

بهبود عملکرد سیستم کنترلی سوخت و احتراق دیگ های بخار از طریق کنترل اتوماتیک

فخرالدین حکیم رضا^{1*}، امین فردید²

شرکت پالایش نفت شیراز

(hakimrezafakhredin@gmail.com*)

چکیده:

مصرف انرژی در واحد سرویس های جانبی شرکت پالایش نفت شیراز به گونه ای بوده است که از میزان کل مصرف سوخت پالایشگاه در سال 1389، 15/36% جهت تولید برق در توربین گازی و 44/31% صرف تولید بخار آب در دیگهای بخار شده است که با توجه به مصرف بالای انرژی در واحد تولید بخار توجه ویژه به چگونگی مصارف انرژی در این واحد بسیار حائز اهمیت می باشد. با توجه به استاندارد ASME PTC 4.1 جهت محاسبه راندمان عملکرد دیگ های بخار، یکی از مهمترین عوامل افت راندمان در دیگ های بخار و به سبب آن افزایش مصرف سوخت، عدم کنترل بهینه سوخت و احتراق در طی فرایند تولید بخار می باشد. لذا با تعریف پروژه ای از طرف شرکت بهینه سازی مصرف سوخت شرکت ملی نفت ایران در این زمینه، یکی از دیگ های بخار شرکت پالایش نفت شیراز با هدف کاهش سوخت مصرفی، تحت کنترل اتوماتیک احتراق PLC قرار گرفت. با اجرای سیستم کنترل سوخت و احتراق راندمان دیگ 1/63% افزایش و مقدار سوخت دیگ 212/7 کیلوگرم در ساعت کاهش و دمای دود کش 20/5 درجه سانتیگراد کاهش یافت.

واژگان کلیدی: دیگ بخار - بهینه سازی احتراق - کنترل اتوماتیک

1- مقدمه:

بطور متوسط در هر پالایشگاه به ازای پالایش هر یکصد بشکه نفت خام، پنج بشکه آن جهت تامین انرژی مورد استفاده قرار می گیرد لذا بیش از 60 درصد هزینه های جاری و عملیاتی یک پالایشگاه نفت را هزینه های تامین انرژی تشکیل می دهد [1].

واحد تولید بخار شرکت پالایش نفت شیراز با توجه به تکنولوژی تجهیزات و شرایط بهره برداری، یکی از مصرف کننده های عمده ی انرژی مذکور به سبب مصرف سوخت می باشد که در سال 1389 در صد مصرف سوخت این واحد به تنهایی 59/67% از کل سوخت پالایشگاه بوده است.

در سال 1389 برای تولید 1172682 تن بخار فشار بالا (41 bar)، $10^{12} \times 1/188$ کیلو کالری انرژی فقط به سبب سوخت مصرف شده است که این میزان انرژی برابر 110500 تن در سال سوخت گاز طبیعی می باشد.

لازم به ذکر است که دی اکسید کربن تولید شده در واحد تولید بخار با در نظر گرفتن کل سوخت مصرفی به صورت گاز طبیعی، برابر 320000 تن در سال 1389 بوده است.

پیچیدگی فرآیند احتراق و اهمیت تابش و اغتشاشات جریان بر نرخ احتراق و توزیع دما، سبب شده تا برای انتخاب بهینه پارامتر های طراحی از جمله مشخصات سیستم تزریق سوخت، نسبت هوا/سوخت و دمای هوای ورودی و ... نیاز به ابزاری باشد که توانائی اعمال اثر تمامی پارامتر های مذکور را بر احتراق داشته باشد. شبیه سازی رایانه ای یکی از روشهای

1- عضو کارگروه انرژی شرکت پالایش نفت شیراز

2- کارشناس واحد تولید بخار شرکت پالایش نفت شیراز



انجمن احتراق ایران
FCCI2012-2019

چهارمین کنفرانس سوخت و احتراق ایران

کاشان - دانشگاه کاشان - بهمن ماه 1390



مناسب برای مطالعه فرآیند احتراق بوده که اخیراً برای محاسبات احتراق به خصوص در زمینه ی آلاینده ها بسیار توسعه پیدا کرده و مورد استفاده قرار گرفته است و محققین مختلفی برای بهینه سازی شرایط عملکردی بویلرها به استفاده از مطالعات عددی و آزمایشگاهی پرداخته اند [2 و 3]. به منظور بررسی عملی تاثیرات نسبت هوا/سوخت روی دیگ های بخار پالایشگاهی این سیستم در یکی از دیگ های بخار شرکت پالایش نفت شیراز به عنوان پایلوت انجام شد.

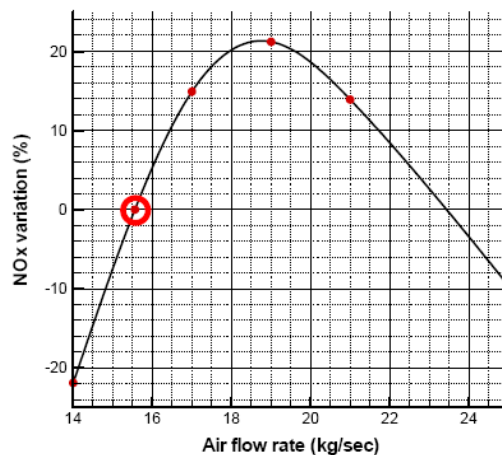
با تغییر درغلظت سوخت (انواع سوخت های پالایشگاهی و گاز طبیعی یا سوخت های مایع) در صد اتمی اکسیژن / کربن و هیدروژن / اکسیژن در شعله تغییر خواهد کرد. واکنش های متفاوت بر اساس نسبت های مختلف سوخت در طی فرایند احتراق، سبب ایجاد شعله ها یی با ضرایب انتشار مختلف خواهد شد [4].

کنترل بهینه احتراق علاوه بر تاثیرات مثبت کاهش مصارف انرژی، سبب کاهش آلاینده های زیست محیطی از جمله گاز های قابل احتراق خروجی از دود کش نیز می باشد که اضافه کردن این آنالیز گاز های سوخته شده به حلقه های کنترلی احتراق، برای اولین بار در کشور، در این پالایشگاه انجام شد.

یکی از مهمترین آلاینده های فرایند احتراق تشکیل مونوکسید کربن و دوده می باشند که انتشار این گونه ها علاوه بر اثرات مضر زیست محیطی سبب کاهش راندمان احتراق نیز می گردند. از مهمترین پارامترهای احتراقی موثر بر میزان تشکیل و انتشار آلاینده های احتراق می توان به دما و میزان اختلاط سوخت و هوا اشاره نمود.

اثر دبی هوای ورودی بر دمای ماکزیمم شعله و میزان آلاینده های ناکس و دوده مورد مطالعه قرار گرفته است. هوای اضافه بیشتر سبب اختلاط بهتر سوخت و هوا و کاهش میزان آلاینده دوده به خصوص در هنگام استفاده از سوخت مایع می گردد.

به منظور بررسی تاثیر افزایش هوای ورودی به احتراق روی آلاینده ناکس تولیدی، نموداری تجربی از طرف آقای عنبرسوز و همکاران ارائه شده است (نمودار 1) که در طی آن نشان داده شده است که آلاینده ناکس با افزایش دمای ماکزیمم ناشی از افزایش دبی هوای ورودی ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می یابد [5].

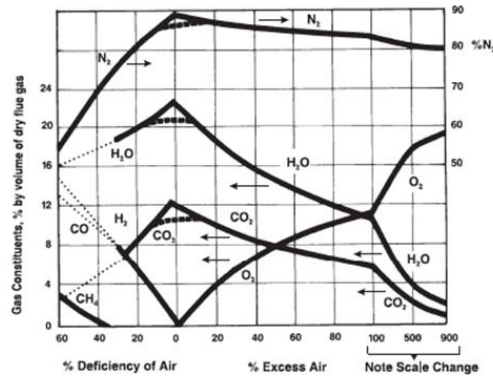


نمودار 1- اثر دبی هوای ورودی بر درصد تغییر میزان NOX خروجی بویلر نسبت به حالت پایه [5]

البته با تغییر سوخت دیگ های بخار از سوخت مایع به سوخت گاز در طی سال های اخیر میزان انتشار آلاینده های ناشی از فرایند احتراق نیز به نسبت کم شده اند و استفاده از سوخت گاز طبیعی علاوه بر صرفه اقتصادی، از نظر زیست محیطی نیز مناسب می باشد. در شعله سوخت گاز طبیعی به دلیل عدد کربن (C/H) پایین در هنگام احتراق، دوده بسیار کمی تشکیل می گردد، به همین دلیل شعله سوخت گاز طبیعی آبی رنگ بوده و نرخ تابش شعله در آن بسیار پایین می باشد. از طرفی در کوره های صنعتی دما بالا و بویلرها، انتقال حرارت تابشی یکی از روشهای مهم انتقال حرارت است [6]



بطوریکه حدود 30% نرخ انتقال حرارت در این کوره ها از طریق تابش صورت می گیرد. به همین دلیل استفاده از سوخت گاز طبیعی به جای سوخت مایع راندمان انتقال حرارت این کوره ها را بسیار کاهش داده است [7]. سوخت گاز مصرفی در پالایشگاهها به دلیل دارا بودن درصدی هیدروژن دارای ارزش حرارتی حجمی پایین تری نسبت به گاز طبیعی دارد. نمودار شماره 2 نشان دهنده تاثیر نسبت مخلوط هوا/سوخت در آنالیز گازهای احتراق می باشد که برای سوخت گاز طبیعی با حدود 83% متان ارائه شده است [8].

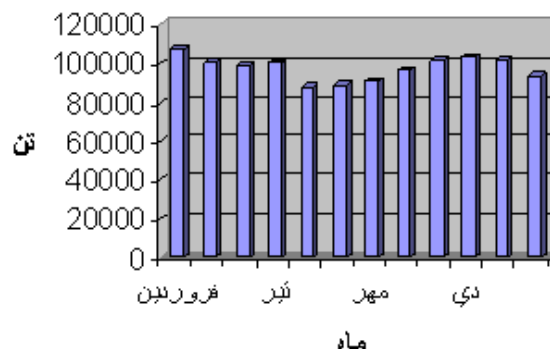


نمودار 2- تاثیر نسبت مخلوط هوا/سوخت در آنالیز گازهای احتراق

محاسبات مربوط به سوخت و احتراق در سیستم کنترلی جدید بر اساس استاندارد ASME PTC 4.1 انجام شده است [9].

2- شرح فرایند

واحد تولید بخار شرکت پالایش نفت شیراز دارای 8 دستگاه دیگ بخار بوده که در حال حاضر، تولید بخار این واحد در بیشترین حالت خود به حدود 160 تن در ساعت می رسد. آمار یک ساله تولید بخار در دیگ های بخار شرکت پالایش نفت شیراز در سال 1389 در نمودار شماره 3 قابل مشاهده می باشد.



نمودار 3- آمار تولید بخار شرکت پالایش نفت شیراز در سال 1389

سوخت گازی استفاده شده در دیگ های بخار دارای آنالیز مندرج در جدول شماره 1 می باشد.

جدول شماره 1- آنالیز سوخت گازی دیگ های بخار

ترکیب	متان	اتان	پروپان	ایزو بوتان	نرمال بوتان	ایزو پنتان	نرمال پنتان	نیتروژن	هیدروژن	دی اکسی کربن
درصد مولی	67	5/6	4/02	0/76	0/89	0/25	0/17	3/93	17/34	0/04

با محاسبات احتراق (جهت محاسبه ی نسبت سوخت/ هوای مورد نیاز) برای سوخت با درصد عناصر مندرج در جدول شماره 1، نسبت مذکور بر اساس استوکیومتریکی و با کمک فرمول شماره 1 برابر با 9/801% بدست خواهد آمد. به عبارتی برای مصرف 3000 Nm³/hr سوخت گازی، هوایی برابر با 29826 sm³/hr مورد نیاز خواهد بود و با توجه به اینکه در شرایط بهره برداری از دیگ بخار مورد نظر برای اجرای اتوماسیون سوخت و احتراق، میزان اکسیژن اضافی به اکسیژن تئوریک ذکر شده در اطلاعات شرکت سازنده 1/2-1/3 می باشد، لذا حفظ دیگ بخار در این شرایط در طول مدت بهره برداری از لحاظ بهینه بودن احتراق بسیار حائز اهمیت می باشد.

جهت محاسبه میزان هوای اضافی به هوای تئوریک (m) از فرمول 2 استفاده میگردد که در این فرمول A₀ میزان هوای تئوریک لازم برای احتراق بوده و G' مقدار گاز های خشک عملی حاصل از احتراق بوده و از فرمول شماره 3 قابل محاسبه خواهد بود.

$$A_0 = \frac{1}{0.21} (0.5h_2 + 0.5co + 2ch_4 + 3.5c_2h_6 + 3c_2h_4 + 5c_3h_8 + 6.5c_4h_{10} - o_2) \quad (1)$$

$$m = 1 + \frac{|(O_2) - 0.5(CO)|G'}{0.21A_0} \quad (2)$$

$$G' = GO' + (m-1)A_0 \quad (3)$$

GO' در فرمول شماره 3 برابر مقدار گاز های خشک تئوری حاصل از احتراق خواهد بود.

مقدار بیشینه گاز دی اکسید کربن تولید شده در طی فرایند احتراق گاز با فرمول 4 محاسبه می گردد.

$$(CO_2)_{\max} = \frac{co + co_2 + ch_4 + 2c_2h_6 + 3c_3h_8 + 4c_4h_{10}}{G_0'} \times 100\% \quad (4)$$

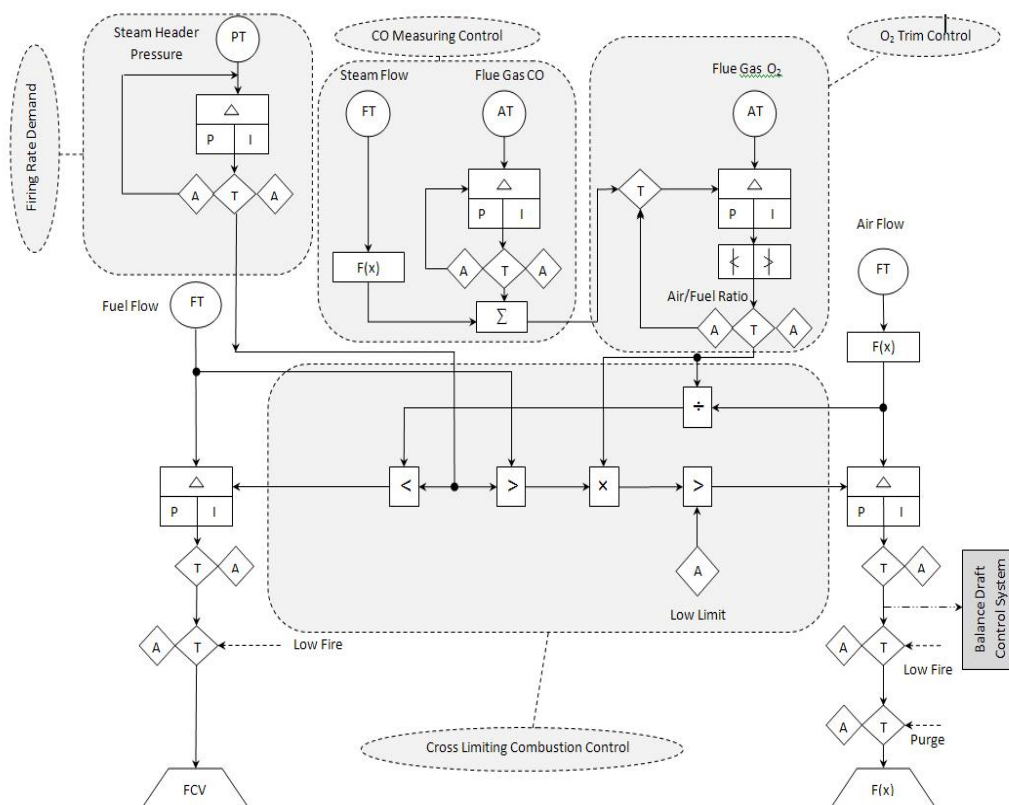
با توجه به اینکه تنظیم فشاربخار H.P.S¹ با ارسال فرمان به حلقه های کنترلی احتراق انجام می گردد، سیستم کنترلی احتراق دیگ ها بسته به تغییرات مصارف بخار فشار بالا در پالایشگاه، در حال تغییر می باشد که با توجه به اینکه این تغییرات بدون در نظر گرفتن مکانیزه میزان هوای اضافی و گاز های قابل سوختن، انجام می شود، امکان تولید CO² و یا عدم تنظیم بهینه اکسیژن در فرایند احتراق در تولید تغییرات باردهی دیگ های بخار بسیار محتمل می باشد که با مکانیزه نمودن

1. High pressure steam
2. Combustible gas

تنظیمات هوای اضافی و CO خروجی از دود کش دیگ های بخار همواره می توان شعله ای مناسب از نظر انرژی و زیست محیطی داشت.

2-1 - سیستم های کنترلی سوخت و احتراق در دیگ های بخار:

سیستم های کنترلی دیگ های بخار و فلسفه ی ایجاد سیستم کنترلی روی هوای اضافی و مونواکسید کربن به این صورت می باشد که در این سیستم ها شیر سوخت و دمپر هوا توسط فرمانی از کنترل کننده های فلوی مربوط به خودشان کنترل می شوند. سیگنال اصلی از فشارسنج خط تغذیه بخار به کنترل کننده فشار وارد می شود. فرمان های صادره از این کنترل کننده به دو کنترل کننده دبی ارسال می شوند که وظیفه آنها کنترل شیر سوخت و دمپر هوا می باشد. در یک سیستم کامل از این نوع، فلوهای سوخت و هوای ورودی بویلر اندازه گیری شده و به عنوان فیدبک در کنترل کننده های هر کدام بطور جداگانه مورد استفاده قرار می گیرد. هر کدام از این کنترل کننده های دبی به طور مستقل شیر یا دمپر مربوط به خود را تنظیم می کنند تا اینکه نسبت صحیح یا نقطه تنظیم¹ بدست آید. به این ترتیب شرایط احتراق مناسب، بدون توجه به تغییراتی که در مقاومت سیستم یا خصوصیات کنترل کننده حاصل می شود، تامین می گردد. این سیستم کنترلی یک سیستم حلقه بسته می باشد. بسته به روش های مختلف بکارگیری این نوع کنترلرها و استفاده یا عدم استفاده از فلومتر هوا و سوخت، این دسته از کنترلرها به سیستم های تنظیمی موازی و سیستم های اندازه گیری - تنظیمی سری و موازی قابل تقسیم اند. در نمودار 4 دیگرام کنترلی سیستم اندازه گیری و تنظیم موازی نشان داده شده است.



نمودار 4- دیگرام کنترلی سیستم اندازه گیری و تنظیم موازی



با توجه به نمودار 3، این سیستم کنترلی اندازه‌گیری و تنظیم از 4 بخش کنترلی تشکیل شده است. این بخش‌ها عبارتند از: بخش کنترل ماژولار مشعل طبق اندازه‌گیری فشار بخار

(Firing Demand)، کنترل مونوکسید کربن بر اساس آنالیز گازهای احتراقی

(CO Measuring Control) جهت قرار گرفتن میزان هوای اضافی در یک حاشیه امن، کنترل اکسیژن بر اساس

آنالیز گازهای احتراقی (O₂ Measuring Control) جهت کنترل و تنظیم نرم هوای اضافی جهت قرار گرفتن بویلر در منطقه راندمان بهینه و در نهایت سیستم کنترل تاخیرانداز هوا و سوخت¹ جهت حصول اطمینان از نسبت ایمن هوا به سوخت.

سیستم‌های کنترل اندازه‌گیری و تنظیم می‌توانند تمام توانمندی‌های مفید مانند تنظیم‌کننده هوای اضافی، تنظیم اکسیژن²، جلوگیری از تولید مونواکسید کربن و تاخیراندازی مربوط به نسبت سوخت/هوا را داشته باشند که پارامتر کنترل همزمانی یکی از مهمترین مشخصه‌های سیستم‌های کنترل جهت جلوگیری از بوجود آمدن شرایط احیایی (غنی از سوخت) در بویلر است.

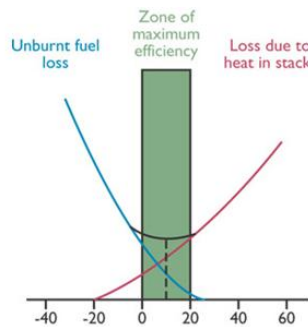
کنترل احتراق شامل دو بخش کنترل حرارت داده شده و کنترل نسبت سوخت به هوای محفظه احتراق است. وظیفه سیستم کنترل احتراق تامین مداوم هوای کافی جهت احتراق سوخت کوره بدون ایجاد دود و خروج حداقل ذرات دوده از دودکش و نیز دور کردن شرایط احتراق از نسبت‌های خطرناک هوا به سوخت، که می‌تواند منجر به خاموشی مشعل شود، می‌باشد. فرمان اصلی کنترل احتراق از فشار خط تغذیه بخار گرفته می‌شود. به عبارت دیگر کنترل‌کننده‌های نرخ احتراق، کنترل‌کننده‌های نرخ تولید بویلر نیز می‌باشند. مهمترین مشخصه‌های سیستم‌های کنترل احتراق مورد نظر، توانمندی‌های کنترل ماژولار، تنظیم‌کننده هوای اضافی، تنظیم اکسیژن، جلوگیری از تولید مونواکسید کربن و جلوگیری از تغییر همزمان هوا و سوخت (تاخیراندازی) می‌باشند. در ادامه بطور مفصل در مورد این توانمندی‌ها شرح داده شده است.

2-2- بهره‌گیری از کنترل ماژولار مشعل:

کنترل ماژولار سبب افزایش بهره‌برداری از بویلر می‌شود، بدین صورت که به کمک مانیتورینگ بخار خط تغذیه، سیگنالی بطور مداوم جهت تعیین دقیق مقدار سوخت ورودی تولید می‌شود. بدین ترتیب کاهش در مقدار فشار بخار سبب افزایش نرخ شعله‌وری مشعل می‌شود. بهره‌گیری از کنترل ماژولار در سیستم کنترل احتراق سبب همگرایی مداوم نرخ سوخت و هوا نسبت به مقدار تقاضا، کاهش تلرانس در مقدار فشار بخار خط خروجی و افزایش راندمان بویلر می‌شود.

2-3- تنظیم‌کننده هوای اضافی:

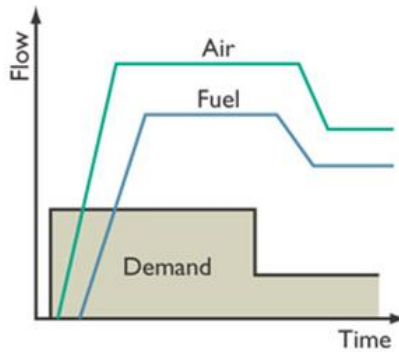
در عمل بویلرها سوخت و هوا را حتی در بهترین شرایط عملیاتی به خوبی مخلوط نمی‌کنند. نمودار 5 نشان می‌دهد که نگاه‌داشتن هوای اضافی در یک بازه مشخص سبب اطمینان از احتراق کامل و کاهش تلفات حرارتی می‌شود.



نمودار 5 - بازه تغییرات میزان هوای اضافی جهت دستیابی به راندمان بهینه

4-2- استراتژی کنترل تاخیراندازی سوخت و هوا¹

استراتژی کنترل تاخیراندازی احتراق این اطمینان را به وجود می‌آورد که هرگز نسبت هوا به سوخت خطرناک در سیستم به وجود نخواهد آمد. این بخش از سیستم همیشه سبب افزایش جریان هوا پیش از افزایش جریان سوخت در مواقع افزایش نرخ شعله‌وری سیستم و همچنین کاهش جریان سوخت قبل از کاهش جریان هوا مواقع کاهش نرخ شعله‌وری سیستم می‌شود. نمودار 6 این قضیه را به خوبی نشان می‌دهد.



نمودار 6- نحوه عملکرد سیستم Cross-Limiting جهت حصول اطمینان از نسبت مناسب هوا به سوخت

5-2- جلوگیری از تولید مونواکسید کربن :

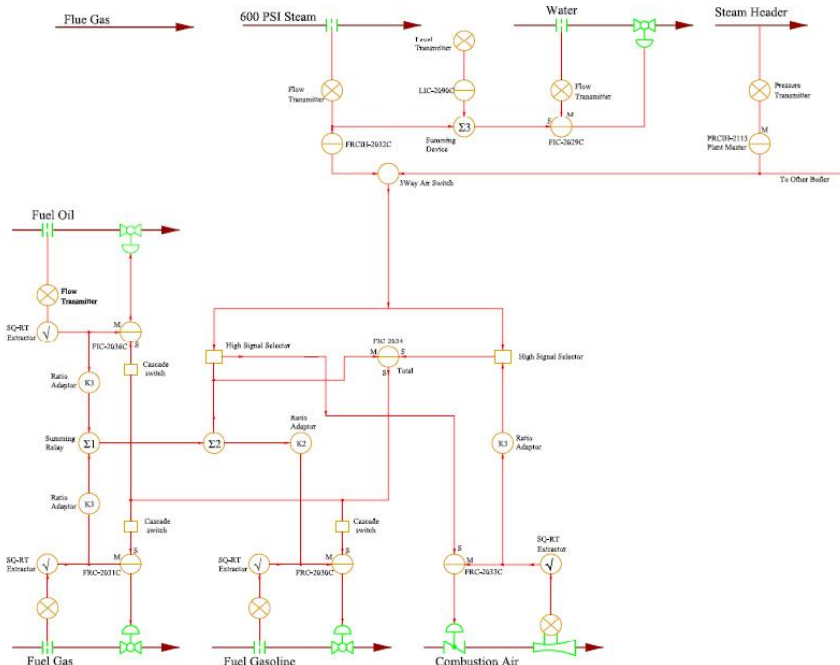
همانگونه که ذکر شد، کاهش هوای احتراقی می‌تواند منجر به تولید مونواکسید کربن در بویلر شود و از این رو در سیستم‌های فاقد آنالایزر مونواکسید کربن همواره نقطه تنظیم اکسیژن اضافه در دودکش، باید در یک حاشیه امن در نظر گرفته شود. بنابراین با نصب یک آنالایزر جهت سنجش مونواکسید کربن، سیستم کنترل می‌تواند میزان اکسیژن را به راحتی و تا حد ممکن کاهش دهد. با توجه به نمودار 1، بخش CO Measuring Control وظیفه تعیین نقطه تنظیم مناسب برای آنالایزر O_2 را برعهده دارد. تابع $f(x)$ میزان درصد مناسبی از اکسیژن را در دی‌های مختلف بخار (Load مختلف بویلر) به عنوان نقطه تنظیم اولیه آنالایزر O_2 تعیین می‌نماید. در ادامه مسیر آنالایزر CO بر اساس سنجش میزان مونواکسید کربن و مقایسه آن با نقطه تنظیم CO (که برابر 150 ppm می‌باشد)، بر نقطه تنظیم اولیه تاثیر گذاشته و آن را تصحیح می‌نماید. به عنوان مثال در صورتی که آنالایزر CO عدد بسیار پایینی را نشان دهد (به عنوان نمونه 10 ppm) خروجی از کنترلر CO، نقطه تنظیم اولیه O_2 را کمی کاهش می‌دهد. علت این امر این است که سنجش میزان پایین گاز CO توسط آنالایزر بیانگر وجود بیش از اندازه هوای اضافی در سیستم بوده و قابلیت کاهش میزان هوای اضافی با نرخ بیشتر امکان‌پذیر است. در نقطه مقابل، در صورتی که آنالایزر CO عدد بالاتر از 150 ppm را نشان دهد (به عنوان نمونه 400 ppm) خروجی از کنترلر CO، نقطه تنظیم اولیه برای O_2 را کمی افزایش می‌دهد زیرا مقادیر بالای CO در سیستم نمایانگر کمبود بیش از حد هوای اضافی است که بایستی جبران شود.

6-2- تنظیم اکسیژن² :

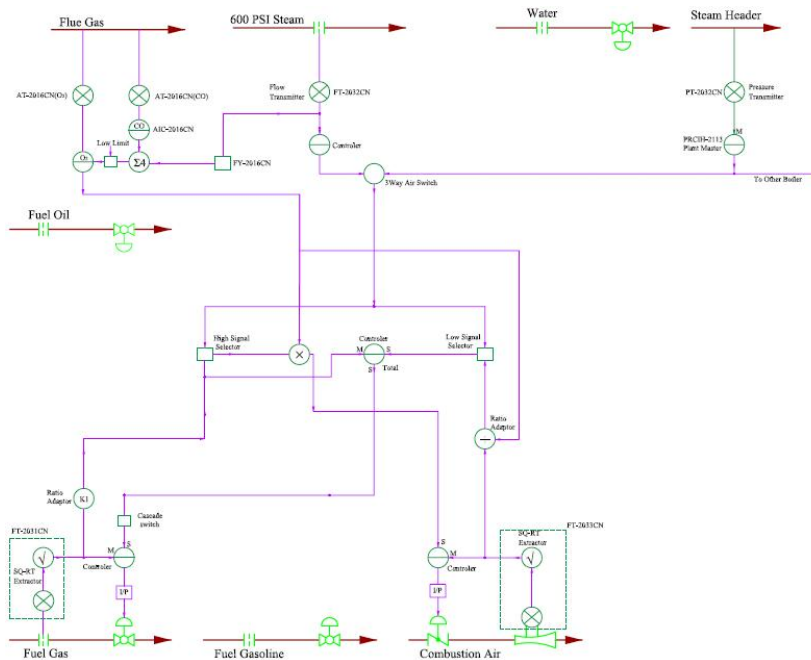
دانستن مقدار اکسیژن در دودکش سبب کنترل بهتر احتراق می‌شود. اضافه نمودن یک ماژول تنظیم مقدار اکسیژن سبب کنترل بهتر و نرم‌تر هوای اضافی می‌شود. همچنین سبب بازگشت سریع‌تر سیستم به نقطه تنظیم در صورت وارد شدن هر نوع اغتشاشی به آن می‌شود. کاهش مونواکسید کربن خروجی نیز از دیگر مزایای این بخش از سیستم‌های کنترلی است که دارای این استراتژی می‌باشند.

سیستم های کنترلی نیوماتیک به کار رفته در سیستم کنترلی قدیمی دیگ های بخار و سیستم جدید کنترلی آن در

نمودار های 7 و نمودار 8 مشاهده می گردد.



نمودار 7- سیستم کنترلی نیوماتیک دیگ های بخار



نمودار 8- سیستم کنترلی PLC دیگ های بخار

3- نتیجه گیری

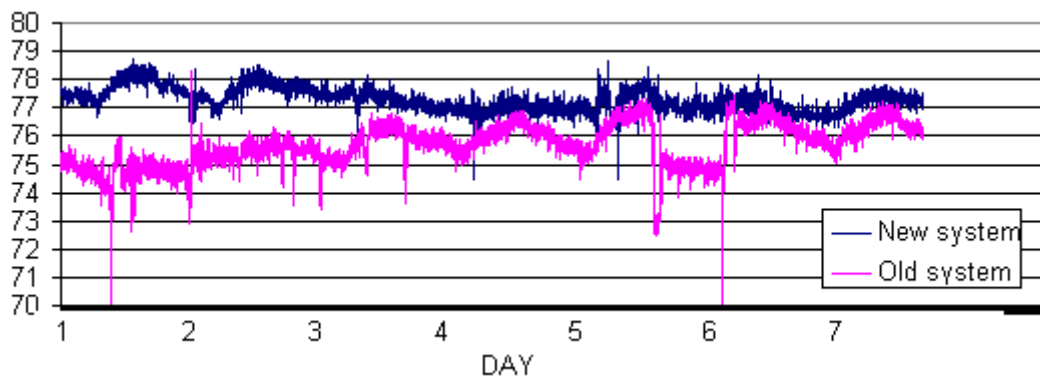
با توجه به اهداف معین شده برای این پروژه، پس از اجرای طرح در حال حاضر راندمان دیگ بخار در بار دهی های مختلف به طور متوسط 77/27% می باشد که با توجه به مدت طولانی استفاده شده از این دیگ (بیش از 38 سال) و شرایط بهره برداری با سوخت مایع و همچنین عدم داشتن تجهیزات پیش گرمکن هوا و آب، داشتن مداوم این راندمان در طول تغییرات باردهی دیگ با داشتن شعله ای مناسب، قابل قبول می باشد.

جمع آوری و تحلیل داده ها در دو سیستم کنترلی PLC و نیوماتیک در طی دو هفته انجام گرفت. در طی مدت زمانی که دیگ بخار با سیستم کنترلی نیوماتیک کنترل گردید سعی بر آن شد که بهترین شرایط بهره برداری دیگ بخار از نظر عملکرد برقرار گردد که با وجود این شرایط، نتایج حاکی از کاهش حدود 1863500 kg/year سوخت گاز در دیگ بخار می باشد و در صورت اجرای این پروژه برای کلیه ی دیگ های بخار این شرکت می توان کاهش سوختی به میزان حدودی 9300 ton/year داشت که با کاهش این میزان سوخت می توان از انتشار بیش از 26000 ton/year دی اکسید کربن جلوگیری کرد.

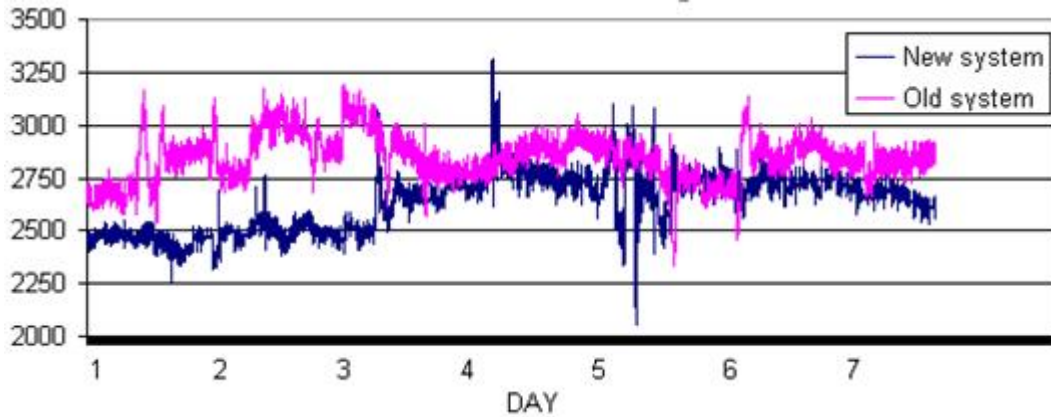
در حال حاضر با اجرای پروژه ی فوق، میزان کاهش دی اکسید کربن به میزان 5400 ton/year می باشد. نمودار شماره 9 تا 13 نشان دهنده هر دو وضعیت کارکرد دیگ بخار مورد نظر در طی یک هفته بهره برداری با سیستم کنترلی PLC و یک هفته با سیستم کنترلی نیوماتیک می باشد. (جهت توانایی مقایسه بهتر نمودارها ی هر دو حالت روی هم تطبیق یافته اند).

جدول شماره 2 بیانگر متوسط داده های عملکرد در طی مدت زمان آزمایش می باشد. همانگونه که در نمودار شماره 10 نیز مشخص می باشد اتوماسیون احتراق دیگ بخار سبب کاهش مصرف سوخت گردیده که با در نظر گرفتن قیمت هر متر مکعب گاز مصرفی 700 ریال، 1700 میلیون ریال کاهش مصرف سوخت این دیگ بخار بوده است.

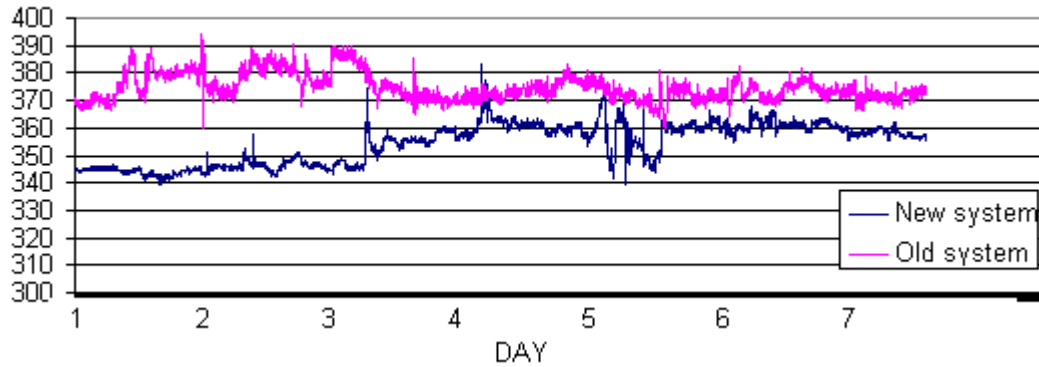
افزایش هوای اضافی در دود کش که به سبب افزایش دبی هوای ورودی به احتراق می باشد (نمودار های شماره 12 و 13) موجب افزایش تلفات حرارتی دود کش گردیده است (نمودار شماره 11).



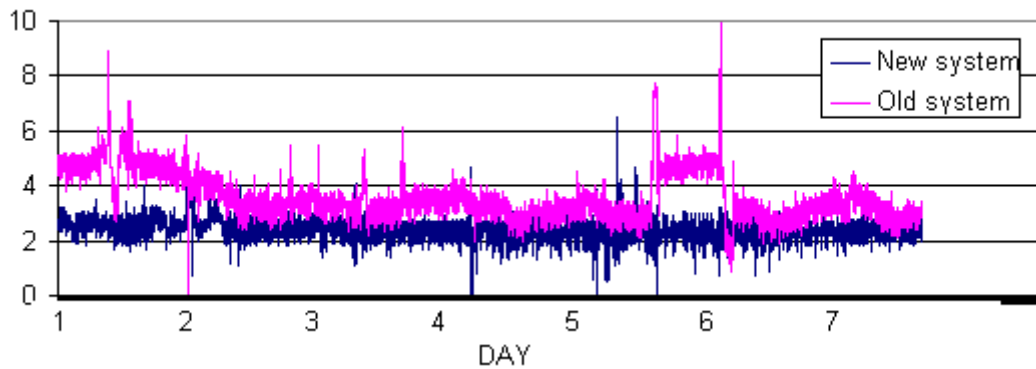
نمودار 9- راندمان کارکرد دیگ بخار در سیستم کنترلی جدید (PLC) و قدیم (Pneumatic)



نمودار 10- مقایسه مصرف سوخت گاز طبیعی در سیستم کنترلی جدید (PLC) و قدیم (Pneumatic)



نمودار 11- مقایسه دمای دود کش در سیستم کنترلی جدید (PLC) و قدیم (Pneumatic)



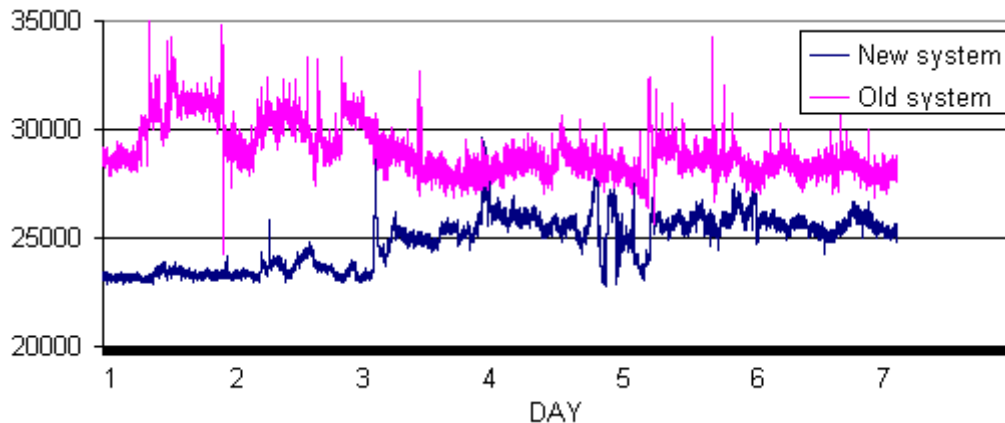
نمودار 12- مقایسه در صد اکسیژن در گاز های خروجی در سیستم کنترلی جدید (PLC) و قدیم (Pneumatic)



FCCI2012-2019

چهارمین کنفرانس سوخت و احتراق ایران

کاشان - دانشگاه کاشان - بهمن ماه 1390



نمودار 13- مقایسه میزان هوای احتراق در سیستم کنترلی جدید (PLC) و قدیم (Pneumatic)

جدول 2- متوسط داده های عملیاتی در طی آزمایش دیگ بخار

Pneumatic	PLC	واحد	سیستم کنترل
75/64	77/27	%	بازده دیگ بخار
29043	24813	NM ³ /h	جریان هوا
2838/6	2625/9	Kg/h	گاز مصرفی
374/9	354/4	°C	دمای دود کش

مراجع:

- 1- Rajan, G.G, "Practical Energy Efficiency optimization", Penwell book 2006, p.15
- 2- Mull, T.V. , "Numerical Simulation Models for a Modern Boiler Design" ,Proceedings of Power-Gen International Conference, Orlando, Florida, USA. (1996).
- 3- Zahirovic S. ,Scharler R. and Obernberger I. , "Advanced CFD Modeling of Pulverized Biomass Combustion, Institute for Resources Efficient and Sustainable Systems", Graz University of Technology ,Graz, Asturia. BIOS Co. web site at: "<http://www.bios-bioenergy.at/en/>".
- 4- Ulrich Bonne, Brian C Krafthefer "Air fuel ratio control", united state patent ,1986
- 5- مرتضی عنبر سوزان ، سید محمد جوادی، محمد پسندیده فرد، حمید ایزدی "مدلسازی عددی بویلر نیروگاه توس به منظور امکان سنجی افزایش راندمان شبیه سازی جریان و احتراق داخل بویلر" مجموعه مقالات دومین کنفرانس صنعت نیروگاههای حرارتی ، آبان 1389
- 6- Keramidaa, E.P., Liakosa, H.H., Fountib, M.A., Boudouvisa, A.G., and Markatos, N.C., 2000. "Radiative heat transfer in natural gas-fired furnaces", International journal heat and mass transfer, 43(10), pp. 1801-1809.
- 7- Erhan, B., Ozer A., 2009. "Effect of the radiation surface on temperature and NOx emission in a gas fired furnace". Fuel, 88(10), pp. 1878-1884.
- 8- "ENGINEERING DATA BOOK FPS VERSION", Volumes I & II , Sections 1-26 by the Gas Processors Suppliers Association 2004
- 9- "AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS", PTC 4.1 , edition 1998, Boiler efficiency calculation