تعیین انرژی تلف شده به وسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسیدکربن درگازهای خروجی از واحدهای چهارگانه نیروگاه بندرعباس و ارائه راهکار

غلامرضا بیاتی کیان نجف‌زاده محمد بنده ای

سازمان بهره‌وری انرژی ایران

چکیده

حجم بسیار بالای سوخت فسیلی که در نیروگاه‌ها مصرف می‌شود و نیز قابل توجه بودن بخش تلف شده آن در فرآیند تبدیل، نیروگاه‌ها را در زمره صنایعی قرار می‌دهد که پتانسیل بهینه‌سازی انرژی در آن‌ها به شدت احساس می‌شود. قیمت پایین سوخت عرضه شده به نیروگاه‌ها، می‌تواند به عنوان عاملی تلقی گردد که انگیزه پرداختن به هرگونه اقدام بهینه‌سازی در امر انرژی را در این فرآیندها از بین ببرد. از طرف دیگر یکی از پیامدهای صرفه‌جویی در سوخت مصرفی، ظرفیت‌سازی برای صادرات سوخت به جهت-دهی نیروگاه‌ها به سمت بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی پرداخته که به تبع آن با افزایش ظرفیت صادرات سوخت، از دیدگاه اقتصاد ملی منافع و درآمدهای کشور افزایش خواهد یافت. در این مقاله تحت عنوان " محاسبات و تعیین انرژی تلف شده بواسطه احتراق ناقص و تولید مونوکسید کربن در خروجی واحدهای چهارگانه نیروگاه بندرعباس" طی مراحلی از جمله شناخت سیستم و جمع‌آوری اطلاعات، اندازه‌گیری و تعیین مقادیر جریان‌های جرم و انرژی در اجزا مربوطه و تلفات، به مقایسه، تحلیل و تفسیر نتایج پرداخته شده و همچنین دلایل عدم کارایی ارائه شده‌است.

واژه‌های کلیدی: " نیروگاه بخاری بندرعباس"، " ژانگستروم"، " اتلاف حرارتی"، "احتراق ناقص"،"مونوکسید کربن"

۱- مقدمه

نیروگاه‌های حرارتی از مصرف‌کنندگان اصلی سوخت فسیلی در کشور محسوب می‌شوند. وظیفه این است سیستم‌ها تبدیل انرژی فسیلی سوخت‌ها به انرژی حرارتی، مکانیکی و نهایتاً الکتریکی است. در این فرآیندهای تبدیل انرژی، بخش اعظمی از انرژی ورودی بدلایل مختلف تلف شده و تنها در حدود یک سوم از آن تبدیل به انرژی الکتریکی قابل انتقال می‌گردد. حجم بسیار بالای سوخت فسیلی که در نیروگاه‌ها مصرف می-شود و نیز قابل توجه بودن بخش تلف شده آن در فرآیند تبدیل، نیروگاه‌هارا در زمره صنایعی قرار می‌دهد که پتانسیل بهینه‌سازی انرژی در آن‌ها به شدت احساس می‌شود.

قیمت پایین سوخت عرضه شده به نیروگاه‌ها، می‌تواند به عنوان عاملی تلقی گردد که انگیزه پرداختن به هرگونه اقدام بهینه‌سازی در امر انرژی را در این فرآیندها از بین ببرد. از طرف دیگر یکی از پیامدهای صرفه‌جویی در سوخت مصرفی، ظرفیت‌سازی برای صادرات سوخت به جهت‌دهی نیروگاه‌ها به سمت بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی پرداخته که به تبع آن با افزایش ظرفیت صادرات سوخت، از دیدگاه اقتصاد ملی منافع و درآمدهای کشور افزایش خواهد یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه بر این موارد این اقدام می‌تواند قدمی موثر در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی باشد، چرا که یکی از آلاینده‌های اصلی هوا (با انتشار میزان قابل توجهی از گازهای آلاینده CO_2، NO_x و حتی SO_x) احتراق سوخت در نیروگاه‌های حرارتی است.

از دیگر معضلات مهم در بخش تولید انرژی الکتریکی، نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری بالا در امر احداث نیروگاه‌های جدید است که احداث این نیروگاه‌ها به منظور پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون کشور به انرژی الکتریکی است. به منظور تامین سوخت فسیلی است. بنابراین بخشی از این مطالعات و اقدامات می‌تواند در چهارچوب کاهش مصرف داخلی نیروگاه‌های، ارتقای توان‌دهی و احیای قدرت نیروگاه‌ها، و جلوگیری از صرف هزینه هنگفت در توسعه بخش عرضه سوخت به نیروگاه‌ها انجام پذیرد.

