد).
- ۳- خنک شدن محیطی گاز در فضای بالای سیال مخزن
- ۴- اتصال به یک منبع خلاء یا ساکشن
- ۵- اتمام اکسیژن هوا در اثر سوختن
- ۶- توقف ناگهانی یک ستونی مایع در حال حرکت

علاوه بر این، عواملی هم هستند که به دلایل فرایندی مورد استفاده می باشند و باعث ایجاد خلاء می شوند نظیر بلورها و فن ها. حوادثی که در این مقاله بررسی می گردند مربوط به آیتم شماره یک یعنی تخلیه سیال درون مخزن در حالیکه ونت به اندازه کافی باز نیست، می باشد. موارد (۱) و (۳) در استاندارد API 2000 (انستیتو نفت آمریکا) توضیح داده شده است و مورد ۲ معمولاً ساده انگاشته می شود. بخار موجود در درون یک تجهیز می تواند در اثر شرایط محیطی یا به وسیله اسپری آب، خنک و متراکم گردد.

۴- محاسبات مربوط به ونت

محاسبه هوای جبرانی برای زمانیکه آب درون به وسیله پمپ تخلیه می گردد بسیار ساده می باشد. ابتدا باید نرخ حجمی جریان ماکزیمم را بر حسب m^3/sec محاسبه گردد و بر اساس آن ونت مناسب تعیین گردد. برای مثال برای مخزنی که ماکزیمم نرخ برداشت آب از آن ۱۵۰ متر مکعب در ساعت است باید دارای جاذب CO_2 باشد که حداقل ظرفیت آن معادل

همین مقدار است. البته وکیوم بریکر به دلیل ایمنی باید دارای ظرفیتی بیشتر از مقدار مورد نیاز باشند.

ظرفیت کل نرمال ونت باید حد اقل برابر مجموع جابجایی سیال (ورود و یا خروج هر کدام بیشتر است) و اثرات دمایی باشد. در محاسبه ونت باید جریان سیال به مخازن مجاور در اثر گراویته نیز در نظر گرفته شود. محاسبه جریان سیال در اثر گراویته به مخازن مجاور از طریق رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$V = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

V: سرعت خروجی سیال در اثر گراویته m/s

g: شتاب جاذبه 9.8 m/s^2

h: ارتفاع m

۴-۱- حادثه مخزن دمین نیروگاه سیکل ترکیبی یزد

نیروگاه سیکل ترکیبی یزد دارای ۲ مخزن ذخیره دمین فلزی بود که گنجایش هر یک از آنها 1000 m^3 می باشد که به طور موازی در سرویس قرار دارند و سه عدد پمپ انتقال آب دمین را به محل های مختلف جهت مصرف منتقل می نماید.

چنانچه به دلیلی مخزن شماره (۱) از سرویس خارج گردد، شیر خروجی مخزن به ساکشن پمپ های انتقال بسته می شود و آب آن تخلیه می شود و تنها با مخزن شماره (۲) بهره برداری صورت می گیرد.

بعد از رفع عیب از مخزن شماره (۱) در حالیکه مخزن شماره (۲) پر از آب بوده است (۱۱ متر سطح آب مخزن ۲) شیر خروجی مخزن (۱) توسط اپراتور باز می گردد تا هم مخزن (۱) در سرویس قرار گیرد و هم هر دو مخزن هم سطح گردند.

لوله خروجی مخازن ۸ اینچ بوده و به هم مرتبط می باشند. دقایقی بعد از باز شدن شیر به وسیله اپراتور صداهای بلندی از بالای مخزن شنیده می شود و اپراتور برای بازدید به بالای مخزن می رود و بعد از مشاهده فروپاشی سقف مخزن به سرعت شیر باز شده را می بندد. در مدت زمان ۹ دقیقه که شیر باز بوده ۸۰ سانتیمتر سطح مخزن ۲ کاهش یافته و وارد مخزن ۲ می گردد. در این حادثه به علت اقدام زود هنگام اپراتور فقط سقف مخزن آسیب جدی دید و به بدنه آسیبی وارد نگردید.

در صورت عدم اقدام اپراتور در بستن شیر با توجه به حجم زیاد آب مخزن (۲) احتمال فروپاشی کامل مخزن انتظار می رفت.

بعد از حادثه مذکور بررسی های کارشناسانه ای برای مشخص نمودن علت حادثه انجام گرفت تا مشخص گردد عملیات انجام شده توسط اپراتور اشتباه بوده یا مشکل دیگری وجود داشته است.



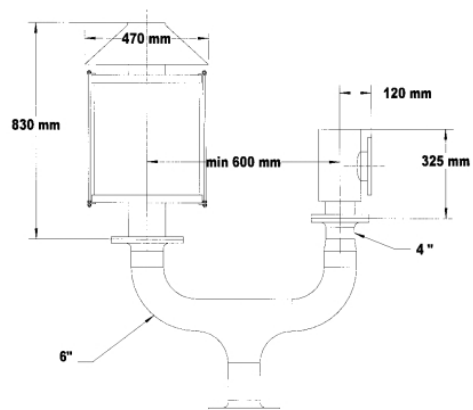


شکل (۲): آسیب دیدگی سقف مخزن نیروگاه سیکل ترکیبی یزد

کارتریج در محفظه جاذب CO_2 می‌باشد. همانگونه که در شکل مشهود از سودالایم به طور مستقیم داخل محفظه CO_2 ریخته شده است. جاذب‌های CO_2 معمولاً دارای یک کلاهک نیز می‌باشند تا در مقابل باران محافظت گردند. همچنین ظرفیت جاذب CO_2 نصب شده بسیار کمتر از ظرفیت ارائه شده در مدارک ساخت مخزن می‌باشد و مشخص گردید که نمونه استفاده شده اصلی و استاندارد نبوده و برای این مخزن با گنجایش $1000m^3$ مناسب نمی‌باشد. همچنین محاسبات ونت برای جریان آب به تانک مجاور تحت اثر گراوایته^۱ صورت گرفت و مشخص گردید که ونت تعبیه شده شامل جاذب CO_2 و وکیوم بریکر ظرفیت لازم برای انجام عملیاتی که در این حادثه صورت گرفته است یعنی با قرار دادن شیر بین دو مخزن در حالیکه یک مخزن پر و دیگری خالی است را ندارد.

در اولین مرحله بعد از بازدید از ونت مخزن مشخص گردید که طراحی و نصب جاذب CO_2 و وکیوم بریکر کاملاً اشتباه بوده است و هر دو تجهیز به صورت سری و وکیوم بریکر بعد از جاذب CO_2 قرار دارد. این دو تجهیز باید به صورت موازی و مستقل از یکدیگر نصب شوند. وکیوم بریکر در یک فشار مشخصی عمل می‌نماید در حالیکه جاذب CO_2 به طور پیوسته هوا را وارد مخزن و یا از آن خارج می‌نماید. در شکل (۱) نصب اشتباه جاذب CO_2 و وکیوم بریکر بر روی مخزن دمین نشان داده شده است. همچنین طریقه صحیح نصب جاذب CO_2 و وکیوم بریکر در شکل (۳) نشان داده شده است. بنابراین پیرو این بررسی مقرر گردید بلافاصله سیستم‌های ونت کلیه مخازن در نیروگاه اصلاح گردد.

طبق اظهار اپراتور در هنگام حادثه مقداری از سودالایم منافذ جاذب CO_2 را مسدود نموده بود که دلیل آن عدم استفاده از



شکل (۳): نصب اشتباه جاذب CO_2 و وکیوم بریکر (چپ) و نقشه صحیح نصب آن (راست)



شکل (۴): فروپاشی مخزن ذخیره آب دمین نیروگاه کرمان در اثر خلاء

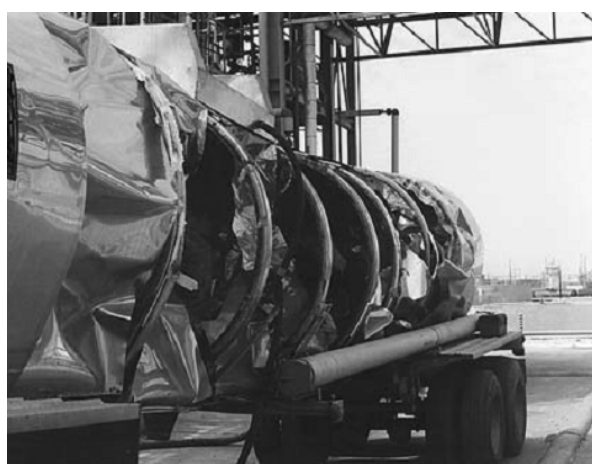
است. این حادثه باعث آسیب جدی به مخزن گردید و تا ۷۵٪ آن مجدداً ساخته شد و پیمانکار متحمل چنین خسارت سنگینی گردید.

۴-۳- سایر حوادث

در یک حادثه مخزنی با قطر ۳۰ متر و ارتفاع ۱۲ متر در اثر پر شدن بیش از حد باعث ایجاد شکافتگی در سقف و رینگ بالای مخزن گردید. این تانک برای ماکزیمم فشار آب ۳ اینچ آب طراحی شده بود. مخزن آسیب دیده در شکل (۵) نشان داده شده است. در حادثه دیگری تانکری با ظرفیت ۲۴۰۰۰ لیتر در هنگام تخلیه سیال دچار حادثه فاجعه‌آوری شده است که به دلیل عدم مجهز بودن تریلر به وکیوم بریکر می‌باشد.

۴-۲- حادثه نیروگاه کرمان

نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان دارای ۲ مخزن ذخیره دمین به گنجایش 1000 m^3 می‌باشد که به طور موازی از آنها بهره‌برداری می‌شوند. دو عدد پمپ ترانسفر با دبی 85 m^3 آب را از مخزن تخلیه و به محل مصرف منتقل می‌سازند. در زمان راه اندازی که هنوز وکیوم بریکر و جاذب CO_2 بر روی مخزن نصب نشده بود، در هنگام بهره‌برداری از مخزن ناگهان صدای مهیبی به گوش می‌رسد و مخزن به صورتی که در شکل (۴) نشان داده شده است در می‌آید. بعد از بررسی‌های بعمل آمده از مخزن مشخص گردید که برای اینکه آب مخزن توسط CO_2 آلوده نگردد، اپراتور پیمانکار نصب در محل نصب جاذب CO_2 و وکیوم بریکر درپوش گذاشته بوده



شکل (۵): تانکری که در هنگام تخلیه دچار حادثه شده است (راست) و مخزنی که در اثر پر شدن بیش از حد آسیب دیده است (چپ).

به یاد داشته باشیم انسان می‌تواند به سه طریق از حوادث پیشگیری کند:
تفکر و تعقل بهترین، تقلید سهل‌ترین و تجربه تلخ‌ترین روش است.

مراجع

- 1- Roy E. Sanders, Chemical Process Safety Learning from Case Histories, 3rd edition, 2005, Elsevier
- 2- American Petroleum Institute (1998). RP 2000, Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks, Non-refrigerated and Refrigerated (5th ed.)
- 3- Sanders, R. E., Deflated-victims of vacuum, Journal of Hazardous Materials 142(2007)760-764
- 4- Michael L. Griffin, Protecting atmospheric storage tanks against vacuum collapse, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 13 (2000) 83-89
- 5- Noel de Nevers, Vacuum Collapse of Vented Tanks, Process Safety Progress, Vol.15, No2, 1996

نگارنده از همکاری آقای مهندس فرومند (مدیر واحد شیمی نیروگاه کرمان جهت ارائه عکس‌های نیروگاه کرمان) و آقای مهندس روحانی در تهیه این مقاله سپاسگزاری می‌نماید.

آقای حسین حق‌پرست دارای فوق لیسانس مهندسی شیمی از دانشگاه صنعتی شریف بوده و جمعاً ۷ سال سابقه کار دارد. ایشان در حال حاضر کارشناس ارشد شیمی دفتر فنی شرکت مدیریت تولید برق یزد می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای حق‌پرست روش‌های مختلف تصفیه آب می‌باشد.

Email:
hhaghparast @ yhao.com



You need **POWER** to **PROGRESS**.
You need **GNEC** to give you the Power

GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY



A Total Service

WATER, POWER, OIL, GAS AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES.

GNEC has a total workforce of more than 1000 proficient staff, out of which 650 qualified and experienced managers and engineers are the required source of expertise and experience to be your Partner in Iran and abroad:

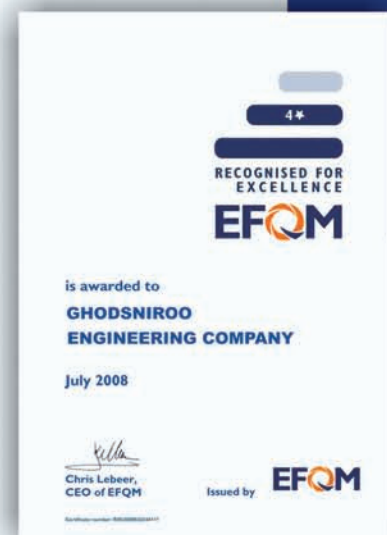
- We have been the main consultant on 22,000 MW of new power plants in Iran.
- We have designed, engineered, supervised and commissioned more than 300 high voltage substations and switchyards
- We have designed, engineered, supervised and commissioned more than 25,000 km of high voltage transmission lines.
- We have been in charge for the design and supervision of 20 dams & hydropower plants with associated water transmission lines and irrigation projects.
- We have carried out Oil and Gas transmission line projects.
- We are recognized for excellence by European Foundation of Quality management(EFQM).

When you think about ENERGY, think about GNEC and check our Capabilities:

- ▲ Conceptual Design
- ▲ Site Investigations
- ▲ Details Design
- ▲ Architectural Engineering
- ▲ Civil Engineering
- ▲ Electrical, Control and instrumentation Engineering
- ▲ Mechanical & Chemical Engineering
- ▲ Building & Structural Engineering
- ▲ Water Resource & Environmental Engineering
- ▲ Dams & Hydropower Engineering
- ▲ Cost Evaluation & Quality Management
- ▲ Project & Construction Management
- ▲ Commissioning
- ▲ Management of Contracts & "EPC" contracts
- ▲ Software Engineering

Committed to Clients Committed to Progress

For further details contact the Marketing Division at:
No, 82 Ostad Motahari Avenue
Tehran 1566775711/Iran
Tel (+9821)88403613-82404000
Tel fax: (+9821) 88411704
info@ghods-niroo.com
WWW.ghods-niroo.com





تهران ، خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ، شماره ۸۲
کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۸۴۰۳۶۱۳
فکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴

No.82 , Ostad Motahari Ave.
Tehran 156675711 - IRAN
Tel: 88403613 - 88430454
Fax: 88411704

info@ghods-niroo.com
www.ghods-niroo.com

