

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی



سناریوهای بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش راندمان بویلر های صنعتی

داود رحیم یار هریس، قارن درستی حسن کیاده، حسن بیگلریان

عضو هیئت علمی پژوهشگاه نفت rahimyard@ripi.ir

عضو هیئت علمی پژوهشگاه نفت dorostiq@ripi.ir

عضو هیئت علمی پژوهشگاه نفت biglarianh@ripi.ir

چکیده

یکی از روشهای محاسبه راندمان مصرف انرژی بویلرهای صنعتی روش غیر مستقیم می باشد. این روش به خاطر عدم احتیاج به اندازه گیری جریان جرمی سوخت ورودی دارای دقت زیادی می باشد ولی نیازمند محاسبه تمام اتلافات انرژی بویلر می باشد. بنابراین اطلاعات دقیقی از انواع اتلافات بویلر می دهد با توجه به این اطلاعات تصمیم گیری در مورد سناریوهای بهینه سازی ساده تر می گردد.

در این مقاله روشهای معمول افزایش راندمان بویلرهای صنعتی از قبیل تنظیم مشعلهای بویلرها و بهبود راندمان احتراق، تنظیم هوای اضافه در بویلرها، استفاده از اکتونمایزهای تقطیری یا کندانسی، بازیافت حرارت از آب زیرکش بویلر تشریح شده است. پیشنهادات مذکور برای یک نمونه صنعتی بکار گرفته شده و میزان کاهش مصرف انرژی و صرفه جویی اقتصادی سالانه به ازای به کارگیری راهکار محاسبه شده است.

۱- مقدمه

رشد بی رویه مصرف سوخت و اثرات نامطلوب زیست محیطی آن، عواملی هستند که هرگونه تلاش در زمینه منطقی کردن مصرف سوخت در واحدهای مختلف به ویژه واحدهای صنعتی را توجیه می نماید. در این بین، واحدهای جانبی صنایع مرتبط با نفت، گاز و پتروشیمی که یکی از پرمصرف ترین واحدهای مصرف کننده سوخت در کشور می باشند، از این قاعده مستثنی نبوده و لازم است تمهیداتی برای کاهش مصرف سوخت آنها اندیشیده شود.

یکی از شیوه های موثر برای رسیدن به این هدف، انجام آزمونهای دوره ای تعیین عملکرد می باشد. وضعیت موجود سیستم توسط آزمونهای دوره ای سنجیده می گردد و برای بهبود وضعیت موجود سناریوهای مناسب جهت بهینه سازی مصرف انرژی برنامه ریزی می گردد.

۲- سناریوهای بهینه سازی مصرف انرژی

در سیستمهایی که مرتبط با احتراق می باشند افزایش راندمان احتراق و جلوگیری از اتلافات حرارتی ازجمله شعله یکی از عوامل موثر در بهینه سازی مصرف انرژی اینگونه تجهیزات می باشند. همچنین کاهش به کار گیری مجدد انرژی خروجی از این سیستمها در غالب دود خروجی باعث افزایش هر چه بیشتر راندمان این تجهیزات می گردد.

در این مقاله روشهای بهینه سازی مصرف انرژی بویلرها جهت یکی از مجتمع های یوتیلیتی که دارای چهار عدد بویلر با ظرفیت نامی تولید بخار ۱۱۰ تن بر ساعت میباشد در قالب عدد و ارقام توضیح داده شده است.

تنظیم مشعلهای بویلرها و بهبود راندمان احتراق

با توجه به مطالعات و اندازه گیریهای انجام شده مشخص شده است که مشعلهای بویلرهای تنظیم نمی باشند. به عنوان نمونه آزمایش SPOT CHECK را می توان مینا قرار داد. در این آزمایش داده های ثبت شده O₂، CO₂ و دمای دود در دودکش می بایست در شرایط پایدار مورد مقایسه قرار گیرد. اگر در حالتی که میزان O₂ ثابت باشد ولی مقدار CO افزایش داشته باشد این افزایش می تواند دلالت بر نقصان مشعلها باشد. اگر دمای دود خروجی حدود ۵ درجه سلسیوس یا بیشتر تغییر یافته باشد ولی میزان گونه های شیمیایی فوق الذکر در آن ثابت باقی مانده باشد نیز دلیل دیگری بر نقصان مشعلها و خصوصا الگوی نامناسب جریان درون کوره باشد. برای اثبات این موضوع داده های بویلرها در جدول زیر آورده شده اند.

