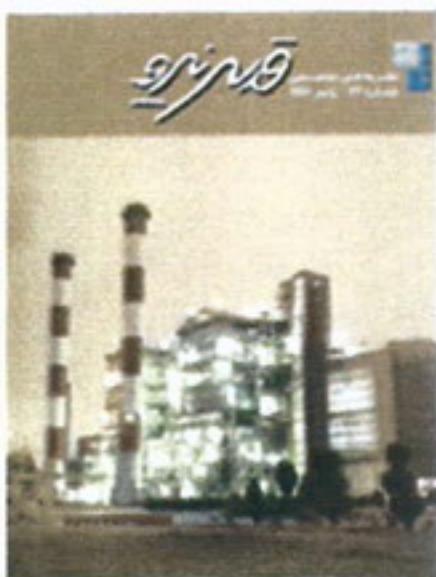


وَرْزِش

نشریه فنی تخصصی
شماره ۲۳ - پاییز ۱۳۸۶





مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری راد
سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار

با تشکر از همکاری آقایان:

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

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت داوران:

مهندس پورنگ پاینده، مهندس حسن تفرشی،
مهندس مسعود حبیب‌زاده، مهندس فتانه دوستدار،
مهندس محمد ابراهیم رئیسی، مهندس محمد
حسن زرگرشوشتی، مهندس محمود زواری،
مهندس فرهاد شاهمنصوبیان، مهندس فرهنگ شعفی،
مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس
غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس نرگس
علیرهانی، مهندس امیر همایون فتحی، مهندس علی
اصغر کساییان، مهندس وحید مرتضوی، مهندس
اکبر مقدر، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس
محمد رضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترنت قدس نیرو نیز در دسترس علاقمندان می‌باشد.
ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای
هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سوالات احتمالی خواهند گردید.
گرامی از طریق اینترنت قدس نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۲۴۸۲
امکان پذیر می‌باشد.

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

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در ارتباط با صنعت آب، برق، نفت و گاز و پتروشیمی باشد.
- مقاله‌های تأثیقی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله‌های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یا تایپ شده و شکل‌ها، عکس‌ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده و حتی الامکان به روش گرافیک کامپیوترا ارائه گردد.
- توضیحات و زیرنویس‌ها به صورت مسلسل شماره‌گذاری شده و در یافتن هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه‌گیری و لیست مراجع بوده، به همراه رزومه مختصراً از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبل از نشریه دیگری چاپ نشده باشد.
- موارد فوق الذکر برای دریافت مقاله از علاقمندان خارج از قدس نیرو نیز برقرار می‌باشد.

به نام خدا
سر مقاله

سالیان متعددی یکی از موضوعات ثابت انشاء برای دانش آموزان، سوال تکراری "علم بهتر است یا ثروت" بود، به صورتی که از فرط تکرار به لطیفه گویی تبدیل شده بود. اما امروز هیچ دانش آموزی نیست که نداند دانایی همان ثروت است.

واعقیتی که در عصر انفحار اطلاعات رخ نموده همین تبدیل علم به ثروت است. تا آنجاکه امروزه جوامع پیشرو برای دست یابی به ثروت بیشتر، تلاش برای "گردآوری گردن هرجه بیشتر دانایی دارند.

از روش یافتن فراینده علم باعث شده است که به تدریج فرایند تولید دانایی پنهان تر و میزان دسترسی به ظرافتهاي آن برای جوامع کمتر توسعه یافته محدودتر و غیرقابل حصول تر شود.

همه جوامع کم و بیش و در سطوح مختلف از دانایی برخوردارند و چون نگهداری و توسعه منابع علمی اقدامی ضروری برای حفظ و افزایش این دارایی است، نظرات مستمر براین ثروت اجتماعی ضرورت بسیار دارد. لیکن به نظر می‌رسد که جوامع کمتر توسعه یافته همانند کسانی هستند که برای دانایی خود نظارتی ندارند، زیرا انبساط دانایی در این جوامع مدیریت نمی‌شود. آنجا که آمار و اطلاعات، به فرض تولید شدن، به صورت صحیحی نگهداری نشده، در واقع اتفاق دارای وجود دارد. امروزه برای حفظ این ثروت روشنی فراهم آمده است که به آن "مدیریت دانش" می‌گویند. درست همانند دانش بانکداری که در آن شیوه‌های حفظ و نگهداری ثروتهای مادی بیان شده است در مدیریت دانش نیز روشهای حفظ و بازیابی دانایی عرضه می‌شود.

به شرکت خود نگاهی دوباره بیفکنید. به یقین خواهید دید که در این شرکت روزانه دهها سند و مدرک که محتوای آنها اطلاعات و مطالب ارزشمند فنی است تولید می‌شود. حال به حاصل بیش از سی سال سابقه فعالیت شرکت بیندیشید که باستی به بهترین صورت مدیریت شده و قابل بازیابی و استفاده باشد. با همین چشم انداز بود که تصمیم به ساخت و برپایی نظام مدیریت دانش در شرکت اتخاذ شد. هر چند مرحله ساخت و پیاده سازی این سیستم به زودی خاتمه خواهد یافت اما آنچه که از این مرحله بیشتر اهمیت دارد، التزام عملی همه کارکنان به استفاده از اینزار مدیریت دانش برای حراست از ثروت خوبش است. و این مهم حاصل نخواهد شد مگر آن که همه همکاران به این باور رسیده باشند که "دانایی همان دارایی" است.

کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دوار

رامتین نظامآبادی

کارشناس کنترل و ابزار دقیق - مدیریت ارشد مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده

موضوع مورد بحث در این مقاله، بررسی روش‌های کنترل فعال جهت حذف نامیزانی و ارتعاش ماشینهای دوار می‌باشد. دو تکنیک بالانسینگ فعال و کنترل فعال ارتعاش مستقیم در این ارتباط معرفی شده‌اند. در روش‌های بالانسینگ فعال، با تنظیم اتوماتیک مکان مرکز جرم یک محرک، بالانسینگ روتور صورت می‌گیرد. در تکنیک‌های کنترل فعال ارتعاش مستقیم (DAVC)، با هدف تطبیق مرکز هندسی (مرکز یاتاقان) و مرکز جرم، یک نیروی کنترل از پهلو به روتور وارد می‌گردد. این روش به دو دسته یاتاقانهای مغناطیسی و یاتاقانهای روغنکاری شده فعال، تقسیم می‌شود. از مهمترین مزایای فنی و اقتصادی کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دوار می‌توان به مواردی از قبیل حذف خروج‌های اضطراری ناشی از مشکل ارتعاش در سیستم، افزایش طول عمر تجهیزات (یاتاقانها، موتورها، فنها و ...)، کاهش هزینه‌های تعمیرات، افزایش تولید و کاهش زمان راهاندازی و حتی کاهش هزینه‌های اولیه در زمان طراحی سیستم، اشاره کرد. شایان ذکر است که با توجه به وسعت زیاد محدوده کاربردی کنترل فعال ارتعاش، در این مقاله تنها به بیان کلی تکنولوژی تکنیک‌های موجود پرداخته و جنبه‌های کاربردی مسئله را جهت آشنایی اذهان خوانندگان با گسترش روزافزون این روشها ذکر می‌کنیم و بررسی دقیقتر هر یک از این روشها، در مقاله بعدی ارائه خواهد شد.

۱- مقدمه

خصوص کنترل اتوماتیک (کنترل فعال) این ارتعاشات صورت گرفته است.

در روش‌های کنترل فعال با اعمال سیگنالهای کنترلی به یک محرک و تنظیم دینامیک ماشین، ارتعاش ماشین را کاهش می‌دهند. علیرغم پیچیدگی نسبی روش‌های کنترل فعال، این تکنیکها مزایای بسیاری نسبت به تکنیک‌های کنترل ارتعاش غیر فعال دارند که عبارتند از: - کنترل فعال ارتعاش به طور کلی موثرتر از کنترل غیر فعال است (بیشتر از روش غیرفعال در کاهش ارتعاش روتور مؤثر است و به میزان بیشتری ارتعاش را کاهش می‌دهند).

خروج ناخواسته ماشینهای دوار از مدار بدليل مشکلات ارتعاشی، همواره یکی از مسائل مهم در صنایع نیروگاهی بوده است.

بطور کلی تکنیک‌های کنترل ارتعاش به دو دسته فعال و غیر فعال تقسیم می‌شوند. در روش‌های کنترل غیرفعال از لایه‌های الاستومری جذب کننده، جهت میرایی و یا ایزوله کردن ارتعاش استفاده می‌شود. همچنین بالانس دستی و یا تعمیرات و اصلاحات پس از خارج کردن سیستم از مدار، از جمله روش‌های غیرفعال در رفع و کنترل آرتعاش ماشینهای دوار می‌باشد. اخیراً پیشرفت‌های زیادی در

سیستمها، کاهش خطای مدل و کاهش نیروهای کنترلی متتمرکز می‌باشد. به لحاظ عملی تلاش‌های زیادی در زمینه تولید محرك‌ها^۱ و سنسورهای مناسب (از لحاظ عملکرد و قیمت) با هدف کنترل فعال ارتعاشات در جریان است. بطور کلی می‌توان گفت شکل عمدتی که امروزه در برخی کاربردهای کنترل فعال ارتعاشات وجود دارد، مربوط به پخش سخت‌افزار مورد نیاز است که مستقیماً به پیشرفت تکنولوژی مرتبط می‌شود. لازم بذکر است که استفاده از تکنیکهای کنترل فعال ارتعاش و بکارگیری این تکنیکها بحث کلی و گسترده است، که امروزه از آن بعنوان بحث ساختارهای هوشمند^۲ نام می‌برند. بطور کلی یک ساختار هوشمند یک ساختار^۳ فیزیکی است که با استفاده از سیستم کنترل و سخت‌افزار (سنسورها و محرك‌ها) خاص، به تحریکات داخل و یا خارج از سیستم باخ مناسبی می‌دهد.

۲- بررسی تکنیکهای کنترل فعال^۴

ارتعاش ماشینهای دور

بطور کلی روش‌های کنترل فعال ارتعاش می‌تواند شامل دو نوع تکنیک ذیل باشد:

۱-۱- تکنیکهای کنترل فعال ارتعاش مستقیم^۵ در این تکنیکها با هدف تطبیق مرکز هندسی (مرکز یاتاقان) و مرکز جرم و در نتیجه میزان سازی آن بطور مستقیم، باعث می‌شود یک

-
- 1- Active Actuation
 - 2- Actuator
 - 3- Smart Structures
 - 4- Structure
 - 5- Active Vibration Control (AVC)
 - 6- Direct Active Vibration Control (DAVC)

- کنترل فعال برخلاف کنترل غیرفعال، در صورت تحریک چند مد لرعاش در سیستم، بسیار مناسب بوده و کاربرد آن بسیار وسیع می‌باشد

- به علت اینکه وسائل تحریک فعال می‌توانند مطابق با مشخصه ارتعاشی در هنگام عملیات سیستم تنظیم شوند، تکنیک کنترل ارتعاش فعال نسبت به کنترل ارتعاش غیرفعال انعطاف‌پذیری بیشتری دارد، به عبارت دیگر ادوات غیر فعال نظریه باتائقهای مکانیکی معمول، توانایی تنظیم رفتار دینامیکی شان را در پاسخ به تغییرات شرایط کاری موجود ندارند.

تکنیکهای کنترل فعال در بسیاری از صنایع نظری سیمان، پتروشیمی و فولاد بر روی فهایی دمنده و مکنده نیروگاه، کمپرسورها، پمپها و توربینها چندین سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند و اخیراً تحقیقات بسیاری در کشورهای پیشرفته بر روی موارد مشابه در نیروگاه نیز با موقوفیت صورت گرفته است و پیشرفت‌هایی که در قابلیت‌های کنترل فعال و تکنولوژی بکار رفته در آن حاصل شده است می‌تواند محدوده وسیعی از کاربردهای صنایع نیروگاهی را بوشنده طبق آمار رسمی نیروگاه‌های کشور ۴۰ درصد از مشکلات ارتعاشی ناشی از نامیزانی در ماشینهای دور بخصوص توربینها می‌باشد.

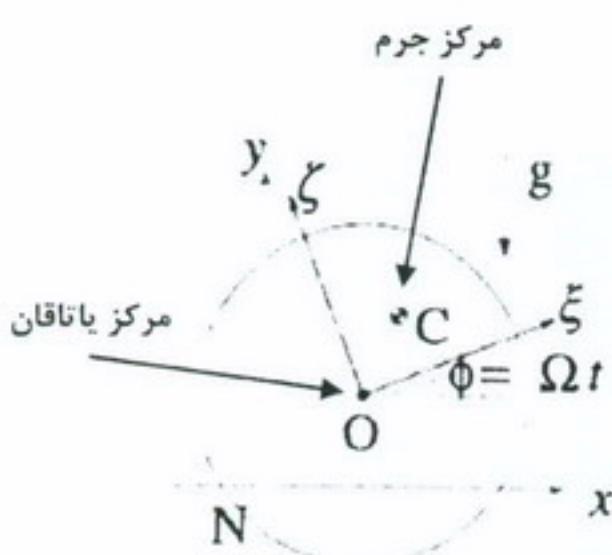
از مهمترین مزایای فنی و اقتصادی کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دور می‌توان به مواردی از قبیل حذف خروج‌های اضطراری ناشی از مشکل ارتعاش در سیستم، افزایش طول عمر تجهیزات (یاتاقانها، موتورها، فنها و ...)، کاهش هزینه‌های تعمیرات، افزایش تولید و کاهش زمان راهاندازی اشاره کرد.

تحقیقات جاری در بحث کنترل فعال ارتعاش امروزه بیشتر به لحاظ تئوری در زمینه شناسایی

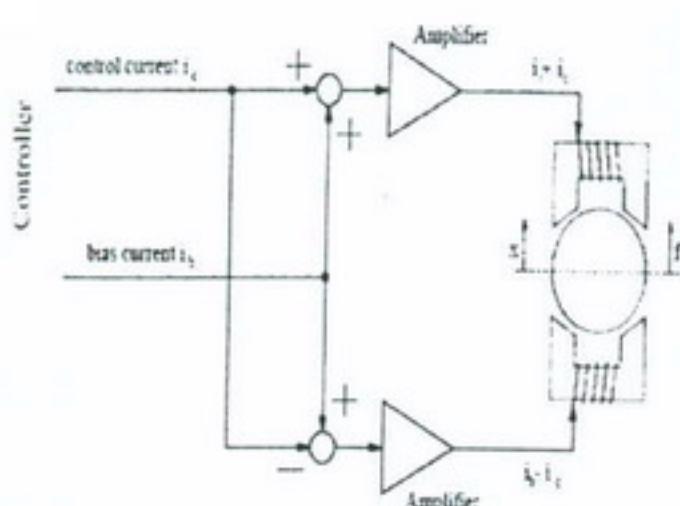
سیم پیچ های بایاس هر دو کویل جمع می شوند. در این حالت درجه آزادی مکانیکی ضرورت وجود یک منبع جریان ثابت و یک تقویت کننده دو قطبی را ایجاد می نماید.

۲-۲- تکنیک های بالانسینگ فعال

در این تکنیک با تنظیم مکان مرکز جرم یک محرک، بالانسینگ روتور صورت می گیرد. این محرکها اصطلاحاً محرک توزیع مجدد جرمی^۱



شکل (۱): نمایش مراکز جرم و یاتاقان در روتور



شکل (۲): سیستم تحریک مرسوم در یاتاقانهای مغناطیسی

- 1- Four - winding - eight - pole
- 2- Thrust bearing
- 3- Contact - free gap sensors
- 4- Eddy Current
- 5- Unipolar
- 6- Mass Redistribution Actuator

نیروی کنترل از پهلو به روتور وارد گردد (یاتاقانهای مغناطیسی و یاتاقانهای روغنکاری شده فعال).

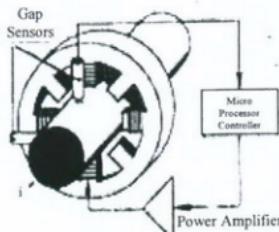
شکل (۱) نمایی از این توصیف را نشان می دهد و در شکل (۲) مدار تحریک حلقه کنترل یاتاقانهای مغناطیسی نمایش داده شده است. سیستمهای مربوط به یاتاقان مغناطیسی بطور استاندارد شامل چهار سیم پیچ و هشت قطب^۱ است، هر چند که حتی مدل سه قطبی آن نیز ممکن است. شکل (۳) پیکره بندی استاندارد این سیستم را نشان می دهد. یاتاقانهای محوری^۲ که در شکل (۳) نشان داده نشده معمولاً روی یک قسمت دیسک شامل روتور عمل می کنند.

اجزای اصلی شامل سنسورهای بدون تماس با فاصله هوایی^۳ (جریان گردابی)، یک کنترل کننده چند کاناله (در سیستمهای مدرن معمولاً دیجیتالی است)، تقویت کننده های قدرت، یاتاقانهای شعاعی و محوری و روتور است. کنترل کننده چند کاناله شامل دو کanal کنترل برای هر یک از دو یاتاقان شعاعی بمنظور حذف کامل ارتعاش روتور است.

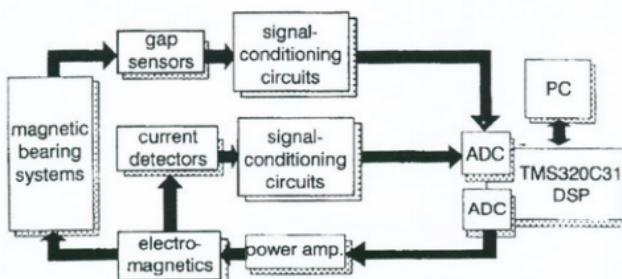
در جهت محوری یک سیستم تک ورودی- تک خروجی داریم که می توان آنرا از سیستم شعاعی دکوپله فرض کرد.

بلوک دیاگرام کنترلی این سیستم در یاتاقان شعاعی در شکل (۴) نشان داده شده است. قابل توجه است که ارتعاشات ناشی از نامیزانی تنها در جهت شعاعی می باشند و در مدل سازی و طراحی کنترل کننده از حرکت های محوری صرف نظر می شود.

تقویت کننده های قدرت دو کاناله و تک قطبی^۵ جهت درایو هر یک از کویل های مخالف ب طور جداگانه هستند. سیم پیچهای تفاضلی با



شکل (۳) : اجزای اصلی حلقه کنترل یاتاقان مغناطیسی استاندارد برای یک یاتاقان شعاعی



شکل (۴) : بلوک دیاگرام کنترلی یک سیستم یاتاقان مغناطیسی

می‌توانند بصورت دو نقطه جرمی مطابق شکل (۷-ب) نشان داده شوند. بعد از نصب بر روی میله گردان، میزان‌ساز می‌تواند با روتور بچرخد. این دو رینگ با نیروی مغناطیس ثابت در محل خود، ثابت نگهداشته می‌شوند. زمانیکه میزان‌ساز فعال می‌شود، یک جریان الکتریکی از سیم پیچی مربوطه مطابق شکل (۷-س) عبور می‌کند، رینگها می‌توانند با نیروی الکترومغناطیسی نسبت به میله گردان حرکت کنند. در یک مجموعه، دو سیم پیچی مجزا وجود دارد. بنابراین، دو رینگ می‌توانند بصورت مجزا حرکت کنند. ترکیب این دو جرم نقطه‌ای معادل با یک جرم نقطه‌ای مطابق شکل (۷-ب) است. علاوه بر این، دو سنسور مغناطیسی اثر هال^۱ روی دو سیم پیچ

نامیده می‌شود. در این نوع کنترل با استفاده از تنظیم موقعیت وزنه‌های تعادل یا تغییر تعادل جرمی یک سیال پرچگالش با استفاده از تنظیم دمای آن در محرک‌های توزیع مجدد جرمی به صورتی که در شکل (۵) نشان داده شده، روتور بالاتس می‌شود.

شکل (۶) بلوک دیاگرام یک میزان‌ساز غالباً نشان می‌دهد که در آن پس از اندازه‌گیری ارتعاشات شعاعی شفت و یاتاقان، سیگنال کنترلی از طریق یک سیستم کنترل فعل به میزان‌سازهای مربوطه ارسال می‌شود.

اصول عملکرد میزان‌سازهای الکترومغناطیسی مورد بحث که از نوع محرک‌های توزیع مجدد جرمی هستند در شکل (۷) نشان داده شده است. میزان‌ساز شامل دو رینگ مطابق شکل (۷-ا) می‌باشد. این دو رینگ بالاتس نیستند و

۱- magnetic hall

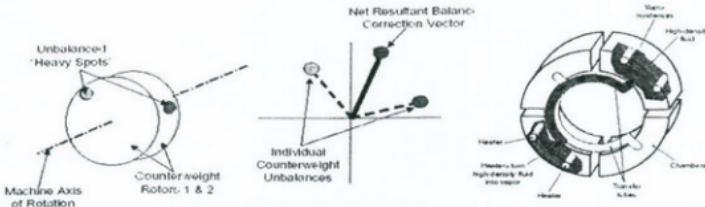
۱۵۰۰ کیلوگرم می‌باشد. البته بعضی از سازندگان از این یاتاقنها در روتورهای سنگین‌تر و در کاربردهای مربوط به صنایع بزرگ بر روی موتور و ژنراتور و کمپرسورها نیز استفاده کرده‌اند. شکل (۸) محدوده کاربردی سیستمهای کنترل فعال ارتعاش را در ماشینهای دوار نشان می‌دهد.

۱-۳- نمونه صنعتی DAVC در یاتاقنها و توربینها امروزه استفاده از یاتاقن‌های مغناطیسی فعال در صنایع مختلف سرعت رواج یافته است. بعنوان نمونه می‌توان به گزارشات شرکت SKF سووند اشاره کرد که نکات جالبی از رشد قابل توجه این صنایع در آنها منعکس شده است. یکی از کاربردهای عمدۀ این سیستم در صنایع، توان توزیع شده^۱ می‌باشد. این صنایع شامل ژنراتورهای الکتریکی که نسبت به سیستمهای سرعت پایین با توان خروجی یکسان ۵۰ تا ۶۰

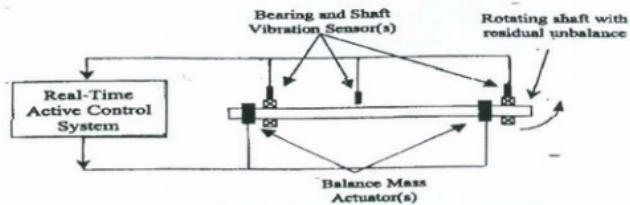
نصب می‌شوند. با کمک این دو سنسور می‌توان محل نسبی این دو رینگ نسبت به موقعیت مرجع را تشخیص داد. همچنین فیدبکی از محل جرم‌های نقطه‌ای خواهیم داشت.

۳- کاربرد سیستمهای کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دوار

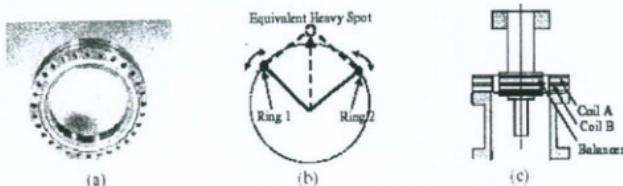
اولین کاربرد کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای صنعتی در کمپرسورهای هیدرولیک Kobelco VH106 گزارش شد. امروزه سیستمهای کنترل کوچک مناسب در کنترل یک پمپ توربومولکولار در اندازه یک جعبه کفش و با توان مصرفی ۲۵ واحد تا سیستمهای کنترل بزرگتر ۱۰ کیلوواتی برای یاتاقن‌های بکاررفته در توربوماشین‌ها نظیر کمپرسورهای گریز از مرکز^۱، پمپها و توربینها با رکهای الکترونیکی صنعتی ساخته می‌شوند. محدوده وزن روتورهای معلق مجهز به یاتاقن مغناطیسی از کمتر از یک کیلوگرم تا بیش از



شکل (۵): کنترل فعال ارتعاش بر اساس بالاتس روتور با استفاده از محرك‌های توزیع مجدد جرمی



شکل (۶): بلوك دیاگرام بالانتسینگ فعال ارتعاش



شکل (۷): میزان ساز فعال الکترومغناطیسی شرکت BalaDyne (a) یک نما از میزان ساز الکترومغناطیسی (b) دیاگرام اصول کار میزان ساز (c) نمایی از یک میزان ساز نصب شده بر روی ابزار گیر و سیم پیچ های تبدیله الکتریکی برای حرکت میزان ساز

انعطاف پذیری بیشتر برای مصرف کنندگان در مقایسه با شبکه های تولید الکتریسیته مرکزی بسرعت توسعه خواهد یافت. در این توربینها که بزودی در توانهای بالاتر تولید خواهند شد استفاده از یاتاقانهای مغناطیسی فعال، با موقیتی مورد استفاده واقع شده و همراه با این سیستم ها رشد بازار قابل توجهی انتظار می رود و بنابراین لزوم تحقیق و بررسی در این نوع یاتاقانها بیش از پیش وجود دارد.

