A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

بازیافت حرارت از خروجی توربین گازی جهت خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور

کیان نجف زاده[۱] غلامرضا بیاتی[۲] احمدرضا طاهری اصل[۳]

bayati51@yahoo.com taheri_1977@Yahoo.com

۱- مدیر دفتر مطالعات و بهره وری منابع تولید سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

۲- رئیس گروه افزایش کارائی تولید سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

۳- کارشناس گروه افزایش کارائی تولید سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

واژه‌های کلیدی: توربین گازی، چیلر جذبی، بویلر بازیاب حرارت، راندمان سیکل گازی

چکیده

در مقاله حاضر به بررسی روشهای تاثیر گذار بر روی راندمان نیروگاههای گازی پرداخته شده است. در ادامه مختصری از روش خنک سازی هوای ورودی به کمپرسور توسط چیلر جذبی شرح داده شده و سپس با توجه به اندازه گیری پارامترهای مختلف حرارتی، میزان تلفات گازهای داغ خروجی و میزان گازهای قابل بازیافت از اگزاست توربین های گازی دو واحد نیروگاه گازی کرافت یزد محاسبه گردیده است. همچنین با در اختیار داشتن مقادیر و اطلاعات مربوط به چیلرهای جذبی و بویلرهای بازیاب حرارت نسبت به طراحی یک سیکل سرمایشی جذبی با بهره گیری از انرژی خروجی سیکل توربین گاز اقدام گردیده است. ملاحظات اقتصادی و فنی و زمان بازگشت سرمایه این طرح برآورد گردیده است.

۱. مقدمه

همانطور که می دانیم راندمان و توان خروجی سیکل توربین های گازی و یا به عبارتی عوامل موثر بر عملکرد توربین های گازی عبارتند از: ارتفاع سایت، دمای هوا، رطوبت محیط، تلفات ورودی و خروجی، نوع سوخت و دمای آن، لذا با توجه به عوامل فوق می توان گفت در نیروگاه کرافت یزد، عامل اول که ارتفاع سایت می باشد غیر قابل تغییر بوده و در نوع سوخت نیز تقریباً تغییرات امکان پذیر نخواهد بود. بنابراین باید یا تلفات ورودی و خروجی را کاهش داد و یا تلفات خروجی را بازیافت نمود. بنابراین در کل می توان گفت در سیکل گازی مورد مطالعه و ممیزی، راندمان و توان خروجی به شکل وسیعی به دما و رطوبت هوای محیط وابسته می باشد. به شکلی که با افزایش دمای محیط، جرم مخصوص هوا کاهش یافته و دبی جرمی هوای عبوری از توربین و کمپرسور کاهش می یابد. در اصل می توان گفت کار کمپرسور جهت فشرده ساختن هوای انبساط یافته بیشتر شده و نیز دبی جرمی کمتری از هوا به درون توربین وارد می شود. لذا با توجه به اینکه تولید انرژی در

http://mohandes-iran.com

توربین گاز در یک فرایند حجم ثابت صورت می پذیرد، بنابراین کاهش دبی جرمی هوا باعث کاهش توان خروجی توربین خواهد شد. از طرفی می توان گفت بهترین شرایط برای هوای ورودی به کمپرسور همان شرایط ایزو (دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و فشار یک اتمسفر) می باشد. ولی از طرفی در یک سیکل توربین گازی به طور معمول گازهای داغ با دمای بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد وارد توربین گاز گشته و پس از عبور از توربین با دمای بین ۴۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد از توربین خارج می گردد. با توجه به اینکه حجم گازهای خروجی نیز بسیار بالا می باشد. بدین منظور با اضافه نمودن یک بویلر بازیاب حرارت (HRB) و بهره گیری از گرمای گازهای داغ خروجی از توربین گازی جهت گرم نمودن آب و در نهایت تولید بخار سوپر هیت جهت محرک توربین بخار استفاده می شود. ولی نمی توان سیستم فوق را در همه جا کاربردی و با صرفه قلمداد نمود. زیرا هزینه های نصب و راه اندازی یک سیکل بخار نیروگاه سیکل ترکیبی بعضاً قابل مقایسه با میزان حرارت دفع شده از اگزاست توربین گازی نخواهد بود. ولی با توجه به مطالب ارائه شده می توان از انرژی خروجی از توربین گازی جهت سرمایش هوای ورودی به کمپرسور، آب شیرین کن، گرمایش منطقه ای و... استفاده نمود بدین شکل که با استفاده از یک بویلر بازیاب حرارت (HRB) جهت تولید بخار کم فشار و بهره گیری از بخار فوق در یک سیستم چیلر جذبی دو اثره، اقدام به سرد نمودن هوای ورودی به کمپرسور نمائیم.

۲. تاثیر خنک سازی هوا بر راندمان و توان توربین گازی

روش خنک کردن هوای ورودی به توربین گازی جالب ترین و اقتصادی ترین روش، جهت افزایش قدرت و راندمان توربین می باشد و این راهکار به خصوص در روزهای گرم تابستان که معمولا مصادف با نقطه اوج مصرف انرژی الکتریکی می باشد، حائز اهمیت است. قابل ذکر است با خنک کردن هوای ورودی به توربین گاز توان خروجی توربین افزایش می یابد و در عین حال مقدار Heat Rate (مقدار انرژی حرارتی مصرفی برای تولید یک واحد انرژی الکتریکی (Kwh)) کاهش می یابد.