جدول ۱ - مقایسه داده های دود بویلرها

		Boiler A	Boiler B	Boiler C	Boiler D
Superheated Steam flow	ton/hr	99.6	95.8	99.7	96
Gas Temperature C	C	214.6	200	213.4	214.5
O ₂ %	%	3	2.7	3.9	5.6
CO ppm	ppm	419	292	341	299



همانگونه که مشاهده می گردد میزان مونوکسید کربن در ماکزیمم توان بویلر A تقریباً دو برابر میزان آن در بویلر B است در حالی که مقدار اکسیژن آن نیز اندکی بیشتر است. همچنین در دو بویلر A و D دمای دود خروجی از حجم کنترل بویلرها برابر است ولی میزان گونه های شیمیایی به گونه ای محسوس متفاوت است.

در جدول زیر دو نمونه اندازه گیری انجام شده برای بویلر D را در بار ۵۴ تن نشان می دهد که در زمانهای مختلف انجام شده است.

جدول ۲ - مقایسه داده های دود بویلرها در بار کاری ۵۴ تن بر ساعت

		Boiler A	Boiler B	Boiler C	Boiler D
Superheated Steam flow	ton/hr	99.6	95.8	99.7	96
Gas Temperature C	C	214.6	200	213.4	214.5
O2 %	%	3	2.7	3.9	5.6
CO ppm	ppm	419	292	341	299

با توجه به اطلاعات جدول می توان بیان نمود که مغشوش کننده های جریان (Furnace Baffling) در این بویلر انحراف دارد یا الگوی توزیع جریان گازهای احتراق نامناسب است.

محاسبات مربوط به صرفه جویی ابتدا با تنظیم میزان دبی سوخت انجام شده است. برای اینکار می بایست از معادله اتلاف حرارتی راندمان را محاسبه نمود و سپس با مشخص بودن راندمان و همچنین میزان بخار تولید شده در بویلرها و ارزش حرارتی سوخت مقدار جدید دبی سوخت را از معادله مستقیم راندمان محاسبه نمود.

جدول زیر نتایج این محاسبه را نشان می دهد.

جدول ۳ - نتایج محاسبات مربوط به صرفه جویی با تنظیم دبی سوخت

LHV	48631.41222	kJ/kg
Main Steam Energy	37088.60203	kW
Efficiency	78.073	%
Fuel Flow	1.0237108	kg/s
Fuel Flow (LogSheet)	0.976833348	kg/s
Error	4.58%	

بنابراین مقدار اندازه گیری دبی سوخت با حدود ۵٪ خطا همراه است.

با توجه به شرایط احتراق اندازه گیری شده در بویلرها میزان افزایش راندمان محاسبه شده بواسطه بهبود مشعلها حدود ۰/۰۲ درصد می باشد که صرفه جویی حدود پنج میلیون ریال در سال را به همراه خواهد داشت.

تنظیم هوای اضافه در بویلرها

اندازه گیری های انجام شده با دستگاه آنالیزر دود بر روی بویلرها نشان داده است که میزان هوای اضافه در آنها بسیار بالاست. یکی از پارامترهای مهم جهت بررسی وضعیت عملکردی بویلرها به لحاظ مصرف انرژی، تعیین مقدار هوای اضافی می باشد. تعیین مقدار هوای اضافی به دو صورت، از طریق اندازه گیری ترکیب سوخت یا آنالیز گازهای حاصل از احتراق توسط دستگاه آنالیزر دود امکان پذیر می باشد.

در این مطالعه مبنای محاسبات بر اساس آنالیز گازهای احتراقی صورت گرفته و نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیب گازهای خروجی از دودکش بویلر در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۴ - اطلاعات دود خروجی بویلر A در بارهای مختلف

	Boiler A			
LOAD	56	72	82	100
Gas Temperature C	162	178.6	195.1	214.6
Dew Point	52.8	51.8	53.9	55.3
O2 %	4.8	6.5	5	3
CO2 %	8.4	7.9	9	9.8
CO ppm	227	249	342	419
CO/CO2 %	0.27	0.315	0.38	0.428
NOX pmm	163	186	252	313
SO2 ppm	0	0	0	0
CH4 %	0	0.002	0.007	0.003