در این پروژه نخست تحت عنوان " محاسبات و تعیین انرژی تلف شده بواسطه احتراق ناقص و تولید مونوکسید کربن در خروجی واحدهای چهارگانه نیروگاه بندرعباس " مانند هر پروژه مطالعاتی دیگر که در زمینه بهینه‌سازی انرژی انجام می‌شود. سه مرحله اصلی وجود دارد:

مرحله شناخت سیستم – جمع‌آوری اطلاعات

مرحله اندازه‌گیری و تعیین مقادیر جریان‌ای جرم و انرژی و تلفات

مقایسه تحلیل و تفسیر نتایج حاصل و ارائه دلایل عدم کارایی

۲- جمع آوری اطلاعات

نیروگاه بخار بندر عباس شامل چهار واحد بخار ۳۲۰ مگاواتی می باشد. جهت ممیزی انرژی پس از بازدیدهای محلی که از کل سایت واحد ها انجام شد نقاط اندازه گیری مشخص گردید و محل گیجهای محلی که باید قرائت و یا بعضاً جهت تست کالیبره بودن باید مورد آزمایش قرار می گرفتند شناسائی شدند. سپس گروه کارشناسی حرارتی اقدام به اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات ثبت شده در هریک از چهار واحد تولیدی نیروگاه بندرعباس نمودند که در این راستا همزمان با اندازه گیری پارامترهای حرارتی گروه کارشناسی الکتریکی نیز اندازه گیری پارامترهای الکتریکی هریک از واحدهای نیروگاه را انجام می دادند. گروه کارشناسی حرارت به سه زیرگروه تقسیم بندی شدند که عبارتند از :

گروه اول که اندازه گیری پارامترهای حرارتی شامل آنالیز گازهای خروجی از اگزاست ، آنالیز گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم و اندازه گیری دبی آب ، دما و رطوبت هوا و.... را انجام می دادند.

گروه دوم که کلیه پارامترهای اندازه گیری شده توسط گیج های محلی را در داخل سایت قرائت نمودند و جداول آن در ادامه گزارش ارائه گردیده است.

گروه سوم کلیه پارامترهای ثبت شده در اتاق کنترل را همزمان با دو گروه دیگر ثبت و ضبط می نمودند.

۲-۱- *اندازه گیری پارامترهای حرارتی شامل آنالیز گازهای خروجی از اگزاست، آنالیز گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم*

اندازه گیری پارامترهای حرارتی شامل آنالیز گازهای خروجی از اگزاست و نیز آنالیز گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم می شد.جهت اندازه گیری پارامترهای فوق در محل ورودی و خروجی ژانگستروم هر واحد با استفاده از دستگاه آنالیزور احتراق و با بهره گیری از پراب نمونه گیر آن ، ترکیبات موجود در گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم را اندازه گیری نموده و سپس با استفاده از پراب Pitot Tube اقدام به اندازه گیری سرعت گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم گردید. البته در واحدهای فوق ورودیهای ژانگستروم شامل دو کانال مجزا و خروجیها نیز به همین شکل بودند که اندازه گیریها در هر دو کانال ورودی و در هردو کانال خروجی انجام شده است، جز در برخی از واحدها که امکان تعبیه سوراخ و یا مجرا نبوده و اندازه گیری در آن کانال انجام نشده است .

در ادامه اندازه گیریها با بهره گیری از دستگاه پردازش گر اطلاعات (Data Logger) و نیز با استفاده از پراب دما و پراب رطوبت، دما ورطوبت ونیز نقطه شبنم هوای ورودی به سیکل اندازه گیری گردیده است .ضمن اینکه در مواقعی جهت بررسی صحت اندازه گیریهای گیجهای محلی با استفاده از پرابهای مربوطه اقدام به کالیبره کردن آنها گردید.

۲-۲- *قرائت و ثبت اطلاعات مربوط به گیجهای محلی*

همانگونه که اشاره گردید گروه دوم با مراجعه به سایت اقدام به ثبت و ضبط اطلاعات گیجهای محلی نمود که اطلاعات ثبت شده در ادامه طی جداول خاص ارائه می گردد.

۲-۳- *جمع آوری اطلاعات اندازه گیری شده در داخل اتاق کنترل*

همزمان با دو گروه دیگر گروه سوم داخل اتاق کنترل نیروگاه اقدام به ثبت نمودن اطلاعات قرائت شده در داخل اتاق کنترل نموده و مقادیر قرائت شده از اتاق کنترل را در داخل جداول خاصی که قبلاً بدین منظور طراحی شده بود ثبت وضبط نمودند.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- اندازه گیری‌ها

۳-۱- *بررسی وضعیت دود در گردش واحد یک*

دمای محصولات احتراق قبل از اکونومایزر برابر ۴۱۵/۸ درجه سانتیگراد بوده است که پس از عبور از اکونومایزر دمای آن کاهش یافته و دمای دودهای خروجی قبل از ژانگستروم برابر ۳۸۰/۳ درجه سانتیگراد و با فشار ۱۶۵ میلی متر آب از دو کانال وارد ژانگستروم می گردد. پس از عبور از ژانگستروم، دمای گازهای فوق در کانال شماره یک برابر ۱۷۵/۵ درجه سانتیگراد و در کانال شماره دو ۱۶۴ درجه سانتیگراد بوده است. این مقادیر مربوط به نمایشگرهای اتاق کنترل واحد می باشد. در قبل و بعد از ژانگستروم اندازه گیری دما و همچنین آنالیز گازهای خروجی انجام شده است که نتایج آنالیز انجام شده مطابق جدول شماره ضمیمه می باشد