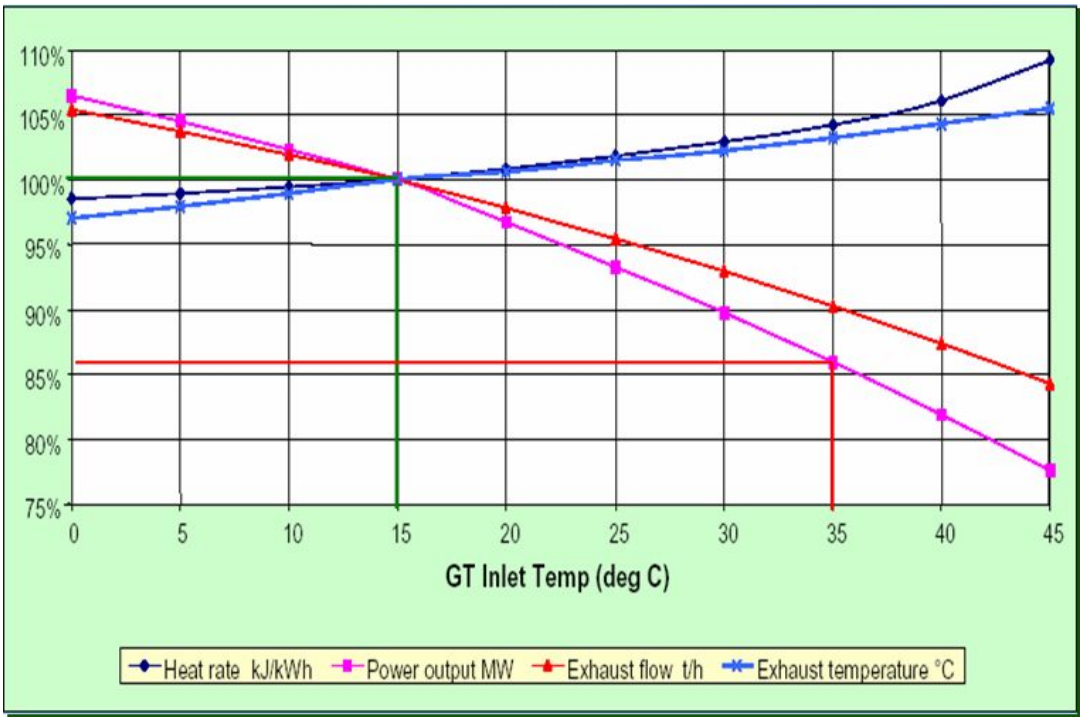
نکته قابل توجه این است که در توربین های گازی با توجه به میزان ارتفاع از سطح دریا، به ازای هر ۳۳۰ متر ارتفاع از دریا تقریباً ۳,۵٪ قدرت تولیدی توربین کاهش می یابد، و از طرفی با توجه به نمودار ارائه شده (شکل (۱)) به ازای افزایش درجه حرارت هوای ورودی، (به ازای هر ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش دما) حدود ۱۰ درصد از ظرفیت تولیدی توربین گاز کاهش می یابد، لذا باتوجه به این که متوسط درجه حرارت هوای ورودی به توربین در تابستان شهرستان یزد بین ۲۸ تا ۳۹ درجه سانتیگراد می باشد و این در حالی است که می توان با خنک کردن هوای ورودی به توربین گاز تا ۱۵ درجه سانتیگراد (شرایط ISO)، با کاهش ظرفیت ناشی از هوای گرم مقابله نمود. در نمودار شکل (۱) اثر دمای محیط (دمای هوای ورودی به کمپرسور) بر پارامترهای مختلف توربین گاز (شامل نرخ حرارتی، توان خروجی، دمای خروجی و دبی گاز خروجی) نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار شکل (۱) مشاهده گردید، با افزایش هر ۱۰ درجه دمای هوای ورودی به توربین گاز، حدود ۵ درصد از دبی (Ton/hr) گازهای خروجی از اگزاست کاسته شده است. همچنین به ازای هر ۱۵ درجه افزایش دمای هوای ورودی به توربین، حدود ۱۰ درصد از توان خروجی (Mw) توربین نیز کاسته خواهد شد. ولی در همین حال با افزایش ۱۵ درجه سانتیگراد نسبت به دمای شرایط ایزو، مشاهده می شود حدود ۳ درصد به مقدار Heat Rate (مقدار انرژی حرارتی مصرفی برای تولید یک واحد انرژی الکتریکی (Kwh)) و ۲,۵ درصد نیز به دمای گازهای خروجی که در حال حاضر تلفات به حساب می آید اضافه می گردد.

یک بررسی ساده اقتصادی نشان می دهد که هزینه لازم برای احداث سیکل خنک کن هوای ورودی، در مقابل هزینه لازم برای احداث نیروگاهی با ظرفیت معادل مقدار افزایش توان، بسیار کمتر است. به عبارتی نسبت هزینه افزایش توان (در اثر خنک کاری هوای ورودی)، در مقابل هزینه احداث نیروگاهی با ظرفیت معادل، گاه به حدود یک چهارم می رسد.

http://mohandes-iran.com

روشهای زیر جهت خنک کاری هوای ورودی به توربین ها پیشنهاد می شود:

۱. خنک کننده تبخیری (مدیا) ۲. سیستم مه پاش (فاگ) ۳. چیلر جذبی



شکل (۱) – نمودار میزان تاثیر خنک سازی هوای ورودی به کمپرسور بر روی پارامترهای مختلف واحد گازی

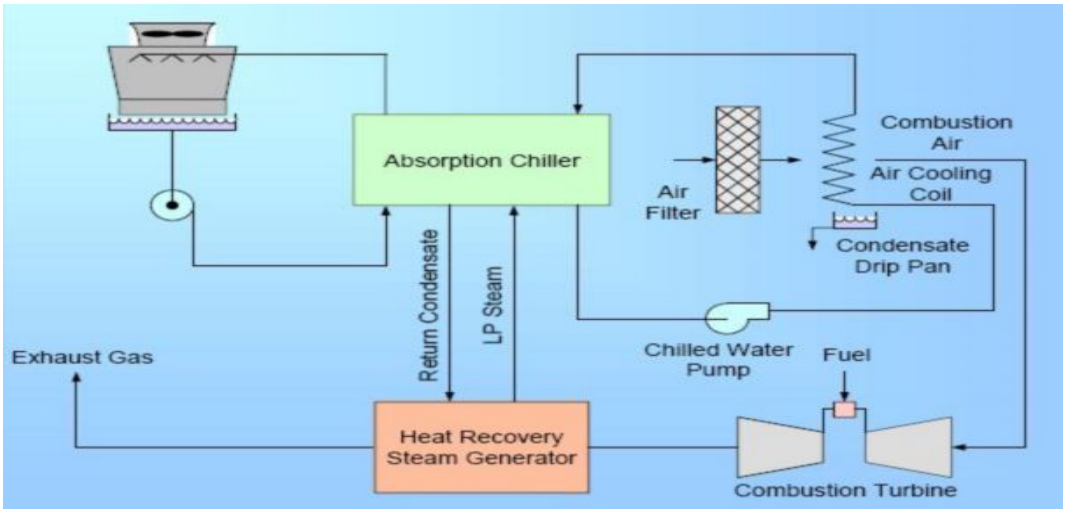
۳. سیستم خنک کننده جذبی

سرد کردن به وسیله ماشین های مبرد جذبی از نظر فیزیکی مشابه سرد کردن با ماشین های مبرد کمپرسوری است، یعنی جذب گرمای خارجی، توسط مبرد، در اثر تبخیر آن خواهد بود. ماشینهای مبرد جذبی نیز دارای اواپراتور، کندانسور و در اکثر مواقع شیر انبساط می باشند. اما برقراری سیکل فعال دراین نوع سیستمها، در اثر مصرف کار مکانیکی نبوده، بلکه در اثر مصرف انرژی حرارتی تکمیل می گردد. در سیستم های جذبی دو نوع ماده مورد استفاده قرار می گیرد، یکی به عنوان مبرد و دیگری به عنوان جاذب که این جاذب ممکن است در مبرد حل گردد، یا با آن مخلوط شود. جاذب ممکن است مایع یا جامد باشد . مبنای کار چیلرهای جذبی به جوش آوردن آب در فشار پائین است. این چیلرها برخلاف انواع تراکمی که همه انرژی خود را از انرژی الکتریکی تأمین می کنند، برای تولید سرما، بجای انرژی الکتریکی از انرژی حرارتی بخار استفاده می کند و برای مکانهائی که انرژی حرارتی در دسترس و ارزان قیمت است توصیه می گردد.

لذا تلفات حرارتی گازهای خروجی از توربین که با دمای زیاد آن را ترک می کند، می تواند خود یک منبع انرژی حرارتی ارزان و قابل دسترس باشد و با استفاده از آن در یک بویلر بازیاب، حرارت بازیافت شود، و بخار مورد نیاز در یک سیکل تبرید جذبی دو مرحله ای یا تک مرحله ای لیتیم – بروماید به منظور خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور تولید گردد.

http://mohandes-iran.com

و بخش دیگر این بخار می تواند در سیستمهای صنعتی و یا در طرح های Cogeneration مورد استفاده قرار بگیرد. (شکل (۲))



شکل (۲)- شماتیک سیستم خنک کننده جذبی

همانطور که مشاهده می شود، سیکل جذبی لیتیم – برومایـد برای کاهش دمای هوا در نظر گرفته شده است. اگر چـه یـک چیلر تراکمی می توانـد کـار خنـک کـردن هـوای ورودی بـه کمپرسور را انجام دهد، لیکن این مـورد در نظـر گرفتـه نمـی شـود. چـون عملکـرد چیلـر تراکمـی مـستلزم مـصرف تـوان مکانیکی یا الکتریکی است، کـه ایـن موضـوع از تـوان خـالص خروجی واحد نیروگاه گازی می کاهد و طـرح غیـر اقتـصادی خواهد شد.

به دنبال انتقـال گرمـای محـسوس هـوا بـه آب خنـک کـن گردشی چیلر، از دمای هوای ورودی به کمپرسور کاسـته مـی شود، در حالیکه رطوبت نسبی آن تا رسیدن بـه نقطـه شـبنم بطور پیوسته افزایش می یابد. در نقطه شـبنم مقـدار گرمـای بیشتری (گرمای نهان تقطیـر) بایـد گرفتـه شـود تـا رطوبـت نسبی هوا کاهش یابـد، رطوبـت نـسبی هـوا را بـه دو طریـق می توانیم به شرایط استاندارد برسانیم:

۱. در این روش، قسمت کمی از هوای ورودی، از کویـل هـای مبدل حرارتی گذشته تا دمای خیلی پایین سـرد مـی شـود و سپس با بقیه هوای ورودی مخلوط مـی شـود تـا مخلـوط بـه شرایط استاندارد برسد. لذا به آب سردی با دمای خیلی پـائین نیاز می باشد.

۲. در روش دوم تمام هوای ورودی تا دمای خیلی پائین تـر از نقطه شبنم سرد می شود. سپس رطوبت نسبی بـا اسـتفاده از کویـل هـای حرارتـی از ۱۰۰٪ بـه ۶۰٪ کـاهش مـی یابـد. گرمایش هوا به منظور رسیدن به شـرایط اسـتاندارد، منطقـی نیست چون اولاً عملکرد چیلر جذبی با گرمایش هوا لطمه می بیند و ثانیاً هوای اشـباع ۱۵ °C (ISO) تـاثیری بـر فرآینـد تراکم نخواهد داشت. همچنین هوا حین تراکم گرم می شود و امکان رسوب گذاری رطوبت هوا بـر پـره هـای کمپرسـور کـه باعث خوردگی می شود، نیـز بـشدت مطـرح اسـت. لـذا تنهـا فاکتوری که برای جلـوگیری از رطوبـت ورودی بـه کمپرسـور قابل توجه است، استفاده از سیستم جداسـازی فیلتـری اسـت که می تواند درست قبل از ورودی کمپرسور نصب شود.

۳-۱. مختـــصری ازعملکردچیلـــر جـــذبی دو اثـــره لیتیم – برومایـد

همانگونه که گفته شد در چیلرهای فـوق الـذکر، مبـرد مـورد استفاده آب، و جاذب نیز لیتیم- برماید می باشد. در چیلرهای

http://mohandes-iran.com

جذبی دواثره، دو ژنراتور فشار پائین و فشار بالا وجود دارد. و بخار آب موجود در ژنراتور فشار بالا از طریق شبکه لوله وارد ژنراتور فشار پائین می شود. این مسئله باعث می شود تا میزان مصرف بخار در یک چیلر جذبی با اثر دوبل، تقریبا نصف میزان مصرف بخار چیلر جذبی تک اثره مشابه (تشابه از نظر تناژ تبرید تولیدی) باشد. پس راندمان بسیار بالا می رود. و در این چیلرها ضریب عملکرد (COP) تقریباً برابر ۱,۲ می باشد.

چیلر های جذبی با اثردوبل از قسمتهای زیر تشکیل شده است : الف) اواپراتور، ب) جاذب، ج) کندانسور، د) ژنراتور اولیه، ه) ژنراتور ثانویه، و) مبدلهای حرارتی، ز) پمپ ها.

۳-۱-۱. نحوه کارکرد چیلر جذبی اثر دوبل

مایع مبرد در قسمت اواپراتور روی لوله های آب خنک کن پاشیده می شود و به دلیل وجود فشار کم، آب در درجه حرارت پائین بخار شده و باعث سرد شدن آب خنک کن می گردد. بخارات تولیدی، توسط محلول لیتیم - بروماید جذب شده و سپس محلول رقیق شده توسط پمپ های مربوطه به درون مبدل حرارتی ثانویه، مبدل حرارتی تخلیه و مبدل حرارتی اولیه منتقل می شود، و در طی این فرآیند گرم می گردد. سپس غلظت محلول لیتیم- بروماید در ژنراتور اولیه توسط بخار تاحدود زیادی، افزایش می یابد. مرحله بعد عبور از ژنراتور ثانویه است که در آنجا محلول به طور کامل تغلیظ می گردد. آنگاه محلول غلیظ از طریق مبدل حرارتی ثانویه به درون محفظه جذب کننده منتقل شده و در آنجا خنک می گردد. بخارات حاصل در ژنراتور ثانویه با انتقال حرارت درلوله های کندانسور، تبدیل به مایع شده ودوباره مایع حاصله برای تکرار فرآیند فوق وارد اواپراتور می شود.

بطور استاندارد در چیلرهای فوق، فشار نسبی بخار مورد نیاز (بخار ورودی) به ژنراتور، ۸ اتمسفر و دمای اشباع بخار نیز، حدود ۱۷۴,۷ درجه سانتیگراد و میزان بخار مورد نیاز برای هر تن سرمائی، ۴,۴ کیلوگرم بر ساعت است، و یا به عبارتی گرمای لازم جهت تولید هرتن سرما در ژنراتور حدود ۱۰۰۱۴ Btu/hr می باشد. و در صورتی که چیلر فوق با صد در صد توان کار کند، دمای آب ورودی به اواپراتور، ۱۲ درجه سانتیگراد و خروجی از اواپراتور، ۷ درجه سانتیگراد خواهد بود. همچنین دمای آب خروجی از برج خنک کن و ورودی به جذب کننده ۳۲ درجه سانتیگراد و دمای آب خروجی از کندانسور چیلر، ۳۷,۵ درجه سانتیگراد خواهد بود. و میزان دبی آب برج خنک کن حدود ۴,۴ گالن بر دقیقه برای هرتن سرمائی است.

۴. تعیین تلفات گازهای خروجی از اگزاست واحد یک و دو نیروگاه گازی کرافت یزد

اساس تحلیل های مربوط به پتانسیل سنجی صرفه جوئی انرژی با توجه به اندازه گیری های انجام شده برروی گازهای خروجی از اگزاست و هوای ورودی به کمپرسور واحد یک و دو نیروگاه کرافت که در دوره ممیزی انرژی بوسیله دستگاه آنالیزور احتراق، پردازشگراطلاعات (Data logger) و... صورت پذیرفت. در ادامه یک نمونه از اندازه گیریهای انجام شده در هردو واحد شماره یک و دو جهت مطالعات بیشتر طی جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

http://mohandes-iran.com

جدول (۱) : پارامترهای اندازه گیری شده واحد یک و دو کرافت یزد

پارامترهای اندازه گیری شده واحد یک و دو کرافت			
تاریخ : ۸۷/۰۵/۰۲ ساعت : ۱۲:۲۰- بار خروجی ۱۰۰٪			
مقادیر اندازه گیری	واحد	G11	G12
بار خروجی	Mw	۳۷,۳	۳۴,۲۳
دمای محیط	˚C	۳۵,۷	۳۶,۲
رطوبت محیط	%	۱۳,۲	۱۲,۸
نقطه شبنم محیط	td˚	۳,۲	۳,۲
سرعت هوای ورودی	m/s	۶,۱	۵,۶
دبی هوای ورودی	m^3/hr	۱۳۳۲۹۸۰	۱۲۲۸۹۴۰
دمای هوای ورودی	˚C	۳۵,۷	۳۶,۲
O2	%	۱۶,۹۷	۱۶,۶۸
Co	PPM	۲۱	۲۹
Co2	%	۲,۲۹	۲,۴۵
No	PPM	۱۸۸	۱۷۷
دمای دود خروجی	˚C	۴۴۲,۶	۴۶۸,۱
NOX	PPM	۱۹۸	۱۸۶
پارامترهای اندازه گیری شده واحد یک و دو کرافت			

تاریخ : ۸۷/۰۵/۰۲ ساعت : ۱۲:۲۰- بار خروجی ۱۰۰٪			
مقادیر اندازه گیری	واحد	G11	G12
So2	PPM	۳	۵
H2	PPM	۱	۴
راندمان خالص احتراق	%	۲۷,۱	۲۷,۳
راندمان ناخالص احتراق	%	۲۵,۲	۲۵,۴
Excess air	%	۴۲۰,۵	۳۸۵,۷
نوع سوخت	-	N.G	N.G
مصرف سوخت	Nm^3/hr	۱۵۵۴۴	۱۵۶۸۲

۵. محاسبات تعیین تلفات انرژی از اگزاست واحد یک و دو نیروگاه کرافت

در این تحلیل ابتدا میزان تلفات و یا به عبارتی میزان انرژی خروجی ازاگزاستهای دو واحدیک ودوکرافت محاسبه گردیده

و سپس با توجه به دمای نقطه شبنم و نیز محدودیتهای دیگر، میزان انرژی قابل بازیافت محاسبه خواهد گردید و در نهایت راهکارهای صرفه جوئی انرژی در واحدهای فوق ارائه می گردد.

جدول (۲) : نتایج محاسبات تعیین تلفات انرژی از اگزاست واحد یک و دو نیروگاه کرافت

Parameter	Unit	Unit G11	Unit G12
Ambient Temperature	˚C	۳۵,۷	۳۶,۲
Fuel Consumption	Nm3/hr	۱۵۵۴۴	۱۵۶۸۲
Flue Gas Temperature	˚C	۴۴۲,۶	۴۶۸,۱
Flue Gas Specific Heat (Cp)	KJ/kg˚k	۱,۰۹۲	۱,۰۹۸۷
Power Outpot	Mw	۳۷,۳	۳۴,۲۳
Efficiency Cycle	%	۲۲,۲۶	۲۰,۲۵
Energy Loss through Flue Gas	MJ/hr	۳۳۰۲۸۶,۹	۳۴۳۱۳۰,۲
Natural Gas (Equivalent)	Nm3/hr	۹۴۳۷	۹۸۰۴

http://mohandes-iran.com

جدول (۳) : نتایج محاسبات تعیین تلفات سالیانه انرژی و میزان انرژی قابل بازیافت سالیانه از اگزاست واحد یک و دو نیروگاه کرافت

پارامترهای محاسباتی	واحد	واحد یک	واحد دو
درصد تلفات از کل انرژی ورودی	%	۶۰,۷	۶۲,۵
ساعات کارکرد سالیانه واحد	Hr/Year	۵۵۲۲	۷۲۶۵
تلفات سالیانه گازهای داغ خروجی از اگزاست	Gj/Year	۱۸۲۳۸۴۴	۲۴۹۲۸۴۰,۸
معادل گاز طبیعی تلف شده در سال	m^3/year	۵۲۱۰۹۸۳۰	۷۱۲۲۴۰۲۲
میزان انرژی قابل بازیافت سالیانه از اگزاست	Gj/Year	۱۴۴۵۹۸۶,۹	۲۰۰۹۱۶۳,۹
معادل بشکه نفت خام قابل بازیافت در سال	-	۲۳۶۲۷۴	۳۲۸۲۹۷
معادل ریالی انرژی حرارتی قابل بازیافت در سال بر اساس ۶۹۰ ریال	Milion Rial	۳۹۶۰۹,۲۳	۲۸۵۰۶,۶
معادل ریالی انرژی حرارتی قابل بازیافت در سال بر اساس ۱۸۰ ریال	Milion Rial	۷۴۳۶,۵۰۴	۱۰۳۳۲,۸۴۳
معادل ریالی انرژی حرارتی قابل بازیافت در سال بر اساس ۴۰ ریال	Milion Rial	۱۶۵۲,۵۵۶	۲۲۹۶,۱۸۷

۶. بررسی میزان سرمایش مورد نیاز جهت خنک سازی هوای ورودی واحد شماره یک و دو نیروگاه کرافت یزد

همانگونه که می دانیم به فرایندی که در آن حرارت گرفته می شود، تبرید اطلاق می شود و ماده جذب کننده حرارت که بعنوان واسط عمل می کند را مبرد یا ماده سرما زا گویند. و جذب حرارت توسط مایعات به هنگام تبخیر، اساس کارسیستم های تبرید می باشد. برای خنک سازی هوای ورودی به کمپرسور های دو واحد گازی کرافت یک و دو همانگونه که اشاره شد از چیلر جذبی دو مرحله ای استفاده می گردد. بنابراین فرایند خنک سازی هوا به شکل سرمایش و رطوبت زدایی با کویل سرد می باشد. در این روش هنگامی که از کویل سرد برای سرمایش و رطوبت زدایی استفاده می کنیم، دمای فیلم هوایی که با سطح فلزی کویل در تماس است، شرایط هوای عبوری از روی کویل را مشخص می کند.

دمای فیلم هوایی که با کویل در تماس است در واقع بین دمای هوا و دمای آب یا مبرد دیگر موجود در داخل کویل است. بنابراین جهت تعیین میزان تن سرمایی چیلرهای جذبی می توان چنین بیان نمائیم که تن سرمایی مورد نیاز برابر است با میزان انرژی حرارتی که از حجم هوا ی ورودی به کمپرسور باید توسط کویل های آب سرد گرفته شود تا هوای فوق به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد (شرایط ISO) برسد. با توجه به اندازه گیریهای انجام شده در اتاق فیلتر هرکدام از واحدها که با دستگاه پردازش گر اطلاعات (Data Logger) انجام شده است. میزان دبی حجمی، دمای خشک و رطوبت نسبی هوای ورودی اندازه گیری شده است. میزان تناژ سرمایی مورد نیاز جهت ایجاد شرایط ایزو را بدست خواهیم آورد. (جدول ۴)

http://mohandes-iran.com

جدول (۴)- پارامترهای اندازه گیری شده واحد های یک و دو نیروگاه کرافت یزد

پارامترهای اندازه گیری شده	واحد	واحد یک	واحد دو
دمای هوای ورودی به کمپرسور	$^{\circ}C$	۳۹,۲	۳۸,۱
رطوبت نسبی هوای ورودی	%	۱۳,۲	۱۲,۸
سرعت هوای ورودی به کمپرسور	m/Sec	۶,۱	۵,۶
گرمای ویژه هوای ورودی به کمپرسور	KJ/kg°k	۱,۰۰۵	۱,۰۰۵
دانسیته هوای ورودی به کمپرسور	Kg/m^3	۱,۱۳	۱,۱۳۴

حال با در نظر گرفتن مقادیر اندازه گیری شده و همچنین شرایط هوا در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد می توانیم میزان انرژی گرمائی که باید توسط کویل های سرمایشی جذب شوند را محاسبه نمائیم و سپس تن سرمائی مورد نیاز را نیز برای هر کدام از واحدها برآورد نمائیم.

۶-۱. واحد یک کرافت –

$Q = m\ Cp\ \Delta T = -36633929\ KJ \sim 34728965\ BTU$

$TR = 34728965\ BTU / 12000 = 2894\ TR$

همانگونه که اشاره گردید، یک چیلر جذبی دو مرحله ای جهت تولید یک تن سرمایش، نیاز به حدود ۴,۴ کیلوگرم بخار با فشار ۸ اتمسفر و با دمای ۱۷۴,۷ درجه سانتیگراد خواهد داشت. حال برای تولید ۲۸۹۴ تن سرمایش، میزان بخار مورد نیاز برابر ۱۲,۷۳۳ تن در ساعت با دمای ۱۷۴,۷ درجه سانتیگراد و با فشار ۸ اتمسفر است.

۶-۲. واحد دو کرافت –

$Q = m\ Cp\ \Delta T = -32353537.7\ Kj \sim 30671153.8\ BTU$

$TR = 30671153.8\ BTU / 12000 = 2556\ TR$

بنابراین برای تولید ۲۵۵۶ تن سرمایش میزان بخار مورد نیاز برابر ۱۱,۲۵ تن در ساعت با دمای ۱۷۴,۷ درجه سانتیگراد و با فشار ۸ اتمسفر خواهد بود.

با توجه به مشخصات فنی چیلرهای تولیدی یکی از کارخانجات داخلی، برای تولید بارهای برودتی مورد نیاز برای هر واحد گازی کرافت می توان گفت هر واحد نیاز به سه دستگاه چیلر جذبی ۹۰۰ تن تبرید خواهد داشت.

۷. ملاحظات اقتصادی :

همانگونه که اشاره گردید جهت خنک سازی هوای ورودی به توربین گاز با استفاده از تولید بخار در بویلر بازیاب انرژی حرارتی دود خروجی از توربین گاز و تولید برودت با چیلرهای جذبی برای هر واحد نیروگاه گازی کرافت نیاز به اقلام و اقدامات زیر می باشد :

- تهیه (خرید ونصب) سه دستگاه چیلر جذبی بخار
- تهیه کویل خنک کن هوای ورودی
- لوله های شبکه آب سرد (Chilled)، آب خنک کن و بخار کندانس
- تهیه (خرید ونصب) بویلر بازیاب انرژی حرارتی دود جهت تامین بخار
- تهیه شیرآلات و اتصالات و تابلوی برق و سیستم کنترل و عایق و پمپها
- احداث ساختمان و فونداسیون کویل تولید هوای خنک ورودی
- نصب کلیه تجهیزات و راه اندازی و تحویل موقت و دائم

مجموع هزینه های طرح پیشنهادی برای هردو واحد نیروگاه گازی کرافت یزد مطابق با ریز قیمت ارائه شده توسط یکی از سازندگان داخلی برابر ۶۰ میلیارد ریال می باشد.

در قسمت قبل هزینه های اجرای طرح پیشنهادی برآورد گردید، حال به برآورد هزینه های انرژی مصرفی سیستم پیشنهادی می پردازیم.

http://mohandes-iran.com

۷-۱. انرژی مصرفی چیلرهای جذبی مورد استفاده

بخار تولیدی توسط بویلر بازیاب حرارت، که انرژی اولیه خود را از گازهای داغ خروجی از توربین دریافت می نماید، به عنوان انرژی راه انداز چیلرهای جذبی می باشند. ولی مقداری انرژی الکتریکی توسط پمپ های وکیوم، مبرد و محلول مصرف می شود که برای هر دستگاه مجموعاً حدود ۱۴ کیلووات توان مصرف خواهد شد. بنابراین انرژی مصرفی و هزینه مربوطه برابر است با :

6 * 14 Kw*24 hr *155 Day = 312480 Kwh

312480 Kwh*773 Rial/Kwh = 241547040 Rial

۷-۲. هزینه سرمایه گذاری جهت اجرای طرح :

۶۰ میلیارد ریال

۷-۳. هزینه انرژی الکتریکی مصرفی چیلرهای جذبی :

۲۴۱,۵۴۷ میلیون ریال

۷-۴. جمع کل هزینه نصب و بهره برداری (هزینه انرژی مصرفی):

۶۰۲۴۱,۵۴۷ میلیون ریال

۷-۵. برآورد میزان صرفه جوئی ریالی طرح پیشنهادی

مطابق با نمودار ارئه شده (شکل (۱)) در صورتی که دمای هوای ورودی را توسط سیستم خنک کن هوای ورودی، از ۳۵ درجه سانتیگراد که غالباً در فصول گرم در همین حد و یا بیشتر خواهد بود به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد برسانیم، حدود ۱۴ درصد توان خروجی هریک از توربین ها افزایش خواهد یافت. همانگونه که در جداول قبل ملاحظه گردید توان خروجی واحد یک نیروگاه کرافت یزد در دمای محیط ۳۵,۷ درجه سانتیگراد برابر ۳۷,۳ مگاوات بوده و توان خروجی واحد دو نیروگاه کرافت یزد در دمای محیط ۳۶,۲ درجه سانتیگراد برابر ۳۴,۲۳ مگاوات اندازه گیری شده است.

حال اگر دمای هوای ورودی را به دمای استاندارد ۱۵ درجه سانتیگراد برسانیم نتایج مربوطه را به صورت جدول (۵) خواهیم داشت.