جدول ۵ - اطلاعات دود خروجی بویلر B در بارهای مختلف

	Boiler B			
LOAD	42	50	80	100
Gas Temperature C	166.1	169.5	190	200
Dew Point	51.8	52	53.5	55.1
O2 %	6.7	6	5.4	2.7
CO2 %	7.9	8	8.8	9.7
CO ppm	170	185	276	292
CO/CO2 %	0.216	0.232	0.314	0.301
NOX pmm	127	144	206	231
SO2 ppm	0	0	0	0
CH4 %	0.002	0.004	0	0.002

جدول ۶ - اطلاعات دود خروجی بویلر C در بارهای مختلف

LOAD	Boiler C			
	42	50	80	100
Gas Temperature C	155	179.1	197	213.4
Dew Point	47.3	47	53.9	53.9
O2 %	9.7	10.1	4.3	3.9
CO2 %	6	5.9	9	9
CO ppm	153	160	284	341
CO/CO2 %	0.255	0.271	0.316	0.379
NOX ppm	111	125	217	268
SO2 ppm	0	0	0	0
CH4 %	0	0	0.003	0.004

جدول ۷ - اطلاعات دود خروجی بویلر D در بارهای مختلف

LOAD	Boiler D							
	47	49	50	52	56	75	80	100
Gas Temperature C	174	176.8	178.4	180.8	185.3	191.5	193.1	214.5
Dew Point	48.1	49.8	48.8	50.5	50.9	50.9	54.3	52.6
O2 %	8.6	7.5	6.4	7.4	7.3	6.9	6.9	5.6
CO2 %	6.3	7	6.6	7.3	7.4	7.5	9.2	8.3
CO ppm	139	147	100	127	156	195	221	299
CO/CO2 %	0.221	0.211	0.151	0.174	0.208	0.26	0.24	0.36
NOX ppm	109	108	96	111	123	154	191	232
SO2 ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
CH4 %	0	0	0.005	0.005	0.004	0.001	0	0.012

با نوشتن معادله احتراق و برقرار نمودن موازنه، می توان تخمین دقیقی از میزان هوای اضافی حاصل نمود. نتایج حاصل از محاسبات، متوسط میزان هوای اضافی را ۵۰٪ گزارش می دهد که نشان دهنده وجود مقدار هوای اضافی بالا در بویلر است و بدین طریق مقدار زیادی از اکسیژن نسوخته از طریق دودکش خارج می گردد.

با توجه به آنکه بیشترین افت راندمان ناشی از دمای بالای گازهای خروجی از دودکش بوده بطوریکه تقریباً سهمی معادل ۷۰٪ از کل افت راندمان را شامل می گردد و مابقی آن حدود ۳۰٪ از کل افت راندمان را در بر می گیرد، بررسی این موضوع حائز اهمیت است.

از آنجا که خروجی هر نوع جرم اضافی از دودکش نمایانگر اتلاف انرژی می باشد، لذا یکی از فعالیتهای لازم بمنظور بهینه سازی مصرف انرژی، نظارت و مانیتورینگ بویلرها است. تجهیز نمودن پتروشیمی به دستگاههای مورد نیاز جهت جمع آوری اطلاعات و تحلیل های مصرف انرژی بعنوان اولین گام جهت دسترسی به اطلاعات و آگاهی از وضعیت عملکردی پیشنهاد می گردد.



از آنجا که مقدار هوای اضافه به بارگذاری روی بویلرها مرتبط است لذا محاسبه آن برای میزان متوسط بار تولیدی ۸۰ تن در ساعت برای هر یک از بویلرها محاسبه شده است. میزان هوای اضافه هر یک از بویلرها در بار مذکور عبارت بوده است از:

جدول ۸ - درصد هوای اضافه محاسبه شده بویلرها

Boilers	Excess Air (%)
A	31.68
B	34.55
C	31.76
D	29.2

با توجه به تجربه انجام شده روی یکی از بویلرهای مجتمع (بویلر C) می توان مقادیر فوق را تا میزان ۱۰٪ هوای اضافه کاهش داد. در جدول زیر مقادیر قبل و بعد از بهبود بویلر مذکور نشان داده شده است.
جدول ۹ - اطلاعات دود و هوای اضافه بویلر C قبل از بهبود