به دلیل مسدود بودت کانال سمت راست در قسمت قبل از ژانگستروم عدم امکان باز شدن مسیر دودهای ورودی به ژانگستروم، اندازه گیری فقط در کانال ورودی سمت چپ انجام شده ولی در هر دو کانال سمت چپ و راست خروجی (بعد از ژانگستروم) آنالیز انجام شده است که نتایج مطابق جدول بالا بوده است ولی با مشاهده جدول فوق ملاحظه می گردد در کانال سمت چپ که قبل و بعد از ژانگستروم اندازه گیری انجام شده است. میزان درصد اکسیژن در حدود ۶/۱ درصد بعد از ژانگستروم افزایش یافته است که این نشان دهنده نشت هوا به داخل ژانگستروم می باشد. نکته مهم دیگر درصد بالای مونوکسیدکربن در محصولات احتراق می باشد بطوریکه حدود ۸۷۲۵ PPM گاز می شود که گازهایی نظیر SO_2 و No و هیدروژن نیز در محصولات احتراق وجود دارد.

۳-۲- *بررسی وضعیت گردش دود خروجی (محصولات احتراق) واحد دو*

محصولات احتراق قبل از اکونومایزر دارای دمای ۴۲۱/۹ درجه سانتیگراد و با فشار ۳۲۰ میلی متر آب بوده و قبل از ژانگستروم در کانال شماره یک دارای دمای ۳۶۴/۴ درجه سانتیگراد و در کانال شماره دو دارای دمای ۳۷۱/۸ درجه سانتیگراد می گردند. سپس بعد از عبور از ژانگستروم دمای آن در کانال شماره یک برابر ۱۷۹/۲ درجه سانتیگراد و در کانال شماره دو برابر ۱۷۸/۷ درجه سانتیگراد می باشد که با توجه به آنالیز احتراق انجام شده قبل و بعد از ژانگستروم در هر دو کانال ورودی و خروجی نتایج به شرح جدول ضمیمه به دست آمده است.

همانگونه که در جدول (۱-۱۵) ملاحظه می گردد آنالیز احتراق در قبل و بعد از ژانگستروم انجام یافته است. ولی به دلیل مسدود بودن ورودی سمت چپ و عدم امکان باز شدن آن، درکانال فوق آنالیز احتراق انجام نشده است. با توجه به مقادیر جدول ضمیمه ملاحظه می‌گردد دمای گازهای خروجی قبل از ژانگستروم در کانال سمت راست برابر ۳۸۳/۴ درجه سانتیگراد بوده در صورتی که در خروجی بعد از ژانگستروم در سمت راست به ۱۸۰/۴ درجه سانتیگراد کاهش یافته است. درصد اکسیژن موجود در محصولات احتراق قبل از ژانگستروم برابر ۳/۱ درصد بوده در صورتیکه بعد از ژانگستروم به ۷ درصد افزایش یافته که علت آن نشت هوا به داخل ژانگستروم می باشد که باید نسبت به وضعیت فوق بررسی لازم صورت پذیرد. نکته دیگر وجود میزان نسبتاً قابل توجه دی اکسیدسولفور و نیز اکسیدهای نیتروژن در محصولات احتراق می باشد. ضمن اینکه درصد هوای اضافی قبل از ژانگستروم ۱۷/۳ درصد بوده و بعد از ژانگستروم به ۵۰ درصد افزایش یافته است.

۳-۳- *بررسی وضعیت مسیر دود در بویلر واحد سه*

دمای دودهای خروجی از محفظه احتراق، قبل از اکونومایزر برابر ۴۳۴ درجه سانتیگراد و فشار ۲۵۵ تا ۲۶۰ میلی متر آب است، که دمای دود قبل از ژانگستروم در ورودی اول برابر ۳۸۵ درجه سانتیگراد و فشار ۲۰۰ میلی متر آب و در ورودی دوم ژانگستروم با دمای ۳۸۴ درجه سانتیگراد بوده است. پس از عبور از ژانگستروم، دمای دود خروجی از مسیر شماره یک برابر ۱۶۳ درجه سانتیگراد و دمای دود خروجی از مسیر شماره دو برابر ۱۵۳ درجه سانتیگراد است، البته در هر دو مسیر ورودی و خروجی، یعنی قبل و بعد از ژانگستروم، آنالیز گازهای احتراق انجام گردید، که نتایج آنالیز انجام شده مطابق جدول ضمیمه می باشد.

همانگونه که در این جدول ملاحظه گردید، اندازه گیری قبل و بعد از ژانگستروم در هر دو مسیر راست و چپ انجام شده است که بدلیل اینکه مسیر سمت راست بعد از ژانگستروم مسدود بوده و امکان باز کردن آن وجود نداشت، اندازه گیری در محل فوق انجام نگردید. همانگونه که مشاهده گردید دمای گازهای خروجی قبل از ژانگستروم سمت چپ برابر ۳۹۳/۱ درجه سانتیگراد بوده که بعد از آن به ۱۵۲/۳ درجه سانتیگراد کاهش یافته است.

نکته قابل تأمل در آنالیز فوق، درصد اکسیژن موجود در دو آنالیز خروجی می باشد، در ورودی سمت چپ (قبل از ژانگستروم)، همانگونه که مشاهده می شود درصد اکسیژن موجود در گازهای احتراق برابر ۱/۸۱ درصد بوده است در

Archive of SID

www.SID.ir

صورتیکه در خروجی همان مسیر (بعد از ژانگستروم) درصد اکسیژن به ۸/۷۶ درصد رسیده است، یعنی مقدار اکسیژن موجود در دود، ۶/۹۵ درصد افزایش یافته است. این نشانگر نشت هوا به داخل ژانگستروم می باشد.

۴-۳- *بررسی وضعیت مسیر دود خروجی (محصولات احتراق) واحد چهار نیروگاه*

محصولات احتراق با دمای ۴۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۳۰۰ میلی متر آب وارد اکونومایزر شده که پس از خروج از اکونومایزر و قبل از ورود به ژانگستروم دمای آن در کانال شماره یک برابر ۳۷۷ درجه سانتیگراد و در کانال دو برابر ۳۸۳ درجه سانتیگراد می باشد. پس از عبور از ژانگستروم دمای گازهای فوق در کانال شماره یک برابر ۱۶۶ درجه سانتیگراد و در کانال شماره دو برابر ۱۶۴ درجه سانتیگراد داخل اتاق کنترل اندازه گیری شده است. قبل و بعد از ژانگستروم آنالیز گازهای خروجی توسط دستگاه آنالیزور احتراق انجام شده است، که هم شامل دمای گازهای ورودی و خروجی از ژانگستروم بوده و هم شامل درصد محصولات احتراق گازهای خروجی می باشد، که نتایج اندازه گیری مطابق جدول ضمیمه می باشد.

همانگونه که ملاحظه می شود، آنالیز محصولات احتراق در قبل و بعد از ژانگستروم در دو کانال انجام شده است، به علت اینکه ورودی به ژانگستروم، در سمت چپ مسدود بود و امکان باز شدن آن فراهم نبود، آنالیز فوق در مسیر یاد شده انجام نشده است. با توجه به مقادیر جدول فوق ملاحظه می شود، میزان درصد اکسیژن در سمت راست کانال ورودی برابر ۰/۰۹ درصد بوده است. در صورتی که درصد اکسیژن در همان سمت بعد از ژانگستروم، به ۵/۳۸ درصد افزایش یافته است، که نشان دهنده نشت هوا به داخل ژانگستروم می باشد. ضمن اینکه در محصولات احتراق نیز میزان بالای مونوکسیدکربن مشاهده گردید. وجود مونوکسیدکربن نشان دهنده احتراق ناقص سوخت می باشد. همچنین میزان بالائی از دی اکسید سولفور، هیدروژن و اکسید نیتروژن نیز در محصولات احتراق وجود داشته است که نیاز است تا تلفات ناشی از آن‌ها نیز محاسبه شود.

۴- محاسبات و تعیین انرژی تلف شده مونوکسیدکربن درگازهای خروجی از واحدهای چهارگانه نیروگاه بندرعباس

همانگونه که می‌دانیم در اثر کمبود هوای مورد نیاز احتراق و یا خوب متمایز نشدن سوخت و هوا در داخل اتاق احتراق و یا مشعلها و یا در صورتی که هوای اضافی پایین تر از حد مجاز باشد، احتراق ناقص صورت می‌پذیرد، که در آن صورت باعث نسوختن سوخت و همچنین ترکیب کامل نشدن سوخت و یا کربن با اکسیژن می‌شود و در محصولات احتراق به جای تولید گاز CO_2 گاز CO (مونوکسیدکربن) تولید می‌شود لذا در واحدهای نیروگاه فوق ما با دو نوع سوخت گاز طبیعی و سوخت مازوت روبرو هستیم که هر کدام جهت کامل سوختن درصدهای مختلف هوای اضافه بر هوای حالت استوکیومتریک نیاز دارند بطوریکه گاز طبیعی حدوداً بین ۱۵ تا ۲۰ درصد نیاز به هوای اضافه داشته و سوخت مازوت حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد نیاز به هوای اضافه بر هوای استوکیومتریک دارد ضمن اینکه با توجه به نوع ترکیبات هر یک از سوختها میزان هوای استوکیومتریک هر کدام از سوختها نیز متفاوت می‌باشد. بنابراین بهترین راه جهت مشخص شدن مناسب بودن نسبت سوخت به هوای دو سوخت فوق آنالیز نمودن گازهای خروجی از بویلر و ورودی به ژانگستروم می‌باشد لذا همانگونه که قبلاً نیز اشاره گردید آنالیز گازهای خروجی بویلر در داخل ورودی و خروجی ژانگستروم (البته هر دو کانال سمت چپ و راست ژانگستروم) انجام شده که جداول اطلاعات مربوط به آنالیز محصولات احتراق هر واحد مطابق با جدول ضمیمه که در اکثر آنالیزها میزان بالائی CO (مونوکسیدکربن) در محصولات احتراق مشاهده گردیده که وجود CO همانگونه که در بالا اشاره گردید نشان دهنده ناقص سوزی سوخت و ایجاد تلفات مربوط احتراق ناقص و تولید مونوکسیدکربن می‌شود که در ادامه طی جدول۱ بطور خلاصه پارامترهای اندازه گیری شده هریک از واحد ها ارائه شده ودر ادامه هر واحد به تفکیک تلفات آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

نمونه محاسبات انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسید کربن در واحدهای ۴ گانه بخار نیروگاه بندر عباس در بخش ۴-۱ مشاهده می شود.

۴-۱- *انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسیدکربن در واحد یک نیروگاه بندرعباس*

۴-۱-۱- کانال سمت چپ ژانگستروم

$CO = ۸۷۲۵\ Ppm \rightarrow ۸۷۲۵ \times ۱۰^{-۶}\ m^۳co/m^۳Gas$

$V^{\circ}_{FlueGas} = ۸۴۴۳۷۳\ m^۳/hr$

$T^{\circ}_{FlueGas} = ۳۸۳.۳\ ^{o}C$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱: پارامترهای اندازه گیری شده واحد های نیروگاه بندرعباس

جدول پارامترهای اندازه گیری شده واحد های نیروگاه بندرعباس								
پارامترهای اندازه گیری شده	واحد	واحد یک		واحد دو		واحد سه		واحد چهار	
		Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
اکسیژن O_2	%	-۰.۰۲	۷.۰۷		۳.۱	۱.۸۱	۱.۲۵	۷.۷۷	۰.۰۹
مونوکسید کربن CO	ppm	۸۷۲۵	۳۰۰۰		۱۰	۹	۲۳	۱۰۶۹	۳۹۲۸
دی اکسید کربن CO_2	%	۱۵.۵	۱۰.۲۸		۱۳.۲۱	۱۰.۸۷	۱۱.۱۹	۹.۷۶	۱۵.۴۴
اکسید نیتروژن NO	ppm	۱۸۵	۱۲۸		۱٦۹	۱۷۳	۱۸۱	۱۳۰	۱۹۵
دمای گازهای خروجی	°C	۳۸۳.۳	۱۷۷.۵		۳۸۳.٤	۳۹۳.۱	۳۹٤.۲	۱۵۴.۴	۳۸۲.۴
اکسید های نیتروژن Nox	ppm	۱۹۵	۱۳٤		۱۷۷	۱۸۱	۱۹۰	۱۳۶	۲۰۵
دی اکسید سولفور SO۲	ppm	٦۱۳	۷۷٤		۷۲٤	۷۳۳	۷٦۷	۵۵۴	۸۶۹
هیدروژن H۲	ppm	٤۵۹۱			٤	۰	۱۰	۱۰۲۱	۴۳۹۷
راندمان خالص احتراق	%	۸۳.۳	۹۲		۸٤.٤	۸۳.۲	۸۳.۲	۹۲.۲	۸۴.۶
راندمان ناخالص احتراق	%	۷۸.۵	۸٦.٦		۷۹.۵	۷۵.٦	۷۵.٦	۸۶.۸	۷۹.۷
هوای اضافی Excess air	%	۰	۵۰.۷		۱۷.۳	۹.٤		۵۸.۷	

$$\rho co = \frac{273+15.6}{273+383.3} * 1.18 \rightarrow \rho co = 0.519\, {kg}/{m^3 Co}$$

$$V^{\circ}_{CO} = ۸۷۲۵ \times ۱۰^{-٦} \times \ ۸٤٤۳۷۳ = ۷۳٦۷.۱۵\ m^3co/hr$$

$$m^{\circ}_{CO} = ۷۳٦۷.۱۵ \times ۰.۵۱۹ = ۳۸۲۲.۷۵\ Kg/hr$$

$$q_{CO} = ۳۸۲۲.۷۵ \times ۱۰.۲ = ۳۸۹۹۲ MJ/hr$$

۴-۱-۲- کانال سمت راست ژانگستروم

$$CO = ۳۰۰۰\ Ppm \rightarrow ۳۰۰۰ \times ۱۰^{-٦}\ m^3co/m^3Gas$$

$$V^{\circ}_{FlueGas} = ۸٤٤۳۷۳\ m^3/hr$$

$$T^{\circ}_{FlueGas} = ۳۸۰.۳\ ^{o}C$$

$$\rho co = \frac{273+15.6}{273+380.3} * 1.18 \rightarrow \rho co = 0.521\, {kg}/{m^3 Co}$$

$$V^{\circ}_{CO} = ۳۰۰۰ \times ۱۰^{-٦} \times \ ۸٤٤۳۷۳ = ۲۵۳۳.۱۲\ m^3co/hr$$

$$m^{\circ}_{CO} = ۲۵۳۳.۱۲ \times ۰.۵۲۱ = ۱۳۲۰.٤۵\ Kg/hr$$

$$q_{CO} = ۱۳۲۰.٤۵ \times ۱۰.۲ = ۱۳٤٦۸.۵۷\ MJ/hr$$

کل تلفات ناشی از وجود مونوکسیدکربن در محصولات احتراق واحد یک نیروگاه بندرعباس با توجه به محاسبات انجام شده و همچنین آنالیز نمودن گازهای خروجی از هر دو کانال ژانگستروم واحد یک مشاهده گردید که تلفات انرژی ناشی از سوختن سوخت در واحد یک و تولید مونوکسیدکربن نسبتاً بالا می‌باشد. بنابراین با جمع دو مقدار تعیین شده مشاهده می‌شود در هر ساعت حدود ۵۲۴۶۰.۶ مگاژول انرژی در اثر ناقص سوزی در واحد فوق تلف می‌شود، حال با توجه به ارزش حرارتی گاز طبیعی مصرفی نیروگاه فوق که برابر ۳۳.۷ مگاژول بر متر مکعب بوده است می توان میزان تلفات صورت گرفته را معادل گاز طبیعی بدست آوریم که برابر ۱۵۵۶.۷ متر مکعب در ساعت می‌شود، که با توجه به ساعات کارکرد واحد یک که متوسط ماهانه آن طی سالهای ۸۴ تا ۸۶ برابر ۶۲۲ ساعت بوده، می‌توان گفت ساعات کارکرد سالانه آن برابر ۷۴۶۴ ساعت می باشد لذا میزان تلفات سالیانه ناشی از وجود CO در محصولات احتراق را محاسبه نمود که برابر ۳۹۱۵۶۰ گیگاژول در سال می باشد. لذا این میزان تلفات معادل ۱۱.۶میلیون متر مکعب گاز طبیعی در سال می‌باشد. بنابراین یکی از راهکارهای اساسی در واحد فوق تنظیم نمودن نسبت سوخت به هوا می

Archive of SID

www.SID.ir

باشد، بطوری که با کمی دقت در جدول۱ اطلاعات مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده واحد یک نیروگاه بندرعباس مشاهده می شود، میزان درصد هوای اضافی گازهای احتراق در ورودی سمت چپ ژانگستروم صفر بوده و اصلاً هوای اضافه وجود نداشته است . بنابراین لازم است با تغییر دادن درصد باز و بسته بودن دریچه های فنهای تامین هوا نسبت به تنظیم نمودن نسبت سوخت به هوا و تامین میزان هوای اضافه مناسب جهت جلوگیری از تلفات خام سوزی اقدامات لازم صورت پذیرد.البته علت ناقص سوزی مشعل بویلرهای نیروگاه بندر عباس، عدم وجود دی سوپر هیترهای مربوط به سیکل ری هیت می باشد. با توجه به خرابی دی سوپرهیت سیکل ری هیت، بهره بردار نیروگاه مجبور است بخاطر کنترل دمای ری هیت و عدم سوراخ شدن لوله های آن، هوای مورد نیاز احتراق را کم نماید تا دمای شعله کاهش پیدا کند و موجب صدمه به ری هیت نشود که این مطلب دو صدمه اصلی به همراه دارد : یکی اتلاف انرژی و کاهش راندمان بویلر و دیگر نیاز به تعمیر مرتب بویلر به خاطر افزایش دوده . بنابراین بهتر است که جهت رفع این نقیصه سریعتر چاره ای اندیشیده شود . که مهمترین اقدام، امکان تعمیر دی سوپر هیت سیکل ری هیت می باشد.

۴-۲- *انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسیدکربن واحد دو نیروگاه بندرعباس*

همانگونه که در جدول۱ مشاهده گردید میزان مونوکسید کربن موجود در گازهای ورودی به ژانگستروم در حد ناچیز بوده و به میزان ۱۰ppm در کانال سمت راست ژانگستروم بوده است، که در این حالت میزان درصد هوای اضافه در همین محل نیز برابر ۱۷.۳ درصد بوده، بنابراین باید تنظیم نسبت سوخت به هوا صورت پذیرد هر چند که تلفات ناشی از وجود CO در محصولات احتراق پایین بوده و در حد ۲۵ مگاژول در ساعت می باشد ولی مناسب است تنظیم نسبت سوخت به هوا جهت بهره برداری هر چه بهتر از واحد فوق انجام پذیرد. حال با توجه به ساعات کارکرد متوسط ماهانه واحد دو که برابر ۶۰۷ ساعت در ماه بوده است می‌توان گفت ساعات عملکرد سالیانه واحد فوق برابر ۷۲۸۴ ساعت بطور متوسط می‌باشد که میزان تلفات سالیانه واحد دو برابر ۱۸۲۱۰۰ مگاژول در سال و معادل ۵۴۰۳ متر مکعب گاز طبیعی در سال میباشد.

۴-۳- *انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسیدکربن در واحد سه نیروگاه بندرعباس*

با ملاحظه نمودن جدول۱، میزان مونوکسیدکربن موجود در گازهای ورودی به ژانگستروم در کانال ورودی سمت راست برابر Ppm ۲۳ و در کانال ورودی سمت چپ برابر Ppm ۹ می-باشد. در همین حال میزان درصد هوای اضافه اندازه گیری شده در کانال ورودی سمت چپ ژانگستروم برابر ۹.۴ درصد بوده که نشان دهنده کمبود هوای اضافی و تنظیم نبودن نسبت سوخت به هوا در واحد سه می باشد. بنابراین در واحد سه نیز نیاز به تنظیم نمودن دریچه های فن های تامین هوا می باشد تا از تلفات هر چند ناچیز ناشی از وجود CO در محصولات احتراق که در واحد فوق تقریباً برابر ۴۲.۷ مگاژول در ساعت می باشد جلوگیری شود. ساعات کارکرد سالیانه واحد فوق نیز بطور متوسط برابر ۷۲۷۸ ساعت در سال می باشد که می توان با توجه به ساعات فوق و نیز میزان تلفات محاسبه شده، تلفات سالیانه ناشی از تولید مونوکسیدکربن را در واحد سه به مانند واحد۱ محاسبه نمود که برابر، ۳۱۰۷۷۰ مگاژول در سال و معادل ۹۲۲۱ متر مکعب گاز طبیعی می باشد.

۴-۴- *انرژی تلف شده بوسیله احتراق ناقص و تولید مونوکسید کربن در واحد چهار نیروگاه بندرعباس*

با مشاهده جدول ۱ ملاحظه می گردد، به دلیل عدم تنظیم نسبت سوخت به هوا در سیکل، در گازهای ورودی به ژانگستروم درصد هوای اضافه صفر و اکسیژن موجود در محصولات نیز در حد صفر درجه بوده است لذا همین امر باعث ناقص سوختن سوخت شده که منجر به تلفات ناشی از وجود CO به میزان ۱۱۴۲۳ مگاژول در ساعت، در واحد فوق گردیده است. حال با توجه به ارزش حرارتی گاز طبیعی مصرفی نیروگاه که برابر $33.7\ MJ/m^3$ می‌باشد می توان معادل گاز طبیعی این تلفات را محاسبه نمود، همچنین با توجه به ساعات کارکرد واحد چهار که متوسط ماهانه آن طی سالهای ۸۴ تا ۸۶ برابر ۶۴۷ ساعت بوده، می توان گفت ساعات کارکرد سالانه آن برابر ۷۷۶۴ ساعت می‌باشد. لذا میزان تلفات سالیانه ناشی از وجود CO در محصولات احتراق واحد فوق برابر ۸۸۶۸۸۰۲ گیگاژول در سال می‌باشد، که معادل گاز طبیعی آن برابر ۲۶۳۱۶۹۶ گیگاژول در سال می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله میزان انرژی تلف شده بواسطه احتراق ناقص و تولید مونوکسید کربن در خروجی واحدهای چهارگانه نیروگاه بندرعباس طی مراحلی از قبیل جمع آوری اطلاعات و داده-های نیروگاه و همچنین انجام اندازه‌گیری و تعیین مقادیر جریان‌ای جرم و انرژی و تلفات مورد بررسی قرار گرفت. شایان ذکر است که در بخش ۴ بطور مفصل نتایج حاصل از مراحل فوق برای هر واحد مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفته و به دلایل عدم کارایی آن اشاره شده است.

وقوع پدیده فوق و وجود مونوکسید کربن حاصل از احتراق ناقص دلایل متعددی دارد که می توان به چند مورد آن اشاره نمود:

بهره بردار از آن اطلاع داشته و ناگزیر از انجام آن است. در این حالت در بخشی از بویلر مشکلی وجود دارد که امکان تعمیر آن در کوتاه مدت و یا حتی دراز مدت وجود ندارد مثلا ایرادی در پایش آب (Atemperator) در مسیر بخار ری هیت می‌باشد و این سیستم در مدار نیست در این صورت بهره بردار دما را با افت درصد هوا، کاهش می دهد تا باعث سوراخ شدن لوله های واتروال نگردد.

ممکن است بهره بردار در وقوع آن دخالتی نداشته و خود به خو به خاطر تغییر در شرایط سیکل و اقلیم این قضیه حادث شده باشد که در هر دو صورت نتیجه آن اتلاف انرژی و سوخت خواهد بود و لزوم ایجاد سیستم پایش سوخت و هدف-گذاری را می طلبد تا بصورت آنلاین شرایط احتراق و محصولات آن را پایش نماید.

بنابراین گذشته از اینکه دلیل وجود مونوکسید کربن در نیروگاه که معمولا سعی می شود در فرآیند احتراق پایش از طریق نظارت بهره بردار به خوبی انجام شود، چه می تواند باشد(مثلا کنترل دمای ری هیت- کنترل دمای دودکش و...) با تکیه بر مباحث فوق می توان گفت که وجود سیستم پایش راندمان و سوخت از جمله تجهیزات در مسیر دودکش مانند نصب تجهیزات آنلاین سنجش اکسیژن و مونوکسیدکربن قطعا ضروری به نظر می رسد.

در جدول ۲ بطور خلاصه میزان تلفات انرژی سالیانه ناشی از خروج گاز مونوکسیدکربن از واحدهای بخار نیروگاه بندرعباس برای هر واحد و همچنین مقدار سوخت گاز طبیعی معادل آن بیان شده است.

جدول۲: تلفات انرژی سالیانه ناشی از خروج گاز مونوکسیدکربن و مقدار سوخت گاز طبیعی معادل در نیروگاه بندرعباس

واحد	تلفات سالیانه (خروج مونوکسید کربن)-گیگاژول	سوخت گاز طبیعی معادل متر مکعب
۱	۳۹۱۵۰	۱۱.۶۰۰.۰۰۰
۲	۱۸.۲۱	۵۴۰۳
۳	۳۱.۰۷۷	۹۲۲۱
۴	۸۸۶۸.۸۰۲	۲۶۳۱۶۹۶

مراجع

[۱] آمارنامه تفصیلی صنعت برق ایران

[۲] ترازنامه‌های انرژی ایران

[۳] مجموعه گزارش های ممیزی انرژی در نیروگاه بندرعباس – سازمان بهره وری انرژی ایران

Archive of SID

www.SID.ir

ضمیمه

جدول پارامترهای اندازه‌گیری شده نیروگاه بندرعباس

جدول پارامترهای اندازه گیری شده نیروگاه بندرعباس		واحد۱				واحد۲				واحد۳				واحد۴			
		قبل از ژانگستروم		بعد از ژانگستروم		قبل از ژانگستروم		بعد از ژانگستروم		قبل از ژانگستروم		بعد از ژانگستروم		قبل از ژانگستروم		بعد از ژانگستروم	
پارامترهای اندازه گیری شده	واحد	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
اکسیژن ^{2}O	%		-۰.۰۲	۷.۰۷	٦.۱	۳.۱		۷	۱۰.۲۹	۱.۲۵	۱.۸۱		۸.۷۶	۰.۰۹		۵.۳۸	۷.۷۷
مونوکسید کربن Co	ppm		۸۷۲۵	۳۰۰۰	۵۸۱۸	۱۰		۰	۲۳	۹		۲۲	۳۹۲۸		۳۰۵۲	۱۰۶۹
دی اکسید کربن ^{2}Co	%		۱۵.۵	۱۰.۲۸	۱۱	۱۳.۲۱		۱۰.۳۳	۷.۹۱	۱۱.۱۹	۱۰.۸۷	۶.۹۳	۱۵.۴۴		۱۱.۵۳	۹.۷۶
اکسید نیتروژن No	ppm		۱۸۵	۱۲۸	۱۳۰	۱٦۹		۱۳۹	۱۰۳	۱۸۱	۱۷۳	۱۱۲	۱۹۵		۱۴۰	۱۳۰
دمای گازهای خروجی	°C		۳۸۳.۳	۱۷۷.۵	۱۷۰.۹	۳۸۳.٤		۱۸۰.٤	۱٦۵.٤	۳۹۴.۲	۳۹۳.۱	۱۵۲.۳	۳۸۲.۴		۱۷۳.۷	۱۵۴.۴
اکسید های نیتروژن Nox	ppm		۱۹۵	۱۳٤	۱۳۷	۱۷۷		۱٤٦	۱۰۸	۱۹۰	۱۸۱	۱۱۸	۲۰۵		۱۴۷	۱۳۶
دی اکسید سولفور ^{2}So	ppm		٦۱۳	۷۷٤	٤٤۷	۷۲٤		۵۸۵	٤۳٦	۷۶۷	۷۳۳	۴۲۲	۸۶۹		۵۴۲	۵۵۴
هیدروژن ^{2}H	ppm		٤۵۹۱		۵۰۹٤	٤		۰	۰	۱۰	۰	۱۰	۴۳۹۷		۳۰۸۰	۱۰۲۱
راندمان خالص احتراق	%		۸۳.۳	۹۲	۹۰.۱	۸٤.٤		۹۱.۸	۹۱.٤	۸۳.۲	۸۳.۲	۹۱.۸	۸۴.۶		۹۱.۷	۹۲.۲
راندمان ناخالص احتراق	%		۷۸.۵	۸٦.٦	۸٤.۸	۷۹.۵		۸٦.٤	۸٦	۷۵.۶	۷۵.۶	۸۳.۳	۷۹.۷		۸۶.۴	۸۶.۸
هوای اضافی Excess air	%		۰	۵۰.۷	٤۱	۱۷.۳		۵۰	۹٦		۹.۴	۷۱.۶			۳۴.۴	۵۸.۷
سرعت گازهای ورودی به ژانگستروم	m/s	۱۵.۳۰۸	۱۵.۳۰۸			۸.٦۱۱۱				۴.۶۴۲۹	۴.۶۴۲۹			۷.۳۷۶۹۲			
سرعت گازهای خروجی از ژانگستروم	m/s			۱۹.۷	۲۱.۳			۲۲.۵٦				۱۴.۶۳	۱۴.۶۳			۱۳.۵۲۶۷	۱۳.۹
سطح مقطع	m۲	۱۵.۳۲۲	۱۵.۳۲۲	۱۰.۳۲۷	۱۰.۳۲۷	۱۵.۳۲۲	۱۵.۳۲۱٦	۱۰.۳۲۷	۱۰.۳۲۷	۱۵.۳۲۲	۱۵.۳۲۲	۱۰.۳۲۷	۱۰.۳۲۷	۱۵.۳۲۲	۱۵.۳۲۲	۱۰.۳۲۷۲	۱۰.۳۲۷
دبی گازهای ورودی به ژانگستروم	m۳/h	۸٤٤۳۷۳	۸٤٤۳۷۳			٤۷٤۹۷۰				۲۵۶۰۹۰	۲۵۶۰۹۰			۴۰۶۸۹۵	۰		
دبی گازهای خروجی از ژانگستروم	m۳/h			۷۳۲٤۰۵	۷۹۱۸۹۰			۸۳۸۷۳٤	۰			۵۴۳۹۱۳	۵۴۳۹۱۳			۵۰۲۸۹۳	۵۱۶۷۷۳

Archive of SID
www.SID.ir