جدول (۵)- محاسبات میزان افزایش توان لحظه ای خروجی واحد های یک و دو نیروگاه کرافت یزد در اثر خنک سازی هوای ورودی به کمپرسور

پارامترهای محاسباتی	واحد	واحد یک	واحد دو
دمای هوای ورودی به اتاق فیلتر	°C	۳۵,۷	۳۶,۲
توان خروجی توربین در وضعیت فعلی	Mw	۳۷,۳	۳۴,۲۳
دمای هوای ورودی به اتاق فیلتر بعد از اجرای طرح	°C	۱۵	۱۵
درصد افزایش توان خروجی در اثر خنک سازی هوای ورودی	%	۱۴	۱۴
توان خروجی توربین بعد از اجرای طرح خنک سازی	Mw	۴۲,۵۲	۳۹,۰۲
میزان افزایش توان لحظه ای خروجی بعد از اجرای طرح خنک سازی	Mw	۵,۲۲	۴,۷۹

۸. تعیین مدت زمان بازگشت سرمایه

با در نظر گرفتن ۱۵۵ روز کاری در فصول گرم سال برای توربین های فوق، میزان سرمایه مورد نیاز جهت اجرای طرح، برابر ۶۰۲۴۱,۵۴۷ میلیون ریال خواهد بود، و همچنین با توجه به میزان افزایش توان لحظه ای هر یک از واحدهای یک و دو کرافت، می توان مدت زمان بازگشت هزینه سرمایه گذاری طرح فوق را محاسبه نمود. که نتایج آن مطابق جدول ذیل می باشد.

http://mohandes-iran.com

جدول (۶)- محاسبات میزان سرمایه گذاری، ارزش ریالی میزان افزایش توان تولیدی و مدت بازگشت سرمایه واحد های یک و دو نیروگاه کرافت یزد در اثر خنک سازی هوای ورودی به کمپرسور

پارامترهای محاسباتی	واحد	واحد یک و دو
مجموع افزایش توان لحظه ای خروجی هر دو واحد یک و دو	Mw	۱۰,۰۱
کل افزایش توان تولیدی در فصل گرم	Mwh	۳۷۲۵۲,۸۲۴
میزان سرمایه گذاری لازم برای اجرای طرح و هزینه انرژی مصرفی	Rial	۶۰۲۴۱,۵۴۷*۱۰^۶
ارزش ریالی میزان افزایش توان تولیدی در فصل گرم سال	Rial	۲۸۷۹۶,۴۳۳*۱۰^۶
مدت زمان بازگشت سرمایه	Year	۲,۱

۹. نتیجه گیری

همانگونه که مشاهده گردید از اگزاست خروجی دو واحد یک و دو نیروگاه گازی کرافت یزد سالیانه حدود ۴۳۱۶۶۸۴,۸ گیگاژول انرژی حرارتی معادل ۱۲۳,۳۳۴ میلیون متر مکعب گاز طبیعی خارج می گردد که حدود ۳۴۵۵۱۵۱ گیگا ژول از انرژی های اتلافی فوق قابل بازیافت خواهد بود. از جهت ارزش ریالی و با در نظر گرفتن قیمت تمام شده گاز طبیعی می توان ارزش ریالی انرژی بازیافتی را معادل ۶۸۱۱۵,۸۳ میلیون ریال برآورد نمود. بنابراین با استفاده از یک بویلر بازیاب حرارت و تولید بخار کم فشار می توان درصدی از بخار تولیدی را جهت فرآیندهای جانبی و مابقی را جهت راه اندازی ۶ دستگاه چیلر جذبی استفاده نمود. با استفاده از چیلرهای جذبی هوای ورودی در فصول گرم سال از متوسط بین ۳۰ تا ۴۰ درجه به دمای ۱۵ درجه کاهش یافته که با کاهش دمای هوای ورودی توان تولیدی لحظه ای هر دو واحد ۱۰,۰۱ مگاوات افزایش خواهد یافت. کل توان افزایشی در فصول گرم برابر۳۷۲۵۲,۸۲۴ مگاوات ساعت خواهد بود. میزان سرمایه گذاری لازم جهت اجرای طرح حدود ۶۰۲۴۱,۵۴۷ میلیون ریال خواهد بود و برآورد ریالی مربوط به افزایش توان الکتریکی در فصول گرم نیز برابر ۲۸۷۹۶,۴۳۳ میلیون ریال می باشد. بنابراین مدت زمان بازگشت سرمایه فوق حدود ۲,۱ سال برآورد می گردد. که طرح فوق را توجیه پذیر می نماید.

۱۰. منابع و مراجع

۱- ون وایلن ـــ زونتاگ، " مبانی ترمودینامیک کلاسیک" ویرایش سوم، مشهد: نیما، ۱۳۶۸

۲- فرشیدیان فر، ا.ـ فنودی، ا.ـ فرشیدیان فر، ا. "تهویه مطبوع مدرن" ۱۳۸۳.

۳- مطالعات و اندازه گیری های مختلف سازمان بهره وری انرژی ایران- ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷

۴- نجف زاده، ک.ـ بیاتی، غ.ر.ـ کبریائی، ر.ـ طاهری اصل، ا.ر.ـ سالک گیلانی، ن. "پروژه ممیزی انرژی در نیروگاه های حرارتی" وزارت نیرو- ۱۳۸۷

۵- بروشورها و کاتالوگ های شرکت های سازنده چیلر های جذبی

۶- Flemin, William S., 1996. Gas Cooling Technologies:Solving Energy and Environmental Problems, An Independent Problem, Science Applications

۷- Welesko Garland, Patricia, Garland, Robert, 1997.Absorption Chillers: Technology for the Future, Energy Engineering, Vol. 94, No. 6, AEE.

۸- American Gas Cooling Center, (AGCC), April 1996.Natural Gas Cooling Equipment Guide, 4th Edition.ASHRAE 90.1 Code Compliance Manual, U.S. DOE

http://mohandes-iran.com