Exhaust Gases (Before)	Dry Volume Percent	Wet Volume Percent	Wet Mass Percent	Exhaust Weight (kg)
Constituent				
Ar	1.013%	0.862%	1.235%	0.34454
N2	84.443%	71.903%	72.192%	20.14244
O2	6.900%	5.875%	6.738%	1.88004
CO2	7.600%	6.471%	10.208%	2.84806
H2O	0.000%	14.850%	9.588%	2.67530
SO2	0.000%	0.000%	0.000%	0.00000
CO	0.026%	0.022%	0.022%	0.00608
NO	0.019%	0.016%	0.017%	0.00483
NO2	0.000%	0.000%	0.000%	0.00000
A/F Stoichiometric (mass)	16.75000			
A/F Actual (mass)	25.40181			
Excess Air (%)	43.76276%			



جدول ۱۰ - اطلاعات دود و هوای اضافه بویلر C بعد از بهبود

<i>Exhaust Gases (After)</i>	<i>Dry Volume Percent</i>	<i>Wet Volume Percent</i>	<i>Wet Mass Percent</i>	<i>Exhaust Weight (kg)</i>
Constituent				
Ar	1.043%	0.842%	1.222%	0.33639
N2	86.926%	70.204%	71.417%	19.66652
O2	2.100%	1.696%	1.971%	0.54271
CO2	9.900%	7.996%	12.778%	3.51884
H2O	0.000%	19.237%	12.585%	3.46558
SO2	0.000%	0.000%	0.000%	0.00000
CO	0.015%	0.012%	0.012%	0.00339
NO	0.017%	0.013%	0.015%	0.00402
NO2	0.000%	0.000%	0.000%	0.00000
A/F Stoichiometric (mass)	16.75000			
A/F Actual (mass)	19.74111			
Excess Air (%)	9.89963%			

نتیجه محاسبات صرفه جویی در جدول زیر برای بویلر C آورده شده است.

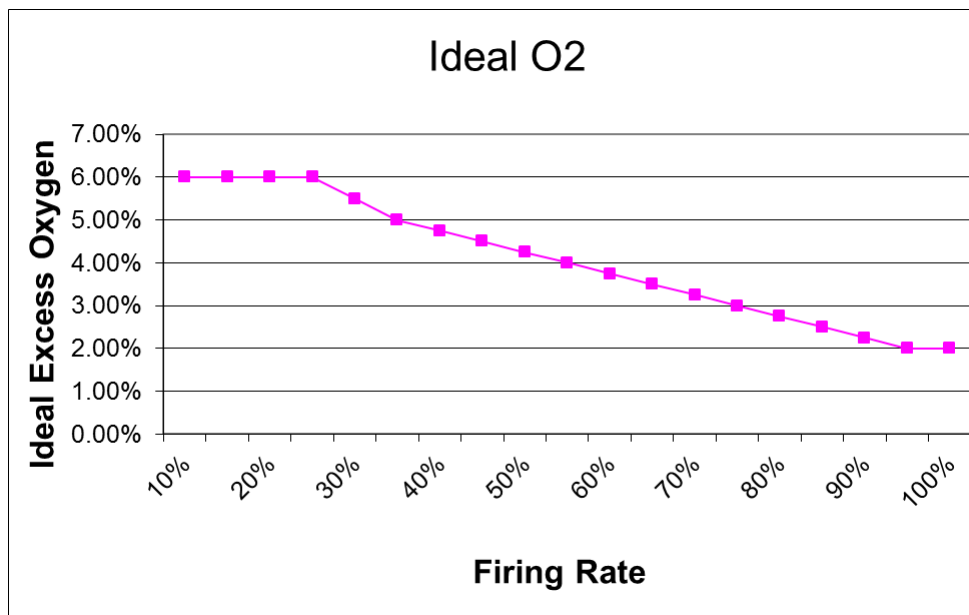
با در نظر گرفتن ساعات کاری سالانه و ارزش حرارتی سوخت مصرفی، می توان نرخ کاهش سوخت در هر سال را محاسبه نمود. نتایج حاصل از کاهش درصد هوای اضافی تا ۱۰٪ باعث افزایش حدود ۰/۳ درصد در راندمان حرارتی خواهد شد و با احتساب کاهش میزان دمای گازهای خروجی از دودکش افزایش راندمان به مرز ۲ درصد خواهد رسید. این میزان افزایش راندمان برای مجموعه بویلرها صرفه جویی معادل ۷۷ میلیون ریال در سال را با قیمت گاز ۱۵۸ ریال به ازای هر نرمال متر مکعب بدنبال خواهد داشت. لازم به ذکر است که میزان درصد هوای اضافی بر اساس هدفگذاری اولیه با فرض ترکیب مولی اکسیژن به میزان ۲٪ در گازهای خروجی حاصل شده است. در نمودار شکل زیر تنظیم میزان هوای اضافه بر مبنای مقدار اکسیژن بهینه در دود خروجی بویلرها نشان داده شده است.