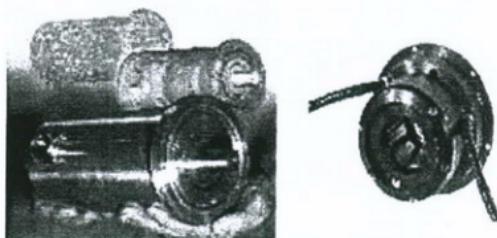
در صد کوچکتر می باشند، و تا ۲ مگاوات توان الکتریکی تولید می کنند، می شوند (شکل ۹). این سیستم ها دارای پنسلیل وسیعی در کاربردهای صنعتی و تجاری نظیر کارخانجات و مرکز تولیدی، بیمارستانها، مرکز تفریحی و مرکز اکتشاف نفت دور از ساحل دریا، فروشگاه ها و غیره دارند و پیش بینی می شود بزودی استفاده از این میکرو و مینی توربینها بدليل قابلیت رقابت بالای آنها از نظر صرفه اقتصادی و نیز



شکل (۸): محدوده کاربرد کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دوار

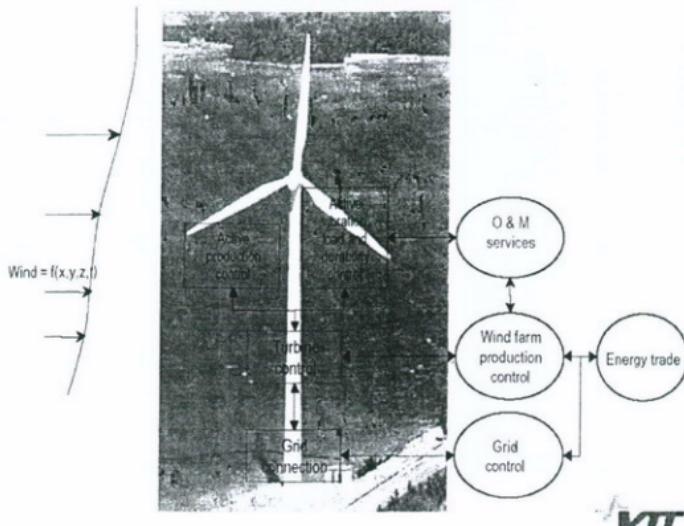
این توربینها بهمراه کاهش قابل ملاحظه قیمت آنها در سال‌های اخیر، رشد چشمگیری در بازار این توربینها بوجود آمده است (شکل ۱۰).

کاربرد دیگر سیستمهای کنترل فعال ارتعاش در ماشینهای دوار، مربوط به توربینهای بادی است که با توجه به افزایش سریع توان خروجی



شکل (۹): یاتاقانهای مغناطیسی

Hierarchic control of a wind turbine



شکل (۱۰): کاربرد سیستم کنترل فعال ارتعاش در توربینهای بادی

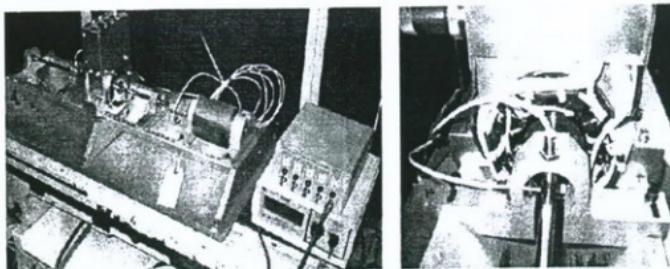
- وجود ارتعاش $190\mu\text{m}$ در سرعت 2300 rpm
 - عدم امکان عملیات ماشین در سرعت بحرانی در این آزمایش دو الگوریتم متفاوت کنترل فیدبک سرعت و کنترل فیدفوروارد (با فیلتر تطبیقی FIR) مورد مقایسه قرار گرفته است که نتایج آن در ادامه تشریح شده است.

۱-۲-۳- کنترل فیدبک سرعت
 با وجود کنترل ارتعاش بروش فیدبک سرعت نتایج ذیل حاصل شد:
 - میزان ارتعاش $20\mu\text{m}$ در سرعت 2300 rpm
 - مراکزیم جابجایی μm 22 در عبور از سرعت بحرانی

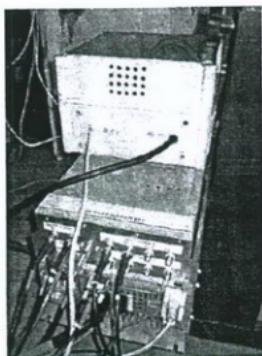
۳-۲-۳- نمونه آزمایشگاهی DAVC در یاتاقانها

شرکت فنلاندی VTT نمونه‌ای آزمایشگاهی از کاربرد یاتاقان مغناطیسی و پیاده‌سازی الگوریتم‌های پیشرفته کنترلی را بر روی این نمونه ارائه کرده است مشخصات این برد آزمایشگاهی (شکل ۱۱) عبارت بودند از:

- مشخصات روتور: $10\text{ mm} \times 560\text{ mm}$
 - سرعت روتور: 270-10000 rpm
 - شبیه‌سازی در Matlab / Simulink
 - برنامه‌نویسی در C
 - مجهر به کیت پیشرفته DSP (شکل ۱۲)
 مشکلات ناشی از ارتعاش در سیستم عبارت بودند از:



شکل (۱۱): نمونه برد آزمایشگاهی یاتاقان مغناطیسی (شرکت VTT - فنلاند)



شکل (۱۲): سیستم کنترل مجهر به کیت پیشرفته DSP

۲-۲-۳- کنترل فیدفوروارد با استفاده از فیلتر

FIR

با وجود کنترل ارتعاش به روش فیدفوروارد و

استفاده از فیلتر تطبیقی نتایج ذیل حاصل شد:

- تضعیف هارمونیک اول ناشی از نامیزانی در

مدت زمان تقریبی یک ثانیه

- کاهش سطح ارتعاش از میزان $30\mu\text{m}$ به

$2.5\mu\text{m}$

- عدم افزایش نیروی کنترلی حتی با وجود

$1/10$ کاهش پاسخ تا حدود

همانطور که ملاحظه می‌شود سطح ارتعاش

حاصل با اعمال روش کنترل فیدفوروارد نسبت

به روش کنترل فیدبک تا 10^4 کمتر است

۳- نمونه استفاده از محركهای توزيع مجلد حرمي

(روش بالانسینگ فعال) در صنایع پتروشیمی

روش بالانسینگ فعال در واحد تولید آمونیاک

در پلاتت پتروشیمی واقع در Lima, OH در

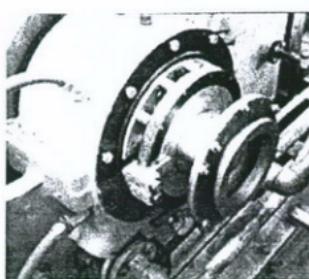
سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است.

بالانسر مغناطیسی مربوطه در شکل (۱۳) نشان

داده شده است. سیستم فوق از یک کمپرسور

HP و یک کمپرسور LP و یک توربین گازی

17000hp تشکیل شده بود. مشکلات منجر



شکل (۱۳): بالانسرهای مغناطیسی نصب شده بر روی کمپرسور HP

آمریکا در سال ۱۹۹۸ مورد استفاده قرار گرفته است.

بالاتسر سیالی^۱ مربوطه در شکل (۱۵) نشان داده شده است.

سیستم فوق از فنها ۱۵۰۰hp با موتور الکتریکی ۴۰۰۰V و دور ۱۱۶۵rpm و وزن تقریبی ۱۱ تن تشکیل شده بود.

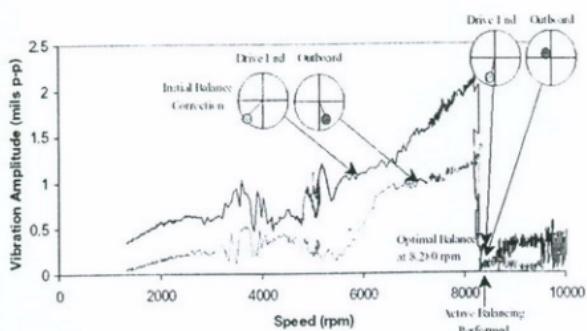
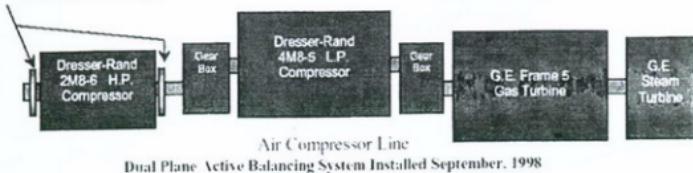
مشکلات منجر به ارتعاش و پیامدهای ناشی از آن در سیستم عبارت بودند از:

- گرم شدن و اس ters پاتاقها بعلت نامیزانی فنها
- افزایش نامیزانی بعلت شکستن لبه پرهها در اثر خاکه زغال^۲

در این زمان بالاتسرهای نصب شده در دو طرف بصورت اتوماتیک فعال شده و به منظور بالا نشدن کردن روتور و کاهش سطح ارتعاش جابجا می شوند محل استقرار وزنه ها در بالاتسرها قبل و بعد از سرعت ۸۰۰۰ rpm و فعال شدن سیستم کنترل در شکل (۱۴) مشاهده می شود در این شکل کاملاً مشخص است که پس از فعال شدن سیستم، سطح ارتعاش به حدود صفر کاهش می ناید.

۴-۳- نمونه استفاده از محركهای توزیع مجدد جرمی (روش بالاتسینگ فعال) در صنایع فولاد آمریکا
روش بالاتسینگ فعال در فنها شرکت فولاد

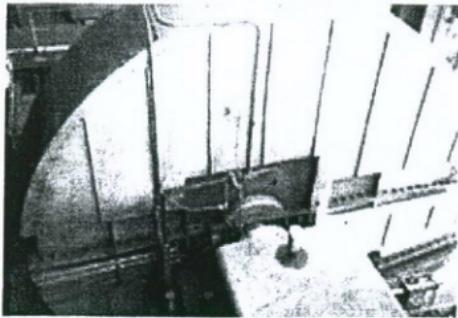
Active Balancer Plants



شکل (۱۴): نمایش بالاتسرهای فعال نصب شده بر روی خط کمپرسور ها و نمودار دامنه ارتعاش بر حسب سرعت در زمان فعال شدن این بالاتسرها در سیستم

(مرجع: گزارش "توسعه بالاتسینگ فعال برای نیروگاههای LORD". Andrew J. Winzenz. شرکت

1- Fluid-Based
2- Coal Dust



شکل (۱۵): نمایش بالانسیرهای فعال نصب شده بر روی فنهاي صنایع فولاد آمریکا

- control for an Active Magnetic Bearing Supporting a Rotor with Unknown Mass Imbalance", IEEE Transaction on Control System Technology
- 4- Kimberly Kayler, "It takes a lot of technology to balance big fans at cement plants", *Concrete Monthly News from the Cement and Concrete Industries*, Jan. 2004
 - 5- Andrew J. Winzenz, Product Manager, Lord/BalaDyne Corporation, "Active Balancing Developments for Power Generation", Aug. 2002
 - 6- Coline Robers, SKF Magnetic Bearing Home Page, "SKF magnetic bearing technology in distributed electrical power generation", June 2004
 - 7- Russell D. Smith and William F. Weldon, Sr. Member, IEEE, "Nonlinear Control of a Rigid Rotor Magnetic Bearing System: Modeling and Simulation with Full State Feedback ", IEEE Transactions on Magnetics, Vol.31, No.2, 1995

با وجود کنترل ارتعاش با استفاده از محرك Fluid-Based
- کاهش سطح ارتعاش از ۰.۸mils به ۴mils
- افزایش زمان بازدیدهای دورهای یاتاقنهای ۶ماه به ۶ماه
- حذف خاموشی های خارج از برنامه
- صرفه جویی اقتصادی به میزان \$ 200000 در سال

مراجع

- 1- Shiyu Zhou And Jianjun Shi, " Active Balancing And Vibration Control Of Rotating Machinery : A Survey ", *The Shock And Vibration Digest*, Vol. 33 , No. 4 , July 2001, pp. 361-371.-
- 2- Hannes Bleuler, Member, IEEE, Coni Gahler, Raoul Herzog, Member, IEEE, and Shao-ju Woo, 1994, "Application of Digital Signal Processors for Indusrial Magnetic Bearings", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*
- 3- Kai-Yew Lum, Vincent T. Coppola, and Dennis S. Bernstein, Member, IEEE, 1996, "Adaptive Autocentring

- 14- Institute of Sound and Vibration Research – ISVR, "Annual Report 2004"
- 15- Zhou, S., and Shi, J., 2001a, "The Analytical Unbalance Response of Jeffcott Rotor during Acceleration," ASME Transactions, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 123, 299-302
- 16- Zhou, S., and Shi, J., 2001b, "Optimal One-Plane Active Balancing of Rigid Rotor during Acceleration," Journal of Sound and Vibration
- 17- Improving the Rotational and Transient Performance of Magnetic Bearings by the H-inf DIA Control, 2005 American Control Conference, pp. 2907-2911, June 2005
- 18- Shi-Jing Huang and Lih-Chang Lin, Fuzzy Dynamic Output Feedback Control with Adaptive Rotor Imbalance Compensation for Magnetic Bearing Systems, IEEE Transaction on Systems, MAN and Cybernetics- Vol. 34, No. 4, Aug. 2004, pp. 1854-1864
- 19- R.Herzog, P.Buhler, C.Gahler and R.Larsonneur, Unbalance Compensation Using Generalized Notch Filters in Multivariable Feedback of Magnetic Bearings, IEEE Transaction Control Systems Technology, Vol. 4, pp. 580-586, Sep. 1996
- 20- Guagzhong Cao, Suxiang Fan and Gang Xu, The Characteristics Analysis of Magnetic Bearing Based on H-infinity Controller, Proceedings of the 5th World
- 8- Mauricio Torres, Hebertt Sira-Ramirez and Gerardo Escobar, " Sliding Mode Nonlinear Control of Magnetic Bearings ", Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Control Applications, 1999
- 9- A.E.Rundell, S.Drakunov and R.A.DeCarlo, "Rotational Motion Stabilization for a Vertical Shaft Magnetic Bearing with a Sliding Mode Controller and Observer ", Proceeding of the 1996 IEEE International Conference on Control Applications, 1996
- 10- Abdelfatah M.Mohamed and Ilene Busch-Vishniac, Imbalance Compensation and Automation Balancing in Magnetic Bearing Systems Using the Q-Parameterization Theory, IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol. 3, No. 2, June 1995, PP. 202-211
- 11- Modeling and Robust Control of Self-Sensing Magnetic Bearings with Unbalance Compensation, Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Control Applications, pp.586-594, 1997
- 12- Ting-Jen and Ying-Jer Chung, "Sliding Control of Magnetic Bearing Systems", Proceeding of the American Control Conference, pp. 1622-1626, 2000
- 13- Erwin V.Zaretsky, "An Overview–NASA Lerc Structures Programs", March 1998



Congress on Intelligent Control
and Automation, pp.752-756,
June 2004

۲۱- گزارش " تحلیل و مدل‌های ارتعاشی عیوب
مکانیکی توربینها" پژوهشگاه نیرو

آقای رامتین نظام‌آبادی دارای مدرک
کارشناسی برق- کنترل از دانشگاه صنعتی
خواجه نصیرالدین طوسی و کارشناسی ارشد
برق- کنترل از دانشگاه علم و صنعت ایران
می‌باشد. ایشان دارای ۷ سال سابقه کار در
شرکت قدس‌نیرو است. زمینه علاقمندی آقای
رامتین نظام‌آبادی کنترل غیرخطی و مقاوم
و طراحی سیستمهای کنترل و ابزار دقیق
صنعتی می‌باشد.

Email:
Ramtin.nezamabadi@gmail.com



آنالیز Pushover ، برای تحلیل و طراحی براساس عملکرد سازه‌ها

جواد بیزان ستا

کارشناس سازه - مدیریت ارشد مهندسی سازه‌های آبی

سوده محمودی

کارشناس سازه - مدیریت ارشد مهندسی سازه‌های آبی

محبوبه طاهری

کارشناس سازه - مدیریت ارشد مهندسی سازه‌های آبی

چکیده

نظر به اینکه طراحی سازه‌های موجود براساس آیین‌نامه‌های گذشته صورت گرفته و با توجه به تغییرات زیادی که در آیین‌نامه‌های جدید نسبت به آیین‌نامه‌های قبلی انجام شده است، ارزیابی آنها با استفاده از آیین‌نامه‌های جدید تقریباً امکان پذیرنامی باشد. بنابراین بازنگری طراحی براساس عملکرد در چند سال اخیر و با توجه به بحث مقاوم سازی ساختمانها اهمیت دو چندان یافته است. برای این منظور از دستورالعمل‌های بهسازی FEMA-356 و ATC-40 استفاده می‌گردد. در این مقاله ابتدا آنالیز Pushover و روش تحلیل با نرم افزار SAP2000 توضیح داده شده و سپس به عنوان نمونه یک قاب خمی دو بعدی معمولی و نحوه تشکیل مفصل‌های پلاستیک در اعصار آن ارائه می‌گردد.

۱- مقدمه

خسارت دارند حاکم می‌شوند. از این رو، در روش طراحی براساس عملکرد، رفتار غیرخطی اجزای سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد و تغییر مکان به جای نیرو به عنوان مناسب ترین شاخص رفتار مطرح می‌گردد. در مفهوم طراحی براساس عملکرد، دو روش ارزیابی - براساس منحنی نیرو - تغییر مکان شناخته شده می‌باشد. روش اول، طیف ظرفیت است که توسط فریمن^۱ ارائه و در ATC-40 ثبت شده و دیگری روش ضربی تغییر مکان می‌باشد که توسط کرانینکلر^۲ توسعه یافته و در دستورالعمل FEMA-356 آمده است.^[۱] [۲]

تحقیقات انجام شده و نیز رفتار ساختمانها در رابطه با زلزله‌های اخیر نشان داده است که مقاومت نمی‌تواند معیار مناسبی برای طراحی سازه‌ها باشد. بنابراین استفاده از معیار رفتار به جای معیار مقاومت در آیین‌نامه‌های جدید کاملاً منطقی و ضروری بمنظور می‌رسد. خسارت‌های قابل ملاحظه وارد به سازه‌های دارای رفتار غیر الاستیک در اثر وقوع زلزله‌های شدید نشان داده است که با توجه به منحنی نیرو - تغییر مکان، سازه در اثر وقوع زلزله پس از گذر از محدوده الاستیک وارد محدوده غیر الاستیک می‌شود و در این ناحیه تغییرات مقاومت، ناچیز بوده و تغییر شکل‌های خمیری که ارتباط نزدیکتری با

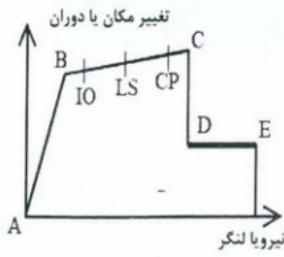
1- Freeman
2- Krawinkler

۲- آنالیز Pushover و نرم افزار SAP2000

تهیه می‌گردد. باید خاطرنشان کرد که مفصلها فقط رفتار سازه را در آنالیز استاتیکی غیرخطی تحت تأثیر قرار می‌دهند. برای هر درجه آزادی یک منحنی نیرو- تغییر مکان و یا لنگر دوران مشخص می‌گردد که این منحنی نقطه تسليم و تغییر شکل پلاستیک پس از تسليم را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود در حالت کلی پنج نقطه A, B, C, D, E داریم که در نقاط A, B, C مقاومت پس ماند و نقاط D, E تغییر شکلها می‌باشد. در حد فاصل نقاط A و B تغییر شکلها خطی بوده و کاملاً در المان و نه در مفصل رخ می‌دهند. پس از نقطه B تغییر شکلها پلاستیک در مفصل همراه با تغییر شکلهای الاستیک در المان رخ می‌دهند.^[۳] نقاط IO و LS به ترتیب نمایانگر نقاط LIFE SAFETY. IMMEDIATE OCCUPANCY و COLLAPSE PREVENTION می‌باشند. این نقاط سطوح عملکرد سازه را نشان می‌دهند. آینین نامه FEMA-356 سطوح خسارات سازه‌ای و غیرسازه‌ای را برای سیستمهای مختلف در جداولی ارائه نموده است.

این خسارات برای قابهای خمشی فولادی در جدول (۱) آمده است.

در این مطالعه، آنالیز Pushover برای تعیین رفتار غیرخطی سازه‌ها به کمک نرم افزار SAP2000 Pushover توضیح داده می‌شود. آنالیز Pushover عملکرد سازه در اثر قوی درطراحی براساس عملکرد بارها به بارگذاری لرزه‌ای می‌باشد. در این تحلیل بارها به صورت افزایشی از صفر تا یک مقدار مشخص به سازه اعمال می‌گرددند. بار وارد بر سازه را می‌توان با مشاهده نتایج تغییر مکان کنترل کرد. در حقیقت دو روش کنترل بار و کنترل تغییر مکان در آنالیز استاتیکی غیرخطی به کار برده می‌شود. زمانیکه مقدار تغییر مکان نهایی سازه تغییر مکان استفاده می‌شود. این روش در مشخص ولی مقدار بار نامعلوم باشد روش کنترل تغییر مکان استفاده می‌شود. بار وارد روش در سازه‌هایی که ممکن است ظرفیت باربری خود را طی آنالیز از دست بدند بسیار مفید خواهد بود. برای این منظور یک تغییر مکان هدف برای تحلیل در نظر گرفته و بارتا زمان رسیدن به آن تغییر مکان به سازه افزایش داده می‌شود. رفتار تسليم و پس از تسليم المانها با مدل کردن مفصل پلاستیک در المانهای قاب مشخص می‌گردد. برای هر المان می‌توان مفصلهای برشی، محوری، خمشی و پیچشی و یا ترکبی از نیروی محوری و خمشی تعریف کرد. مشخصات مفاصل براساس ضوابط آینین نامه FEMA-356



شکل (۱)

جدول(۱): خسارات و سطوح عملکرد سازه‌های

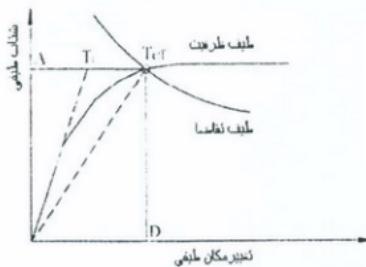
CP	LS	IO	قاب خمشی فولادی
بیچش شدید المانهای تیر و ستون، شکستهای زیاد در اتصالات خشبي	تشکيل مفاصل، کمانش موضعی بعضی از المانهای تیر، بیچش اتصالی شدید، شکست اتصال خمشی، شکست جزیی تعداد محدودی از المانها	جاری شدن موضعی، کمانش موضعی و پیچش قابل مشاهده در اعضاء	

غیرخطی برابر با تغییر مکان مودال یک سیستم الاستیک معادل با یک پریود T_{eff} (براساس خواص سختی سکانت) می‌باشد. اولین گام در تهیه منحنیهای طیف ظرفیت و تقاضا تبدیل منحنی Pushover به منحنی طیف ظرفیت برش پایه - تغییر مکان به منحنی طیف ظرفیت معادل یعنی منحنی "شتاب طیفی - تغییر مکان طیفی" می‌باشد.

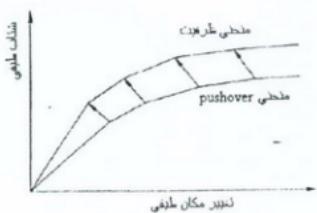
شکل (۳)، تبدیل منحنی Pushover را به منحنی طیف ظرفیت نشان می‌دهد.

۳- منحنی‌های طیفیت و تقاضا

با استفاده از نرم افزار SAP2000 می‌توان منحنی "برش پایه - تغییر مکان" و همچنین منحنی "شتاب طیفی - تغییر مکان طیفی" سازه را مشاهده کرد. در روش طیف ظرفیت، با ارائه طیفیت و تقاضای سازه پاسخ حداکثر سازه تحت اثر نیروهای زلزله به صورت منحنی‌های "شتاب طیفی - تغییر مکان طیفی" نشان داده می‌شود. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود در این روش فرض می‌شود پاسخ حداکثر سازه



شکل (۲): منحنی‌های طیف ظرفیت و تقاضا



شکل (۳): تبدیل منحنی Pushover به منحنی طیفیت

می‌باشد. در حالتی که α_1 و α_2 برابر یک باشند، مود Pushover همانند یک سیستم یک درجه آزادی عمل نموده و منحنی طیف ظرفیت مساوی منحنی Pushover می‌گردد.

محاسبه منحنی تقاضا براساس ضرب کاهش میرایی می‌باشد که تابعی از میرایی موثر مربوط به منحنی ظرفیت است. میرایی موثر مکانیسم اثلاف انرژی سازه را با ملاحظه دامنه و مدت زلزله نشان می‌دهد و وابسته به دامنه می‌باشد. قبل از نقطه جاری شدن میرایی موثر برابر میرایی ذاتی سازه یا میرایی ویسکوز و معادل ۵ درصد میرایی بحرانی فرض می‌گردد.

بعد از جاری شدن از آنچه بکه رفتار هیسترزیس اعضا باعث اثلاف انرژی می‌گردد میرایی موثر تعامل به افزایش سریع دارد. میرایی و به عبارت دیگر حلقه هیسترزیس با دامنه افزایش پیدا می‌کند.

شکل (۴) سختی موثر و میرایی موثریک سیستم سازه ای را نشان می‌دهد. در این شکل سطح پاسخ اول تا مقدار کمی رفتار غیرخطی کل سازه را نشان می‌هد، سختی موثر در حدود ۲۰/۳ سختی اولیه و میرایی موثر در حدود ۱۰/۰ الی ۲۰ درصد میرایی بحرانی می‌باشد. سطح پاسخ دوم تا حد زیادی رفتار غیرخطی را نشان می‌دهد، سختی موثر در حدود ۱/۲ تا ۱/۳ سختی اولیه و میرایی موثر در حدود ۲۰/۰ الی ۴۰ درصد میرایی بحرانی می‌باشد.

فرمولهای تبدیل منحنی Pushover به منحنی طیف ظرفیت دقیقاً مشابه معادلات آنالیز دینامیکی مودال خطی می‌باشند که برش پایه را به نیروی مودال و تغییر مکان ترازیام را به تغییر مکان مودال تبدیل می‌کنند. این روابط به شرح ذیل می‌باشند:

$$A = V / W \quad / \quad \alpha_1 \quad (1)$$

$$D = \delta_{\text{roof}} \quad / \quad \alpha_2 \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \left[\sum_{i=1}^N w_i \phi_i \right]^2 \quad / \quad W \left[\sum_{i=1}^N w_i \phi_i^2 \right] \quad (3)$$

$$\alpha_2 = \phi_{\text{roof}} \times \sum_{i=1}^N w_i \phi_i \quad / \quad \sum_{i=1}^N w_i \phi_i^2 \quad (4)$$

که در آن

A: شتاب طیفی

D: تغییر مکان طیفی

V: برش پایه Pushover در ترازیام

δ_{roof} : تغییر مکان Pushover در ترازیام

ϕ_{roof} : کسری از جرم منظور شده در مود Pushover

α_1 : نسبت تغییر مکان مودی ترازیام به تغییر

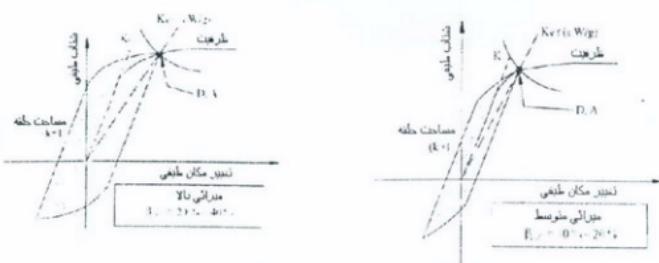
Mکان مودی Pushover

ϕ : شکل مودی Pushover در تراز

ϕ_{roof} : شکل مودی Pushover در ترازیام

w_i : وزن سازه در تراز

W : وزن کل سازه



شکل (۴): دیاگرامهای سختی و میرایی موثر

افت در ظرفیت باربری را نشان دهدن بار تحمل شده توسط مفصل‌های مورد نظر به بقیه سازه بازنمودن می‌گردد.

افت ظرفیت باربری مفاصل در منطقه با شبیه منفی در یک آنالیز استاتیکی ممکن است باعث نایابیار شدن سازه گردد که در این حالت راه حل ریاضی همیشه تضمین شده نمی‌باشد. برای حل این مشکل برنامه SAP2000 سه روش مختلف پیشنهاد می‌کند که در ذیل توضیح داده شده است. در صورتیکه شبیه‌های منحنی تنش-کرنش مشبیت یا صفر باشند و نیز در شرایط نایابیاری هندسی این روشها بکار برده نمی‌شوند مگر اینکه مفصل نقطه E را رد کرده و گسیختگی اتفاق بیافتد.^[۴]

۱-۴- بار برداری کل سازه^۱

هنگامیکه یک مفصل در منحنی تنش-کرنش در محدوده با شبیه منفی قرار می‌گیرد برنامه بار، واردہ را افزایش می‌دهد. تا زمانیکه کرنش افزایش پیدا می‌کند این پروسه ادامه می‌پابد، اما اگر کرنش تعایل به کاهش داشت برنامه تا زمانیکه مفصل به طور کامل از بار خالی شده و وارد قسمت بعدی در منحنی تنش-کرنش شود بار را به جای افزایش، کاهش می‌دهد. در نقطه ورود به قسمت بعدی در منحنی برنامه دواره بار را افزایش می‌دهد. در این حالت قسمت‌های دیگر سازه، بار برداشته شده از مفصل را تحمل می‌کنند. افزایش یا کاهش هنگام بار کردن مفصل بستگی به انعطاف‌پذیری نسبی مفصل باربرداری شده در مقایسه با بخش‌های دیگر سازه که به صورت سری با مفصل عمل می‌کنند خواهد داشت. این مسأله به صورت اتوماتیک توسط برنامه حل می‌شود.

^۱- Unloading Entire Structure

معادلات برای محاسبه سختی و میرابی موثر به صورت ذیل می‌باشند:

$$K_{eff} = A / D(W/g) \quad (5)$$

$$\beta_{eff} = k / 2\pi \left(\frac{Area}{K_{eff} D^2} \right) + 0.05 \quad (6)$$

که در آن

K_{eff} : سختی موثر سکانت

β_{eff} : میرابی موثر

A: شتاب طیفی

W: وزن کل

g: شتاب ثقل

Area : سطح بسته حلقه هیسترزیس برای

یک سیکل پاسخ در محدوده تغییر مکان $\pm D$

K: ضربی کاهش برای کاهش سطح حلقه

هیسترزیس

می‌باشند.

در حقیقت هنگامیکه اختلاف روز مردم زیاد زلزله باعث اختلاف انرژی گردد. ضربی کاهش k در معادله میرابی، سطح حلقه پسماند را کاهش می‌دهد عموماً پریوود و میرابی موثر وابسته به دامنه می‌باشند. تا مرحله جاری شدن، پریوود موثر T_{eff} همان پریوود اولیه Ti بوده و میرابی موثر β_{eff} برابر ۵٪ میرابی بحرانی می‌باشد. بعد از جاری شدن، پریوود موثر و میرابی موثر با توجه به افزایش تغییر مکان غیر الاستیک، افزایش می‌پابند و پاسخ حداقل سیستم از محل تلاقی منحنی تقاضا و منحنی ظرفیت تعیین می‌گردد.

۴- روش‌های نرم افزار SAP2000 برای

تحلیل نایابیاری سازه در هنگام افت ظرفیت

باربری مفاصل در محدوده با شبیه منفی

دراین تحلیل که افت ظرفیت باربری در

مفاصل‌های قاب را مد نظر قرار می‌دهد، زمانیکه

دیاگرامهای تیرو-تغییر مکان و یا لکنر-دوران،



این روش موثرترین روش در بین سه روش می باشد و معمولاً اولین روشی است که توسط کارکر در برنامه SAP2000 انتخاب می گردد.
عموماً در صورتیکه تخلیه بار مفصل نیاز به کاهش زیاد بار اعمالی به سازه نداشته باشد روش مناسبی می باشد. همچنین این روش زمانبندی یک مفصل نیاز به افزایش بار وارده ولی مفصل دیگر نیاز به کاهش بار داشته باشد کار ساز نخواهد بود و برنامه متوقف خواهد شد.

٤-٢- توزيع يار المان مفصل دار^١

این روش مشابه روش اول می‌باشد با این تفاوت که به جای بی‌بار کردن کل سازه فقط المان شامل مفصل از بار تخلیه می‌گردد. زمانیکه یک مفصل در منطقه با شبیب منفی در منحنی تنش-کرنش قرار دارد و بار وارد شد سبب کاهش کرنش گردد برنامه یک بار داخلی موقع را اعمال می‌کند که المان را بی‌بار کند و به موجب آن مفصل نیز خالی از بارمی‌گردد. زمانیکه مفصل بی‌بار شد بار موقع وارد شده بر عکس شده و در حقیقت بار برداشته شده از این المان به المانهای دیگر منتقل می‌شود.

این پرسوه نشان می دهد که چگونه نیروهای اینترسی باعث پایداری یک المان بی پار شده، با سرعت زیاد می گردند. در مقایسه با روش اول تعداد گامها در این روش باستی افزایش یابند. همچنین تعداد گامهای صفر باید مین ۴۰ و ۷۰. ۵ صد کا گامها باشد.

زمانيکه دو مفصل در يك المان برای بی بار شدن رقابت می کنند یعنی يك مفصل نیاز به افزایش بار موقع و مفصل دیگر نیاز به کاهش این بار دارد این روش کارساز خواهد بود و برنامه متوقف خواهد شد. در این حالت بهتر است المان را به المانهای کوچکتر تقسیم کرد تا فاصل آن جدا گردند.

^{۴-۳}- تکرار آنالیز با پکار بردن سختی سکانت^{*}

این روش کاملاً متفاوت از دو روش قبلی باشد. زمانیکه یک مفصل در مینطقه با شیب منفی در منحنی تنش-کرنش قرارمی گیرد، همه مفاصل که غیرخطی شدهاند با بکار بردن خواص سختی سکانت، اصلاح شده و آنالیز تکرار می گردد. این روش در مقایسه با روشهای دیگر روش مناسبی نمی باشد و تعداد گامهای مورد نیاز برای همگرایی مربع جابجایی هدف می باشد. با این وجود هنگامیکه دو روش دیگر به دلیل وجود مفاصل با شیب منفی کوچک جوابگو ناشنید می تواند کارساز باشد.

۵- گامهای آنالیز با نرم افزار SAP2000

ساخته

- ۲- تعیین مشخصات مقاطع و اختصاص دادن
- آنها به المانهای سازه
- ۳- مشخص کردن حالات بارگذاری استاتیکی
- و دینامیکی، مورد نیاز

- ۴- اجرای آنالیز برای حالات فوق الذکر
- ۵- طراحی اعضای سازه، با توجه به نتایج آنالیز
- ۶- مشخص کردن حالات بارگذاری مورد نیاز

برنامه Pushover امکان انتقال اطلاعات از سیستم SAP2000 به پوشوار را فراهم می‌کند. با این نرم افزار می‌توان آنالیز را برای بارگذاری طور همزمان با انجام داد. معمولاً در اولین حالت بارگذاری Pushover بارهای تلقی بر سازه وارد شده و در ادامه، حالات مربوط به بارگذاری جانی با توجه به شرایطی که بارهای تلقی در سازه ایجاد می‌کنند اعمال می‌گردند. حالت بار تلقی براساس کنترل بار و حالت بار جانی براساس کنترل تغییر مکان می‌باشند.

- Pushover : ʃʊ̯əvər

۸- مشاهده و رسی، نتایج

— 6 —

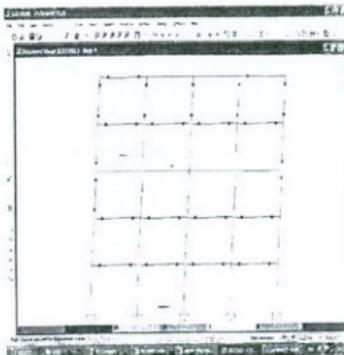
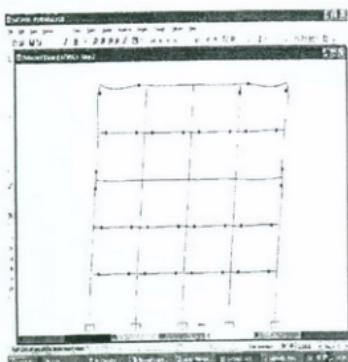
۶- مثال بررسی شده با استفاده از نرم افزار

ظرفیت و تقاضا در جدول (۳) آمده اند. همچنین ضرایب تبدیل منحنی برش پایه-تغییر مکان به منحنی "شتاب طیفی- تغییر مکان طیفی" با ضرایب ALPHA و ϕ_{PF^*} در جدول (۳) مشخص شده اند.

۷- نتیجه گیری

اساس اکثر آینین نامه ها طراحی براساس نیرو و کنتربال تغییر مکان می باشد و رفتار غیرخطی با ضریب رفتار R اعمال می گردد که ضریبی تقریبی است. در این حالت کنتربال محسوس بروی رفتار اجزای سازه و روند خرابی وجود ندارد. توانایی آنالیز استاتیکی غیرخطی در دنبال کردن گام به گام رفتار سازه در قسمت غیرخطی و بررسی مکانیزم شکست اعضا قابل توجه می باشد. ضایعه تیر ضعیف- ستون قوی که از ضوابط آینین نامه ۲۸۰۰ نیز می باشد با توجه به موقعیت تشکیل مفاصل، با متوجه کردن تغییر شکل های پلاستیک در تیرها و الاستیک ماندن ستونها در نتایج مشاهده می گردد.

در این مثال یک قاب فولادی معمولی دو بعدی ۵ طبقه مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۵) تغییر شکل سازه و چگونگی تشکیل مفصل در دو گام را برای این قاب نشان می دهد. ابتدا برآهای استاتیکی، سپس با توجه به ضوابط ۲۸۰۰ بارهای دینامیکی بر سازه اعمال گردید و تحت برآهای ذکر شده تحلیل و طراحی اعماق آن انجام شد ونهایتاً حالت بارگذاری برای آنالیز Pushover مشخص گردید. با توجه به نتایج، می توان پیش بینی کرد تحت اثر زلزله طیف استاندارد آینین نامه ۲۸۰۰ حداقل برش پایه و تغییر مکانهای مورد انتظار به ترتیب برابر ۵/۳ تن و ۰/۰۲۸ متر خواهد بود.^[۱] نتایج منحنی های برش پایه- تغییر مکان و شتاب طیفی- تغییر مکان طیفی برای گامهای طراحی در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می شود در هر گام آنالیز، وضعیت هر المان و تعداد آنها در هر ناحیه از منحنی برش پایه- تغییر مکان مشخص گردیده است. شتاب و تغییر مکان طیفی منحنی های



شکل (۵): چگونگی تشکیل مفاصل در دو گام آنالیز

جدول (۲): نتایج منحنی "برش باهه - تغییر مکان"

SAP2000 v9.1.6 File: PUSHANALYSIS Ton, z, C Units PAGE 2
1/14/07 14:56:19

PUSHOVER CURVE

Pushover Case LATERAL

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-10	IC-LS	LS-CF	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	4.924E-05	0.0000	108	32	0	0	0	0	0	0	140
1	0.011	0.2604	107	33	0	0	0	0	0	0	140
2	0.0159	3.7048	107	33	0	0	0	0	0	0	140
3	0.0307	5.6695	106	34	0	0	0	0	0	0	140
4	0.0407	6.7157	106	34	0	0	0	0	0	0	140
5	0.0507	7.551	106	34	0	0	0	0	0	0	140
6	0.0645	8.5450	103	37	0	0	0	0	0	0	140
7	0.0827	9.5867	102	40	0	0	0	0	0	0	140
8	0.0942	10.197	99	41	0	0	0	0	0	0	140
9	0.0947	10.477	98	42	0	0	0	0	0	0	140
10	0.1147	10.45	98	42	0	0	0	0	0	0	140
11	0.1147	10.431	98	42	0	0	0	0	0	0	140
12	0.1247	10.442	98	42	0	0	0	0	0	0	140
13	0.1347	10.454	93	42	0	0	0	0	0	0	140
14	0.1447	10.466	98	42	0	0	0	0	0	0	140
15	0.1547	10.477	98	42	0	0	0	0	0	0	140
16	0.1647	10.4869	98	42	0	0	0	0	0	0	140
17	0.1747	10.501	98	42	0	0	0	0	0	0	140
18	0.1847	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
19	0.1947	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
20	0.2047	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
21	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
22	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
23	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
24	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
25	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
26	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
27	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
28	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
29	0.2247	10.512	98	42	0	0	0	0	0	0	140
30	0.3001	10.1647	98	42	0	0	0	0	0	0	140

جدول (۳): نتایج منحنی های ظرفیت و تقاضا

SAP2000 v9.1.6 File: PUSHANALYSIS Ton, z, C Units PAGE 2
1/14/07 14:51:33

PUSHOVER CAPACITY - DEMAND COMPARISON

Pushover Case LATERAL

Step	Teff	Beff	Ed(C)	Ed(C)	Ed(E)	Sa(C)	Alpha	Pf(c)
0	0.012	0.180	0.000	0.000	0.000	1.113	1.000	0.000
1	0.022	0.153	7.152E-4	0.036	0.021	1.113	0.771	0.471
2	0.024	0.151	0.000	0.529	0.021	0.996	0.724	0.457
3	0.033	0.153	0.000	0.774	0.021	0.623	0.722	0.455
4	0.0355	0.154	0.000	0.912	0.021	0.455	0.722	0.455
5	0.371	0.155	0.035	0.912	0.021	0.451	0.722	0.455
6	0.387	0.153	0.44	0.731	0.024	0.445	0.713	0.465
7	0.404	0.151	0.55	0.540	0.026	0.443	0.699	0.457
8	0.412	0.151	0.64	0.443	0.027	0.445	0.69	0.457
9	0.412	0.153	0.66	0.444	0.027	0.445	0.69	0.459
10	0.412	0.153	0.66	0.444	0.027	0.441	0.672	0.453
11	0.417	0.152	0.66	0.436	0.027	0.431	0.653	0.456
12	0.422	0.152	0.61	0.533	0.021	0.431	0.633	0.456
13	0.426	0.154	0.671	0.579	0.029	0.37	0.633	0.459
14	0.431	0.154	0.705	0.631	0.025	0.37	0.633	0.459
15	0.435	0.154	0.705	0.631	0.025	0.37	0.633	0.459
16	0.446	0.154	0.705	0.637	0.025	0.627	0.593	0.421
17	0.446	0.152	0.705	0.631	0.021	0.625	0.573	0.444
18	0.446	0.152	0.705	0.631	0.021	0.624	0.554	0.461
19	0.449	0.152	0.707	0.637	0.021	0.624	0.535	0.477
20	0.453	0.152	0.691	0.913	0.033	0.635	0.521	0.471
21	0.457	0.151	0.694	0.996	0.033	0.635	0.502	0.479
22	0.461	0.153	0.695	0.961	0.033	0.630	0.485	0.479
23	0.466	0.153	0.695	0.925	0.034	0.625	0.471	0.477
24	0.470	0.152	0.695	0.924	0.034	0.622	0.456	0.477
25	0.474	0.145	0.695	0.922	0.034	0.615	0.442	0.469
26	0.476	0.145	0.695	0.922	0.035	0.613	0.433	0.461
27	0.482	0.149	0.695	0.937	0.035	0.615	0.421	0.471
28	0.484	0.149	0.695	0.945	0.035	0.613	0.416	0.473
29	0.490	0.149	0.691	0.922	0.035	0.595	0.395	0.419
30	0.494	0.149	0.697	0.957	0.036	0.595	0.385	0.416
31	0.493	0.149	0.694	0.944	0.036	0.515	0.374	0.416
32	0.500	0.149	0.694	0.763	0.036	0.503	0.375	0.416

Static Pushover Analysis" Structural Magazine.

4-FEMA; 1997 NEHRP Guidelines
for the Seismic Rehabilitation of
Buildings, Developed by the
Building Seismic Safety Council
for the Federal Emergency
Management Agency (Report No.
356), Washington, D.C.

5-SAP2000-Advanced C 9.0.9
Copyright© 1976-2004 Computer
& Structures, Inc. 1995 University
Ave. Berkeley CA 94704.

آقای جواد پیرزاده سنا دارای مدرک کارشناسی ارشد
عمراں - سازه از دانشگاه تبریز بوده و جمعاً نه سال
سابقه کاردار داشته است. در سال آن در مهندسین مشاور
قدس نیرو می باشد. زمینه کاری موردن علاقه ایشان
طراحی سازه های هیدرولیکی، سازه های جانی سد،
سازه های زیرزمینی، ارزیابی ارزهای ای و بهسازی پلها
و سازه های پلند می باشد.

Email:jyazdanseta@ghods-niroo.com

خانم سوده محمودی دارای مدرک کارشناسی ارشد
عمراں - محیط زیست از دانشگاه علم و صنعت ایران
بوده و جمعاً پنج سال سابقه کاردار داشته در سال آن
در مهندسین مشاور قدس نیرو می باشد. زمینه کاری
موردن علاقه ایشان طراحی ساختمان های پلند، طراحی
سازه های هیدرولیکی، طراحی سازه های جانی سد و
همچنین معالمات زیست محیطی می باشد.

Email:smahmoodi@ghods-niroo.com

خانم محبوبه طاهری دارای مدرک کارشناسی عمراں -
سازه های ابی از دانشگاه صنعت آب و برق (عباسپور)
تهران بوده و جمعاً سه سال سابقه کاردار داشته پک سال
آن در مهندسین مشاور قدس نیرو می باشد. زمینه
کاری موردن علاقه ایشان طراحی سازه های
هیدرولیکی، طراحی سازه های جانی سد،
سازه های خاص از قبیل سازه های زیرزمینی پلها
و ... می باشد.

Email:mtaheri@ghods-niroo.com

نتایج نشان می دهد ترکیبات بحرانی در طراحی
تیرها مربوط به ترکیب بارهای نقلی و جانی
می باشند. با توجه به اینکه نیروهای جانی زلزله
برای این قاب برآسان و برایش دوم آین نامه
۲۸۰ صورت گرفته است افزایش نیروهای
جانی زلزله در ویرایش سوم این آین نامه
منطقی به نظر می رسد. رابطه کنترل تغییر مکان
نسبی طبقات، $R = 0.03 h^2$ (برآسان و برایش دوم
آین نامه ۲۸۰) برای این قاب پنج طبقه قابل
قبول می باشد. ولی احتمال می رود برای قابهای با
تعداد طبقات بیشتر بایستی بازنگری صورت
گیرد. همانطور که مشاهده می گردد در سه گام
اول میرایی سازه برابر میرایی ویسکو و معادل
۵٪ است. با افزایش تغییر شکلهای
غیر الاستیک سازه، میرایی و پریود افزایش یافته
و در گامهای بالاتر با ثابت ماندن تغییر شکلهای
مقدار میرایی نیز ثابت می ماند.

اگرچه برنامه SAP2000 مشکل نایابدای
سازه ها را در هنگام افت ظرفیت باربری مقاصل
در محدوده با شبیه منفی با استفاده از سه روش
توضیح داده شده حل کرده است، در بسیاری از
موارد و بخصوص برای در نظر گرفتن اثرات
P-DELTA و تغییر شکلهای بزرگ با مشکل
همگرایی مواجه است.

مراجع

- ۱- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۴)، آین
نامه ۲۸۰ برای طراحی ساختمانها در برایر زلزله
- 2-ATC, 1996 Seismic Evaluation
and Retrofit of Concrete Buildings,
Volume 1, ATC-40 - Report,
Applied Technology Council,
Redwood City, California.
- 3-Ashraf Habibullah, S.E., Stephen
Pyle, S.E. (Winter 1998)," Practical
Three Dimensional Nonlinear

سوزاندن زباله جامد شهری و استحصال انرژی از آن

(قسمت اول)

علیرضا شفیعی ده آباد

کارشناس ارشد مکانیک - مدیریت ارشد مهندسی نیروگاههای بخار و انرژیهای نو

چکیده

این مقاله که در سه قسمت تهیه شده است، سعی در معرفی فن آوری زباله‌سوزی و استحصال انرژی از آن دارد. در قسمت اول، پس از مقدمه و تاریخچه، مختصراً در خصوص جایگاه زباله‌سوزی در مدیریت زباله‌های جامد شهری و وضعیت استحصال انرژی از آن، از منظر انرژیهای تجدیدپذیر بیان خواهد شد. به دنبال آن، ماهیت زباله جامد شهری و ویژگیهای آن به عنوان یک سوخت جامد مطرح می‌گردد. در پی آن، توضیح مختصراً در ارتباط با فن آوریهای استحصال انرژی از زباله و آنکاه، ملاحظاتی در خصوص امکان‌سنجی استفاده از زباله برای تولید انرژی ارائه شده است. پیش‌بینی مقدار و ترکیب زباله و تعیین ارزش حرارتی و محتوای رطوبت آن از دیگر مباحثی است که در این قسمت آمده است. پس از این مباحثت، به شرح فرآیند زباله‌سوزی، شرح کار و اجزاء یک واحد زباله‌سوزی و در انتها تیز به انساع زباله‌سوزهای پرداخته خواهد شد. در قسمت دوم مقاله، بشیوه‌ی جزئیات زباله‌سوزهای توده‌سوزی از نوع شبکه‌ای، که متدالوں ترین نوع زباله‌سوزهای می‌باشد پرداخته شده است. مباحثی چون کوره و محفظه احتراق، بویلر و سطوح انتقال حرارت، خوردگی لوله‌های بویلر، حفاظت در مقابل خوردگی، چرخه بخار و تولید انرژی الکتریکی و بازده استحصال انرژی از زباله، از مواردی است که در قسمت دوم مطرح خواهد شد. انتشار آلاینده‌ها، تجهیزات کنترل الکترونیکی هوا، ملاحظات اقتصادی و در نهایت، نتیجه‌گیری، از مباحثی است که در قسمت سوم این مقاله ارائه خواهد شد.

قابل ذکر است که پژوهه‌ای تحت عنوان "مطالعات امکان سنجی، پتانسیل سنجی و طراحی اولیه احداث نیروگاه زیست‌توده" در شهر رشت، در شرکت قدس نیرو در حال انجام می‌باشد. سوزاندن زباله و استحصال انرژی از آن یکی از گزینه‌های مناسب پیشنهادی بوده، که چنانچه به عنوان گزینه برتر انتخاب گردد، طراحی مفهومی نیروگاه برآن اساس صورت می‌گیرد.

۱- مقدمه

بشر می‌باشد - استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی را هم به همراه دارد. اما در عین حال، به سبب ایجاد آلودگی، به ویژه آلودگی‌های ناشی از گازهای خروجی که از محصولات جانبی آن است، مورد ابراد و انتقاد می‌باشد. بنابراین، هرچندکه زباله‌سوزی یک گزینه حائز اهمیت در دفع زباله و تولید انرژی است، اما پذیرش و انتخاب این گزینه‌ستگی به میزان تائیرات و مخاطرات زیست محیطی آن دارد. اگرچه اهمیت رو به تزايد تصفیه و دفع زباله‌های جامد شهری^۱ از یک سو، و جستجو برای دستیابی و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر انرژی از سوی دیگر، نقش استحصال انرژی از زباله را در مدیریت دفع زباله‌های جامد شهری هرچه بیشتر بر جسته نموده است. قدمی‌ترین و متدالوں ترین شکل استحصال انرژی از زباله، سوزاندن زباله و مهار انرژی حرارتی حاصل از آن است. این عمل در عین کاهش حجم زباله - که از مسائل مبتلا به

گوناگون از قبیل طاعون، وبا، حصبه و غیره گردید. نبود مدیریت مناسب دفع زباله، بطور کلی سببی برای پایین بودن درجه سلامت و بهداشت عمومی جامعه بود. جای تعجب نیست که در سال ۱۸۴۲ میلادی، با انتشار یک گزارش، که ارتباط بین برخی بیماریها و شرایط محیط زیست را خاطر نشان می‌ساخت، شروع عصر بهداشت اعلام گردید.^[۲]

در اوخر قرن نوزدهم، یا صنعتی شدن جوامع و به راه افتادن کارخانه‌های ظیم، ضرورت وجود یک مدیریت مناسب برای دفع زباله بیش از پیش نمایان شد. در ابتدا تکنیک غالب در دفع زباله، دفن آن در دفنگاه (چه به صورت کنترل شده و چه بدون هیچ ضابطه‌ای) بود. به زودی مشخص شد که دفن زباله، زمین را به یک فضای غیر قابل استفاده تبدیل می‌کند. از این رو توجه بیشتری به کاهش حجم زباله معطوف شده، گرایش به سمت زباله‌سوزی افزایش یافت. اولین نمونه واحد زباله‌سوزی که اصطلاحاً «تباه کننده»^۱ نامیده می‌شد، در سال ۱۸۷۴ در ناتینگهم بریتانیا ساخته شد.^[۲] این زباله‌سوز که با مخلوطی از زباله‌های گوناگون تغذیه می‌شد، برای تولید بخار و نهایتاً تولید الکتریستیه مورد استفاده قرار می‌گرفت. با افزایش تعداد واحدهای زباله‌سوزی، بتدریج مخالفتها نیز به سبب تولید مقادیر قابل توجه خاکستر (سمی)، دودهای الاینده و ذرات مواد نیمه سوخته آغاز شد.

با صنعتی شدن جوامع، همچنانکه مصرف انرژی پیوسته رشد می‌کرد، اثرات زیست محیطی نیز افزایش می‌یافتد. در واقع در نیمه دوم قرن بیستم بود که برسیهای جدی در این زمینه آغاز شد و زباله‌سوزی با نشان دادن

بررسیهای صورت گرفته در دهه‌های گذشته (در زمینه انتشار الاینده‌های سمی)، نشان دهنده تصویری نسبتاً منفی از زباله‌سوزی بود، لیکن پیشرفت‌های صورت گرفته اخیر (در زمینه تصفیه و کنترل میزان آلاینده‌ها)، زباله‌سوزی را گزینه‌ای جذابتر در تصفیه و دفع مواد زائد ساخته است. به گونه‌ای که گفته می‌شود: «با تجزیه‌های اخیر در زمینه کنترل انتشار آلاینده‌ها، خروجی برخی از زباله‌سوزها می‌تواند پاک‌تر از هوای محیط باشد.»^[۱]

۲- تاریخچه

در اعصار گذشته، دفن کردن زباله چندان مرسوم نبوده و تمایل مردم، بیشتر به بازیافت مواد بوده است. هر آنچه که قابل تعمیر بوده، تعمیر کرده، مورد استفاده مجدد قرار می‌دادند. بقیه نیز یا خوارک حیوانات اهلی شده و یا به عنوان کود به کار می‌رفته است. اگر چیزی، هم باقی می‌مانده که استفاده دیگری نداشته، آن را می‌سوزانند.^[۲] با رشد جمعیت و هجوم انسانها به شهرهای بزرگ، به تدریج حجم زباله‌ها افزایش یافت و دفع آن، به ویژه در شهرهای بزرگ، تبدیل به معضلی شد. نقل است که در اوایل قرن پانزدهم میلادی اینوه زباله در بیرون دروازه شهر پاریس به قدری زیاد بوده که حفاظت شهر (در مقابل آن) به صورت یک مشکل بالقوه جلوه می‌کرده است.^[۲] عملأً تا اخر قرن نوزدهم که مسائل و مشکلات بهداشتی بروز نمود، جمع آوری زباله به صورت سازماندهی شده وجود نداشت. عدم مدیریت مناسب و دفع غیر بهداشتی زباله‌ها که اغلب به صورت نامناسب صورت می‌گرفت – حتی برتاب کردن زباله از پنجره به بیرون نیز چندان دور از عرف نبود – سبب بروز بیماریهای

۱: Destructor

(۱) دفن^۱

(۲) زباله‌سوزی^۲ (احتراق مستقیم، گازی)

نمودن^۳ و پیروزی^۴

(۳) تصفیه بیومکانیکی^۵

(۴) نهیه کود آبی^۶

(۵) هضم بیهوای^۷

(۶) بازیافت مواد^۸

زباله‌سوزی و دفن، گزینه‌های اصلی دفع نهایی زباله می‌باشند. در اغلب موارد، دفن اقتصادی ترین راه دفع زباله است. اما اگر گزینه دفن بسیار گران بوده و یا امکان پذیر نباشد، زباله‌سوزی مناسب‌ترین گزینه برای دفع زباله‌های جامد شهری است. هر چند که گزینه دفن به عنوان گزینه اصلی دفع زباله‌های جامد شهری مطرح است، لیکن زباله‌سوزی و به همراه آن دفن مواد باقیمانده (خاکستر)، نیز تجربه رایجی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و صنعتی می‌باشد. در جهایی که فضای کافی برای دفن موجود نبوده، و یا عوامل دیگری نظری وجود سفره‌های آبیهای زیزمه‌منی کم عمق، استقاده از دفن را محدود می‌کنند، زباله‌سوزی گزینه مناسبی بوده و در اینگونه مناطق، بالغ بر ۷۵ درصد از عمل دفع زباله توسط زباله‌سوزی انجام می‌گیرد.^[۴] اگرچه در سلسه مراتب مدیریت زباله، معمولاً بازیافت مواد، قبل از استحصال انرژی قرار می‌گیرد، و مطالعات گوناگون^[۵] نشان داده است که انرژی حاصل از سوزاندن زباله بسیار کمتر از انرژی است که می‌بایست برای تولید

1-Land filling

2-Incineration

3- Gasification

4- Pyrolysis

5- Mechanical-Biological Treatment (MBT)

6- Composting

7- Anaerobic Digestion (AD)

8- Recycling

تصویری نسبتاً منفی از خود، به علت انتشار آلاینده‌های سمی، کمتر مطلوب به نظر آمد.

لیکن پیشرفت‌های صورت گرفته اخیر در زمینه تصفیه و کنترل میزان آلاینده‌ها، نه تنها این تصویر منفی را کم رنگ نموده است، بلکه زباله‌سوزی را گزینه‌ای جذاب‌تر در تصفیه و دفع مواد زائد ساخته است. در حقیقت، در دو دهه اخیر، فن‌آوریهای زباله‌سوزی متحمل پیشرفت‌های اساسی بوده است. بیشتر تغییرات ناشی از وضع مقررات و ضوابط ویژه برای کاهش میزان انتشار الاینده‌ها است.

امروزه زباله‌سوزی و استحصال انرژی از آن، به عنوان یکی از راههای اساسی و کارآمد در سیستم مدیریت جامع زباله مطرح می‌باشد. تعداد واحدهای زباله‌سوزی فعال در سراسر جهان، تا سال ۲۰۰۵ میلادی، افزون بر ۶۰۰ بوده است. سالانه بیش از ۱۳۰ میلیون تن زباله در این واحدها سوزانده شده و انرژی بازیافتی به حرارت و الکتریسیته تبدیل می‌گردد.^[۳]

-۳- زباله‌سوزی به عنوان بخشی از سیستم

مدیریت جامع زباله‌های جامد شهری

اگرچه گرایش به سمت به حداقل رساندن میزان تولید زباله، با توجه به فرآیندهای تولید و توزیع کالاها است، اما به هر حال یک حداقل زباله‌ای تولید خواهد شد که می‌بایست به نحو مناسبی مدیریت گردد.

چرخه مدیریت مواد زائد شامل مراحل جمع‌آوری، انتقال و دفع زباله است. روش دفع موردي کلیدی، و در واقع، محور سیستم مدیریت زباله محسوب می‌گردد. چرا که نحوه جمع‌آوری زباله و اینکه تا کجا می‌بایست منتقل گردد، متاثر از روش دفع است. گزینه‌های دفع زباله عبارتند از:

جایگزین نماید؛ نظیر چوب و شاخه و برگ گیاهان (زمیت‌توده^۴) و منابعی که به علت موقعیت فیزیکی و یا شرایط زمین فراهم می‌باشند، نظیر آب، باد، امواج دریا، حرارت درونی زمین، چذر و مد و پرتوهای خورشید. بجز انرژیهای زمینی گرمایی و چذر و متی، دیگر انرژیهای تجدیدپذیر، ریشه در انرژی خورشیدی دارند. انرژی تابشی خورشید طی فرآیند فتوسترن بصورت شیمیایی در گیاهان ذخیره می‌گردد. از آنجایی که با رویدن گیاهان و درختان جدید، این منبع سوخت مرتبًا تجدید و بازپر می‌شود، زیست‌توده به عنوان یک منبع تجدیدپذیر انرژی تلقی می‌گردد. علاوه بر این گیاهان در هنگام سوختن همان مقدار گاز دی‌اکسید کربن به اتمسفر رها می‌سازند که در طول حیات خود از اتمسفر جذب می‌نمایند. به عبارت دیگر، زیست‌توده به عنوان یک سوخت، هیچگونه مشارکی در تولید گازهای گلخانه‌ای و فرآیند گرم شدن جهانی ندارد.

اما عبارت زیست‌توده اغلب شامل یک کالای دست ساز بشر نیز هست که در واقع محصول جانبی تمدن می‌باشد؛ یعنی زباله.^۵ کاغذ، مقوا، چوب و الیاف طبیعی موجود در زباله منشاء گیاهی دارند؛ بنابراین می‌تواند بازتولید و جایگزین شوند. لیکن پلاستیک و الیاف مصنوعی موجود در زباله از مشتقات نفت می‌باشند. از آنجایی که نفت یک سوخت فسیلی است، این مواد تجدیدپذیر نبوده و

1-Renewable

2-Biomass

3-Global Warming

۴- اداره انرژی امریکا (DOE) در تعریفی که از زیست‌توده به دست می‌دهد زباله‌های شهری را تبریز در مقوله زیست‌توده دسته‌بندی نموده و استحصال انرژی از زباله را تجدیدپذیر اعلام می‌دارد. [۶]

مواد جایگزین از مواد خام صرف گردد، لیکن برای آنکه بازیافت از نظر اقتصادی مقرن به صرفه باشد، نیازمند وجود بازار مناسبی برای فروش مواد بازیافتی است. به گونه‌ای که حداقل، هزینه بازیافت آنها، بدون نیاز به هرگونه کمک مالی (سویسید) تأمین گردد. معمولاً به جز آلومینیوم، سایر مواد بازیافتی از بازار خوبی برخوردار نمی‌باشند. ارزش مواد بازیافتی، تا حد زیادی بستگی به کیفیت و میزان تمیز بودن آنها دارد. در حقیقت مواد بازیافتی با کیفیت پایین، بازاری نداشته و تنها موجب صرف هزینه می‌باشند. تجربه نشان داده است که برای زباله‌های جامد شهری، تنها تفکیک در مبدأ، درجه بالایی از تمیزی را برای مواد بازیافتی فراهم می‌سازد. بنابراین تدوین یک برنامه جامع، صرفاً برای بازیافت مواد، از نظر اقتصادی چندان مقرن به صرفه نمی‌باشد. زباله‌سوزی درواقع بخشی از یک سیستم پیچیده و جامع مدیریت است که (همراه با گزینه‌های دیگری نظیر بازیافت و دفن) برای دفع زباله‌ها در یک جامعه تدوین می‌گردد. زباله‌سوزی علاوه بر کاهش حجم زباله‌ها، با مهار کردن و یا از بین بردن مواد بالقوه مضری که در جین زباله‌سوزی آزاد می‌شوند (و یا ممکن است آزاد شوند)، از مخاطرات آنها نیز می‌کاهد. فرآیند زباله‌سوزی همچنین می‌تواند امکان بازیافت محظوظ انرژی، مواد شیمیایی و مواد معدنی زباله را نیز فراهم آورد.

۴- زباله‌سوزی به عنوان یک منبع انرژی

تجددپذیر و یا صرفاً جایگزین

منابع تجدیدپذیر^۶ انرژی به معنای متدائل آن، منابعی هستند که طبیعت می‌تواند مجدد آنها را در یک بازه زمانی کوتاه معقول، بازپر و

انرژی از زیاله، موادی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در غیر اینصورت می‌باشد در دفنگاه دفن می‌شدن، این انرژی، جایگزینی برای انرژی حاصل از سوختهای فسیلی محسوب شده و می‌تواند به عنوان یک سوخت کم ضررتر در فرآیند گرم شدن جهانی زمین مدنظر قرار گیرد.

۵- طبیعت زیاله جامد شهری

زیاله جامد شهری به صورتی فرآیند و جهان‌شمول تعریف نشده و ممکن است محتوای آن از کشوری به کشور دیگر تغییر نماید. سازمان حفاظت محیط زیست امریکا آن را چنین تعریف می‌نماید: «زیاله جمع اوری شده از اماکن عمومی، منابع مستکونی، تجاری، مؤسساتی و صنعتی؛ شامل کاغذ، چوب، خاکروبوه^۵، پسماندهای غذایی، پلاستیک، چرم، لاستیک و دیگر مواد قابل احتراق و با غیرقابل احتراق، نظیر فلز، شیشه و سنگ». [۹] طبق این تعریف، لوازم خانگی، تایرهای اتومبیل، روزنامه‌ها، جعبه‌های بسته‌بندی و پاکتها، مواد ارائه شونده در سفره، کاغذهای باطله مدارس و دفاتر، تخته چوب و زیاله‌های رستورانها از جمله زیاله‌های جامد شهری می‌باشند. اما موادی نظیر نخاله‌های ساختمانی، بدنه اتومبیل، فاضلاب و لجن شهری، هاکستر حاصل از احتراق و پسماندهای فرآیندهای صنعتی، زیاله جامد شهری محسوب نمی‌شوند؛ حتی اگر به همراه زیاله جامد شهری در دفنگاه دفن و یا در زیاله سوز سوزانده شوند.

سوزاندن آنها بر میزان CO_2 اتمسفر می‌افزاید. با این همه، عبارت «انرژی تجدیدپذیر»^۱ به صورت فرآیند و مورد توافق عموم جوامع تعریف نشده است. سازمان حفاظت محیط زیست امریکا^۲، استحصال انرژی از زیاله را یک منبع تجدیدپذیر انرژی دانسته و اعلام نموده است که تولید الکتریسیته از زیاله، نسبت به سایر منابع تولید الکتریسیته، اثرات زیست محیطی به مراتب کمتری دارد. [۷]

عبارت «انرژی تجدیدپذیر»^۳ گاهی هم به عنوان مترادف «انرژی جایگزین»^۴ به کار رفته است. اصطلاح انرژی جایگزین در معنای متدالوں آن، به انرژی‌های غیرفسیلی و غیرهسته‌ای اطلاق می‌شود. انرژی حاصل از سوزاندن زیاله نیز یک انرژی جایگزین محسوب می‌گردد. از این رو، گاه آن را انرژی تجدیدپذیر دانسته‌اند. نکته دیگر اینکه، عبارت «انرژی تجدیدپذیر» همواره مترادف آنچه امروزه «انرژی سبز»^۵ می‌نامند نیست. مطابق تعریف، انرژی سبز به انرژی اطلاق می‌گردد که در عین کاهش میزان انتشار گاز ای اکسید کربن، نسبت به سایر روش‌های متدالوں تولید اسربزی، اثرات زیست محیطی کمتری بر جای بگذارد. [۸] به عنوان مثال، اگرچه اغلب پروژه‌های عظیم برق این، انرژی تجدیدپذیر آب را به کار گرفته و مشارکتی در آلوگی هوا ندارند، لیکن به دلیل تأسیس سدها و مخازن بزرگی که هزاران هکتار از اراضی را به زیر آب برده و الگوهای مهاجرت ماهیها و حیوانات وحشی را بر هم می‌زنند، انرژی سبز تلقی نمی‌گردد. با این تعریف، انرژی حاصل از زیاله سوزی، حتی اگر تجدیدپذیر نیز تلقی گردد، به علت اثرات زیست محیطی آن، قطعاً انرژی سبز نخواهد بود. با همه این احوال، از آنجایی که در استحصال

-
- 1-Renewable Energy
 - 2-United States Environmental Protection Agency (US EPA)
 - 3-Alternative Energy
 - 4-Green Energy
 - 5-Yard Waste

بر این، با رشد اقتصادی و ترقی سطح فرهنگ منطقه نیز، ممکن است ترکیب زیاله تغییر کند. بنابراین نمی‌توان از اطلاعات گرد آمده در یک منطقه، برای مناطق دیگر استفاده نمود.

۶- زیاله به عنوان یک سوخت

زیاله جامد شهری یک ماده ناهمگن^۱ با اجزاء بسیار متنوع و متغیر است، که هم بطور فصلی و هم به صورت منطقه‌ای (جزئیاتی) تغییر می‌کند. ارزش حرارتی یا محتوای انرژی زیاله جامد شهری به وسیله مواد زیادی تأمین می‌گردد، که در این میان بیشترین مشارکت را کاغذ، مقوا، پلاستیک و منسوجات دارند. بررسیها و تحلیل‌های صورت گرفته نشان داده است که زیاله جامد شهری در مقایسه با دیگر سوختهای جامد، یک سوخت نسبتاً ضعیف (با ارزش حرارتی پایین)، با محتوای رطوبت و خاکستر نسبتاً بالا است. این سوخت محتوای نیتروژن و گوگرد نسبتاً پایینی دارد؛ اما محتوای کل آن قابل توجه است.

مشخصات و متغیرهای زیاله جامد شهری اثرات قابل ملاحظه‌ای بر روی عملکرد آن به عنوان یک سوخت در فرآیند احتراق و دیگر فرآیندهای حرارتی می‌گذارد. علاوه بر تغییر در ترکیب، مشکل به کارگیری و خرواندن زیاله جامد شهری (با یک روش کنترل شده) در زیاله‌سوز و یا دیگر تجهیزات نیز مطرح است. زیاله جامد شهری یک سوخت با خاکستر معلق^۲ (دوده/غبار) و رسوب بسیار است. به این معنا که خاکستر معلق آن تمایل شدیدی به نشستن بر روی سطوح بسیار داغ کوره‌ها و راکتورها؛ و همچنین تشکیل لایه رسوب

مقدار و ترکیب زیاله جامد شهری بستگی به میزان توسعه یافته‌گی جامعه و وضعیت اقتصادی آن دارد. رشد صنعتی عامل مهمی در بالا بردن درآمد سرانه و میزان رفاه مردم، و نتیجتاً تولید بیشتر زیاله است، که اگر به گونه‌ای مناسب کنترل نگردد، افت وضعیت زیست محیطی جامعه را به دنبال خواهد داشت. با رشد شهرها و گسترش شهرنشینی، میزان زیاله نیز افزایش می‌یابد. بطور کلی می‌توان گفت که تولید زیاله در مناطق پُر درآمد، بیشتر از مناطق کم درآمد و یا با درآمد متوسط است. به همین سبب، تولید و ترکیب زیاله ممکن است در داخل یک کلان‌شهر نیز، از منطقه‌ای به منطقه دیگر به مقدار زیادی فرق کند. دانسته زیاله جمع‌آوری شده از مناطق متمول، به طور نوعی کمتر است. جراحت محتوای زیاله این مناطق بیشتر شامل بسته‌ها و مواد سبک است و کمتر پسماندهای غذایی. این هم به دلیل آن است که در این مناطق بیشتر از محصولات حاضر و آماده استفاده می‌شود. محتوای رطوبت زیاله در مناطق کم درآمد بیشتر است؛ که دلیل آن نیز، بیشتر بودن میزان پسماندهای غذایی در زیاله تولیدی این مناطق و بالا بودن رطوبت پسماندهای غذایی است. تغییرات سالیانه محتوای رطوبت، بستگی به شرایط آب و هوایی، نظیر بارندگی و فصلهای برداشت میوه‌ها و سبزیها دارد.

میزان تولید زیاله، بستگی بسیار به شرایط اجتماعی-اقتصادی، درجه مدنیت و صنعتی بودن منطقه جمع‌آوری زیاله دارد. ترکیب زیاله نیز بستگی به عواملی نظیر سطح فرهنگ، آب و هوا و شرایط اجتماعی-اقتصادی محل جمع‌آوری زیاله دارد. ترکیب زیاله با تغییر فصل و شرایط منطقه‌ای تغییر می‌کند. علاوه

1- Heterogeneous

2- Fly Ash

گاز حاصل از فرآیندهای پپرولیز و گازی نمودن است که طی واکنشاتی سریع، حرارت زیادی تولید می‌نمایند. در سیستمهای بیولوژیکی، زباله طی فرآیندهای بیوشیمیابی شامل هضم بیهووازی، تخمیر و هیدرولیز، طی واکنشاتی گندی نظریه آنچه در فنگاه زباله صورت می‌گیرد، به بیوگاز تبدیل می‌شود. احتراق مستقیم، ساده‌ترین و متداول‌ترین روش از دسازی انرژی نهفته در زباله است. موادی که در جریان زباله یافته می‌شوند، مانند کاغذ، مقوا، پلاستیک، چوب و غیره دارای کربن بوده که به هنگام سوختن، تولید حرارت می‌نمایند. حرارت قابل ملاحظه حاصل از سوزاندن زباله می‌تواند برای تولید بخار و الکتریسیته مورد استفاده قرار گیرد. میزان استحصال انرژی از زباله تابعی از ارزش حرارتی اجزاء زباله است. میزان مواد بی‌اثر و همچنین رطوبت موجود در زباله، ارزش حرارتی (کلی) آن را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوریکه افزایش آنها سبب کاهش (ارزش حرارتی کلی) و میزان حرارت تولیدی می‌گردد. زباله‌سوزهای می‌توانند همچنین برای سوزاندن شکل فرآیند یافته زباله، یعنی «سوخت مشتق از زباله»^۷ یا همسوزی زباله با سوختهای فسیلی طراحی و مورد استفاده قرار گیرند. مزیت اصلی سوزاندن زباله، کاهش ۹۰ تا ۷۰ درصدی حجم زباله است.^۸ [۴] از دیگر مزایای آن امکان انهدام مواد سمی،

بر روی سطوح انتقال حرارت مبدل‌های حرارتی دارد. گازهای حاصل از احتراق زباله جامد شهری شهربی نیز، به علت دارا بودن ترکیبات محتوی کلر، به شدت خورنده بوده^۱ و در دماهای بالا می‌توانند سبب خوردگی دمای بالا^۲ در لوله‌های مبدل‌های حرارتی گردند.

به طور کلی می‌توان گفت: زباله جامد شهری، سوخت صعب الاستفاده ای است که این دشواری، در طراحی و بهره‌برداری از زباله‌سوزهای مبدل‌های بازیافت حرارت و دیگر تجهیزات وابسته به آن منعکس می‌گردد.

۷- استحصال انرژی از زباله

استفاده از زباله برای تولید انرژی را اصطلاحاً «تبدیل زباله به انرژی»^۳ و یا «استحصال انرژی از زباله»^۴ می‌نامند. به بیانی دیگر، استحصال انرژی از زباله، فن‌آوریها و فرآیندهایی را در بر می‌گیرد که طی آنها، همه وبا بخشی از محتوای انرژی جریان زباله بازیافت می‌گردد. این انرژی ممکن است به صورت حرارت (سرای مصارف گرمایشی و یا نیازهای فرآیندهای صنعتی)، الکتریسیته و یا ترکیبی از آنها بازیافت گردد. متداول‌ترین جریان زباله‌ای که از آن انرژی بازیافت می‌شود، جریان زباله‌ای جامد شهری است؛ اگرچه برحی از اجزاء زباله‌ای ساختمانی و یا زباله‌ای صنعتی نیز ممکن است برای استحصال انرژی مناسب باشد. فن‌آوریهای مختلفی برای بازیافت انرژی از زباله مورد استفاده قرار می‌گیرد که می‌توان آنها را در دو دسته کلی فرآیندهای ترموشیمیابی^۵ (سیستمهای حرارتی) و فرآیندهای بیوشیمیابی^۶ (سیستمهای بیولوژیکی) تقسیم بنده نمود. فرآیندهای ترموشیمیابی شامل احتراق مستقیم زباله و همچنین احتراق

- 1- Corrosive
- 2- High Temperature Corrosion
- 3- Waste to Energy (WtE)
- 4- Energy from Waste (EfW)
- 5- Thermo-Chemical Processes
- 6- Bio-Chemical Processes
- 7- Refuse-Derived Fuel (RDF)

^۸- لازم به ذکر است که دهن زباله در فنگاه نیز را حجم اولیه صورت نگیرند و کاهش حجم نام است. چنانچه اینها یک غلطک تن فشرده شوند تا ۷۰/۵ کاهش حجم خواهد داشت اما استفاده از لایه چاک برای پوشش ساسان این بست خواهد بود که این کاهش حجم، در مقایسه با زاله‌سوزی چنان قابل توجه نشاند.



زیاله است. در پیشتر کشورها، اطلاعات و پیش‌بینیهای قابل اعتماد در زمینه تولید و ترکیب زیاله بسیار اندک است. اطلاعات و ارقام کلیدی، اغلب مربوط به شهرداریها و در خصوص تولید/دفع کلی زیاله در شهرهای بزرگ است. حال آنکه بین مقادیر و ترکیبیهای زیاله در نواحی مختلف یک شهر، نظری مناطق پُردرآمد و کم‌درآمد، اختلافهای قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در صورتیکه اطلاعات موجود، نسبتاً قابل اعتماد باشد، می‌توان از آن برای ارزیابی مقدماتی و امکان‌سنجی روش‌های تصفیه و دفع زیاله استفاده نمود؛ ولی برای اهداف طراحی، لازم است اطلاعات دقیق و مشخص منطقه جمع‌آوری گردد.

برای آنکه یک واحد زیاله‌سوزی از نظر اقتصادی مفروض به صرفه باشد، می‌بایست حداقل طول عمر مفید آن ۱۵ تا ۲۰ سال باشد.^[۱۰] پیش‌بینی مقدار و ترکیب زیاله نیز می‌بایست برای مدت طول عمر واحد انجام گیرد.

استفاده از یک واحد زیاله‌سوزی در صورتی از نظر اقتصادی قابل توجیه می‌باشد که میزان زیاله تولیدی در منطقه، کمتر از ۵۰,۰۰۰ تن در سال نباشد. به منظور عملکرد پیوسته و مداوم واحد زیاله‌سوزی، می‌بایست تولید زیاله در طول سال نسبتاً پایدار بوده و تغییرات هفتگی در مقدار زیاله ورودی به واحد، از ۲۰ درصد تجاوز نکند.^[۱۰]

برای تداوم زیاله‌سوزی به صورت یک فرایند «خود - انکا»^۱، دارا بودن یک حداقل ارزش حرارتی پایین‌الزمی است. میانگین سالیانه ارزش حرارتی پایین زیاله نباید کمتر از ۷ مگاژول بر کیلوگرم باشد. در فصول مختلف نیز، نباید مقدار آن از ۶ مگاژول بر کیلوگرم کمتر باشد.^[۱۰]

استرلیزه کردن زیاله‌های بیماری‌زا (بیمارستانی) و استعمال انرژی است. مشکل عمده زیاله‌سوزی نیز خاکستر سمی حاصل از آن است که می‌بایست به گونه‌ای این من دفن گردد. علاوه بر زیاله‌سوزی، دو روش متداول دیگر در استعمال انرژی از زیاله عبارتند از: جمع‌آوری و استفاده از گاز متان تولید شده در دفنگاه زیاله؛ و دیگری، جمع‌آوری و استفاده از گاز متان حاصل از تبدیل بیولوژیکی زیاله در یک هاضم بیهوایی؛ که در این اینجا به آنها پرداخته نخواهد شد.

۸- امکان‌سنجی استفاده از زیاله برای تولید انرژی

اجرای موفق یک پروژه استعمال انرژی از زیاله، در گروه اطلاعات نسبتاً دقیق از مقدار و مشخصات (فعلی) زیاله تحولی به واحد، و پیش‌بینی تغییرات آن در طول دوره طراحی است. طبیعت (ترکیب) زیاله، مقدار و ارزش حرارتی آن، عوامل تعیین‌کننده در امکان‌سنجی استفاده از یک واحد زیاله‌سوزی می‌باشند. بنابراین انجام یک مطالعه جامع به منظور تحلیل دقیق ترکیب، مقدار و ارزش حرارتی زیاله در شرایط فعلی و پیش‌بینی وضعیت آن، قبل از شروع پروژه ضروری است. مطالعات و پیش‌بینیها می‌بایست بر روی زیاله‌ای مرتمکر گردد که در آخر، تحويل واحد زیاله‌سوزی می‌شود. بنابراین تأثیر فعالیتهای مربوط به بازیافت مواد (برای مثال، زیاله‌گردها) را که موجب تغییر در ترکیب زیاله می‌شوند، نیز باید-همواره در نظر گرفت.

تخمین مقدار و ترکیب زیاله‌های جامد شهری، نیازمند اطلاعات دقیقی از آمار نفوس و ساختارهای تجاری / صنعتی مناطق جمع‌آوری

دارای ارزش حرارتی بالاتری می‌باشند. اما در عین حال، جمع‌آوری این زباله‌ها کمتر سازماندهی و کنترل شده و تحویل آن به واحد زباله‌سوزی دشوار می‌باشد. برخی از دیگر انواع زباله، نظیر نخلهای ساختمانی و زباله‌هایی که محتوی مواد خطرناک و یا منفجره می‌باشند نیز برای زباله‌سوزی مناسب نمی‌باشند.

۹- پیش‌بینی مقدار و ترکیب زباله

پیش‌بینی مقدار زباله، علاوه بر اطلاعات مربوط به زباله فعلی، نیازمند اطلاعات نفوس، نظیر میزان جمعیت و نرخ رشد آن، در مناطق جمع‌آوری زباله می‌باشد. تغییر در ترکیب زباله، می‌تواند متأثر از وضع قوانین و مقررات جدید، مثلاً در خصوص بازیافت مواد؛ و یا رشد فرهنگی و اجتماعی - اقتصادی جوامع باشد. بررسی ترکیب زباله فعلی در مناطق مختلف شهر (مانند مناطق کم‌درآمد، با درآمد متوسط و پردرآمد) و همچنین مطالعة اطلاعات گردآمده از مناطق و جوامع مشابه، می‌تواند در این زمینه مفید واقع شود. تغییرات سالیانه، نظری تغییرات ناشی از شرایط آب و هوایی، احتمالاً با همان الگوی فعلی ادامه خواهد یافت. میزان سرانه^۷ تولید زباله و نرخ رشد آن از جمله پارامترهای اساسی در پیش‌بینی مقدار زباله است. در صورتیکه اطلاعات موجود قابل اعتماد باشد، می‌تواند برای تعیین سرانه تولید زباله مورد استفاده قرار گیرد. در غیر این صورت، تعیین سرانه تولید زباله، نیازمند یک سنجش و ارزیابی دقیق زباله تولیدی است. با مشخص شدن میزان جمعیت فعلی و (پیش‌بینی) نرخ رشد سالیانه آن، همچنین

با توجه به طبیعت متغیر (از لحاظ مقدار و ترکیب) زباله ورودی به واحد زباله‌سوزی، ارزش حرارتی زباله و بار حرارتی زباله‌سوز می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای بر حسب زمان تغییر کند. به همین جهت، واحدهای زباله‌سوزی برای کار در محدوده‌ای از تغییرات دیجی می‌شوند. ارزش حرارتی زباله ورودی طراحی می‌شوند. این محدوده‌ها، که معمولاً در یک «دیاگرام ظرفیت»^۱ و توسط سازنده واحد زباله‌سوزی ارائه می‌گردند، به گونه‌ای تعیین می‌شوند که میزان اسیبهای احتمالی واحد به حداقل برسد. این محدوده‌ها باید به اندازه کافی وسیع باشند تا امکان یک اختراق مناسب در همه نقاط عملکردی فراهم آید.

مقادیر طراحی (و یا نامی) دیجی و ارزش حرارتی زباله ورودی، براساس مقدار و ترکیب زباله مورد انتظار (پیش‌بینی شده) تعیین می‌گردند. مقدار طراحی ارزش حرارتی پایین، برای واحدهای تولید سوز نوعاً بین ۹ تا ۱۰ مگاژول بر کیلوگرم و برای واحدهای با سوخت مشتق از زباله، ۱۲ مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد.^[۱] ترکیب زباله نیز از اهمیت به سزایی برخوردار است. زباله‌ای که صرفاً از سنگ و پلاستیک تشکیل شده، حتی اگر ارزش حرارتی نسبتاً زیادی هم داشته باشد، برای زباله‌سوزی مناسب نخواهد بود.

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، زباله خانگی دارای رطوبت بالا و یا خاکستر زیاد (و یا هر دو) می‌باشد. بنابراین لازم است بررسی جامع و فرآگیری صورت گیرد تا مشخص شود که با توجه به تغییرات فعلی و تأثیر قابل توجه آن بر روی قابلیت اختراق زباله، آیا سوزاندن زباله در طول سال امکان پذیر هست یا خیر. زباله‌های بخش‌های صنعتی و تجاری معمولاً

1- Capacity Diagram
2- Per Capita

شده را ارزش حرارتی پایین^۴ می‌نامند.^۵ در این حالت تنها بخشی از حرارت حاصل از واکنش، در تعیین ارزش حرارتی به حساب آورده می‌شود.

ارزش حرارتی (و یا محتوای انرژی) زباله، به صورت تحويلی به واحد (مرطوب)، مقدار حرارتی است که از احتراق همه مواد قابل اشتعال آن، یعنی تبدیل همه کربنها به دی‌اکسید کربن، همه هیدروژنها به آب و نیز اکسیداسیون عناصر دیگری نظیر گوگرد و نیتروژن (هر چند که به علت ناچیز بودن مقدار این عناصر ممکن است تأثیر آنها نادیده گرفته شود) حاصل می‌گردد. چنانچه آب حاصل از احتراق در حالت مایع و همراه با خاکستر باقیمانده، در دمایی برابر با دمای قبیل از احتراق به دست آید، انرژی حاصل، ارزش حرارتی ناخالص^۶ زباله نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، ارزش حرارتی ناخالص، حداقلر مقدار انرژی (به صورت تئوری) است که از احتراق زباله، به صورت تحويل شده به واحد (مرطوب)، قابل حصول می‌باشد.

1- Heating Value or Calorific Value

۲- ارزش حرارتی سلا (Higher Heating Value)، در حقیقت همان حرارت تشکیل (Heat of Formation) است که کلیه تغییرات صورت گرفته در حرارتی اشکار و نهان، بین حالتی‌های اولیه (در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) و نهایی (ساز هم در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)، در واکنش اکسیداسیون را شامل می‌گردد.

3- Bomb Calorimeter

4- Lower Heating Value

۵- انتخاب دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد کامل‌اندازه و بر اساس تحریسه سوده و منابع تظری نتاراد همانطور که تعریف ارزش حرارتی پایین نیز برگرفته از قانون بنایی انرژی نبوده، بلکه معیاری است که چهت سهولت در محاسبات و سنجشها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

6- Gross Heating Value

میزان سرانه فعلی تولید زباله و (پیش‌بینی) نرخ رشد آن، میزان تولید زباله خانگی در n سال

بعد، از رابطه (۱) قابل پیش‌بینی است: [۱۰]

$$\text{Waste Quantity} = \text{PP} \times (1 + \text{GR}_{\text{pp}})^n \times \text{WG} \times (1 + \text{GR}_{\text{WG}})^n \quad (1)$$

که در آن:

PP: میزان جمعیت فعلی؛

WG: سرانه تولید زباله، بر حسب کیلوگرم

بر نفر در سال؛

GR_{PP}: نرخ رشد سالانه جمعیت و

GR_{WG}: نرخ رشد سرانه تولید زباله است.

۱- تعیین ارزش حرارتی زباله

ارزش حرارتی^۱ یک ماده، که بر حسب kJ/kg (kCal/kg) بیان می‌شود، مقدار انرژی حرارتی است که از احتراق واحد وزن آن ماده تولید می‌شود. چنانچه محصولات احتراق، به ویژه ذرات آب موجود در آن، تا دمایی برابر با دمای قبیل از احتراق (ممولاً ۲۵ درجه سانتیگراد) سرد گردند، انرژی حاصل، ارزش حرارتی بالا^۲ نامیده می‌شود. ارزش حرارتی بالا (برای مواد خشک) به صورت عملی و به کمک یک بمب کالریمتر^۳ که در آن حرارت حاصل از احتراق نمونه، در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد قابل اندازه گیری است، تعیین می‌شود. از آنجایی که دمای آزمایش (اندازه گیری) پایین‌تر از نقطه جوش آب است، آب حاصل از احتراق در حالت مایع می‌باشد. در حالیکه در طی فرایند احتراق، درجه حرارت گازهای حاصل از احتراق بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بوده و آب حاصل نیز به حالت بخار خارج می‌گردد. چنانچه محصولات احتراق تا دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد سرد گردند، انرژی اندازه گیری



از تعیین میزان محتوای رطوبت آنها، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد: [۱۲]

$$LHV = [(1 - w) \times (HHV - (2441 \times 9)] - 2441 \times w \quad (2)$$

که در آن:

LHV ارزش حرارتی پایین (به صورت تحويل شده به واحد)، بر حسب kJ/kg :

HHV: ارزش حرارتی بالا (در حالت خشک)، بر حسب kJ/kg :

w: میزان محتوای رطوبت، بر حسب درصد؛

H: میزان محتوای هیدروژن؛ و ۲۴۴۱، انتالپی تبخر آب (بر حسب kJ/kg)

در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.

مقادیر پیش‌فرض ارزش حرارتی بالا و میزان محتوای هیدروژن اجزاء قابل احتراق زباله‌های جامد در جدول (۱) درج شده است.

آن مقادیر می‌توانند در برآوردهای استحصال انرژی از زباله مورد استفاده قرار گیرند. میزان محتوای رطوبت نیز می‌باشد در محل و به طور جداگانه برای هر چهار تعیین گردد.

پس از تعیین ارزش حرارتی (هر یک از) اجزاء قابل احتراق زباله، ارزش حرارتی زباله مخلوط به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$LHV_i = \sum M_i \times (LHV)_i \quad (3)$$

که در آن LHV_i ارزش حرارتی پایین زباله مخلوط، اندیس، بیانگر جزء آم و M_i و (LHV)_i به ترتیب درصد وزنی و ارزش حرارتی پایین آن جزء می‌باشند.

اما در عمل، آب حاصل از اکسیداسیون هیدروژن، تبدیل به مایع نشده، بلکه به صورت بخار، همراه با گازهای حاصل از احتراق، از طریق دودکش به اتمسفر تخلیه می‌گردد. رطوبت موجود در زباله نیز با جذب مقداری از انرژی، تبدیل به بخار شده، همراه با گازهای حاصل از احتراق، از طریق دودکش به اتمسفر تخلیه می‌گردد و به این ترتیب مقداری از انرژی که می‌توانست بازیافت گردد، صرف تبخیر رطوبت می‌گردد.

علاوه بر گازهای حاصل از احتراق، خاکستر بر جا مانده نیز بسته به ظرفیت حرارتی ویژه و دمای خروج آن از زباله‌سوز، مقداری از حرارت را با خود به بیرون می‌برد. ارزش حرارتی که با احتساب این افتهای بالقوه تعیین گردد، ارزش حرارتی خالص زباله می‌نماید.

برای تخمین محتوای انرژی مواد ورودی به زباله‌سوز، معمولاً از ارزش حرارتی پایین استفاده می‌شود. ارزش حرارتی پایین زباله مخلوط، در واقع، مجموع ارزش حرارتی پایین اجزاء قابل احتراق آن در شرایط تحويلی به واحد، با احتساب درصد اختلاط آنها است.

اجزاء غیرقابل احتراق زباله، مانند فلزات، شیشه و خاک، نه تنها بر محتوای انرژی زباله نمی‌افزایند، بلکه از آنجایی که به صورت خاکستر، مقداری از حرارت را نیز با خود به بیرون می‌برند، دارای اثر منفی می‌باشند. برای تعیین ارزش حرارتی پایین اجزاء، قابل احتراق زباله در شرایط تحويلی به واحد، پس



جدول ۱۰: ارزش حرارتی بالا و محتوای هیدروژن اجزاء قابل احتراق زباله [۱۲]

محتوای هیدروژن (%)	ارزش حرارتی بالا در حالت خشک (kJ/kg)	اجزاء زباله
۶/۲	۱۹,۸۰۰	مواد آلی آشیزخانه‌ای: سبزیجات
۹/۴	۱۱,۹۰۰	مواد آلی آشیزخانه‌ای: گوشت
۶	۱۶,۸۰۰	مواد آلی پارکها و باغهای شهری
۷/۵	۲۱,۴۵۰	کاغذهای ترکیبی
۵/۸	۱۵,۱۵۰	مخلوط کاغذ
۶/۱	۱۷,۳۳۰	روزنامه
۵/۱	۱۳,۵۰۰	مجله
۵/۹	۱۸,۶۷۰	مقوا
۶	۲۰,۶۳۰	چوب (الوار)
۶/۴	۲۲,۹۰۰	فرش و گلیم
۶/۴	۱۶,۷۸۰	پارچه
۵/۱	۱۲,۰۰۰	جهزهای مرکب مانند رادبو و غیره
۱۰	۳۹,۰۰۰	مخلوط پلاستیک
۱۰	۳۷,۱۰۰	پلاستیکهای ترکیبی
۱۰	۴۰,۰۰۰	ورق (فیلم) پلاستیک
۸/۴	۴۰,۰۰۰	پلی استرن (PS)
۱۴/۲	۴۵,۰۰۰	پلی اتیلن (PE)
۵/۶	۲۵,۰۰۰	پلی وینیل کلراید (PVC)
۶	۲۵,۰۰۰	پلی اتیلن ترفتالیت (PET)
۱۴	۴۴,۰۰۰	پلی پروپیلن (PP)
۸/۷	۲۳,۱۰۰	لاستیک

اختصاص به مواد غذایی و خاکروبه دارد.
محتوای رطوبت معمولاً به صورت درصد وزنی
میزان رطوبت بر واحد وزن زباله (مرطوب) بیان
می‌شود؛ یعنی:

$$W = \frac{W_{\text{raw}} - W_{\text{dry}}}{W_{\text{raw}}} \times 100 (\%) \quad (4)$$

که در آن:

W: میزان محتوای رطوبت بر حسب درصد؛

۱۱- تعیین محتوای رطوبت زباله

محتوای رطوبت^۱ یک عامل تعیین‌کننده و
بحارانی در امکان سنجی (اقتصادی) دفع زباله و
استحصال انرژی (از آن) از طریق زباله‌سوزی
است؛ چرا که تبخیر رطوبت مستلزم صرف
انرژی است. علاوه بر شرایط آب و هوایی، سطح
درآمد و پیشرفت جامع نیز در میزان محتوای
رطوبت زباله‌ها مؤثر است. میزان محتوای
رطوبت، معمولاً در کشورهای کم‌درآمد بیشتر
است؛ چرا که بخش بیشتری از زباله‌ها

۱- Moisture Content

می‌گیرد. چنانچه محتوای انرژی زباله در حد کافی بوده و تأمین اکسیژن نیز به طور مناسب و کافی صورت گیرد، این عمل منجر به یک واکنش زنجیره‌ای حرارتی و احتراق «خود – انکا» خواهد شد. یعنی نیازی به هیچ گونه سوخت کمکی برای سوختن ندارد. گازهای تولید شده در حین فرآیند احتراق، بیشتر انرژی حاصل از احتراق را به صورت حرارت با خود دارند.

فرآیند زباله‌سوزی (معمولًاً) دارای سه مرحله اساسی است که همان‌مان در کوره و یا راکتور انجام می‌گیرند. این مراحل عبارتند از:

- (۱) خشک کردن و گاز زدایی نمودن: در این مرحله محتوای (مواد) فرار زباله مانند هیدروکربنها فرار و بخار آب، در دمای معمولًاً بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد خارج می‌شوند. فرآیند خشک کردن و گاز زدایی نمودن نیازی به هیچ گونه عامل اکسید کننده نداشته و تنها به درجه حرارت بستگی دارد.
- (۲) پیرولیز و گازی نمودن: پیرولیز مرحله تجزیه بعدی مواد آلی در غیاب یک عامل اکسید کننده است که در دمای تقریباً بین ۲۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. گازی نمودن، واکنش مواد کربن دار باقیمانده، با بخار آب و دی‌اکسید کربن در دمای نوعی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد است؛ هرچند که می‌تواند در دماهای تا ۱۶۰ درجه سانتیگراد نیز واقع شود. بنابراین، در این مرحله، مواد آلی از حالت جامد به حالت گاز تبدیل می‌شوند.
- (۳) احتراق (یا اکسیداسیون): در این مرحله، گازهای قابل احتراق تولید شده در مرحله قبل، بسته به روش زباله‌سوزی در دمای معمولًاً بین ۸۰۰ تا ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد

W_{raw} : وزن نمونه در شرایط تحويل به واحد (مرطوب) و

W_{dry} : وزن نمونه پس از خشک کردن است. تعیین میزان محتوای رطوبت، با حرارت دادن نمونه تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد (در یک اجاق) انجام می‌گیرد. حرارت دادن تا هنگام ثبت و پایدار شدن کاهش وزن ادامه می‌یابد.

اختلاف وزن نمونه، قبل و بعد از حرارت دادن، میزان محتوای رطوبت نمونه را به دست می‌دهد. پلاستیکهای توپر و ورقه‌ای (فیلمی) نیازی به خشک کردن ندارند. اما بطریها می‌بایست قبل از توزیع خالی شوند. به منظور اجتناب از تعییر میزان رطوبت به علت فرارگیری در معرض جریان هوا، لازم است اندازه گیری میزان رطوبت در همان روز تحويل زباله به واحد صورت گیرد. میزان محتوای رطوبت اجزاء، متفاوت جریان زباله، متفاوت می‌باشد. برای تعیین میزان محتوای رطوبت هر یک می‌بایست نمونه‌های از آنها انتخاب و کار اندازه گیری بر روی آنها انجام گیرد.

۱۲- فرآیند زباله‌سوزی

زباله‌سوزی، در حقیقت اکسیداسیون مواد قابل احتراق زباله است. زباله یک ماده ناهمگن است که شامل مواد آلی، مواد معدنی، فلزات و آب می‌باشد. بالغ بر ۷۰ درصد زباله‌های جامد شهری را مواد آلی نظیر کاغذ، پلاستیک، پسماندهای غذایی و خاکروبه تشکیل می‌دهند که در ای محتموی انرژی می‌باشند.

فرآیند احتراق هنگامی صورت می‌گیرد که مواد قابل احتراق زباله، به درجه حرارت اشتغال رسیده و در تماس با اکسیژن قرار گیرند. فرآیند واقعی احتراق در حالت گازی و در کسری از تابیه، همراه با آزادشدن انرژی انجام

(دماي گازهای حاصل از احتراق) اکسید می‌شوند.

این مراحل، معمولاً دارای همپوشانی می‌باشند.
به این معنا که تفکیک زمانی و مکانی آنها در طول فرآیند زیاله‌سوزی، ممکن است تنها در یک بازه محدود امکان پذیر باشد. در حقیقت، فرآیندها تاحدی به موازات یکدیگر انجام شده و بر روی هم تأثیر می‌گذارند. به این ترتیب، پیشتر از حرارت افزاد شده در مرحله احتراق، صرف خشک کردن مواد وروودی و پیش بردن واکنش پیرولیز/گازی نمودن می‌گردد.

هنگامی که زیاله سوزی با اکسیداسیون کامل همراه باشد، اجزاء اصلی (تشکیل دهنده) گازهای حاصل از اختراق عبارتند از: بخار آب، نیتروژن، دی اکسید کربن و اکسیژن. بسته به ترکیب زباله ورودی و شرایط عملکردی زیاله سوز، مقادیر اندک گاز منواکسید کربن (CO)، HI، HBr، HF، HCl، (CO₂)، هالو اسیدها (HClO₄)، اکسیدهای نتریت و ... (NO₂، NO₃)، دی اکسید گوگرد

(SO₂), ترکیبات آئی فرار^۱ پلی کلرو دی بنزو دی اکسینها^۲ و پلی کلرو دی بنزو فورانها^۳ (ویا به اختصار، دی اکسینها و فورانها)، پلی کلرو بی فنیلهای^۴ و ترکیبات فلزات سنگین نیز تشکیل شده و یا نسخته باقی می‌مانند. بسته به دمای احتراق در مرحله اصلی زباله‌سوزی، همه و یا بخشی از فلزات سنگین فرار و ترکیبات غیرآلی

(مانند نمکها) تبخر شده، به همراه گازهای حاصل از احتراق و یا خاکستر معلق خارج می‌شوند. علاوه بر خاکستر معلق (دوده‌غبار)، یک خاکستر سلگین تر جامد، یعنی خاکستر زیرین^۵ نیز تولید می‌شود. در زباله‌سوزهای زباله جامد شهری، مقدار خاکستر زیرین تولیدی تقریباً حدود ۱۰ درصد حجمی و ۲۰ تا ۳۰ درصد وزنی زباله ورودی می‌باشد. مقدار

- 1- Volatile Organic Compounds (VOCs)
- 2- Polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs)
- 3- Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs)
- 4- Polychlorinated biphenyls (PCBs)
- 5- Bottom Ash
- 6- Stoichiometric Air
- 7- Corrosion

است. فرآیند با تحویل سوخت به واحد آغاز می‌شود. سوخت ممکن است زباله پردازش نشده و یا سوخت مشتق از زباله (RDF) باشد. واحدهای توده‌سوز، زباله را به همان صورت دریافتی (پردازش نشده) مورد استفاده قرار می‌دهند. زباله دریافتی ممکن است مستقیماً از محلهای جمع‌آوری و یا ایستگاههای انتقال، توسط کامیونهای مخصوص (۱) به واحد تحویل شوند به منظور فراهم آمدن یک جریان زباله مناسب‌تر و عاری از موادی که سوزاندن آنها منع شده و یا فاقد محتوای انرژی است، بیشتر، تکیه بر ایستگاههای انتقال است، که در آنها زباله تا حدی مورد پیش‌پردازش قرار می‌گیرد. زباله ورودی به داخل انبار موقت (چاله ذخیره)^(۲) (۲) تخلیه می‌شود. طول سکوی تخلیه و انبار موقت تابعی از ظرفیت تجهیزات و تعداد کامیونهای است که می‌بایست به طور همزمان تخلیه نمایند. عمق و پهنای انبار نیز بر حسب نرخهای دریافت و مصرف (سوختن) زباله تعیین می‌گردد. ظرفیت انبار موقت معمولاً ۲ تا ۴ برابر حجم زباله ورودی در روز در نظر گرفته می‌شود^(۳) [۱۶] زباله توسط یک جرثقیل سقفی چنگکی^(۴) (۳) از انبار موقت به شوتر تغذیه^(۵) (۴)، که وظیفه هدایت سوخت به داخل کوره^(۶) (۵) را بر عهده دارد، منتقل می‌شود. جرثقیل چنگکی می‌تواند برای اختلاط زباله و نیل به یک محتوای رطوبت نسبتاً پکوختن‌تر نیز مورد استفاده قرار گیرد. مواد حجمم و غیرقابل احتراق نیز توسط جرثقیل چنگکی بیرون آورده می‌شوند.

-
- 1- Pre-Treatment
 - 2- Thermal Treatment
 - 3- Leachate
 - 4- Storage Pit or Bunker
 - 5- Overhead Grapple Crane
 - 6- Feed (or Charging) Chute
 - 7- Furnace

مجموعه پیچیده از اجزاء فنی با اثرات متقابل می‌باشد، که وقتی با هم‌دیگر در نظر گرفته شوند، به عنوان یک راه حل مناسب برای دفع زباله مؤثر می‌باشد.

۱۳- شرح کار و اجزاء یک واحد

زباله‌سوزی

یک واحد زباله‌سوزی، بسته به نوع (یا انواع) زباله‌ای که قرار است مورد عملیات حرارتی قرار دهد، و هدف (یا اهدافی) که از تاسیس واحد مد نظر است، ممکن است شامل واحدهای عملکردی ذیل گردد:

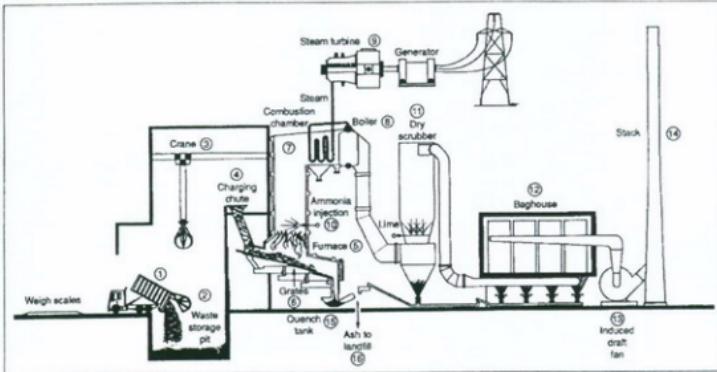
- پذیرش زباله ورودی
- پیش‌پردازش^(۷) زباله (در داخل واحد و یا خارج از آن، در صورتی که نیاز باشد)
- بارگذاری زباله به ابتدای خط فرآیند
- عملیات حرارتی^(۸) زباله
- بازیافت انرژی و تبدیل آن

- تصفیه گازهای حاصل از احتراق
- مدیریت مواد حاصل از تصفیه گازها
- تخلیه گازهای حاصل از احتراق به اتمسفر
- مانیتورینگ و کنترل گازهای خروجی

- کنترل و تصفیه فاضلاب (مانند آبهای سطحی، شیرابه^(۹) خروجی از کف انبار، آب استفاده شده در تصفیه گازها)

- مدیریت و دفع مواد جامد بر جا مانده از آنجایی که اغلب واحدهای زباله‌سوزی به صورت ۲۴ ساعته و در هفت روز هفته کار می‌کنند، سیستمهای کنترلی و برنامه‌های سرویس و نگهداری، نقش بسیار مهمی در حفظ قابلیت دسترسی آنها ایفا می‌کنند.

شکل (۱) نشان دهنده نمای شماتیک یک واحد استحصال انرژی از زباله جامد شهری



شکل (۱): نمای توصیفی عملکرد یک واحد زباله‌سوز مدرن از نوع توده‌سوز [۱۶]

(هوای روی آتش^۱) تأمین می‌گردد. از آنجایی که بیشتر زباله‌های آلی از نظر حرارتی ناباید را هستند، طی فرآیند احتراق (مورت گرفته در کوره، گازهای گوناگونی تولید می‌شود که همراه با ذرات ریز مواد آلی به محفظه احتراق^۲ (Y) رفته، در آنجا در دمایان بالای ۸۵۰ درجه سانتیگراد می‌سوزند. حرارت گازهای حاصل از احتراق توسط لوله‌های محتوی آب دیواره‌های محفظه احتراق (دیواره‌های آبی^۳) و دیگر بخش‌های بویلر (A) بازیافت شده، تولید بخار خشک با فشار و دمای بالا می‌نماید، که نهایتاً توسط یک مجموعه توربین – ژنراتور (G) به الکتریسیته تبدیل می‌گردد. هنگامی که محتوای رطوبت زباله بیش از ۵۰ درصد باشد، ممکن است نیاز به سوخت کمکی باشد. همه زباله‌سوزهای جدید مجهز به تجهیزات کنترل آلودگی هوای^۴ می‌باشند. این تجهیزات

تهیه سوختهای مشتق از زباله، نیازمند عملیاتی است که توسط تجهیزات مجازی صورت می‌گیرد. فلاتر و دیگر مواد غیر قابل احتراق از جریان زباله جدا می‌شود. زباله بر جا مانده خرد شده و تبدیل به قطعات ریزی می‌شود. اگرچه این فرآیند مستلزم صرف انرژی و هزینه بیشتری است، لیکن حاصل آن یک سوخت سازگارتر است، لیکن حاصل آن یک سوخت سازگارتر است، که نوسانات دمایی کمتری را در کوره موجب می‌گردد. زباله‌های جامد از شوتر تغذیه به روی شبکه‌ها^۵ (E)، که محل سوختن آنها است، می‌افتدند. انواع گوناگونی از شبکه‌ها وجود دارند، که بسته به نوع زباله‌سوز و زباله ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هوای احتراق توسط یک فن دمنده^۶ (F) که مکش آن در محل تخلیه (ایبار موقت) زباله است به داخل کوره (و محفظه احتراق) دمیده می‌شود. به این ترتیب محل تخلیه نسبت به بیرون در یک فشار منفی قرار گرفته، جریان هوایمواره به سمت داخل بوده، و از انتشار غبار و بو به بیرون جلوگیری می‌شود. بسته به شرایط کوره و درجه حرارت آن، هوای احتراق از زیر شبکه‌ها (هوای زیر آتش^۷) و یا از بالای آنها

- 1- Grates
- 2- Forced Draft Fan
- 3- Under-Fire Air
- 4- Over-Fire Air
- 5- Combustion Chamber
- 6- Waterwalls
- 7- Air Pollution Control Devices (APCD)

۱۴- سوز توده‌ای اوری فن-

عبارت توده سوز در ابتداء به زیاله سوز های اطلاق می شد که زیاله جامد شهری را بدون انجام هر گونه پیش پردازشی، بجز برداشتن اجسام حجمی می سوزانند. وجه تمایز این زیاله سوز ها در آن است که آنها سوخت را در یک محفله احتراق واحد می سوزانند. در حال حاضر چندین نوع زیاله سوز، قادر به سوراندن زیاله بردازش نشده می باشند که بررسی نوع کوره (سیستم احتراق) به دو دسته شیکه متفرق و کوره دوار تقسیم می شوند:

این زیاله سوزها به صورتی فراگیر برای سوزاندن زیاله های جامد شهری مخلوط به کار می روند. تقریباً ۹۰ درصد تأسیسات عملیات حرارتی زیاله در اروپا را زیاله سوزهای شبکه ای تشکیل می دهند. در این نوع زیاله سوز، زیاله جامد شهری بر روی شبکه ای قرار می گیرد که در مقنه احتراق حرکت کرده، موجبات سوخته شدن زیاله را فراهم می سازد. دو نوع عمده این زیاله سوزها عبارتند از:

۱-۱-۱-۱-۱۴- سیستم توده‌سوز یا دیواره‌های نسبت

این سیستم، در حقیقت نوع قدیمی تر زیالمسوزها را، که در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ رایج بودند، مشخص می نماید. هدف اصلی این زیالمسوزها کاهش تا ۹۰ درصدی حجم زیال بود. این تجهیزات عموماً

- 1- Dry Scrubber
 - 2- Bag-house (or Fabric) Filter
 - 3- Induced Draft Fan
 - 4- Stack
 - 5- Hopper
 - 6- Mass Burn
 - 7- Modular
 - 8- Mass Burn Refractory Walls (MB-REF)
Incinerator

ممکن است شامل سیستم تزیری آمونیاک (۱۰) برای کنترل اسیدیهای نیتروژن (NO_x)، تعیز کننده خشک (۱۱) برای کنترل گازهای اسیدی و گاز SO_2 و یک فیلتر کیسه‌ای (۱۲) برای حذف ذرات باشد. برای جرمان افتهای ناشی از عبور گازهای حاصل از احتراق از تجهیزات کنترل الودگی هوا، همینطور تأمین هوای محفظه احتراق، ممکن است نیاز به یک فن مکننده (۱۳) باشد. محمولات نهایی احتراق، گازهای حاصل از احتراق و خاکستر است. گازها پس از تصفیه از طریق دودکش (۱۴) به انفسر تخلیه می‌شوند. خاکستر و مواد نوشته از شبکه‌ها به داخل قیف^۵ مواد باقیمانده (۱۵) که در زیر شبکه‌ها قرار گرفته است ریخته، در آنجا با آب سرد می‌شوند. خاکستر معلق (دوده/ غبار) جذب شده توسط تعیز کننده خشک و فیلتر کیسه‌ای، با خاکستر کوره محلول شده، به تجهیزات تصفیه خاکستر (۱۶) هدایت می‌شود.

برای آنکه یک زیاله‌سوز مدرن به خوبی عمل کند، علاوه بر واحدهای عملکردی فوق، یک مجموعه کامل ابزار دقیق شامل ترمومترها، فلومترها، فشارسنجها، آشکارسازها، هشداردهندها و انتقال دهندها، به انضمام یک سیستم کنترل کامل، مورد نیاز می‌باشد.

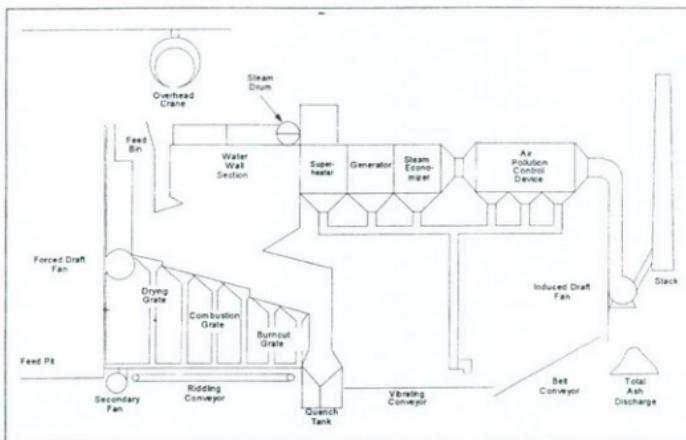
۱۴- انواع زیاله‌سوزها

زیاله‌سوزهای زیاله‌های جامد شهری را می‌توان در سه گروه کلی توده‌سوز^۰، مدلولار^۱ و با سوخت مشق از زیاله (RDF) دسته بندی نمود. اوربیای توده‌سوز و RDF سوز بیشتر در واحدهای بزرگ (با ظرفیت بیش از ۲۵ تن زیاله جامد شهری در روز)، و فن اوری مدلولار در واحدهای کوچکتر به کار می‌رond.

بالاتری را موجب می‌گردد. اطلاق دیواره‌های آبی از آن رو است که دیواره‌های کوره را یک سری لوله فولادی که به صورت عمودی در کنار هم قرار گرفته و آب از میان آنها عبور می‌کند تشکیل می‌دهد. حرارت حاصل از احتراق زباله سبب تولید بخار شده که می‌تواند برای تولید الکتریسیته یا نیازهای حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. زباله‌سوزهای توده‌سوز با دیواره‌های آبی، متدالوئرین نوع زباله‌سوز است که در واحدهای زباله‌سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرفیت نوعی این زباله‌سوزها ۱۲۰ تا ۷۲۰ تن در روز (۵ تا ۳۰ تن در ساعت) زباله جامد شهری است.^[۱۲] هر چند که تا ظرفیت ۱۲۰۰ تن در روز (۵۰ تن در ساعت) نیز ساخته می‌شوند.^[۱۰ و ۱۲] طرح شماتیکی از این نوع زباله‌سوز در شکل (۲) ارائه شده است.

فائد بولبر برای بازیافت حرارت (برای مقاصد تولید انرژی) بودند. در زباله‌سوزهای توده‌سوز با دیواره‌های نسوز، زباله جامد شهری از طریق یک شبکه متخرک و یا یک سیستم تغذیه کننده پیستونی^۱ وارد محفظه احتراق می‌شود. هوا از احتراق، افزون بر مقدار استوکیومتری، از زیر و بالای شبکه تأمین می‌گردد. امروزه تنها عدد اندکی واحد توده‌سوز با دیواره‌های نسوز در حال بهره‌برداری می‌باشند؛ بقیه تعطیل شده و یا کلّاً جمع شده‌اند.

۱-۱-۲-۲- تجهیزات توده‌سوز با دیواره‌های آبی^۲
در مقایسه با زباله‌سوزهای با دیواره‌های نسوز دارای احتراق کارآمدتری می‌باشند. اگرچه حاصل، کاهش مشابهی در حجم زباله می‌باشد، طرح زباله‌سوز با دیواره‌های آبی، با تأمین هوا احتراق به گونه‌ای کارآمدتر، درجه حرارت‌های



شکل (۲): طرح شماتیک زباله‌سوز توده‌سوز با دیواره‌های آبی^[۱۴]

- 1- Ram Feeding System
- 2- Mass Burn Waterwalls (MB-WW) Incinerator

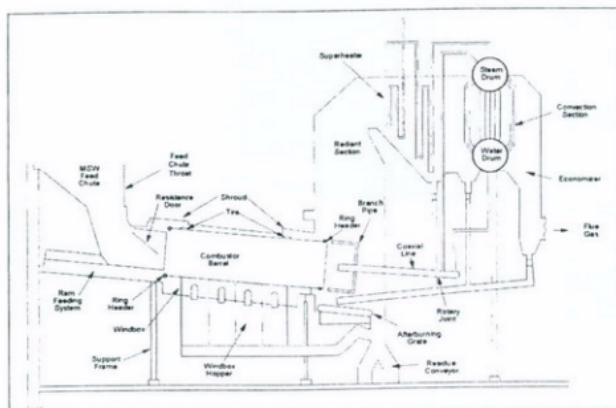
۱-۱۴-۲- زباله‌سوز توده‌سوز با کوره دوار

دارای یک کوره دوار خنک شونده با آب است. این کوره از یک محفظه احتراق بشکه مانند تشکیل شده که با شیب ۱۵ تا ۲۰ درجه نسبت به افق نصب می‌گردد. کوره از بالا توسط یک فشار دهنده هیدرولیکی تغذیه می‌شود. هواي احتراق پس از پیش گرمایش، از طریق ورودیهای متعددی که در کوره تعییه شده است وارد آن می‌شود. گردش آهسته کوره (۱۰ تا ۲۰ دور در ساعت) موجب چرخش زباله جامد شهری شده، به این وسیله سطح بیشتری از آن در معرض حرارت و شعله قرار گرفته، عمل احتراق کامل تر صورت می‌گیرد. این زباله‌سوزها می‌توانند به بولیر مجهز شده، برای استحصال ابرزی از زباله نیز مورد استفاده قرار گیرند. زباله‌سوزهای کوره دوار بسیار قوی بوده و تقریباً هر زباله‌ای را صرف‌نظر از نوع و ترکیب می‌سوزانند. این زباله‌سوزها، به ویژه به طور وسیعی، برای سوزاندن زباله‌های خطرناک و همچنین زباله‌ای بیمارستانی به کار می‌روند. این زباله‌سوزها کمتر

برای زباله‌های جامد شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. ظرفیت احتراق زباله‌سوزهای با کوره دوار از ۲۴ تا ۴۸۰ تن بر روز (۱۰/۰ تا ۲۰ تن بر ساعت) می‌باشد.^[۱۰] ظرفیت نوعی آنها بین ۱۰ تا ۳۵۰ تن در روز است.^[۱۳] شکل (۲) طرح شماتیکی از یک زباله‌سوز با کوره دوار مجهز به بولیر را نشان می‌دهد.

۱-۱۴-۳- فن آوری مدلار

زباله‌سوزهای مدلار نیز همانند زباله‌سوزهای توده‌سوز، زباله ورودی را بدون انجام هرگونه پیش‌پردازشی بر روی آن (بجز برداشتن اجسام حجمی) می‌سوزانند. این زباله‌سوزها دارای دو محفظه احتراق (یکی اولیه و دیگری ثانویه) می‌باشند که به صورت عمودی، بر روی هم نصب می‌شوند. ظرفیت احتراق زباله‌سوزهای مدلار بین ۴ تا ۲۷۰ تن زباله جامد شهری در روز است.^[۴] که نمایانگر زباله‌سوزهای در مقیاس کوچک می‌باشد. دو طرح اصلی سیستمهای مدلار عبارتند از:



شکل (۲): طرح شماتیک زباله‌سوز توده‌سوز با کوره دوار [۴]

تولید و انتشار مواد آلاینده، به ویژه آلاینده‌های آلی^۴ در تراز پایینی صورت گیرد. از این رو بسیاری از واحدهای مدولار موجود، به تجهیزات کنترل الودگی هوا مجهز نمی‌باشند. طرح شمانیک یک زیالوسور مدولار با هوای محدود در شکل^(۵) ارائه شده است.

۱۴-۳-فن‌آوری‌با‌سوخت‌مشتّه، از زیاله

این دسته از زیاله سوزوها، زیاله جامد شهری را به صورت پیش پردازش شده مورد استفاده قرار می دهند. این فرآیند معمولاً تنها در واحدهای سپیار بزرگ سوزاندن زباله به کار گرفته می شود.

سوخت مشقت از زباله (RDF)، در واقعه زباله جامد شهری است که اجزاء غیرقابل احتراق آن جدا شده، و به این ترتیب قابلیت احتراق آن افزایش یافته است. تهیه RDF، با دنال کرد: فآندها، خود کرد.^۵

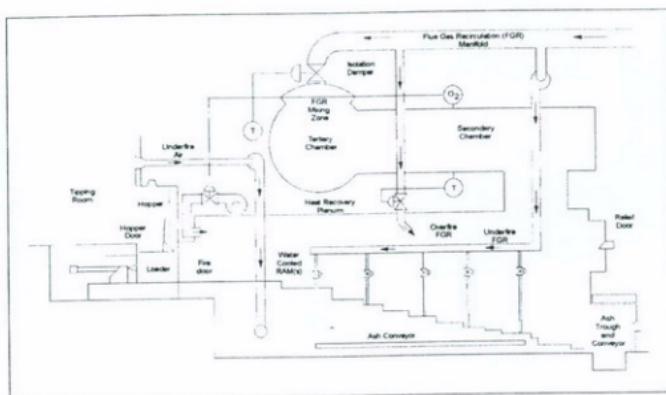
۱۴-۲-۱- سیستم مدولار با هواي اضافه

این سیستم مشکل از دو محفظه احتراق اولیه و ثانویه است که هر دو آنها با هوای احتراق بیشتری نسبت به مقدار استوکیومتری (ممولاً با ۱۰۰ تا ۲۵۰ درصد هوای اضافه) عمل می‌کنند (شکار، ۴).

۱۴-۲-۲- سیستم مدولار یا هوای محدود

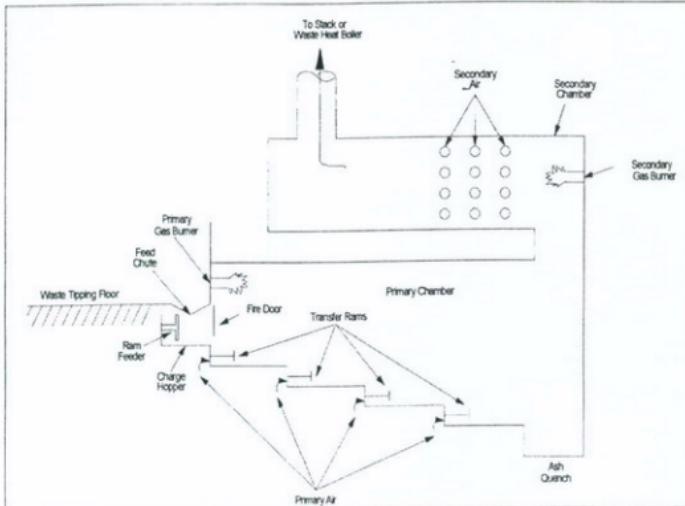
۱۰۷

در این سیستم هوای تأمینی محفظه احتراق اوپلیس، در حد مقدار استوکیومتری است. محصولات احتراق ناقص، به همراه گازهای حاصل از احتراق، از محفظه احتراق اوپلیس به محفظه احتراق تانویه-رفته، در آنجا به علت وجود دمای بالای ناشی از سوزاندن یک سوتخت کمکی (عممولًا گاز طبیعی)، احتراق کامل شود. درجه حرارت بالا و یکنواخت محفظه احتراق، همراه با اختلاط آشفته^۲ گازهای حاصل از احتراق، سبب میگردد که



شکل (۴): طرح زباله‌سوز مدولار با هوای اضافه [۴]

- 1- Excess Air System
 - 2- Starved (or Controlled) Air System
 - 3- Turbulent Mixing
 - 4- Organic Contaminants
 - 5- Shredding



شکل (۵): طرح زباله‌سوز مدولار با هوای محدود و سیستم تغذیه پیستونی [۴]

بوده و حرکت عقب - جلو آن در داخل کوره به گونه‌ای تنظیم می‌شود که بیشتر زباله‌ها (RDF) روی دو سوم قسمت عقب شبکه قرار گیرند تا زمان بیشتری برای کامل شدن فرآیند احتراق داشته باشد.

برای تداوم فرآیند احتراق، هوا از زیر و بالای شبکه تأمین می‌گردد. این زباله‌سوزها نوعاً با ۸۰ تا ۱۰۰ درصد هوای اضافی عمل می‌کنند. دیواره‌های متسلک از لوله‌های آب، یک سوپرهیتر^۱ و یک اکونومایزر^۲ نیز برای بازیافت حرارت حاصل از احتراق و تولید بخار به کار می‌روند.

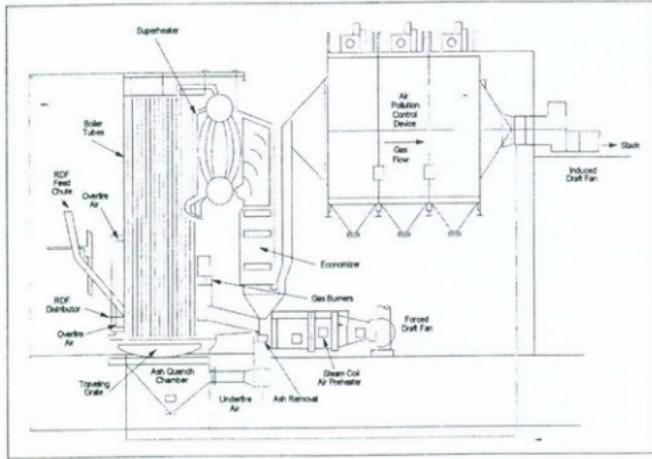
شکل (۶) طرح شماتیکی از این نوع زباله‌سوز را نشان می‌دهد.

تفکیک کردن^۳ و برداشت فلزات، به منظور تولید یک سوت مترالکم و یا قالب و اندازه یکنواخت از زباله جامد شهری، صورت می‌گیرد. سه نوع اصلی سیستم زباله‌سوزی با سوت مشتقات از زباله در ذیل به اختصار معرفی شده‌اند:

۱-۳-۱۴- سیستمهای مختص RDF

در این زباله‌سوزها که صرفاً برای سوزاندن RDF طراحی می‌گردند، در واقع از یک بویله با سیستم تغذیه سوت پخش کننده^۴ (موردن استفاده در واحدهای با سوت زغال سنگ) استفاده می‌شود. قطعات RDF از طریق یک شوتر تغذیه با استفاده از توزیع کننده‌های گرداننده در هوا^۵ به داخل محضه احتراق خورانده می‌شوند؛ که این خود سبب احتراق بشکی از RDF‌ها در حالت تعليق و قبل از افتادن روی شبکه می‌گردد. شبکه، متحرک

- 1- Sorting
- 2- Spreader-Stoker Boiler
- 3- Air-Swept Distributors
- 4- Superheater
- 5- Economizer



شکل (۶): طرح شماتیک زباله‌سوز RDF سوز با سیستم تقدیمه سوخت پخش کننده [۴]

می‌شود به صورت معلق درآمده و اطلاق اصطلاح شناور نیز به همین سبب می‌باشد. هوای احتراق به میزان ۱۰۰ درصد مقدار استوکیومتری، از بالای ماسه‌های معلق دمیده می‌شود. این زباله‌سوزها نوعاً با ۳۰ تا ۱۰۰ درصد هوای اضافه عمل می‌کنند. دو طرح اصلی این فن‌آوری عبارتند از:

۱- با بستر جوشان^۴

۲- با بستر گردشی^۵

این زباله‌سوزها عموماً مجهز به تجهیزات بازیافت حرارت و تولید بخار می‌باشند. طرح یک زباله‌سوز با بستر شناور در شکل (۷) نشان داده شده است.

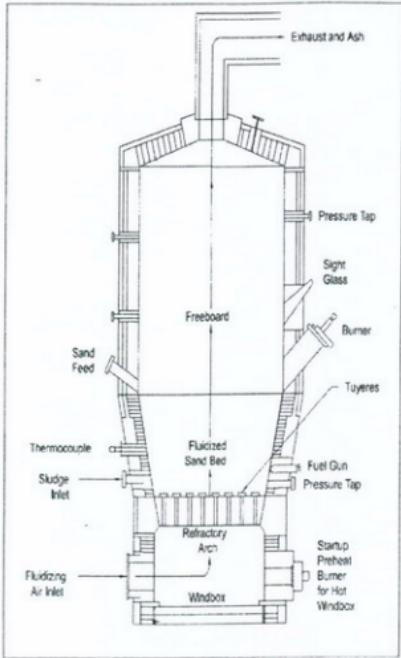
- 1- Co-Fired RDF Incinerator
- 2- Fluidized Bed RDF Incinerator
- 3- Semi-suspended
- 4- Bubbling Bed
- 5- Circulating Bed

۲-۳-۱۴- سیستمهای همسوزی (همسوزنده)

این زباله‌سوزها RDF را همراه با یک سوخت فسیلی می‌سورانند. RDF به علت سطح تماس بیشتر، واکنش‌های همچواری بیشتری را موجب می‌گردد. همسوزی RDF با ذغال سنگ، به علت رفتار بازدارنده گوگرد موجود در زغال سنگ، منجر به کاهش میزان تولید دی‌اکسینهای می‌شود.

۳-۳-۱۴- سیستمهای RDF سوز با بستر شناور^۶

این زباله‌سوزها، زباله را در یک بستر با جرمیان آشفته و نیمه معلق^۷ ماسه می‌سورانند. زباله‌های جامد شهری ممکن است به صورت خام (پیش‌پردازش نشده) و یا به صورت RDF از محلهایی که بر روی دیواره محفظه احتراق برای همین منظور تعبیه شده است به داخل و روی بستر شناور تزریق گرددند. بستر ماسه‌ای توسط هوای پرسرعتی که از زیر دمیده



شكل (٧): طرح زباله سوز RDF سوز باسترن شناور [٤]

and Best Environmental Practices (BEP) for the Incineration of Municipal Waste", October 2003.

5) Friends of the Earth, "Greenhouse Gases and Waste Management Option", 2000.

6) U. S. DOE, Letter to IWSA from David Garman, 04/23/2003.

7) U. S. EPA, Letter to IWSA from Marianne Horinko & Jeffrey Holmstead, 02/14/2003.

8) People & Planet, "Green Power Options", 2002.

9) U. S. National Archives and Records Administration, Office of Federal Register, 40CFR Part 60, December 2005.

مراجع

- 1) Andrew Knox, "An Overview of Incineration and EFW Technology as Applied to the Management of Municipal Solid Waste (MSW)", Ontario, 2005.
- 2) INTUSER, "Geothermal Energy and Other Distinctive Energy Sources", 2005, (www.intuser.net/6/1/WP6_df_version.pdf).
- 3) Dionel O. Albina, "Theory and Experience on Corrosion of Waterwall and Superheater Tubes of Waste-to-Energy Facilities", Columbia University, August 2005.
- 4) UNEP, "Draft Guidelines on Best Available Techniques (BAT)

- 10) The World Bank, "Municipal Solid Waste Incineration" (Technical Guidance Report), Washington, D. C. , 1999.
- 11) P. Rademarkers, W. Hesseling, J. van de Wetering, "Review on Corrosion in Waste Incinerators, and Possible Effect of Bromine", TNO Report, 2002.
- 12) Nolan ITU Pty Ltd, "Guideline for Determining the Renewable Components in Waste for Electricity Generation", 2001.
- 13) "Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration", Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, European Commission, August 2006.
- 14) Directive of the European Parliament and of the Council on "the Incineration of Waste" (2000/76/EC), December 2000.
- 15) InfoMil, "Dutch Notes on BAT for the Incineration of Waste", 2002.
- 16) "Environmental Engineering", fifth edition, Edited by Joseph A. Salvato, Nelson L. Nemewow, and Franklin J. Agardy, 2003, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, Section 5.

آقای علیرضا شفیعی ده آباد فارغ التحصیل رشته مهندسی مکانیک (گرایش حرارت و سیالات) از دانشگاه صنعتی شریف در مقاطعه کارشناسی است. ایشان جمما ۱۹ سال تجربه کاری در زمینه های نفتی و نیروگاهی داشته و از سال ۱۳۸۵ همکاری خود را با قدس نیرو آغاز نموده است. زمینه کاری امور علاقه آقای شفیعی انرژی های نو می باشد.

Email:
alishafiei@ghods-niroo.com

کاربرد نرم افزار HYSYS در نیروگاه

شهراب والا منش

کارشناس شیمی - مدیریت ارشد مهندسی نیروگاههای بخار و انرژی های نو

چکیده

در صنعت امروز ممده خدمات طراحی و مهندسی بواسطه نرم افزارهای تخصصی انجام می شود. این نرم افزارها در تمام شاخه های مهندسی گسترش یافته اند و امکانات زیادی را به کاربران خود ارائه می دهند. محاسبات مربوط به طراحی واحد های صنعتی و بررسی رفتار واحد در زمان نوسان پارامترهای اساسی قبل از ساخت آن یکی از برجسته ترین قابلیت های نرم افزارهای شبیه ساز می باشد. در این مقاله به بحث در مورد کاربرد نرم افزارهای شبیه ساز در پخش نیروگاه و بویژه معرفی نرم افزار Hysys پرداخته شده است. لازم بذکر است کلیه محاسبات مربوط به سیستم خنک کننده واحد تولید هیدروژن سایت طالقان توسط این نرم افزار و در مهندسین مشاور قدس نیرو انجام گرفته است.

۱- مقدمه

مهندسی در سایر واحد های صنعتی از جمله نیروگاه استفاده نمود.

بانک اطلاعاتی نرم افزار Hysys حاوی کلیه اطلاعات فیزیکی، شیمیایی و بطور کلی ترمودینامیکی عناصر و بیشتر ترکیبات سنتزی که در صنایع مختلف کاربرد دارند می باشد. همچنین کلیه معادلات حالت پارامترهای سینتیکی، ضرایب انتقال حرارت و ... جزء بانک اطلاعاتی این نرم افزار می باشد. به عنوان مثالی ساده می توان به محاسبه توان یک کمپرسور گاز اشاره نمود.

توان مورد نیاز جهت فشرده کردن یک جریان گاز به پارامترهای زیر بستگی دارد:

۱- میزان جریان گازی که در واحد زمان

فسرده می شود

۲- تراکم پذیری گاز

۳- ضریب تراکم کمپرسور یا میزان افزایش فشار گاز که مدنظر می باشد.

در زمان انجام محاسبات با توجه به روش محاسبه، ضرایب و فرضیات دیگری نیز در پاسخ نهایی محاسبات مؤثر می باشند که در

اصل کلی نرم افزارهای شبیه ساز مبتنی بر انجام محاسبات بسیار زیاد و دقیق بر پایه اطلاعاتی است که طراحان نرم افزار در بانک اطلاعاتی نرم افزار ذخیره کرده اند. یکی از قویترین و کاربردی ترین نرم افزارهای تولید شده که برای طراحی و شبیه سازی واحد های صنعتی به کار می رود نرم افزار Hysys می باشد. کاربرد عمده این نرم افزار، تحلیل رفتار سیالات در واکنشهای شیمیایی (احتراق، تجزیه و ...) و فرآیندهای مکانیکی (انتقال سیال، جداسازی و ...) و انتقال حرارت (ظرفیت مبدل های حرارتی، کولرها، هیترها و ...) می باشد. به طور کلی این نرم افزار قادر است بخش عمده ای از محاسبات فنی را که در طراحی یک واحد صنعتی مورد نیاز است انجام دهد.

۲- شبیه سازی فرآیند

در حال حاضر کاربرد عمده نرم افزار Hysys در حوزه نفت و گاز می باشد، ولی می توان از قابلیتهای آن جهت انجام بسیاری از محاسبات

تعریف کند که سایر پارامترها قابل محاسبه باشند. به عنوان مثال برای یک جریان سیال، آگر دو پارامتر از بین سه پارامتر دما، فشار و **Mole Fraction** مشخص شود، سایر پارامترهای وابسته توسط نرم افزار محاسبه می‌شوند. سپس با مشخص کردن فشار جریان خروجی از کمپرسور اول اتسام پارامترهای جریان خروجی، ثانیاً توان مورد نیاز کمپرسور مشخص می‌شود.

با توجه به نیاز کاربر از این نرم افزار می‌توان در سطوح مختلفی استفاده نمود، یعنی از ورودیها و خروجیهای اصلی یک واحد تا جزئی ترین مشخصات تجهیزات داخلی می‌توان از قابلیتهای نرم افزار Hysys استفاده کرد. به عنوان مثال دیگر یک واحد گازی تولید برق را در نظر می‌گیریم. در این واحد با استفاده از نرم افزار Hysys می‌توان با توجه به میزان گاز صحرافی واحد، میزان تولید برق را محاسبه نمود. در همین واحد می‌توان کلیه پارامترهای فرآیندی را در مورد کلیه تجهیزات اعم از محفظه احتراق، توربین، مبدلها، میکسرها و ... محاسبه نمود.

در یک واحد گازی ابتدا جریان گاز از طریق خط لوله اصلی وارد استنگاه تقلیل فشار گاز شده و بعد از اختلاط با هوا یا اکسیژن به طرف محفظه احتراق هدایت می‌شود (شکل ۱). در فرآیند احتراق، ماده سوختنی که در اینجا گاز طبیعی می‌باشد با اکسیژن ترکیب شده و تولید بخار آب و گاز دی اکسید کربن می‌نماید. البته این در حالتی است که واکنش کامل انجام شود که در اغلب موارد این اتفاق نمی‌افتد، بنابراین درصدی به عنوان راندمان احتراق در نظر گرفته می‌شود که در این صورت منواکسید کربن نیز به محصولات

اینجا از آن صرف‌نظر می‌شود. بسیاری از اطلاعات مورد نیاز جهت انجام محاسبه مورد نظر جزء اطلاعاتی است که بستگی به ماهیت و رفتار گاز در شرایط مختلف دارد و با توجه به نوع محاسبه از روشهای متفاوتی محاسبه می‌شوند. در نرم افزار Hysys کلیه اطلاعات مورد نیاز که به ماهیت گاز بستگی دارد در بانک اطلاعاتی نرم افزار موجود بوده و محاسبه توان لازم جهت فشرده کردن یک گاز یکی از ابتدایی ترین محاسباتی است که امکان دارد مهندس طراح از آن استفاده نماید.

جهت محاسبه توسط نرم افزار ابتدای نوع گازی که جهت عملیات فشرده سازی مورد نظر است از بانک اطلاعاتی Hysys انتخاب می‌گردد. در مرحله بعد، باید معادله حالت را که گاز با توجه به ماهیت خود و فرآیند مورد نظر از آن پیروی می‌کند از بین معادلات حالت متعددی که از پیش در بانک اطلاعاتی Hysys تعریف شده انتخاب نمود. یکی از معادلات حالت که برای بیشتر فرآیندهای کاربرد دارد و اکثر سیالات نیز از آن پیروی می‌کنند معادله حالت Peng – Robinson می‌باشد.

تطابق رفتار سیال با معادله حالت انتخاب شده توسط نرم افزار کنترل می‌شود و با توجه به اینکه انتخاب اشباع معادله حالت، منجر به خطای زیادی در نتیجه محاسبه می‌شود، در صورت انتخاب نادرست معادله، نرم افزار از استفاده آن توسط کاربر ممانعت می‌کند. به طور کلی آشنایی مهندس فرآیندی که در حال انجام محاسبه یا شبیه سازی یک فرآیند است در انتخاب درست معادله حالت، بیشترین تأثیر را دارد. پس از انتخاب معادله حالت و نوع گاز، مشخصات جریان ورودی به سیستم مشخص می‌شود. کاربر نرم افزار باید اطلاعات مربوط به جریان را با توجه به درجه آزادی آن تازمانی

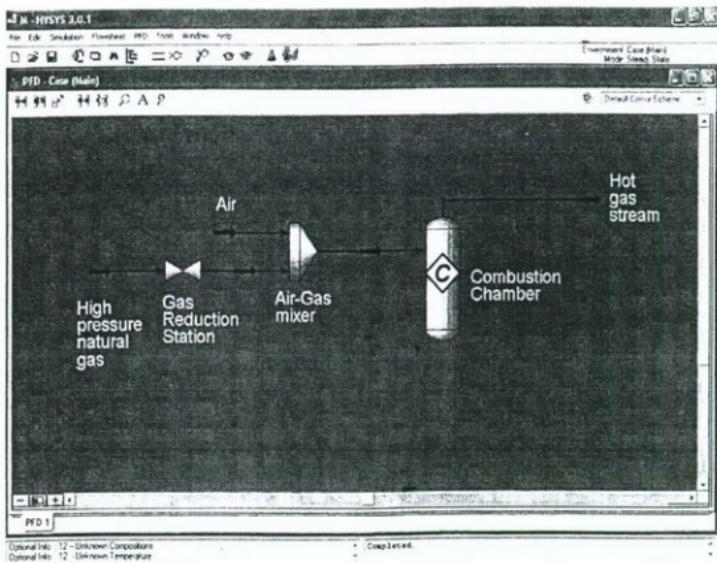
احتراق و گرمای حاصل از احتراق را محاسبه نماییم.

در صورتیکه از جریان هوا برای احتراق استفاده شود، مقداری از گرمای حاصل از احتراق، جذب نیتروژن (که در هوا وجود دارد) می شود. به همین دلیل سیستمهایی که از اکسیژن به جای هوا در فرآیند احتراق استفاده می کنند دارای راندمان بالاتری می باشند. در این حالت فرض می کنیم که مقادیر جریان مورد نظر در نرم افزار Hysys میزان گرمای حاصل از احتراق بدست می آید:

- Components: Methane, Oxygen, Nitrogen, Water
- Basic equation: Peng – Robinson

احتراق اضافه می شود. همچنین در صورت وجود ناخالصی، محصولات دیگری نیز به محصولات احتراق اضافه می شوند که از اکسیدهای گوگرد در این مورد می توان نام برد. در صورت وجود آنالیز کامل جریان گاز ورودی کلیه محصولات احتراق با مشخصات کامل از قبیل مقدار جریان، دما و فشار توسط نرم افزار قابل محاسبه می باشند، ولی در این مثال به علت کاهش حجم محاسبات، فرآیند احتراق را به صورت کامل و با جریان گاز متان خالص فرض می کنیم و فقط ضریب بازدهی محفظه احتراق را در نظر می گیریم.

برای محاسبه میزان انرژی تولید شده می توانیم با مشخص کردن ترکیب جریان گاز و مقدار آن، دو پارامتر میزان اکسیژن مورد نیاز جهت



شکل (۱)

مقداری از انرژی همراه جریان خروجی از محفظه احتراق گرفته شود نتیجه این دو عمل در مورد سطح انرژی جریان ورودی به توربین یکسان خواهد بود. البته انتخاب روش شبیه سازی در اینگونه موارد کاملاً به نتیجه مورد نظر از شبیه سازی فرآیند بستگی دارد.

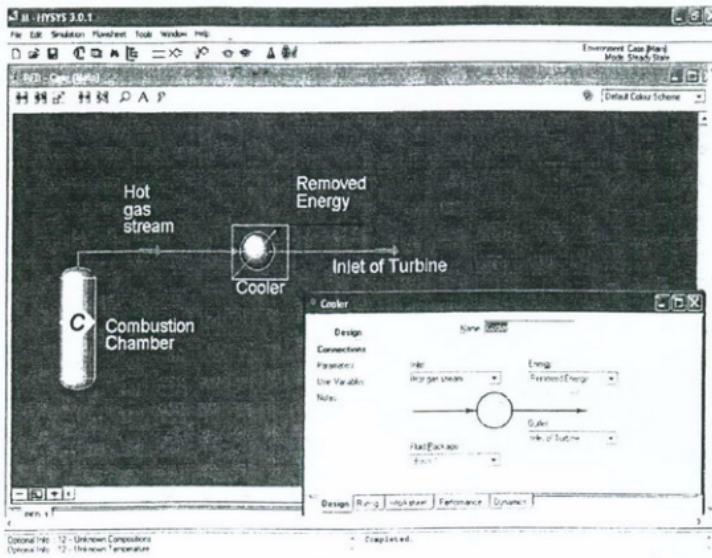
در این مثال اگر فقط هدف محاسبه میزان برق تولیدی توسط جریان گاز باشد می توان از روش اضافه کردن کولر استفاده کرد ولی اگر در نتیجه محاسبات میزان آلاینده ها و اثرات آنها بر طراحی تجهیزات مورد نظر باشد باید از روش احتراق ناقص استفاده کرد. در این مثال چون هدف صرفاً محاسبه برق تولیدی توسط توربین می باشد از روش افزودن کولر استفاده می کنیم که Flow diagram آن به صورت شکل (۲) در می آید:

برای محاسبه میزان انرژی الکتریکی در این قسمت که توسط یک توربین گازی تولید می شود نیز می توان از مدل های نرم افزاری Hysys استفاده کرد. با تعریف یک تجهیز مولد انرژی و کاهش دهنده فشار که همان توربین می باشد می توانیم محاسبات مربوط به تولید انرژی را در این قسمت انجام دهیم. مقدار انرژی که از عبور یک جریان گازی در یک توربین تولید می شود در واقع اختلاف سطح انرژی جریان های ورودی و خروجی به توربین می باشد. در صورتی که بازدهی توربین را ۱۰۰٪ در نظر بگیریم، مقدار انرژی دقیقاً با اختلف سطح انرژی دو جریان ورودی و خروجی می باشد و از آنجا که هیچ فرآیند انتقال انرژی با بازدهی ۱۰۰٪ وجود ندارد، طبعاً برای همه تجهیزات از جمله توربینها نیز ضریبی به عنوان راندمان تعریف می شود. در نرم افزار Hysys میزان انرژی تولید شده توسط یک توربین به طریق ذیل محاسبه می شود.

خروجی محفظه احتراق یک جریان گازی با انرژی بالا می باشد که این جریان انرژی خود را توسط یک توربین به انرژی جنبشی تبدیل می کند و در واقع باعث چرخش یک توربین می شود و در نتیجه جریان خروجی از توربین دارای سطح انرژی پایین تر نسبت به جریان ورودی می باشد که این اختلاف با کاهش دما و فشار در جریان خروجی مشخص می شود. در نرم افزار Hysys در قسمت فرآیند احتراق، پس از مشخص کردن جریان ورودی و شرایط احتراق، مشخصات جریان خروجی محاسبه می شود که شامل دمی جریان، دما، فشار و سایر مشخصات وابسته می شود.

در محفظه های احتراق نیز پارامترهایی به عنوان بازدهی محفظه احتراق تعریف می شود. به این ترتیب که ارزش حرارتی خالص حاصل از احتراق سوخت محاسبه می شود. از طرفی میزان حرارت تولید شده در فرآیند احتراق واقعی که در محفظه احتراق صورت می گیرد نیز اندازه گیری می شود و به این ترتیب راندمان یک محفظه احتراق محاسبه می شود. در نرم افزار Hysys این ضریب را می توان به دو صورت اعمال نمود.

اول اینکه فرآیند احتراق را در محفظه احتراق با تنظیم میزان اکسیژن و سوخت به گونه ای تنظیم کنیم که مقداری از سوخت به طور ناقص در واکنش شرکت کند که این عمل باعث می شود ترکیبات خروجی محفظه احتراق تغییر کرده و در فرآیند شبیه سازی نیاز به اضافه کردن تجهیزات بیشتری مانند Component Splitter داشته باشیم. روش دیگر اعمال پارامتر راندمان در نظر گرفتن فرآیند احتراق بصورت کامل می باشد با این تفاوت که در مسیر خروجی محفظه احتراق یک کولر فرضی را در نظر بگیریم که در آن



شکل (۲)

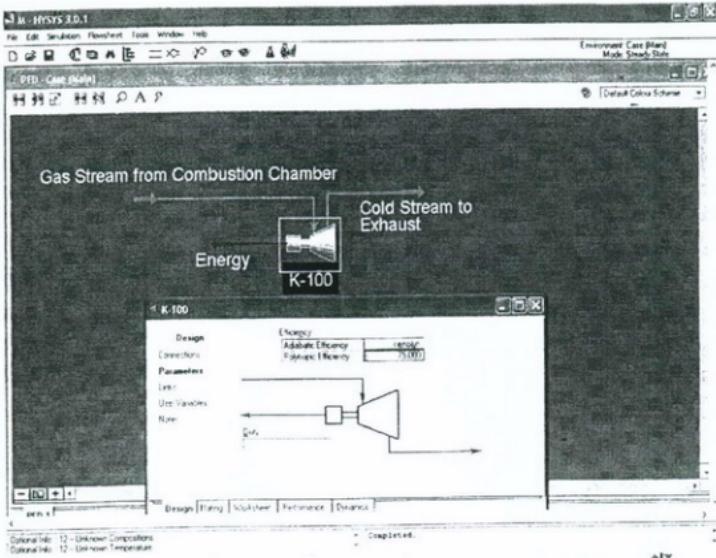
قوانين ترمودینامیک وضعیت جریان خروجی را محاسبه کرده و مشخص می‌کند.

- حالت دوم اینکه ابتدا مشخصات جریان خروجی را برای نرم افزار تعريف می‌شود که در این حالت با توجه به وضعیت جریان خروجی و ورودی و بازدهی توربین مقدار انرژی که از جریان گازی که به توربین منتقل می‌شود محاسبه می‌گردد.

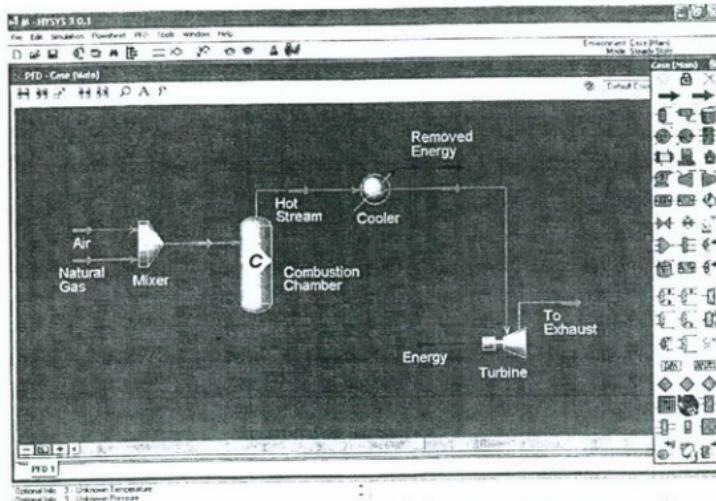
عموماً در طراحی‌ها از آنچنانکه برای مشخصات جریان خروجی از نظر دما و فشار محدودیت وجود دارد شکل دوم مطرح می‌شود و با مشخص کردن کیفیت جریان خروجی از توربین مقدار افزار داده می‌شود. در این مرحله می‌توان دو انتزاعی بدست آمده محاسبه می‌گردد. بنابراین با یکپارچه کردن مراحل مختلف شبیه سازی، یک واحد تولید برق گازی Block diagram آن صورت به شکل (۴) در می‌آید.

جریان ورودی به توربین که در این حالت همان جریان خروجی از محفظه احتراق می‌باشد تعريف می‌شود (شکل ۳). در این مثال با توجه به اینکه تمام پارامترهای این جریان در قسمت محفظه احتراق محاسبه گردیده است، کافی است که این جریان به توربین متصل شود. سپس بازدهی توربین که جزء مشخصات تجهیز می‌باشد و توسط کارخانه سازانده مشخص می‌گردد (این ضریب معمولاً در محدوده $0.07 - 0.12$ می‌باشد). به عنوان اطلاعات اولیه به نرم افزار داده می‌شود. در این مرحله می‌توان دو حالت را در نظر گرفت:

- حالت اول اینکه مقدار انرژی را که مدنظر می‌باشد برای مجموعه تعريف کرده، سپس نرم افزار با استفاده از معادلات حالت و



شكل (٣)



شكل (٤)

خواهد کرد، سپس این تغییر در جریان خروجی از توربین و در نهایت میزان تولید برق واحد موثر خواهد بود که تمام این تغییرات توسط نرم افزار حسابه می‌شود و امکان بررسی رفتار واحد را به طرح می‌دهد.

همانطور که ملاحظه می‌شود از قابلیت‌های این نرم افزار می‌توان در کلیه قسمت‌های واحدهای صنعتی استفاده نمود.

که نتایج حاصله از آن به شرح زیر می‌باشد:

Gas stream specification, before air gas mixer:

T: 25°C.

P: 23 bar

Flow: 42,000 $\frac{\text{Nm}^3}{\text{hr.}}$

Gas stream specification, after cooler:
T: 1100°C.

P: 23 bar

Flow: 122,200 $\frac{\text{Nm}^3}{\text{hr.}}$

Gas stream specification, after turbine:

T: 645°C

p: 1 bar

Electrical power production (143.1) MW

- نتیجه گیری

با توجه به کاربرد وسیع نرم افزار Hysys و قابلیت‌های آن در انجام خدمات مهندسی در بخش‌های مختلف لازم است تا در این مورد آموزش‌های لازم صورت گیرد و بتوان گیفیت خدمات مربوط به بخش طراحی و مهندسی را ارتقاء داده و در سطح مطلوب نگاه داشت.

مراجع

- Simulation of a gas power plant, Jose' M. Robles. Department of chemical engineering of NTNU, Trondheim, Norway.

آقای شهاب والا منش دارای مدرک کارشناسی مهندسی شیمی از دانشگاه شیبراز بوده، جمعاً ۵ سال سابقه کار دارد که ۲ سال آن در قدس نیرو است. زمینه علاقمندی آقای والا منش شبیه سازی فرآیندهای شیمیایی و صنعتی می‌باشد.

Email:
svalamanesh@ghods-niroo.com

همانطور که قبل از اشاره شد هدف از شبیه‌سازی یک واحد گازی در این قسمت صرفاً محاسبه برق تولیدی واحد می‌باشد. در صورت نیاز می‌توان برای محاسبات سایر موارد مانند میزان الاینده‌ها یا میزان مصرف برق داخلی واحد جهت کولرها، میکسرها، پمپها و کمپرسورها نیز اضافه کرد. یکی از ویژگیها و اهداف شبیه سازی یک فرآیند، بررسی رفتار واحد برای ایجاد تغییر در یکی از پارامترها می‌باشد.

به عنوان مثال در شبیه سازی انجام شده می‌توان با تغییر دادن هر یک از مشخصات جریان گاز ورودی مانند فشار، دما، ترکیب، شدت جریان یا تغییر در مشخصات جریان خروجی از توربین، تغییر راندمان هر یک از تجهیزات و ... اثر آن را روی سایر پارامترها مشاهده کرد. مثلاً با تغییر میزان جریان هوای ورودی به محفظه احتراق متعاقباً ترکیب و مشخصات جریان گاز خروجی از آن تغییر

تکنولوژی RFID

سولماز حیری

کارشناس شبکه - مدیریت ارشد مهندسی صنایع نفت و گاز

چکیده

استفاده از تکنولوژی **RFID** (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) برای ارسال اطلاعات بین دستگاهها به صورت پنهان و سریع است. این فناوری از تکنولوژی هایی برای ارسال اطلاعات می باشد که در آن داده ها به صورت دیجیتالی از یک دستگاه به دیگر دستگاه منتقل شوند. این داده ها ممکن است از نوع داده های مخصوصی یا غیر مخصوصی باشند. این داده ها ممکن است از نوع داده های مخصوصی یا غیر مخصوصی باشند.

۱- مقدمه

RFID یک فناوری قابل انعطاف برای انجام عملیات خودکار در زمینه شناسایی می باشد و نسبت به دیگر روش های انتقال و رديابی اطلاعات از مزایای ویژه ای برخوردار است. RFID نیازی به نزدیکی گیرنده و فرستنده و تماس آنها با یکدیگر ندارد و در هر محیطی قابل استفاده می باشد. این تکنولوژی به طور همزمان اطلاعات را از Tag های مختلف دریافت کرده و به جامعیت اطلاعات و دسترسی به آن، کمک می نماید. هر Tag یک کد واحد دارد که آن را از بقیه مجزا می سازد. به همین دلیل تغییر یا جعل اطلاعات تقریباً غیر ممکن است.

۲- تاریخچه

پیشینه **RFID** به نیمه دوم دهه ۱۹۳۰ میلادی و ارتش آلمان بر می گردد. ارتش آلمان در شناسایی هواپیماهای خودی از هواپیماهای غیر خودی مخصوصاً در شب که دید چشمی

- (١) برجسپ (Tag)
 - (٢) برجسپ خوان (Reader)
 - (٣) آنتن (Antenna)
 - (٤) چاپگر (Printer)
 - (٥) نرم افزار (Software)

۱-۳ پرچسب

همانطور که ذکر گردید Tag و سیله شناسایی متصل شده به کالا، شیء یا فردی است که ما می‌خواهیم آنرا ریدایل کنیم. از آنجاییکه هر یک از کالاهای دارای اشکال و ظواهر گوناگونی هستند و نیز دارای محیطهای فیزیکی متفاوتی می‌باشند، این ضرورت را ایجاد می‌کنند تا Tag ها از نظر جنس نیز متفاوت باشند. بطورکلی می‌توان آنها را بصورت ذیل دسته‌بندی نمود:

الف- Tag هایی که دارای کفه پلاستیکی از PVC جنس می باشند و معمولاً در سمت آنها یک سوراخ دیده می شود که بسیار با دام بوده و می توان از آنها بارها و بارها استفاده نمود (شکل ۱).
 ب- Tag هایی که شبیه کارتنهای اعتباری هستند و معمولاً به آنها کارت های هوشمند دیده، تحسیس،^۱ گفته می شود (شکل ۲).

- ج- Tag هایی که بصورت لایه های کاغذی بر روی برقسپ می شوند که به آنها برقسپ های هوشمند گفته می شود (شکل ۳).
- د- Tag هایی که در محیط های قابل فرسایش (مثالاً آب یا مایع) به خوبی کار می کنند اینگونه Tag ها در کپسولهای شیشه ای قرار دارند (شکل ۴).
- ه- Tag های کوچک که در داخل اشیاء عمومی مثل لباس، ساعت، دستبند و ... کار گذاشته می شود. اغلب ممکن است به شکل یک کلید یا دسته کلید بینظیر برسند (شکل ۵).

تحقیق و توسعه علمی در زمینه ارتباطات توسط امواج انعکاسی متمرکز شود و قبل از هر چیز زمینه‌های مفید کاربرد آن مورد کاوش قرار گیرد. این مقاله اهمیت کاربرد امواج رادیویی را بیش از پیش روشن ساخت و پیشرفت در آینده را منوط به استفاده از این فناوریها دانست.

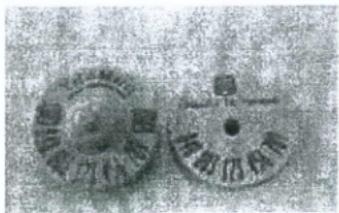
حق امتیاز (patent) شماره ۳۷۱۳۴۸
آقای ماریو کاردولوس (Mario Cardulos)
آمریکایی در سال ۱۹۷۳ را می‌توان بعنوان
پدر واقعی سیستم RFID مدرن دانست. این
طرح در مورد یک فرستنده/گیرنده رادیویی
با حافظه می‌باشد.

در سال ۱۹۷۵ فرایند RFID را فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز برای سامانه امانت کتاب در آزمایشگاه Los Alamos Scientific مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از این فناوری برروی موجودات زنده برای اولین بار بصورت آزمایشی در حیوانات به کار رفت. سپس در سال ۱۹۹۸ یک پروفیسور بریتانیایی آنرا بر روی انسان آزمایش کرد که موفقیت آمیز بود. بر روی مشتریان در کلوب های بارسلونا و روتردام، های Tag RFID نصب شد تا فقط افراد خاصی که دارای این Tag ها هستند اجازه ورود به آنجا را داشته باشند و بتوانند سفارش نوشیدنی بدeneند. Mexican Attorney General's office در سال ۲۰۰۴ بس روی ۱۸ نفر از اعضاخی خود برای کنترل دسترسی به اتاق اطلاعات مجرمانه، Tag های RFID نصب کرد. روی این ۱۸ نفر Tag هایی نصب شد که به اینها اجازه می داد تا وارد اتاق مجرمانه شده و از اطلاعات آن استفاده کنند.

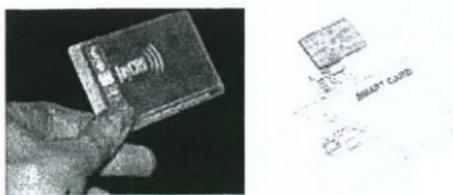
۳- تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز

RFID خلاصه رای احرای یک سیستم

بخشہای ذیل مود نیاز می باشند:



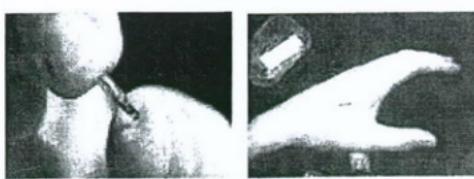
شكل (١)



شكل (٢)



شكل (٣)



شكل (٤)



شكل (٥)

همچنین Tag ها از نظر منابع تامین انرژی
نمی‌توان به سه دسته تقسیم کرد:
برای کاربردها و محیط‌های مختلفی طراحی
می‌گردد و بصورت آتنن قابل استفاده روی
میز، دروازه‌ای و در سایزهای مختلف تولید
می‌گردد. برای کاربردهای خاص می‌توان آتنن
خاصی طراحی نمود.

۴-۳- چاپگر

چاپگرها انواع برجسته‌های هوشمند RFID را
که شامل کدهای الکترونیکی محصول^۱
استاندارد همراه با خصوصیات مورد نیاز هر
برچسب است را جاپ می‌کنند و بر روی آنها
رمز می‌گذارند.

EPC شماره شناسایی منحصریفردی است که
به واسطه آن می‌توان اطلاعات منحصر به فرد
هر قلم کالا را بدست آورد. این کد قابل انتساب
با سایر سیستمهای شماره‌گذاری از جمله بارکد
است. این سیستم حجم عظیمی دارد بطوریکه
برآورده می‌شود اگر بخواهد روی تکنیک
دانه‌های برنج محصول کل دنیا برچسب
بچسباند سریالهای EPC RFID گنجایش
یک چنین ظرفیتی را دارد و هیچ دوگانه
برنجی را نمی‌توان با سریال مشابه پیدا کرد
(شکل ۷).

۵-۳- نرم فزار

نرم افزار واسطه، وظیفه مدیریت رویدادهای
شناسایی شده را که با بکارگیری کدهای
الکترونیکی یا EPC توسط Reader دریافت
شده (با پردازش داده‌ها، پالایش، فیلترینگ و
خلاصه نویسی از رویدادها) را بر عهده دارد. این
کار از طریق شبکه صورت می‌پذیرد (شکل ۸).

الف-Passive: عکس العملی کار می‌کنند. به
علت عدم وجود مواد مولد انرژی (مانند باتری)
خودشان امواج و اطلاعات را ارسال نمی‌کنند و
تها در هنگام دریافت امواج از Reader ها فعال
می‌شوند و داده‌ها را ارسال می‌کنند. در این
جاکبار داده‌ها به شکل EPC شارژ Tag
می‌شود و بعد از آن فقط، قابل خواندن هستند.
ب- Active: دارای باتری است و بصورت
خودکار، داده‌ها را در محیط اطراف و تا یک
شعاع معین، پیوسته منتشر می‌کند. این
Tag ها قابلیت خواندن و نوشتن را دارا
می‌باشند. طول عمر آنها ۵ تا ۱۰ سال است که
باین‌جا بازیابی قابل تعویض و یا حتی در بعضی
مدلهای قابل شارژ کردن می‌باشند. قیمت آنها از
حدود ۵ سنت تا ۱۰ دلار و بالاتر است و لی
پیش‌بینی می‌شود که در آینده تا ۲ سنت نیز
کاهش پیدا کند.

ج- Semi passive: علاوه بر استفاده از
باتری، می‌توانند از تکنولوژی Passive ها نیز
بهره‌مند شوند.

۲-۳- برچسب خوان (Reader)

RFID Scanner ها که گاهی به آن Reader
و یا RFID Interrogator نیز گفته می‌شود،
از طریق امواج رادیویی اطلاعات Tag ها را
خوانده و رمزگشایی می‌نماید Reader ها
شامل مدل‌های مختلفی از قبیل ثابت،
قابل حمل و یا قابل جاسازی در تجهیزات
می‌باشند (شکل ۶).

۳-۳- آتنن

آتنن ها جهت انتقال سیگنالهای رادیویی بین



شکل (۶)

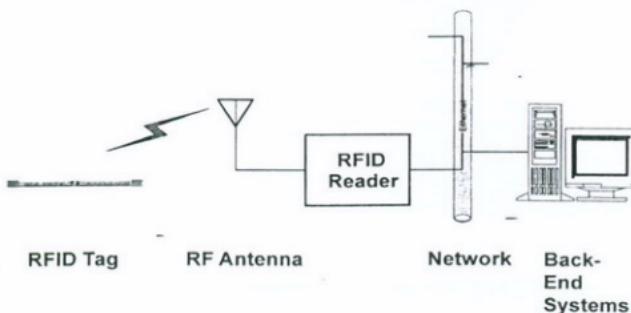


شکل (۷)

بصورت جدول (۱) دسته‌بندی می‌گردد.
های فرکانس پایین RFID برد کمتری را پشتیبانی می‌کنند و برای شناسایی و ردیابی، در حیوانات بکار می‌روند. Tag های فرکانس بالای RFID غالباً در کتابخانه‌ها، کتاب فروشی‌ها، ردیابی اسباب و جمدان‌ها در خطوط هوایی، کاربرد دارند. Tag های UHF، معمولاً جهت ردیابی زنجیره تامین از قبیل ردیابی جعبه‌ها، کانتینرها و تریلرهای بکار می‌روند. Tag های ماسکروپیو، در بزرگراه‌ها و برای شناسایی وسایل نقلیه بکار می‌روند.

۴- تکنولوژی مورد استفاده

در اینجا به فرکانس‌های رادیویی اشاره داریم که دارای طول موج مناسب جهت استفاده در ارتباطات رادیویی می‌باشد. عملکرد Tag های در مجاورت اشیاء فلزی یا آب با توجه به فرکانس تغییر می‌کند. Tag های فرکانس پایین، عملکرد و برد بهتری در مجاورت آب و اشیاء فلزی دارند. این امواج با توجه به فرکانس آنها بر حسب واحد هرتز (Hz) سنجیده می‌شوند، و به طور عمومی



شکل (۸)

جدول (۱)

فرکانس	محدوده
LF فرکانس پایین یا HF فرکانس بالا	۱۲۵ کیلوهرتز
HF فرکانس بالا یا UHF فرکانس بسیار بالا	۱۳/۵۶ مگا هرتز
UHF فرکانس بسیار بالا یا ماکروویو	۸۶۰-۹۶۰ مگا هرتز
ماکروویو	۲/۴۵ گیگا هرتز

- جایگزین بارکد برای کالاهای گران قیمت
تطور کلی موارد استفاده از RFID را می‌توان به صورت ذیل دسته بندی نمود:
- تجارت بین‌الملل
 - فروشگاه‌های زنجیره‌ای

۵- سیستمهای مبتنی بر RFID

بطور کلی موارد استفاده از RFID را می‌توان به صورت ذیل دسته بندی نمود:

۴-۵ مدیریت استناد و کالاهای گران‌بها

- مدیریت کتابخانه‌ها
- مدیریت استناد و پایگانی
- مدیریت موزه‌ها

۵-۵ حفاظت

- کنترل ورود (Access Control)
- سیستم‌های حفاظتی در سازمان‌ها
- حفاظت اتومبیل
- مبارزه با قاچاق
- کنترل دسترسی به سیستم‌های کامپیوتری
- نظارت بر جنایت
- مبارزه با آدم‌ربایی

۶-۵ پیشکشی

- کنترل بیمار از راه دور
 - سیستم اتوماتیک تحویل دارو
 - ریدیابی داروها برای مبارزه با قاچاق دارو
- در اینجا نحوه عملکرد برخی از این سیستمهای به طور مختصر شرح داده شده است:

۱-۵ شناسایی و ریدیابی

- کارتهای شناسایی شامل پاسپورت، گواهینامه، کارت شناسایی پرسنلی
- کارت‌های اعتباری بانک‌ها
- ریدیابی محموله‌های پستی
- شناسایی کالاهای شیمیابی
- اجراء اتومبیل
- بلیط الکترونیکی جهت مترو، اتوبوس، قطار
- کنترل ترافیک شهری و جاده‌ای
- شناسایی خودروها
- ریدیابی چمدانها در فرودگاه‌ها
- شناسایی حیوانات
- پارکینگ اتومبیلها
- عوارض اتوبانها
- شناسایی لاستیک خودرو

۲-۵ کارخانجات

- نگهداری و تعمیرات کارخانه‌ها
- نظارت بر خط تولید
- انبارها و موجودی‌گیری کالاهای

۳-۵ زنجیره تهیه و توزیع کالا^۱

- ریدیابی کالاهای شامل کارت، پالت، صندوق

- فروشگاه‌های زنجیره‌ای:

یکی از معروف ترین کاربردهای RFID داستان فروشگاه‌های زنجیره‌ای است. شرکت Wal-Mart که از بزرگترین فروشگاه‌های زنجیره‌ای در آمریکای شمالی می‌باشد، تولید کنندگان خود را موظف نمود که تا پایان سال ۲۰۰۶ میلادی، کلیه محصولات خود را به برچسبهای RFID مجهز نمایند. شاید بد نباشد فرآیند کار در یک فروشگاه مجذب به تکنولوژی RFID شرح داده شود: تصور کنید که وارد یک فروشگاه زنجیره‌ای شده‌اید و اقلام مورد نیاز خود را داخل چرخ دستی قرارداده‌اید. صندوق دار باید تک تک اقلام داخل سبد را برداشته و اطلاعات آن‌ها را یک به یک توسط بارکد خوان به داخل کامپیوتر وارد کند تا فاکتور اقلام انتخابی شما صادر گردد.

بسیاری از اوقات به دلیل آنکه تعداد کالاهای خردباری شده بسیار زیاد است، صفاتی طولانی در فروشگاه‌های زنجیره‌ای تشکیل می‌شود. گاه مخدوش شدن علائم بارکد، موجب می‌شود که متصدی فروشگاه، مجبور شود کد شناسایی را به صورت دستی وارد نماید. اما با استفاده از فناوری RFID،

- کنترل ورود و خروج خودروها:
یکی دیگر از کاربردهای استفاده از فناوری RFID کنترل ورود و خروج خودروها در مکان‌هایی است که امنیت ورود و خروج خودروها مهم و ضروری به نظر می‌رسد. این سیستم با چسباندن یک Tag بر روی وسیله نقلیه و قراردادن کلیه اطلاعات مربوط به این وسیله در حافظه آن امکان پذیر می‌شود. خودرو، قبل از رسیدن به درب ورودی یا خروجی، از محلی عبور می‌کند که در آنجا یک آنتن به منظور مخابره اطلاعات Tag چسبیده شده بر روی وسیله نقلیه، قرار دارد. دستگاه Reader اطلاعات موجود بر روی Tag را از آنتن بازنگویی می‌کند و در صورتیکه اطلاعات موجود بر روی Tag نشانگر مجموعه مجوز ورود یا خروج باشد، گیت ورودی یا خروجی باز می‌شود. در صورتیکه هیچ گونه برچسبی بر روی ماشین وجود نداشته باشد و یا در صورتیکه اطلاعات موجود بر روی Tag نشانگر مجوز عدم خروج یا ورود باشد، افراد امنیتی مستقر در محل درب ورودی یا خروجی گیت گجت بازارسی وسیله نقلیه اقدام می‌کند.

- انبارداری هوشمند:

در اکثر صنایع تولیدی اداره انبار و لیست دارایی‌ها و کالاهای موجود همیشه مشکل بوده است. با استفاده از RFID تحولی در مدیریت انبار بوجود آمده است. برای شناسایی هر جعبه یک برچسب برروی آن چسبانده می‌شود. اطلاعات هر جعبه از قبیل تعداد، شماره دسته‌بندی، نام کالا، شماره کالا، مدل، کیفیت و طبقه‌بندی به وسیله پرینتر ویژه بر روی Tag‌ها چاپ می‌شود. سپس Tag‌ها بر روی اجنس نصب می‌گردد. با این کار دیگری

- افزایش ضریب امنیت اطلاعات
- انتقال سریع اطلاعات از طریق ارتباطات شبکه‌ای یا بدون آن
- کاهش هزینه‌ها (کاهش فعالیت‌های دستی و افزایش سرعت)
- کاهش خطا
- کنترل فرایندهای غیر قابل رویت
- امکان به روز رسانی بر چسب‌ها بدون دخالت دست
- یکپارچگی سیستم جمع‌آوری و پردازش اطلاعات

۸- نتیجه گیری

صنایع در کشور ما با محدودیت‌ها و مشکلات عدیدهای دست به گریبان هستند. این صنایع برای حل این معضلات و قابلیت رقابت در عرصه جهانی نیازمند تحولات وسیع و سریعی باشند. فناوری RFID به عنوان ابزاری تحول آفرین دارای کاربردهای مختلفی در صنعت می‌باشد. این کاربردها در صورت استفاده برنامه‌ریزی شده و صحیح می‌توانند پاسخ مناسبی برای حل مشکلات صنعت کشور باشند. حرکت به سوی این قبیل فناوریها جریست که بهتر است به اختصار، به سوی آن گام نهاد.

موجودی انبار و مکان اجناس به راحتی امکان‌پذیر می‌گردد.

۶- نقاط ضعف RFID

بر جسمها هنوز نسبتاً گران هستند و برخی محدودیت‌های فنی وجود دارد. بر جسمهای به اصطلاح Passive کوچک و ارزان هستند، اما برد آنها تنها چند متر است و به تعداد زیادی Reader نیاز دارند که قیمت تمام شده جهت استفاده از این نوع زیاد می‌شود. بر جسمهای Active باتری دارند و در فضای روباز خوب کار می‌کنند، ولی حجم و گران قیمت هستند. مایعات و فلزات نیز در جریان فرکانس‌های رادیویی اختلال ایجاد می‌کنند. کافی است که بر جسمهای شکسته و های معیوب را به قیمت اولیه‌شان بی‌افزایید تا بینید متوجه چه هزینه سنتگینی می‌شوید.

بعلاوه موضوع چیزهای شناسایی زیرپوستی، چند سالی است که موضوع مباحث مختلف است. مدافعان حریم خصوصی تاکید دارند که ممکن است سارقان هویت، اطلاعات خصوصی فرد را از طریق این شناسه‌های رادیویی به سرقت ببرند. ترس از این موضوع که دولتها از این چیزها بهره برداری کنند تا موقعیت فرد را شناسایی نمایند طرفداران آزادی را نیز به عکس العمل واداشته است.

۷- مزایای RFID

استفاده از این فناوری امنیت و درستی اطلاعات را در پی دارد. هر Tag به علت داشتن کد مجزا، تغییر یا جعل اطلاعات را تقریباً غیرممکن می‌سازد. تکنولوژی فوق باعث بهبود موارد ذیل می‌گردد:

1- Information Technology for Management-Turban-2006

2- www.rfidjournal.com

3- www.webopedia.com

4- www.wiscoengineering.com

5- www.rfid-101.com

خانم سولماز حریری دارای مدرک لیسانس
مهندسی کامپیوتر - نرم افزار از دانشگاه آزاد
اسلامی واحد تهران جنوب بوده و از سال ۱۳
واحد فناوری اطلاعات معاونت ارشد مهندسی
صناعی نفت و گاز شروع به همکاری نموده
است. زمینه علاقمندی ایشان فناوری اطلاعات
و کاربرد آن در صنعت می باشد.

Email:

s.hariri@mc.ghods-niroo.com





مهندسين مشاور قدس نيرو

GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

امکانات گسترده دانش فنی روز آمد و تجربیات سی ساله شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو پشتوانه وزینی برای طرح های صنعت آب و برق، گاز و نفت و پتروشیمی و سایر صنایع سنگین کشور است.

واحد شبکه های انتقال و توزیع نیرو در این شرکت در زمینه های زیر همکار امین و مورد اعتماد شماست :

خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ

- خدمات مهندسی و تدارکات برای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ

- اجرای پروژه های EPC خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ

- خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای شبکه های توزیع شهری و روستایی

- خدمات مهندسی و تدارکات برای شبکه های توزیع شهری و روستایی

- اجرای طرح های توزیع به صورت کلید در دست

- برنامه ریزی و مطالعات سیستم های قدرت

- مطالعات طرح جامع کوتاه، میان و بلند مدت

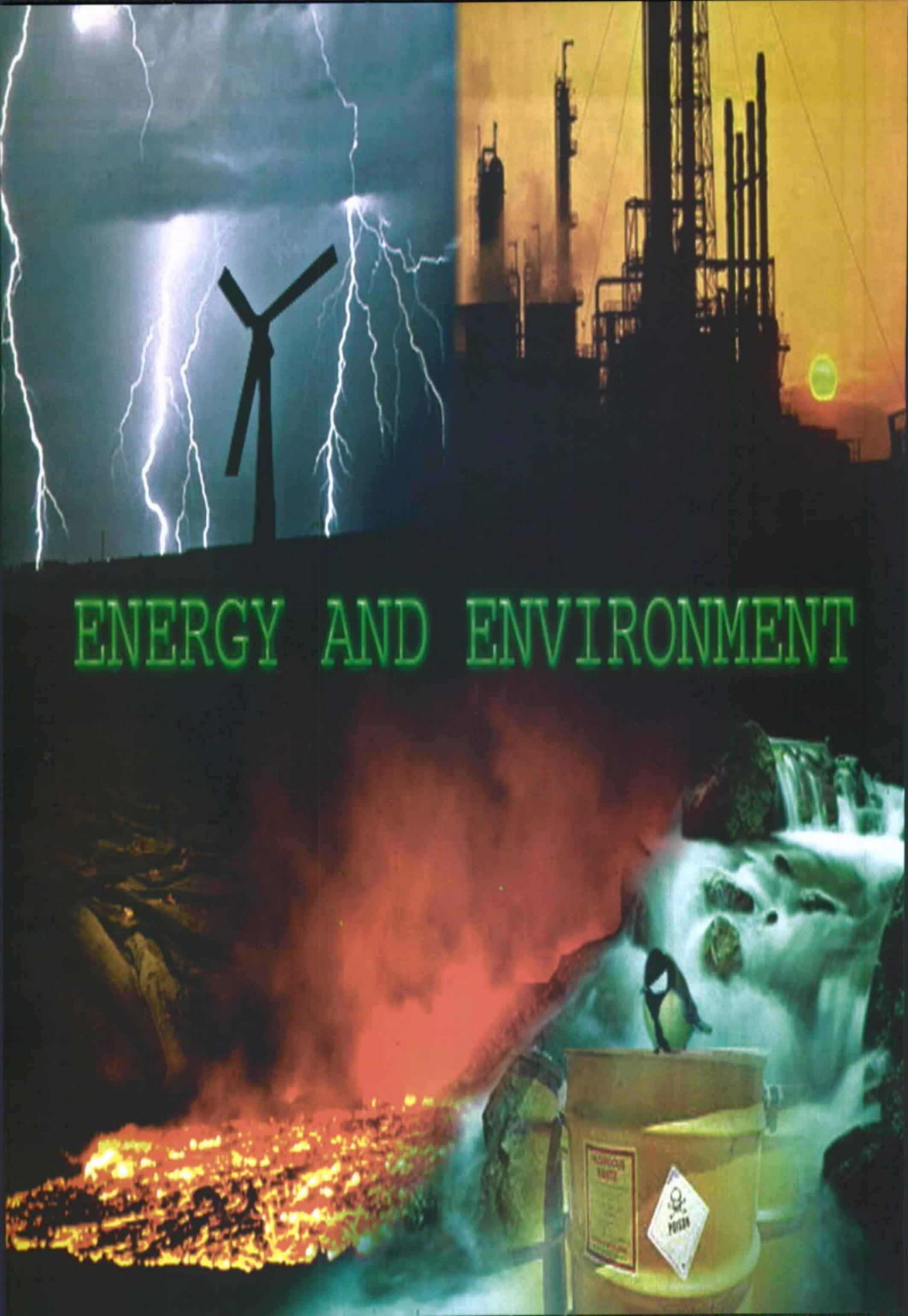
- مطالعات بهینه سازی شبکه های قدرت و رفع معایب

- مطالعات ریسک سیستم های قدرت و طراحی روش های بهبود

- مطالعات شبکه های توزیع صنعتی و طراحی اقدامات اصلاحی مورد نیاز

- طراحی و توسعه نرم افزار های مهندسی

- طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز برای مکانیزاسیون شبکه های توزیع



ENERGY AND ENVIRONMENT



003

تهران، خیابان استاد مطهری، چهارراه سهروردی، شماره ۹۸

کد پستی: ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱

تلفن: ۸۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۸۴۳۰۴۵۴ فکس: ۸۸۴۱۱۷۰۴

No.98,Ostad Motahari Ave,Tehran-Iran

Tel: 88403613 - 88430454 Fax: 88411704

Email:info@ghods-niroo.com