

طراحی و ساخت سیستم کنترل بویلر فایرتیوب؛

با هدف بهینه‌سازی مصرف برق و تنظیم هوا به سوخت بهینه

از: مهندس مهدی رکاب طلایی

شرکت ماشین‌سازی اراک - گروه دیگ بخار



استفاده کرد. اجزای تشکیل دهنده این بویلر به دو قسمت مکانیکی و کنترلی قابل تقسیم می‌باشند؛ قسمت مکانیکی از بدنه بویلر، کوره، دود کش، لوله های آتش، شیرآلات و ... تشکیل شده است. و اما اجزای قسمت کنترلی آن متشکل از واحد کنترل مشعل، واحد کنترل اتوماتیک بویلر و واحد ردیابی شعله می‌باشند. استانداردهای مختلفی بر اجزای مختلف بویلر فایرتیوب حاکمند که از آن جمله می‌توان به استاندارد NFPA بخش بویلر فایرتیوب اشاره کرد. واحد کنترل

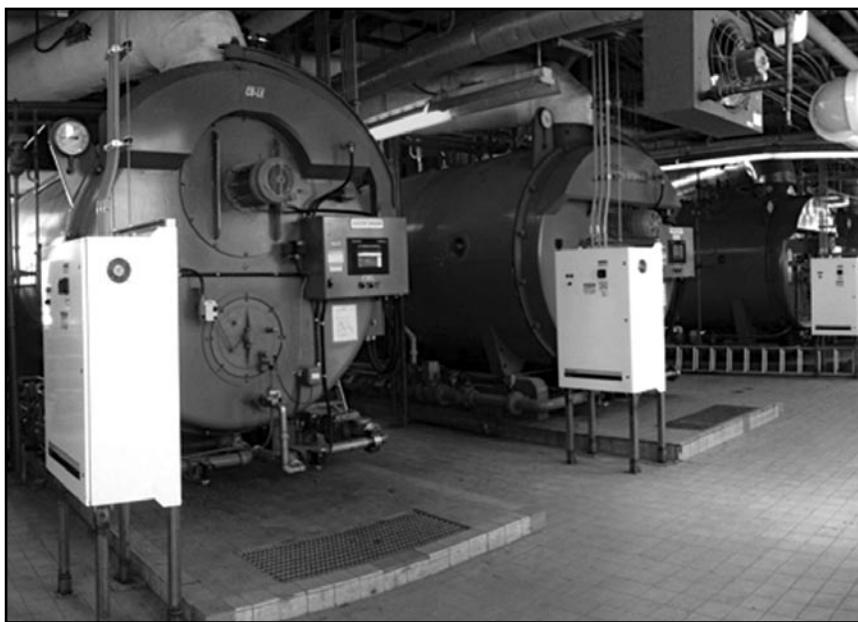
مقدمه

بویلرهای فایر تیوپ در اندازه های ۱۰ تا ۳۰۰۰ اسب بخار وجود دارند. از این بویلر ها می توان برای کاربردهای فشار پایین (۱۵psig) و یا آب گرم در فشار زیر ۱۶۰psig و دمای زیر ۲۵۰ درجه فارنهایت (استاندارد ASME بخش IV) و یا در فشار ۴۵۰psig (استاندارد ASME بخش I) برای کاربردهای فرآیندی

چکیده

بویلر فایرتیوب در صنایع مختلفی کاربرد دارد، از این بویلر بعنوان بویلر کمکی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی استفاده می‌شود. سیستم کنترل این بویلر از دو جزء ABC و BMS (اولی هدایت و راهبری کل بویلر را انجام می‌دهد و دیگری وظیفه مدیریت مشعل را دارا است) تشکیل شده است، در حال حاضر بسیاری از بویلر های فایرتیوب ساخته شده در کشور، مصرف سوخت و برق بالایی دارند، در این مقاله تحقیقاتی بویلر فایر تیوپ و اجزاء آن بررسی شده و در نهایت سیستم کنترلی با هدف کاهش مصرف سوخت و برق طراحی و ساخت نمونه ای از آن بررسی می‌شود.

کلمات کلیدی: بویلر فایرتیوب، کنترل اتوماتیک بویلر (ABC)، سیستم مدیریت مشعل (BMS)، کنترل کننده

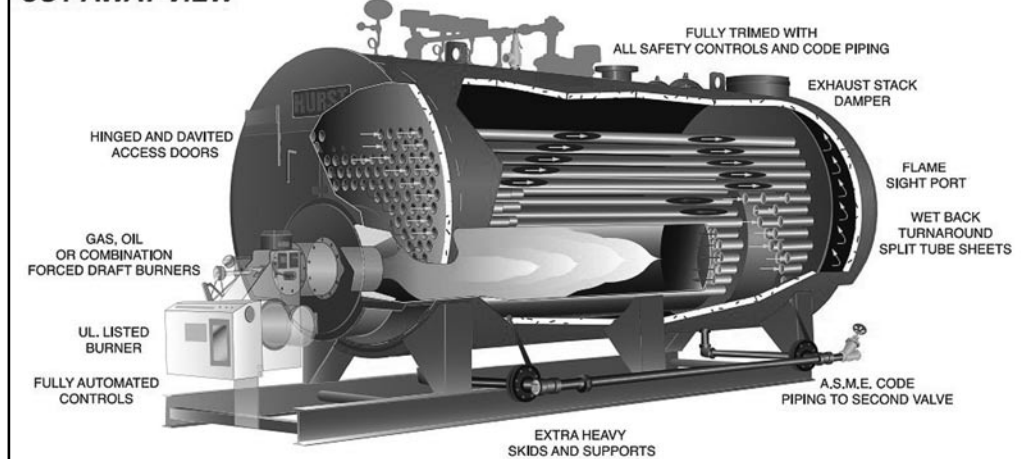


نماینده انحصاری شیرآلات TERMO ترکیه
نماینده فروش و خدمات ماشین سازی اراک
پارس چیم کنترل
مرکز تخصصی قابسیات صنعتی
Pars Chem Control





CUT AWAY VIEW



شکل ۱

اتوماتیک بویلر وظیفه کنترل اتوماتیک کل بویلر غیر از مشعل را بر عهده داشته و دارای قسمت های کنترل سطح درام، کنترل فشار درام، کنترل جریان سیالات، کنترل دما، اندازه گیری PH، بخش مدیریت تخلیه لجن بویلر، کنترل مواد جامد محلول در آب و ... است.

در ضمن این قسمت دارای ایترلاک‌های

خاص خود با قسمت BMS است. بطور مثال اگر سطح آب درام به حالت اولین کم آبی برسد مشعل خاموش شده و تا هنگامی که سطح آب به سطح نرمال خود نرسد مشعل راه‌اندازی نخواهد شد. واحد کنترل مشعل وظیفه مدیریت کامل مشعل و بررسی شرایط ایترلاک‌های از پیش تعیین شده در خود را بر عهده دارد و واحد ردیابی شعله وظیفه ردیابی شعله در بویلر را بعهده دارد که معمولاً از یک حسگر UV تشکیل شده است. سیگنال حاصل از این حسگر در واحدی تقویت شده و پس از آماده سازی سیگنال به قسمت BMS تحویل داده می شود؛ البته ردیاب‌های نوینی نیز وجود دارند که بر پردازش تصویرمبتنی هستند. مسئله صرفه جویی در مصرف انرژی در سیستم کنترل بویلر فایرتیوب مسئله‌ای حائز اهمیت است؛ از این رو در این مقاله پس

از شناخت زوایای مختلف بویلر به این مهم پرداخت خواهد شد.

اجزای بویلر فایرتیوب

همانطور که اشاره شد این بویلر از دو قسمت مکانیکی و کنترلی تشکیل شده است که در ادامه این دو جزء توضیح داده می‌شوند:

• قسمت مکانیکی

در شکل ۱، مشعل، محفظه احتراق، گذرگاه‌های عبور شعله، لوله‌های آتش و... قابل مشاهده‌اند. مشعل وظیفه تامین انرژی گرمایی مورد نیاز بویلر را برعهده دارد و انرژی را از طریق تشعشع و هدایت گرمایی در طی عبور از محفظه احتراق و گذرهای عبور آتش به آب اطراف خود منتقل می‌نماید و نهایتاً از طریق دودکش به محیط خارج منتقل می‌شود. در قسمت پایین شکل، شیر تخلیه دوره‌ای لجن‌های ته بویلر قابل مشاهده است. این

شیر که فرمان کنترل خود را از سیستم کنترل اتوماتیک بویلر دریافت می‌کند در بازه‌های زمانی مشخص باز می‌شود تا لجن‌های کف بویلر تخلیه گردد (زمان محاسبه شده برای این کار به چنان است که راندمان بویلر را زیاد تحت تاثیر قرار ندهد). در همان شکل شیر آب ورودی به بویلر قابل مشاهده است؛ در قسمت بالا شیر بخار خروجی دیده می‌شود.

• قسمت کنترلی

این قسمت خود به سه قسمت قابل تقسیم است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند:

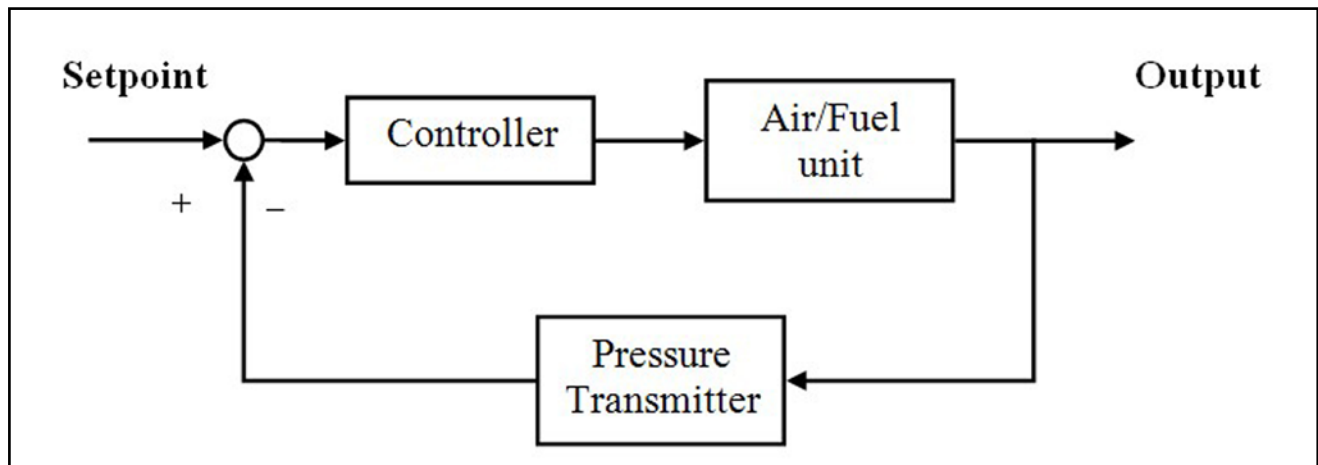
- واحد کنترل اتوماتیک بویلر

این واحد اصولاً می‌تواند به چند قسمت تقسیم شود که البته ممکن است در طراحی بویلری اجزاء بیشتری اضافه و یا کم شوند:

- حلقه کنترل فشار درام

کنترل آن بصورت فیدبک ساده است؛





شکل ۲

خاموشی را به سیستم پایش و نظارت از کار اندازی مشعل ارسال می‌نماید.

○ واحد مدیریت مشعل

سیستم‌های مدیریت مشعل بر اساس کدها و استانداردهای مختلفی نظیر NFPA 85، API 556 طراحی شده‌اند. در این استانداردها نکات مفیدی در مورد انتخاب نوع، تعداد شیرها، حسگرها، عملگرها و ... برای سیستم‌های مدیریت مشعل همچنین مقرراتی که برای عملکرد ایمن این تجهیزات لازم است ارائه شده‌اند. اما نکته حائز اهمیت که باید به آن اشاره کرد این است که در کدها و استانداردهای ذکر شده بطور کافی در مورد سطوح خطر مرتبط با سیستم‌های مدیریت مشعل صحبت نشده است؛ بعنوان مثال اگر بویلر در نزدیک اتاق کنترل و یا دورتر از آن باشد مقدار خطری که پرسنل اتاق کنترل را تهدید می‌کند متفاوت است. از استانداردهای مختلفی که در حالت کلی طراحی سیستم‌های

قبول واقع گردد.
- واحد کنترل دمای آگروز در این واحد با استفاده از یک حسگر دما که در آگروز نصب می‌شود، با توجه



به مقدار پیش تنظیم، اگر دمای آگروز از حد مورد نظر بالاتر رود فرمان خاموش شدن بویلر را صادر کرده و سیگنال

سیگنال دریافت شده از ترانسمیتر فشار درام به کنترلر وارد شده و کنترلر با توجه به مقدار پیش تنظیم خود سیگنالی مناسب به قسمت تنظیم هوا به سوخت ارسال می‌کند. به شکل ۲ توجه شود.

- حلقه کنترل سطح آب

کنترل سطح آب می‌تواند بصورت کنترل تک المانه یا دو المانه و یا سه المانه باشد که برای پرهیز از تطویل غیر ضروری این مقاله توضیح داده نشده است.

- واحد کنترل Blow down (تخلیه لجن‌های ته درام) و کنترل ذرات معلق محلول در آب

این واحد طبق برنامه از پیش تعیین شده ای اقدام به باز نمودن شیر تخلیه لجن‌های ته درام می‌نماید، از طرفی این واحد با دریافت سیگنال مربوط به غلظت ذرات معلق محلول در آب درام، شیر مربوط به این قسمت را باز می‌کند تا غلظت مواد محلول در آب در دامنه قابل

• پایش و نظارت از کار اندازی سوخت اصلی

از کاراندازی سوخت اصلی بوسیله سیستم مدیریت مشعل انجام می‌پذیرد تا از قرار گرفتن بویلر در شرایط غیر ایمن جلوگیری نماید.

• پایش و نظارت از کار اندازی سوخت پایلوت

وظیفه این واحد این است که در طی شرایط غیر نرمال، شیر برقی سوخت پایلوت را ببندد.

اساساً سیستم‌های کنترل مدیریت مشعل بویلرهای فایرتیوپ به سه صورت عمده پیاده سازی می‌شود که عبارتند از :

۱- سیستم‌های مبتنی بر کنترل کننده‌های برنامه‌پذیر از سالیان دور، کنترل کننده‌های منطقی برنامه پذیر کاربردهای وسیعی بخصوص در صنایع نفت،

گاز و پتروشیمی یافته‌اند آنچه که باعث محبوبیت این کنترلرها شده است قابلیت انعطاف زیاد، سهولت استفاده، و قابلیت اطمینان بالای آنها می‌باشد.

۲- سیستم‌های مبتنی بر میکروپروسورها

با پیشرفت تکنولوژی میکروپروسورها و ارزان شدن قیمت سیستم‌های یکپارچه (که شامل CPU، ورودی/ خروجی،

محفظه احتراق به ذرات ریز تری تبدیل شده و بهتر با هوا مخلوط می‌شود در نتیجه احتراق کاملتری (بدون دود) را به همراه خواهد داشت، برای این منظور سوخت مایع همیشه قبل از پمپ شدن به مشعل گرم می‌شود تا ویسکوزیته مناسب حاصل شود.

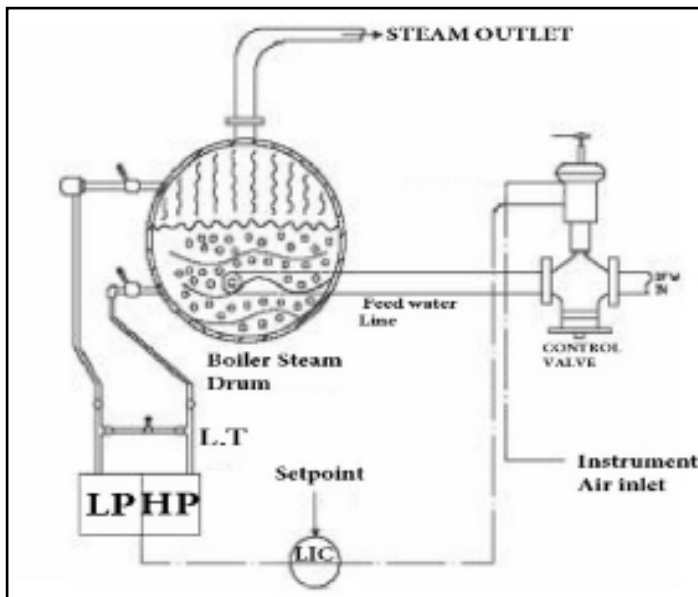
• پرچ کوره

دلیل اصلی انفجار در کوره، تجمع

ایمنی را بیان می‌کنند می‌توان به استانداردهای IEC61511، IEC61508 و ANSI/ISA S84.01 اشاره کرد. در این استانداردها مواردی که رعایت آنها باعث کاهش خطر تا سطح مورد نظر برای استفاده کننده نهایی باشد بیان شده است؛ بنابراین استانداردهای ذکر شده هنگامی که بطور مثال برای طراحی یک سیستم مدیریت مشعل بکار می‌روند یک سیستم

کامل برای کاربرد ایمنی مورد نظر را مهیا می‌کنند.

در یک بویلر سیستم مدیریت مشعل وظیفه ردیابی شعله، اجرای ترتیب و توالی راه اندازی مشعل، بررسی بلادرنگ شرایط از کار اندازی مشعل و ارسال سیگنالهای پایش و نظارت را برای پیش گرم کن سوخت، پرچ کوره، پایش و نظارت از کار اندازی سوخت اصلی، پایش و نظارت از کار اندازی



شکل ۳

سوخت در کوره است. برای اینکه این اتفاق روی ندهد از پرچ کوره قبل از "راه اندازی" و بعد از هر "از کاراندازی" استفاده می‌شود. نکته ای که باید در نظر داشت این است که هوای ورودی به کوره نباید از بیست و پنج درصد مقدار هوای بار کامل کمتر باشد. حداقل پنج دقیقه زمان برای پرچ کوره باید در نظر گرفته شود.

سوخت جرقه زنی، پایش و نظارت از کار اندازی سوخت مایع، پایش و نظارت از کار اندازی سوخت گاز را برعهده دارد. در ادامه این اجزاء بررسی می‌شوند.

• پیش گرم کن سوخت

ویسکوزیته سوخت مایع یک عامل موثر در احتراق است. هر چه سوخت مایع دارای ویسکوزیته کمتری باشد بهتر پمپ شده و در هنگام پاشش به درون

نصب می‌شود شعله را شناسایی نموده و سیگنال الکتریکی متناسب با آن را تولید می‌نماید. چندین روش مختلف برای ردیابی شعله وجود دارد

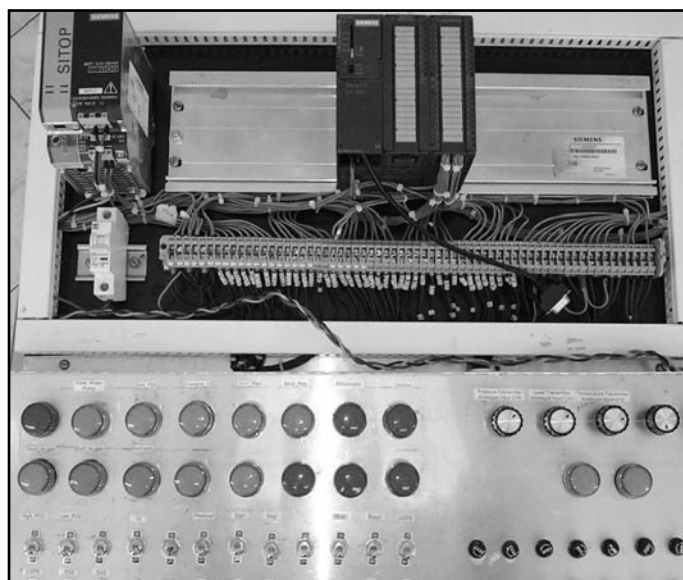
که به عنوان مثال می‌توان ردیاب ماوراء بنفش (یا UV)، ردیاب مادون قرمز (یا IR) و ردیاب نور مرئی (VL) را نام برد؛ هر کدام از این‌ها دارای مزایا و معایب ویژه خود هستند.

ردیاب‌های شعله نقش مهمی در تضمین ایمنی سیستم دارند و بدون شک نقش آنها در راه اندازی، از کار اندازی و نقطه کار عادی بویلر بسیار مهم

است. ردیاب شعله به شیرهای سوخت متصل شده است (از لحاظ الکتریکی) تا از انفجار بویلر هنگام نقص سیستم کنترل جلوگیری کند. به

علت اینکه دمای محفظه احتراق بالاست و سوخت در آن سریعاً بخار می‌شود کافی است یک جرقه (بعنوان کامل کننده مثلث انفجار) اتفاق افتد تا انفجار حاصل شود لذا هنگامی که مشعل راه اندازی می‌شود ردیاب شعله سیگنال حاصل از ردیابی خود را به کنترلر اتوماتیک مشعل

شده است. در این روش تصویر شعله با استفاده از یک CAMCODER ضبط شده و سپس پردازش می‌شود تا بر اساس



شکل ۴

الگوهای مختلف از قبل معین شده طول شعله و یا بود و نبود آن تشخیص داده شود. ردیاب شعله که در قسمتی از مشعل

واسط ارتباطی و ... است)، محبوبیت این کنترل کننده‌ها برای مدیریت مشعل بویلر فایر تیوپ بیشتر کرده است.

۳- سیستم‌های مبتنی بر

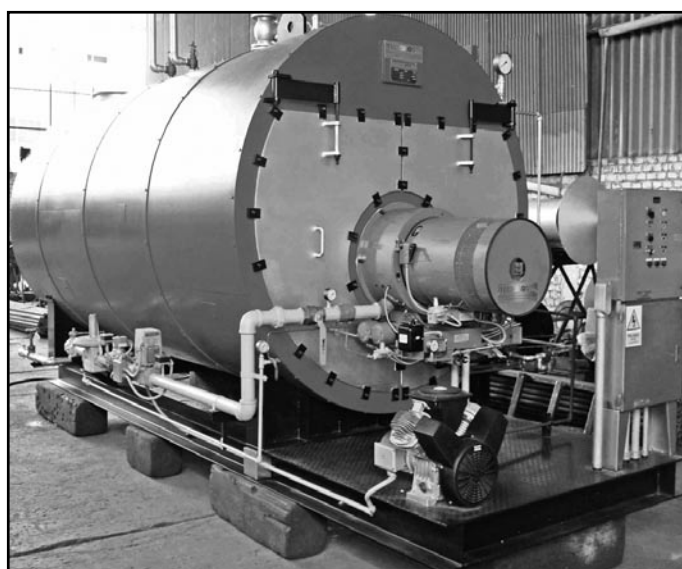
رله‌های الکترومکانیکی

رله‌های الکترومکانیکی از ترکیب مدارهای الکتریکی با سوئیچ‌های مکانیکی تشکیل شده‌اند، طرز کار رله به این صورت است که با چرخش موتور الکتریکی که در روی قسمت دوار آن تعدادی زبانه قرار گرفته است در فواصل زمانی معین سوئیچ‌های خاصی بسته می‌شوند. این سوئیچ‌ها هر یک مختص فعال نمودن بوبین یک رله الکترومغناطیسی

هستند؛ به این صورت که در فواصل زمانی مشخص فرمانهای لازم صادر می‌شوند.

○ واحد ردیابی شعله

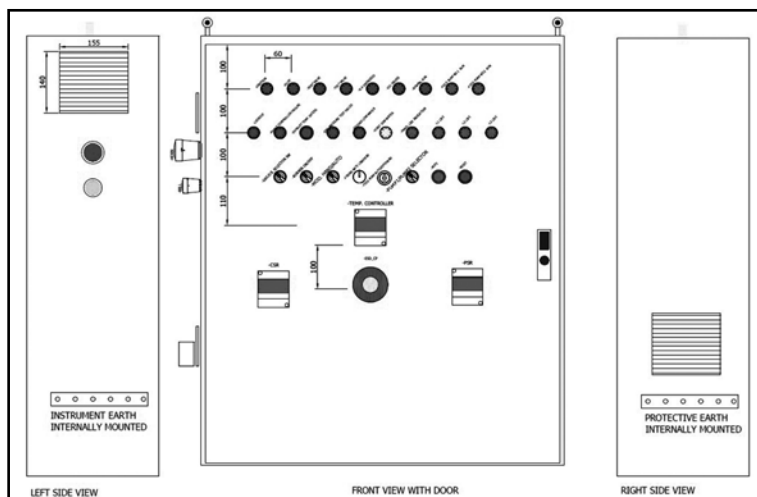
این قسمت وظیفه ردیابی شعله در بویلر را بعهده دارد که معمولاً از یک حسگر UV تشکیل شده است. سیگنال حاصل از این حسگر در واحدی تقویت شده و پس از آماده سازی سیگنال به قسمت BMS تحویل داده می‌شود. در روش‌های نوین برای ردیابی شعله از فناوری پردازش تصویر کمک گرفته





نتیجه برای ردیابی شعله مناسب نیست؛
- ردیاب نور مرئی (با استفاده از دیود
نوری) به گرما خیلی حساس است،

بنابراین نصب این ردیاب
در نزدیکی واحدهای
گرمایی غیرممکن است.
- برای رفع این معایب
عموماً از روشهای
پردازش تصویر برای
ردیابی شعله استفاده
می‌کنند (به مرجع [8]
مراجعه شود).



شکل ۵

طراحی سیستم کنترل

سیستم کنترل طراحی شده دارای
اجزای مختلفی می‌باشد، که در
ادامه به این اجزا پرداخته شده
است:

• توالی پیمائی راه اندازی مشعل

با توجه به مراحل راه اندازی
مشعل توالی پیمایی طراحی شده
که بتواند مراحل روشن شدن
مشعل را یکی یکی طی نماید. این
مراحل شامل بررسی اینترلاک‌های
لازم برای راه اندازی مشعل،
برج کوره، روشن شدن پیلوت،
باز شدن شیرهای اصلی سوخت
می‌باشند. در صورتی که هریک از
این مراحل، زیر نظر واحد پایش راه
اندازی مشعل بدرستی انجام گیرد

- ردیاب UV که بصورت یک حسگر با
محفظه شیشه ای است می تواند براحتی
صدمه دیده و شکسته شود؛

- ردیاب نور مرئی (با استفاده از سلولهای
CdS) دارای سرعت خیلی کمی است در

می‌فرستد تا عملیات جرقه‌زنی، روشن
شدن پیلوت و سایر اجزا مرتبط طبق
ترتیب و توالی از پیش تعیین شده برای
مشعل اجرا گردد.

در ردیابی شعله بوسیله
ردیاب‌های مادون قرمز
دو حسگر وجود دارد،
اولین حسگر برای منظور
ردیابی مورد استفاده
قرار می‌گیرد و دومین
حسگر وظیفه پایش و
نظارت امواجی با طول
موج ۵ تا ۶ نانومتر را
برعهده دارد.

ردیاب‌های شعله از

نوع UV و سیستم‌های ردیابی نوری توأم
مورد استفاده قرار می‌گیرند تا از کاهش
عملکرد ردیابی شعله جلوگیری
شود. در یک سیستم ردیابی
حساس UV از حسگرها و مدارات
الکترونیکی استفاده شده است.
معایب متعددی در استفاده از
روشهای متداول ردیابی شعله وجود
دارد. بطور مثال دقت کارشان آنها
خیلی بالا نیست و نگهداری آنها
نیز مشکل است. نقاط ضعف عمده
هر نوع ردیاب بدین قرارند:
- ردیاب شعله IR بخاطر امواج
الکترومغناطیسی که بوسیله جداره‌های
گرم دیده محفظه احتراق و یا اجزا
دیگر (حتی در نبود شعله) تولید
می‌گردد غیر دقیق است؛



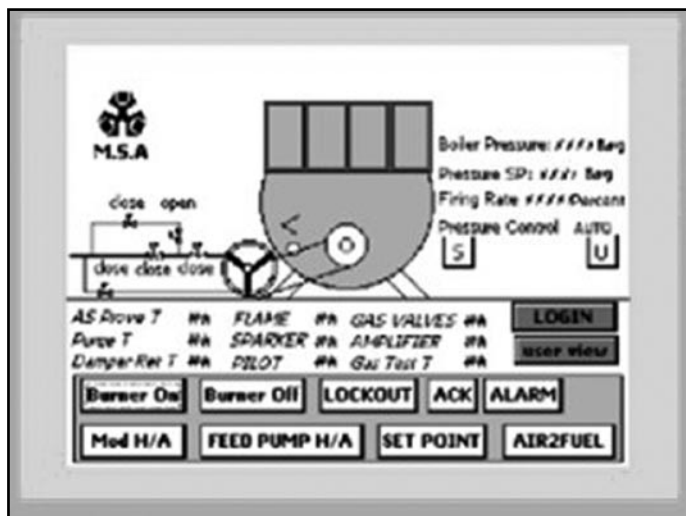
سطح و سیگنال اختلاف فشار (که با توجه به آن سطح بدست می آید) سیگنال پیوسته ای را به شیر کنترلی ارسال می دارد. با این روش کنترلی می توان مقدار بخار ثابتی را

به مصرف کننده تحویل داد. در بعضی مواقع که پاسخ سریعتی برای کنترل سطح لازم است، می توان تغییرات بخار خروجی را به کنترل کننده سطح جهت پیش بینی آینده سطح در نظر گرفت.

● سیستم پایش و نظارت از کار اندازی مشعل و بررسی اینترلاک های لازم

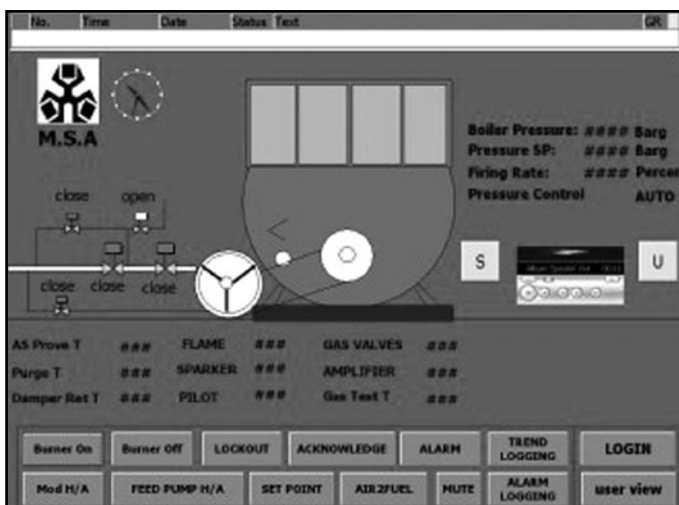
وظیفه این سیستم نظارت بلادرنگ بر شرایطی است که مشعل به دو صورت نرمال و غیر نرمال متوقف می شود. به عنوان مثال در شرایطی که توالی پیمای روشن شدن مشعل یکی یکی مراحل را طی نموده و در هر مرحله اینترلاک های لازم را دریافت نموده و به آتش نرمال رسیده باشد، در صورتی که به هر دلیل شعله از بین رود سیستم پایش و نظارت با توجه به سیگنال ردیاب شعله فرمان از کار اندازی تمام شیرهای سوخت را بصورت ایمن صادر می نماید.

○ کنترل سطح بصورت پیوسته
کنترل سطح پیوسته در بویلرهای فایرتیوب معمولاً بصورت تک المانه انجام می پذیرد.



شکل ۶

با توجه به شکل ۳، اختلاف فشار دو قسمت فشار بالا و پایین درام بویلر به کنترل کننده LIC وارد می شود. این کنترل کننده بر مبنای مقدار پیش تنظیم



شکل ۷

مشعل روشن شده و شرایط آتش نرمال از سوی توالی پیمای به بقیه قسمت های سیستم کنترل اعلام می شود.

● حلقه آنالوگ کنترل فشار
حلقه آنالوگ کنترل فشار در ساده ترین حالت خود به صورت شکل ۲ می باشد. کنترل فشار با توجه به مقدار پیش تنظیم فشار و مقدار اندازه گیری شده توسط ترانسیمتر، سیگنال آنالوگی به واحد کنترل هوا و سوخت ارسال می نماید، این واحد (هوا و سوخت) با توجه به مقدار سیگنال دریافتی، مقدار آتش مشعل را تغییر داده به این نحو که فشار درام بویلر به مقدار مطلوب برسد.

● حلقه آنالوگ کنترل سطح
کنترل سطح در بویلرهای فایرتیوب به دو صورت انجام می پذیرد:

○ کنترل سطح بصورت خاموش و روشن
در این روش، کنترل سطح درام بویلر در محدوده سطح نرمال تنظیم می شود، این کار با خاموش و روشن کردن پمپ آب تغذیه ورودی بویلر امکان پذیر است. ورودی ها به سیستم کنترل سطح، اطلاعات از حسگرهای سطح در حوالی سطح نرمال است.



از سیستم‌های مذکور بود طراحی شد؛ نقشه‌های ارتباطات اجزای سخت افزار کار طراحی شد؛ سپس بعد از برنامه‌نویسی و تست در شبیه‌ساز نرم افزاری، یک نمونه سخت افزاری آن نیز ساخته شده و شرایط تست و بررسی ایترلاک‌های

لازم در محیطی نزدیک به واقعیت تست شد. شکل ۴ شبیه‌ساز سخت افزاری ساخته شده را نشان می‌دهد.

• ساخت سیستم کنترل

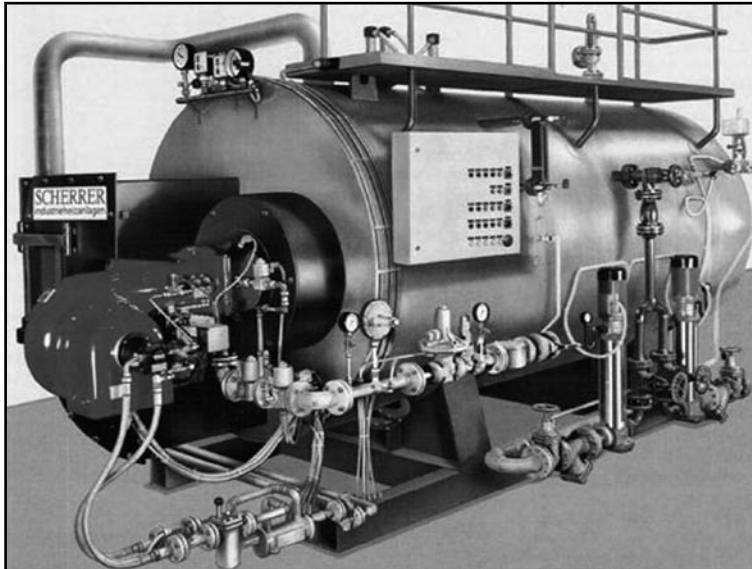
بعد از ساخت شبیه ساز سخت افزاری، یک پانل کنترل طراحی و ساخته شد، شکل ۵ پانل کنترل را نشان می‌دهد.

این پانل کنترل علاوه بر ویژگی‌های ذکر شده دارای قابلیت نمایش سیگنال‌ها روی مانیتور تاج می‌باشد، این سیگنال‌ها شامل:

راه اندازی و توقف مشعل، راه اندازی و توقف پمپ آب، مقدار فشار درام بویلر، پیش تنظیم فشار، پیش تنظیم سطح، دمای اگزوز، وضعیت پمپ سوخت، وضعیت موتور مشعل، کم آبی اول و کم آبی دوم می‌باشند (شکل ۶).

از دیگر ویژگی‌های این پانل کنترل ارسال سیگنال تا اتاق کنترل و مانیتورینگ کامل وضعیت بویلر و ثبت آلارم‌ها لازم و نمودارهای فشار، سطح و دما می‌باشد.

توجه به معادلات حاکم یک مسیر اولیه برای هوا به سوخت از آتش کم تا آتش کامل در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از حسگرهای CO_2 ، O_2 و CO نصب شده روی اگزوز، سیگنال تصحیح تغییر مسیر هوا به سوخت ساخته شده و مسیر حرکت



تصحیح می‌گردد. حال این مسیر حرکت تصحیح شده جایگزین مسیر قبلی می‌شود. بطوریکه اگر شرایط محیطی بویلر ثابت باشد مسیرهای بعدی در روی همین مسیر قرار خواهد گرفت. به این صورت حالت بهینه‌ای برای درصد هوا و سوخت حاصل خواهد شد. از مزایای این سیستم علاوه بر کاهش مصرف سوخت افزایش راندمان بویلر است.

■ ساخت سیستم کنترل

• ساخت شبیه‌ساز سیستم کنترل بویلر
ابتدا لاجیک سیستم کنترل که متشکل

• سیستم کاهش مصرف برق در سیستم‌های متداول فن هوادهی همیشه بصورت بار کامل در مدار قرار می‌گیرد؛ در صورتیکه از بویلر در فشارهای پایین بهره برداری شود به حجم هوای کمتری احتیاج است که در این

صورت با استفاده از یک دمپر از ورود هوای اضافی جلوگیری خواهد شد. سیستم کاهش مصرف برق با توجه به سیگنال تقاضای کنترل‌کننده فشار و با توجه به پیش تنظیم فشار درام بویلر، دور فن هوادهی را بصورتی که جوابگوی هوای لازم برای احتراق باشد، تنظیم می‌نماید. این سیستم

از یک سو با کنترل‌کننده فشار بویلر و از سوی دیگر با سیستم تنظیم هوا به سوخت در ارتباط است. همچنین برای مابقی الکتروموتورهای دیگر راه انداز نرم به جای سیستم راه اندازی کنتاکتوری در نظر گرفته شده است. راه اندازهای نرم هم مصرف برق کمتری در راه‌اندازی دارند و هم عمر الکتروموتور را افزایش می‌دهند.

• سیستم تنظیم هوا به سوخت بهینه

این سیستم با توجه به معادلات حاکم بر احتراق سوخت‌های گاز و گازوئیل طراحی شده است. به این صورت که با



pp.338-348, February 2006.

5- Siemens, "Procidia™ Control Solutions Boiler Control Overview",

March 2006, Available on:

http://www.sea.siemens.com/us/inter-net-dms/ia/ProcessInstruments/PressureActuatorsandControlsGeneral/PressureActuatorsandControlsGeneral/AD353-132_r1.pdf.

6- B.J.Huang and P.Y.Ko, "A System Dynamics Model of Fire-Tube Shell Boiler", Journal of Dynamic System, Measurement and Control, Transaction of the ASME, Vol 116/754, pp. 745-754, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, December 1994.

7- NFPA 85, "Boiler and Combustion Systems Hazards Code", 2001 Edition, Available on:

<http://www.nfpa.org/catalog/product>.

8- H.Bae, S.Kim, B.Hyeun Wang, M.Hyung Lee and F.Harashima "Flame Detection for the Steam Boiler Using Neural Networks and Image Information in the Ulsan Steam Power Generation Plant", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol.53, No.1, pp.338-348, February 2006.

۹- جزوه درس کنترل نیروگاه، "کنترل نیروگاه"، دکتر محسن منتظری، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، تیر ماه ۱۳۸۹.

7- Real Time

8- Normal Shutdown

9-Safety Shutdown

مراجع:

1- M.Salehi and A.Afzalian, "Robust H Control Design For a Boiler-Turbine Unit11", International Conference on Smart Manufacturing Application, In Kintex, Gyeonggi-do, Korea, April. 9-11, 2008.

2- American Boiler Manufacturers Association Inc, "Packaged Firetube Boilers", 2003, Available on:

http://www.abma.com/Packaged_Firetube_Boilers.pdf.

3- "System Descriptions, Operating Procedures and OJT Modules for Sultan Salahuddin Abdul Aziz Power Station, Phase1", Available on:

<http://www.google.com/#hl=fa&source=hp&q=system+description+%2C+operating+sultan+salahuddin+abdul+aziz&lr=&fp=f57210ad35fa60>.

4- H.Bae, S.Kim, B.Hyeun Wang, M.Hyung Lee and F.Harashima "Flame Detection for the Steam Boiler Using Neural Networks and Image Information in the Ulsan Steam Power Generation Plant", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol.53, No.1,

با چنین سیستم مانیتورینگ اپراتور بطور کامل از وضعیت بویلر اطلاع خواهد داشت (شکل ۷).

نمونه ساخته شده در روی بویلر مرکز آموزش، تست و نتایج مطلوب مشاهده شد.

نتیجه گیری

رشد روز افزون صنعت کشور و این نکته که تولید بخار یک امر حیاتی در رشد صنایع کشور است، باعث می شود که به این نوع بویلر بیشتر پرداخته شود. برای این منظور ساختار بویلر فایرتیوب بصورت کلی بیان شده و اجزای مختلف سیستم کنترل آن توضیح داده شد؛ در ادامه سیستم کنترل بهینه با فاکتورهای کاهش مصرف سوخت و برق طراحی و ساخته شده و در نهایت مورد تست قرار گرفت، اما به عنوان نکته آخر اینکه بویلر فایرتیوب کاربردهای مختلفی در صنایع سبک مثل مواد غذایی، کاغذ سازی و ... دارد و در این موارد تهیه سیستم کنترل با بهینه سازی حامل های مصرفی انرژی برای آن امری ضروری است.

پی نوشت:

- 1-Automatic Boiler Control
- 2- Burner Management System
- 3- Shut down
- 4- Monitoring
- 5- Start up
- 6- Sequencer