جدول ۱۱ - نتیجه محاسبات صرفه جویی در برای بویلر C

Typical Calculation for Boiler C		
Fuel (Gas =1, Oil =2)	1	
Rated Boiler Hp	7500	Minimum O2 Allowed This Fuel Type
Name Plate Efficiency	90.00%	2.00%
Current O2 % as found	6.90%	Steaming Rate PPH
Current Co2 % as found	7.60%	207000
Air Diluted CO ppm as found	255.00	
CO in Flue Gas ppm Corrected	380.68	
Approximate Fuel Loss out stack	0.11%	
Normal Firing Rate NFR (0-100)	80%	
Recommended O2% @ NFR	2.75%	
Average Hours/Day Run Time	24	
Average Days/Month Run Time	30	
Fuel Cost (Rials) / Therm from billings	430	
Average Combustion Air Temp (F)	122	
Stack Temp at Firing Rate (F)	392	
Net Flue Gas Temp Rise	270	
Net Efficiency Loss to Wasted Fuel as Co	0.3807%	
As Found Combustion Efficiency	82.2%	
New Calculated Combustion Efficiency	84.0%	
New Stack Temp (F)	386	
New Net Flue Gas Temp Rise (F)	264	
Net Combustion Efficiency Gain	2.12%	
Current Cost to Operate Per Month (Rials)	75,256,580	
New Cost to Operate Per Month (Rials)	73,661,250	
Savings Per Month (Rials)	1,595,330	
Savings Per Year (Rials)	19,143,970	

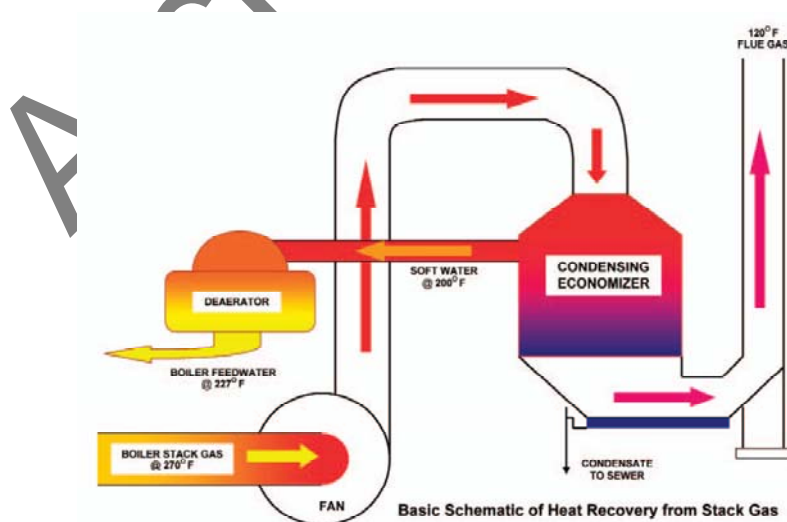
Performance Data	
32%	Present Excess Air Mass.
13%	New Excess Air Mass.
\$0.50	OLD Fuel Cost per 1,000 Lb/Steam.
\$0.49	NEW Fuel Cost Per 1,000 Lb/Steam.
3.18%	Percent Fuel Cost Savings.



شکل ۱ - نمودار اکسیژن بهینه بر حسب نرخ آتش

استفاده از اکنومایزرهای تقطیری یا کندانسی

در این حالت، اکنومایزر با یک اکنومایزر بهینه که قادر است دمای گازهای داغ خروجی دودکش را به پائین تر از دمای نقطه شبنم بخار آب موجود در آن برساند، تعویض می‌شود. در این اکنومایزر که شماتیک آن در شکل دیده می‌شود، بایستی دمای گازهای خروجی تا حد امکان پائین کشیده شود؛ بشرطیکه دمای خروجی به حدی کافی باشد تا گازهای خروجی توسط نیروی شناوری از دودکش خارج شوند. طرح اجمالی عملکرد اکنومایزر چگالش در شکل نشان داده شده است.



شکل ۲ - شماتیک باز یافت حرارت از گازهای دودکش



این اکونومایزرهای نسل جدید، دارای هزینه نصب زیادی بوده و بایستی از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه بودن آنها بررسی شود. در این حالت، مقدار حرارتی که میتوان از گازهای خروجی استحصال نمود، از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$Q_{FGT} = \dot{m}_{FGT} \cdot C_{p_{dry}} (T_{FGInT} - T_{FGOutT})$$

مقدار پیش فرض برای دمای خروجی گازها از اکونومایزر برابر ۵۰ فرض می شود. در صورت وارد کردن عددی پایینتر از این دما، بازدهی اکونومایزر بالاتر رفته ولی مقدار افت فشار در مسیر نیز به شدت زیاد شده و همچنین قیمت خود اکونومایزر نیز با کاهش دمای خروجی گازها، رشد سریعی خواهد داشت. با دادن این مقدار انرژی به آب تغذیه بویلر، می توان مقدار دمای خروجی آن را در خروج از اکونومایزر محاسبه نمود که افزایش آن نسبت به دمای خروجی در حالت عملکردی، می تواند باعث کاهش مصرف سوخت در گرم کردن آب تغذیه شود.

محاسبات مربوط به افزایش راندمان در جدول زیر آورده شده است.

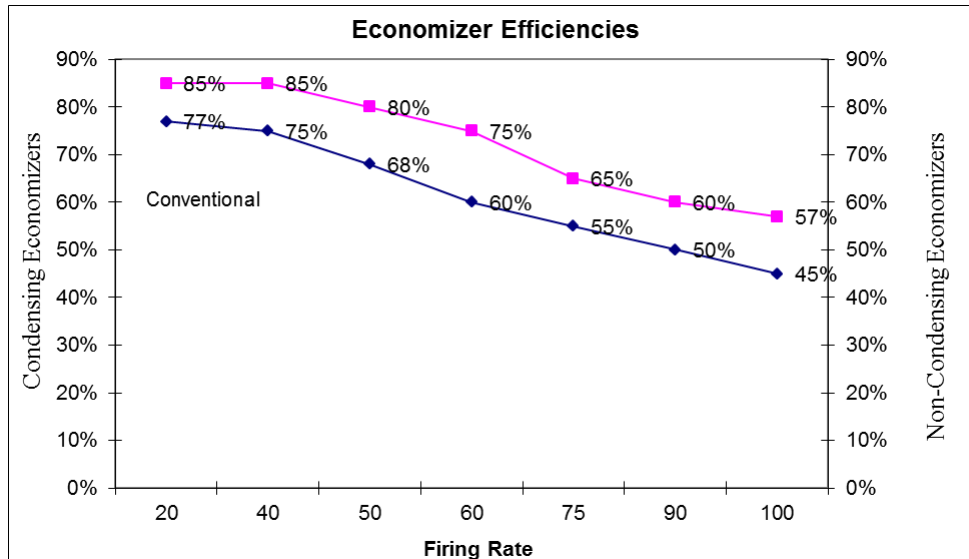
جدول ۱۲- نتایج محاسبات افزایش راندمان با بکارگیری اکونومایزر چگالشی

Boiler Type W atertube/ F iretube	W
Fuel Type G as or O il	G
Boiler Rated Horsepower	7550
Boiler Rated Efficiency	90.00%
Normal Firing Rate (NFR)	80.0%
Boiler Operating Pressure PSIG	600
Combustion Make-up Air Temperature	122
Entering Feedwater Temperature	250
Fuel Cost (Rials/Therm)	428
Hours/Day Operation	24
Days/Month Operation	30
Operating Steam Temperature (Saturated)	489.00
Firing Boiler Horsepower @ NFR	6040
Boiler Fuel Input @ NFR	224,587,333
BTU Output @ NFR	202,128,600
Net Operating Efficiencies as found	93.53%
Actual BTU Input	216,120,747
Theoretical Entering Stack Temperature	594.00
Actual Observed Stack Temperature	392.00
Temperature Rise Across Econ.	142.00
Water Flow #/Hr	208,380.00
Gross BTU to Feedwater/Hr	5,540,329.81
Exiting Feedwater Temperature "F"	276.59
Exiting Stack Temperature	331.51
Gain in Efficiency	1.97%
New Net Calculated Thermal Efficiency	95.50%
Fuel Savings (Rials)/Hr	1,900
Total Annual Savings / Economizer (Rials)	4*16,390,160

زیر نمودار

در

مقایسه راندمان اکنومایزر جدید با اکنومایزر فعلی نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات راندمان اکنومایزر بر حسب نرخ آتش

بازیافت حرارت از آب زیرکش بویلر

مقدار دبی آب زیرکش دیگ از روی کسری (حدود ۵/۲۰ تا ۲ درصد) از دبی کل آب تغذیه بویلر به دست می آید. این آب با دما و فشار آب اشباعی که در دیگ وجود دارد از آن زیرکش شده و دورریز می شود. بهینه ترین مبدل حرارتی که به توان تعبیه نمود تا از انرژی حرارتی این آب استفاده کند، مبدلی است که بتواند دمای آنرا به دما و فشار آنرا به شرایط محیط برساند. در این صورت، مقدار حرارتی که از آب زیرکش اخذ می شود برابر است با

$$Q_{BD} = \dot{m}_{BD}(H_{inBDInT} - H_{outBDOutT})$$

این حرارت صرف گرم کردن آب جبرانی بویلر می شود و آنتالپی آنرا طبق رابطه $H_{MOut} = Q_{BD} / \dot{m}_M + H_{MInT}$ افزایش می دهد. این آنتالپی افزایش یافته نشانگر دمای زیادتری برای آب جبرانی است که رابطه مستقیمی با کاهش مصرف سوخت دارد.

محاسبات مربوط به افزایش راندمان در جدول زیر آورده شده است.



جدول ۱۳- محاسبات مربوط به بازیافت حرارت از آب زیرکش بویلر

Steam Boiler Flow PPH at Capacity	242508	
TDS of Make-up Water	25	
Desired TDS in Boiler Water	1250	
Operating Pressure	600	
Operating Temperature	825	
Boiler Rated Efficiency	90%	
Normal Firing Rate	80%	
Hours/Day Run Time	24	
Days/Month Run	30	
Blowdown as % of Steaming Rate	2.04%	Blowdown within normal limits
Fuel Cost (Rials) per Therm include transport cost	430	
Deaerator Operating Temperature	266	
Calculated Boiler Horsepower	5,623	At Operating Firing Rate
Fuel Input at rated efficiency & firing rate	209,095.79	Cubic Feet/Hr
Therms per hour at efficiency & firing rate	2,090.96	
Calculated Cost to Operate per 30 day billing (Rials)	644,349,580	
Blowdown in PPH	3,959.31	
Equivalent Boiler Horsepower Loss	114.76	
Total Heat Available for Recovery	2,939,791	BTU/Hr.
Equivalent Boiler Horsepower Recovered	87.85	
	70,554,981	BTU/Day
	2,116,649,417	BTU/Billing Period
	25,399,793,00	BTU/Year
	6	
Total Annual Cost for Blowdown & Make-up (Rials)	108,711,110	
BTU Heat for Recovery to Make-Up	587,245,495	Per Billing Period
Total Monthly Savings for Recovery	2,513,410	Per Billing Period
Total Annual Savings for Recovery	30,160,930	

۳- نتیجه گیری

با توجه به حجم عظیم مصرف انرژی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بهینه سازی مصرف انرژی در این صنایع از اولویتهای این صنایع محسوب می گردد. یکی از تجهیزات عمده مصرف کننده انرژی در این مجتمع های بویلر های می باشند از اینرو اجرای سناریو های مذکور مقدار قابل توجه صرفه جویی در مصرف سوخت مجتمع های پالایشگاهی و پتروشیمی حاصل می آورد.



۴- مراجع

- [1] ASME-PTC 6, "Steam Turbines — Interpretations", New York, 2000.
- [2] Guidelines for Industrial Boiler Performance Improvement, Boiler Adjustment Procedure to Minimize Air Pollution and to Achieve Efficient Use of Fuel, ABMA
- [3] "Efficient boiler operations sourcebook", F. William Payne, Fairmont Press 1985
- [4] "Energy Saving by Increasing Boiler Efficiency", Lee Yaverbaum, Noyes Data Corporation, 1979

Archive of SID

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی