

شبیه سازی سیکل ترکیبی ۳۰۰ مگاواتی و تحلیل انرژی تیک و انرژی تیک استفاده از سیستم های خنک کننده هوای ورودی (مطالعه موردی)

دارا فتوحی
ریاست هیات مدیره سامان انرژی
dfotouhi@samanenergy.ir

امیر توکلی
شرکت سامان انرژی اصفهان
a.tavakoli.d@gmail.com
احمد همایون
شرکت سامان انرژی اصفهان
homayoon@samanenergy.ir

سهیلا مهدی زاده
شرکت سامان انرژی اصفهان
mehdizadeh@samanenergy.ir
حامد صدیقی
شرکت سامان انرژی اصفهان
hamedsedighi1980@gmail.com

چکیده- در این مقاله با شبیه سازی سیکل ترکیبی ۳۰۰ مگاواتی یکی از نیروگاه های ایران در مناطق گرم و خشک، توسط نرم افزار GT Pro مقایسه ای بین تاثیر استفاده از سیستم فاگ، تانک ذخیره یخ و چیلر های جذبی برای افزایش قدرت خروجی نیروگاه با استفاده از آنالیز انرژی و انرژی به همراه برآورد فنی اقتصادی صورت گرفته است. براساس بررسی های انجام گرفته، اولویت روش های سرمایش هوای ورودی به ترتیب سیستم فاگ، تانک ذخیره یخ و چیلر جذبی بوده است. بیشترین تلفات انرژی مربوط به محفظه احتراق می باشد و سیستم فاگ تلفات انرژی واحد گازی را افزایش داده و موجب کاهش تلفات انرژی سیکل ترکیبی می شود.

کلید واژه- فاگ، چیلر جذبی، تانک ذخیره یخ، ترموفلو، سیکل ترکیبی

۱- مقدمه

نیروگاه های سیکل ترکیبی در کشورمان به طور گسترده ای در شبکه تولید نیرو به کار گرفته می شوند لذا بهینه سازی و کاهش هزینه تولید برق می تواند سهم بسزایی در استفاده درست از منابع محدود سوخت های فسیلی داشته باشد. هدف این مقاله بررسی اثرات دمای هوای ورودی به کمپرسور بر میزان اتلافات انرژی و انرژی و تاثیر آن بر توان تولیدی و راندمان واحدهای گازی و سیکل ترکیبی است. برای این کار یک سیکل ترکیبی ۳۰۰ MW در نظر گرفته شده است و اطلاعات عملکردی آن برای انجام آنالیز انرژی و انرژی بکار گرفته شده است.

امروزه مدلسازی حرارتی نیروگاه های مولد برق، بمنظور بررسی کارایی و راندمان نیروگاه ها و بررسی راه های بهینه سازی و افزایش توان نیروگاه مورد توجه قرار گرفته است. یکی از ابزار های توانا جهت مدل سازی نیروگاه های مولد برق مجموعه نرم افزاری Thermo flow است که قابلیت شبیه سازی انواع نیروگاه های بخار، گازی و سیکل ترکیبی و همچنین ساختار داخلی نیروگاه را دارا می باشد. در این مقاله با شبیه سازی سیکل ترکیبی مورد مطالعه توسط نرم افزار GT Pro مقایسه ای بین تاثیر استفاده از سیستم فاگ، تانک ذخیره یخ و چیلر های جذبی برای افزایش قدرت خروجی نیروگاه با استفاده از آنالیز انرژی و انرژی به همراه برآورد فنی اقتصادی این طرح مورد توجه قرار گرفته است.

۲- روش های افزایش قدرت توربین های گازی و

تاثیر آن بر روی بازده

گسترش روزافزون استفاده از توربین های گازی به دلیل کاربرد آن جهت تولید توان الکتریکی و نیز در بخش های مختلف صنعت سبب گردیده است تا تحقیقات وسیعی در مورد افزایش بازده و بهینه سازی آن صورت گیرد. روش های افزایش قدرت توربین های گازی به شرح زیر است:

الف -خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور با استفاده از تانک ذخیره یخ

در این روش در شرایط غیر اوج مصرف، از اضافه قدرت تولیدی توربین گاز برای تولید یخ استفاده می شود. یخ تولید شده در تانک های مخصوص ذخیره شده و در شرایط مورد نیاز از آن برای سرد کردن هوای ورودی به کمپرسور استفاده می شود.

ب - سیستم ایرواشر

در سیستم ایرواشر حجم زیادی از آب توسط پمپهای با ظرفیت زیاد و از طریق نازل ها یی که در یک شبکه قرار گرفته اند بر روی جریان هوای درون اتاق ورودی پاشیده می شود که این عمل موجب خنک شدن هوای ورودی به کمپرسور می گردد.

ج- سیستم خنک کننده مدیا

سیستم خنک کننده مدیا (Media) عموماً از تعداد سلول های فایبر گلاس که به شکل شانه عسل می باشند تشکیل شده است. هوای ورودی به کمپرسور بر اثر پاشیده شدن آب بر روی سلول های یاد شده و مرطوب کردن آنها، یعنی به روش تبخیری خنک می گردد. با افزایش سطوح تماس آب و هوا، سرعت و شدت تبخیر سطحی آب بیشتر خواهد شد. حداکثر بازده اشباع ایجاد شده توسط این سیستم ۹۰٪ می باشد.

د- سیستم فاگ فشار قوی

یکی از متداول ترین و باصرفه ترین روش خنک کردن هوای ورودی توربین های گازی جهت افزایش قدرت خروجی آن ها استفاده از سیستم فاگ می باشد.

این روش مبتنی بر روش سرمایش تبخیری می باشد، با این تفاوت که آب قبل از پاشش به هوا به بیلیونها قطره فوق العاده کوچک اتمیزه می گردد. این قطرات به علت ریز بودن ، سریعاً گرمای نهان تبخیر خود را از هوا اخذ کرده و تبخیر

می شوند و از طرف دیگر هوای عبوری که گرما از دست داده است، خنک می گردد.

ه- چیلرها

در این روش توسط چیلر آبی با دمای پایین (حدود ۷ درجه سانتی گراد) تولید و توسط مبدل های حرارتی در مسیر هوای ورودی به کمپرسور قرار می گیرد و دمای هوای ورودی کاهش می یابد.

۲-۱- مقایسه روشهای سرمایش هوای ورودی به

کمپرسور

مشخصات عمومی سیستم فاگ

مزایا:

افزایش توان تولیدی سیکل تا حدود ۲٪

افزایش کارایی سیکل

کاهش صدور NOx

زمان کوتاه راه اندازی

هزینه های عملکرد پایین

افت فشار نسبتاً پایین

فضای مورد نیاز کم

معایب:

محدودیت کاهش دما به واسطه رطوبت محیط

حساسیت در طراحی نازلها و نحوه قرار گیری آنها

کاهش دانسیته هوا و بالا رفتن توان مصرفی کمپرسور

هزینه سرمایه گذاری بالا

مصرف بالای آب دمین

مشخصات عمومی چیلر جذبی

مزایا:

افزایش توان تولیدی سیکل

امکان کاهش دمای بالا

عدم نفوذ رطوبت به هوای ورودی به کمپرسور

معایب:

هزینه سرمایه گذاری بالا

هزینه جاری نسبتاً بالا

بالا بودن آب جبرانی مصرفی

مشخصات عمومی تانک ذخیره یخ

مزایا:

افزایش توان تولیدی سیکل

Propane	1.77	2163190
i-butane	0.33	2818930
n-butane	0.39	2818930
i-pentane	0.14	3477050
n-pentane	0.10	3477050
Hexane	0.07	4134590
Carbon dioxide	0.1	20140
Nitrogen	4.7	720
Total	100	874870

افزایش کارایی سیکل
امکان کاهش دمای بالا
عدم نفوذ رطوبت به هوای ورودی به کمپرسور
معایب:
هزینه سرمایه گذاری بالا
هزینه جاری بالا
فضای مورد نیاز بالا

$$\dot{E}x_{fuel} =$$

$$\frac{8.057 \text{ Kg/s}}{18.29 \text{ Kg/Kg mole}} \times [874870] \text{ Kj/Kg mole}$$

$$= 385392.4 \text{ KW} = 385.39 \text{ MW}$$

بازده انرژی (قانون اول) کلی سیکل، بازده تبدیل انرژی ورودی به کار مفید خروجی (توان الکتریکی خروجی ژنراتور) است، و بازده انرژی (قانون دوم) بازده تبدیل انرژی سوخت ورودی به کار مفید است. این دو بازده به صورت زیر محاسبه می شوند [۴]:

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}x_{fuel}} \quad (15-2)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}x_{fuel}} \quad (16-2)$$

اطلاعات ترمودینامیکی سیکل تولید بخار در شرایط بار پایه و دمای ۳۱ درجه سانتیگراد و سوخت گاز طبیعی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است مرجع انتالپی و انتروپی برای آب و بخار نقطه سه گانه آب می باشد و مرجع انتالپی و انتروپی دود در واحد بخار براساس استاندارد ASME PTC4-2 دمای محیط (۳۱°C) و فشار ۱ اتمسفر در نظر گرفته شده است.

۳-۱- شبیه سازی سیکل ترکیبی ۳۰۰ مگاواتی

مطالعه مورد نظر برای نیروگاه سیکل ترکیبی ۳۰۰ مگاواتی انجام گرفته است که مشخصات عملکردی آن در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول ۱-۲. مشخصات عملکردی سیکل ترکیبی در شرایط طراحی

مشخصات سیکل ترکیبی نیروگاه مورد مطالعه	طراحی
توان تولیدی (KW)	۹۹/۷۵
راندمان %	۳۲/۱۲
Heat Raet (Kj/KW)	۱۱۲۰۷
دمای محیط (°C)	۳۱

۳- روش کار

به خاطر اینکه انرژی بقاء دارد برای سیستمهایی که با آنها سر و کار داریم اصل بقای انرژی یا رابطه قانون اول را به کار می بریم ولی در مورد انرژی نمی توان لفظ بقاء را به کار برد چون مقداری از انرژی در طی یک فرآیند به علت وجود بازگشت ناپذیری از بین می رود و در نتیجه مجموع انرژیهای حالت نهایی فرآیند با انرژی اولیه مساوی نیست و اختلاف بین انرژی اولیه و نهایی همان بازگشت ناپذیری فرآیند می باشد [۱]. آنالیز انرژی یک فرآیند یا یک سیستم، نشان می دهد که چه مقدار از قابلیت انجام کار یا انرژی ورودی، توسط آن فرآیند یا سیستم، مصرف شده است. اتلاف انرژی یا به عبارت دیگر بازگشت ناپذیری، میزان ناکارآمدی سیستم مورد مطالعه را به صورت کمی نشان می دهد. علاوه بر آن اگر سیستم فوق از چند جزء مختلف تشکیل شده باشد، آنالیز انرژی، چگونگی توزیع بازگشت ناپذیری کلی سیستم را بین اجزاء آن نشان داده و مشخص می کند که چه اجزایی نقش بیشتری در میزان بازگشت ناپذیری کلی دارند [۲]. انرژی دارای دو مولفه است یک بخش آن انرژی شیمیایی و بخش دیگر آن انرژی فیزیکی می باشد. در این مقاله انرژی مربوط به مولفه های شیمیایی ناچیز فرض شده است ولی انرژی شیمیایی در مواردی که تغییرات شیمیایی داریم در نظر گرفته شده است.

اطلاعات مربوط به انرژی شیمیایی سوخت گاز طبیعی مورد استفاده در واحد گازی نیروگاه مورد مطالعه در شرایط طراحی در جدول ۱-۱ آمده است [۳].

جدول ۱-۱. انرژی شیمیایی سوخت گاز طبیعی مورد استفاده

Component	%mole	μ (Kj / Kgmole)
Methane	87.6	836510
Ethane	4.8	1504360

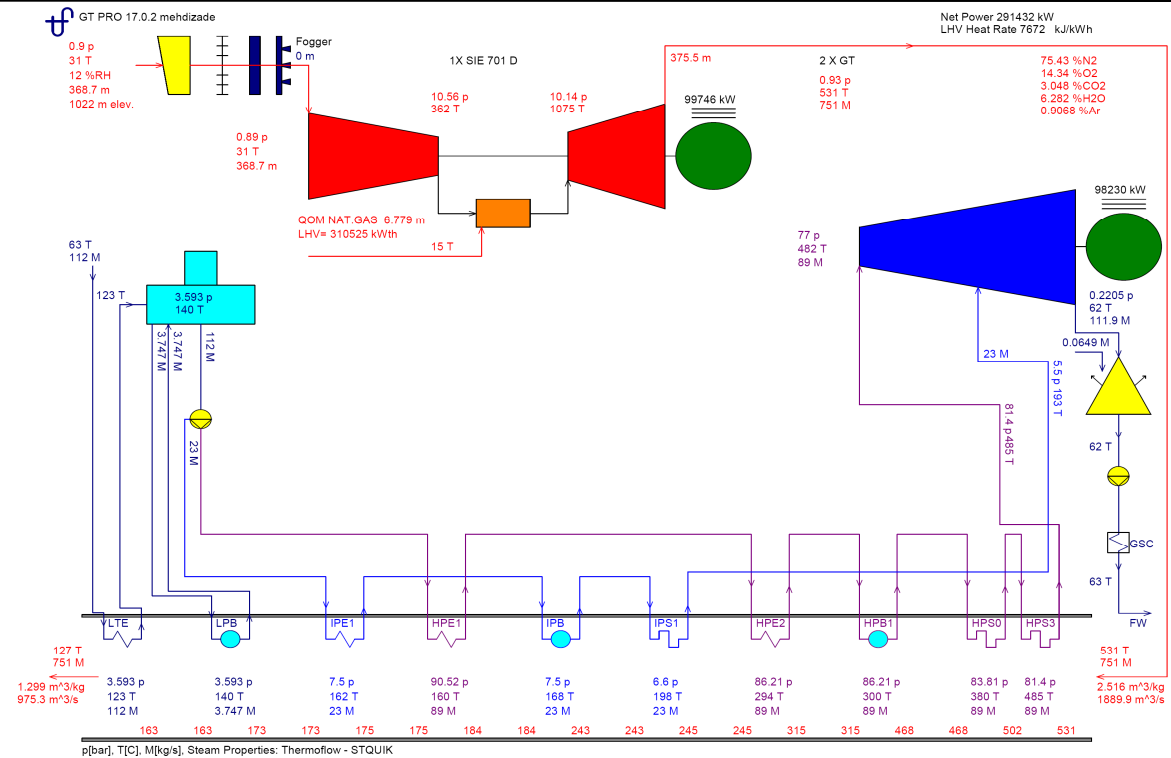
با متوسط دمای ۳۱ °C و رطوبت ۲۰٪ انجام گرفته است. لازم به ذکر است که اندازه گیریهای صورت گرفته با سیستمهای پرتابل شامل آنالیز گازهای خروجی از دودکش توربینهای گازی و بویلر بازیافت حرارت، دبی هوای ورودی به اتاق فیلتر، دما و رطوبت محیط، مصرف داخلی انرژی الکتریکی و توان الکتریکی تجهیزات با مصرف انرژی الکتریکی بالا و دبی آب در نقاط مختلف سیکل است. مشخصات حرارتی سوخت گاز طبیعی مورد استفاده در آمده است. نمایش گرافیکی مدل ساخته شده سیکل ترکیبی مورد مطالعه با نرم افزار GT Pro در شرایط سایت در زمان بهره برداری سیکل ترکیبی با سوخت گاز طبیعی واحدهای گازی مربوطه در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است.

۱۲	رطوبت محیط.٪	
۵۳۲	دمای گازهای خروجی (°C)	
٪۳۱/۶۸	راندمان انرژی.٪	
۲۹۷/۳۲	توان تولیدی (KW)	سیکل ترکیبی
۴۷/۷۷	راندمان.٪	
۷۵۳۵	Heat Raet (Kj/KW)	
٪۴۷/۳۱	راندمان انرژی.٪	

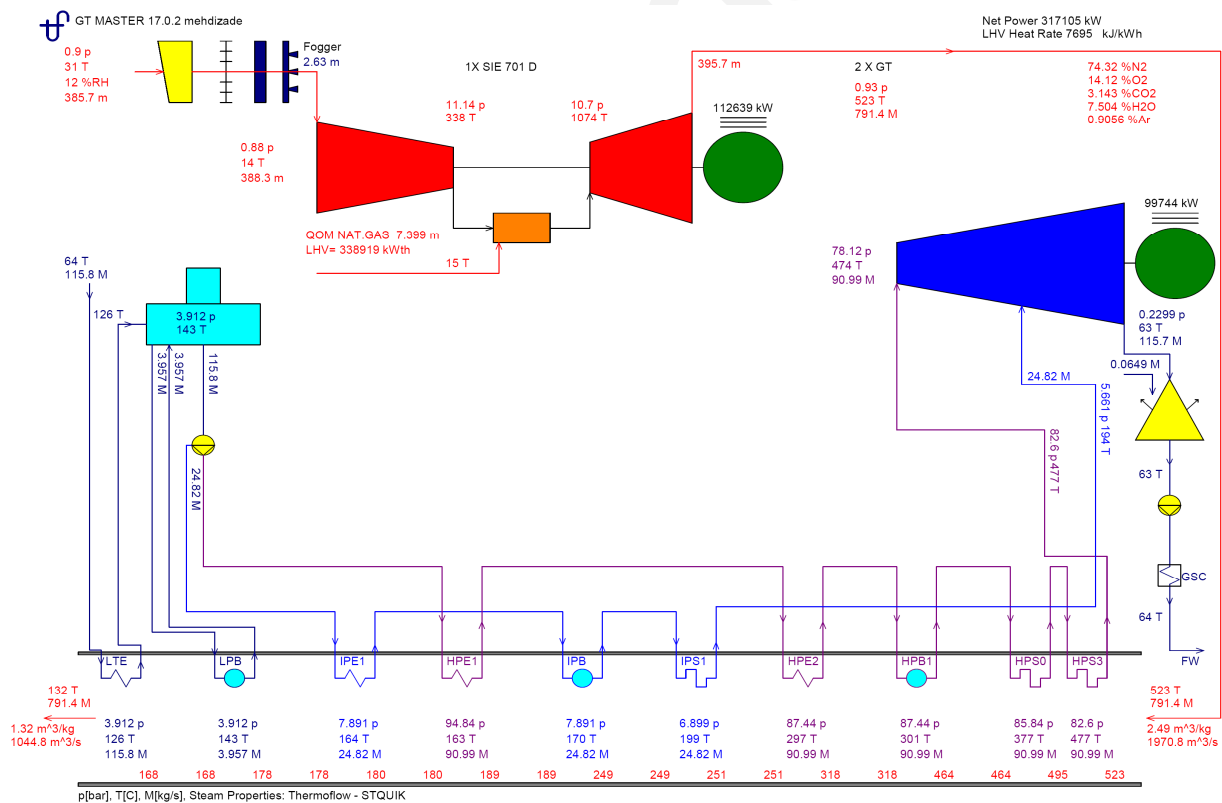
پس از مدلسازی نیروگاه با استفاده از اطلاعات طراحی، عملکرد آن در دو زمان فعال بودن و غیر فعال بودن سیستم فاگ با استفاده از نرم افزار ترموفلو براساس اطلاعات شرایط کارکرد شبیه سازی شده و سپس تاثیر دمای هوای ورودی به کمپرسور بر عملکرد نیروگاه مورد تحلیل انرژی تیک و انرژی تیک قرار گرفته است. تحلیل انجام گرفته برای چهار ماه گرم سال (خرداد ماه تا شهریور) در ساعات پیک شبکه

جدول ۱-۳. مشخصات حرارتی گاز طبیعی مورد استفاده در نیروگاه مورد مطالعه

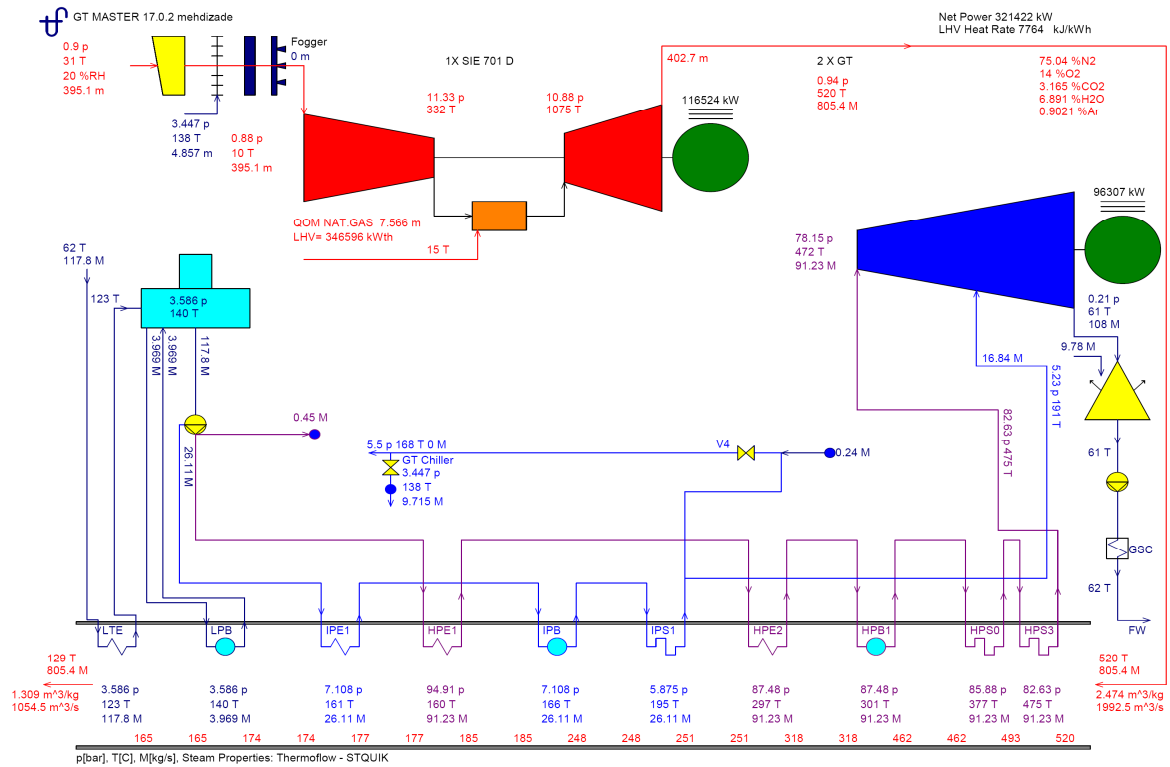
Fuel phase	= Gas
LHV @ 25C	= 45807 kJ/kg
HHV @ 25C	= 50672 kJ/kg
Fuel Supply Temperature	= 15C
Total LHV + Sensible Heat @ 15C	= 45788 kJ/kg
Fuel enthalpy referenced to 0C	= 50835 kJ/kg
Volumetric LHV @ 25C	= 34251 [kJ/scm]
Volumetric HHV @ 25C	= 37889 [kJ/scm]
(scm: m ³ @ 25 C & 1 atm)	
Molecular Weight	= 18.29
OK	



شکل ۱-۲. نمایش گرافیکی مدل ساخته شده سیکل ترکیبی نیروگاه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار GT Pro در شرایط سایت



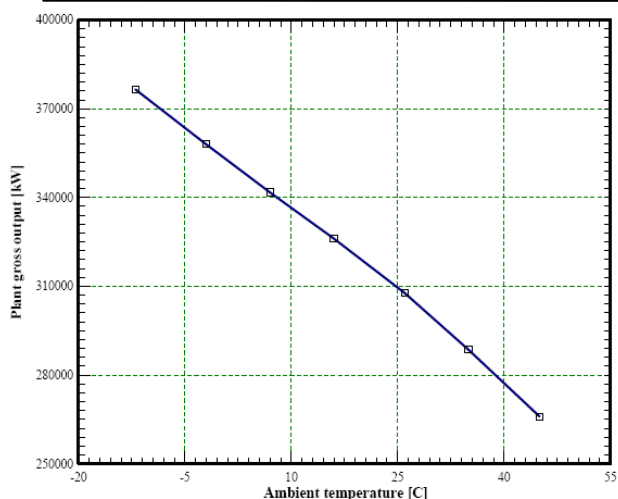
شکل ۱-۳. نمایش گرافیکی مدل ساخته شده سیکل ترکیبی نیروگاه مورد مطالعه بعد از راه اندازی سیستم فگ



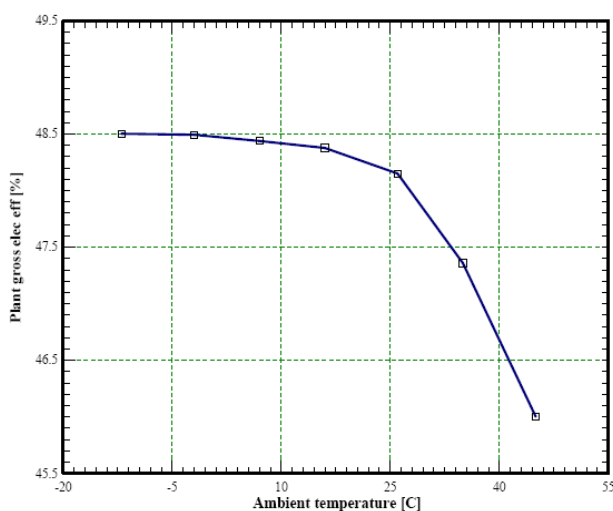
شکل ۱-۴. شبیه سازی واحد سیکل ترکیبی هنگام نصب چیلر

۴- بررسی تأثیر دمای هوا بر عملکرد سیکل

به منظور بررسی تأثیر دمای هوا بر عملکرد سیکل، دمای هوا از ۱۲- تا ۴۵ درجه سانتیگراد تغییر داده شده و تأثیر آن بر عملکرد سیکل بررسی شده است. همانطور که در شکل ۱-۵ و شکل ۱-۶ ملاحظه می شود با افزایش دما از ۱۲- تا ۴۵ درجه سانتیگراد میزان توان ناخالص تولیدی واحد گازی حدود ۳۵٪ و راندمان آن حدود ۴۵٪ کاهش می یابد. در شکل ۱-۷ به بررسی تأثیر افزایش دما بر توان ناخالص سیکل ترکیبی پرداخته شده است. چنانچه ملاحظه می شود با افزایش دما توان ناخالص تولیدی نیروگاه حدود ۲۹٪ کاهش می یابد. در شکل ۱-۸ ملاحظه می شود که با افزایش دما، راندمان سیکل ترکیبی کاهش می یابد و البته سرعت کاهش آن در دماهای بالاتر افزایش می یابد.

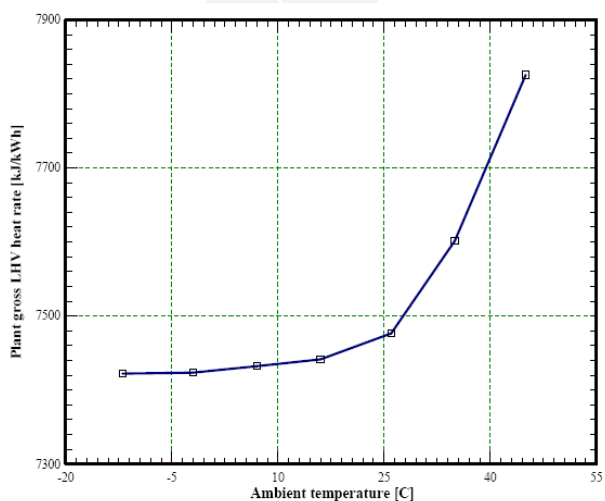


شکل ۱-۷. تأثیر دمای محیط بر توان ناخالص تولیدی سیکل ترکیبی

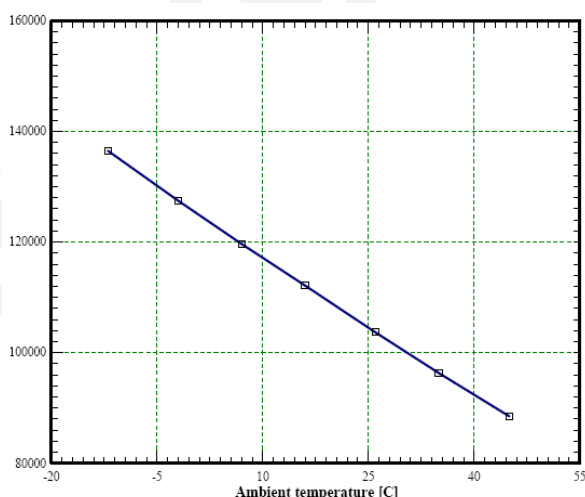


شکل ۱-۸. تأثیر دمای محیط بر راندمان ناخالص سیکل ترکیبی

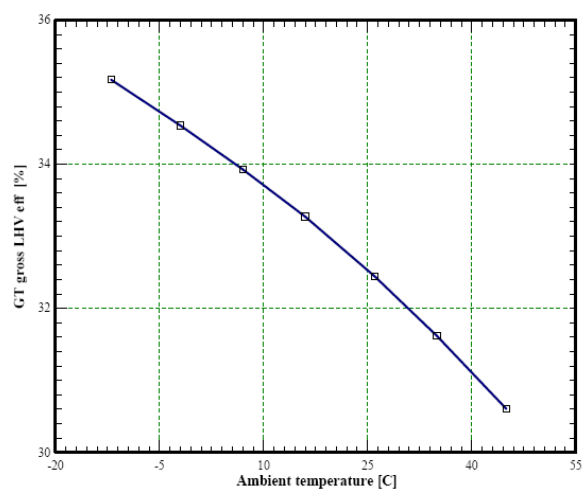
در شکل ۱-۹ تأثیر دمای محیط بر Heat Rate سیکل ترکیبی نمایش داده شده است. چنانچه ملاحظه می شود با افزایش دما، Heat Rate نیز افزایش می یابد.



شکل ۱-۹. تأثیر دمای محیط بر Heat Rate سیکل ترکیبی



شکل ۱-۵. تأثیر دمای محیط بر توان ناخالص تولیدی واحد گازی



شکل ۱-۶. تأثیر دمای محیط بر راندمان ناخالص واحد گازی

۴-۱- بررسی فنی-اقتصادی سیستم فاگ

چنانچه پیش از این آمد، یکی از متداولترین روشهای بهبود عملکرد سیکل ترکیبی، کاهش دمای هوای ورودی به کمپرسور با استفاده از سیستم فاگ است و با توجه به اینکه در یکی از واحدهای سیکل ترکیبی نیروگاه مورد مطالعه در حال حاضر از سیستم فاگ استفاده می شود و جهت مقایسه بین سیستم فاگ، چیلر جذبی و تانک ذخیره یخ در این قسمت تأثیر عملکرد سیستم فاگ براساس شرایط عملکرد واقعی سیکل بررسی شده است.

جدول ۴-۱. مقایسه سیکل ترکیبی نیروگاه با و بدون سیستم فاگ

Remark	With Out Fogger	With Fogger
Ambient Temp.(°C)	31	31
Relative Humidity%	12	12
Comp. Inlet RH%	12	90.06
Comp. Inlet Temp.(°C)	31	14.42
Plant Gross Power (Kw)	289457	317105
GT Gross Power(Kw) (Per GT)	99701	112639
Plant Heat Rate (Kj/Kwh)	7520	7508
Plant Efficiency%	47.87	47.95
GT Heat Rate (Kj/Kwh)	11210	10832
GT Efficiency%	32.11	33.23
Fuel Flow (Kg/s)	6.778	7.399
Water Flow (Kg/s) (per GT)	0	2.63

به منظور بررسی سیکل از نظر اقتصادی باید هزینه تولید آب برای استفاده در سیستم فاگ و همچنین هزینه سرمایه گذاری این سیستم مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت مدت زمان بازگشت سرمایه این سیستم نیز محاسبه شود.

نتایج نشان می دهد که استفاده از سیستم فاگ از دیدگاه انرژی و فنی توجیه پذیر می باشد. در این قسمت استفاده از سیستم فاگ از نظر اقتصادی بررسی شده است. میزان آب مصرفی برای هر واحد گازی تا رسیدن به رطوبت ۹۰٪، ۲/۶۳ کیلوگرم بر ثانیه می باشد که برای هر واحد سیکل ترکیبی ۵/۲۶ کیلوگرم بر ثانیه آب مصرف می شود. اگر فرض شود از سیستم فاگ روزی ۴ ساعت و در ۴ ماه از سال استفاده شود میزان درآمد ناشی از استفاده از این سیستم نسبت به حالیکه از سیستم فاگ استفاده نمی شود در ادامه محاسبه شده است. لازم بذکر است مبنای

محاسبات براساس دو سناریوی قیمتتهای سوخت و برق یارانه ای در نیروگاه مورد مطالعه (گازطبیعی ۲۹/۲۸ ریال برای هر مترمکعب و برق ۴۹۶۹۴ ریال برای هر مگاوات ساعت اعلام آمادگی در ساعت پیک بار) و نرخ بدون یارانه برق (۷۷ ریال برای هر کیلووات ساعت) و گاز طبیعی مصرفی (۶۹ ریال برای هر مترمکعب مصرفی) می باشد.

Increased Power Production

$$\approx 317105 - 289457 = 27648KW$$

Increased Fuel Consumption

$$\approx 7.399 \times 2 - 6.778 \times 2 = 1.242kg/s$$

Saving with Subsidy

$$\approx 1.198 \times 10^6 \text{ Rial/Hour} = 594.53 \times 10^6 \text{ Rial/Year}$$

Saving with out Subsidy

$$\approx 17.99 \times 10^6 \text{ Rial/Hour} = 8.92 \times 10^9 \text{ Rial/Year}$$

با توجه به تحقیقات بعمل آمده سرمایه گذاری لازم برای سیستم فاگ حدود ۶۰-۷۰ دلار به ازای هر کیلو وات افزایش توان تولیدی می باشد. در ادامه مدت زمان بازگشت سرمایه استفاده از سیستم فاگ محاسبه شده است.

$$\text{Investment Cost} = 27648 \times 60\$$$

$$= 1658880\$ = 16.58 \times 10^6 \text{ Riul}$$

Pay Backwith Subsidy

$$= 16.58 \times 10^6 / 594.53 \times 10^6 = 27.9 \text{ years}$$

Pay Back with out Subsidy

$$= 16.58 \times 10^6 / 8.92 \times 10^9 = 1.86 \text{ years}$$

۴-۲- تحلیل اگزرژیتهیک سیستم فاگ نیروگاه

در آنالیز اگزرژی برای یک نیروگاه سیکل ترکیبی که توسط سیهان و همکاران انجام گرفت به این نتیجه رسیدند که توربین گاز، بویلر بازیاب و محفظه احتراق بیشترین اتلافات اگزرژی را دارند [۵].

فیسچی در مقاله ای آنالیز اگزرژی برای یک واحد سیکل ترکیبی را ارائه داد و نتیجه گرفت که بیشترین تلفات در محفظه احتراق به وقوع می پیوندد و آن به دلیل اختلاف دمای بالای بین شعله و سیال عامل است و به این نتیجه

جدول ۱-۶. مقایسه تلفات انرژی در حالت فعال بودن فاک و فعال نبودن فاک برای واحدهای گازی نیروگاه

Reference: 1.013 bar, 25 C, water as vapor.			
PLANT EXERGY ANALYSIS			
Remark	Unit	with out fog	With fog
Exergy In	kW	508244	567131
Fuel exergy	kW	625192	684451
Ambient air exergy	kW	-7681	-8057
Condenser cooling air in	kW	-109266	-109264
Exergy Out	kW	197946	228107
Net electric output	kW	288403	317105
Condenser cooling air out	kW	-97675	-96982
Exergy of heat rejection Q1	kW	3772	3515
Stack gas exergy	kW	3445	4469
Exergy Loss	kW	310299 (61.05%)	339024 (59.78%)

۵- مقایسه نتایج تحلیلهای فنی-اقتصادی

سیستمهای سرمایش هوای ورودی کمپرسور

جمعبندی حاصل از نتایج تحلیلهای فنی و اقتصادی سه روش سرمایش هوای ورودی به کمپرسور و تاثیر آن بر توان تولیدی و راندمان واحدهای گازی و سیکل ترکیبی در جدول ۱-۷ خلاصه شده است.

رسید که آنالیز انرژی یک مفهوم مفید برای مقایسه عملکردهای سیکل توربین گاز است [۶].

نتایج مقایسه تلفات انرژی در حالت فعال بودن فاک و فعال نبودن فاک برای سیکل ترکیبی و واحدهای گازی نیروگاه به ترتیب در جدول ۱-۵ و جدول ۱-۶ ارائه شده است و همانگونه که از نتایج مشخص است بیشترین تلفات مربوط به محفظه احتراق می باشد و فعال بودن سیستم فاک تلفات انرژی واحد گازی را افزایش داده و موجب کاهش تلفات انرژی سیکل ترکیبی می شود.

جدول ۱-۵. مقایسه تلفات انرژی در حالت فعال بودن فاک و فعال نبودن فاک برای سیکل ترکیبی نیروگاه

GAS TURBINE EXERGY ANALYSIS (each of 2 GT's)			
Remark	Unit	with out fog	With fog
Exergy In	kW	308311	337707
GT fuel exergy @ combustor	kW	312596	342226
Air exergy @ compressor inlet	kW	-4285	-4518
Exergy Out	kW	185047	201328
GT electric output	kW	99218	112639
GT exhaust exergy	kW	83943	86931
Exergy of heat rejection Q1	kW	1886.1	1757.4
Exergy Loss	kW	123264 (39.98%)	136380 (40.38%)
GT combustor exergy loss	kW	101668	112802
GT comp.& turbine exergy loss	kW	19343	21162
Mechanical/electrical/gear loss	kW	2253	2415.7

* Air starts at compressor inlet and fuel at combustor.

جدول ۱-۷. مقایسه نتایج تحلیلهای فنی-اقتصادی سیستمهای سرمایش هوای ورودی کمپرسور در سیکل ترکیبی نیروگاه مورد مطالعه

راهکار	توان تولیدی سیکل ترکیبی (کیلو وات)	توان تولیدی سیکل گازی (کیلو وات)	راندمان سیکل ترکیبی %	راندمان واحد گازی %	میزان درآمد مالی (میلیون ریال بر سال)		مدت زمان بازگشت سرمایه (سال)		میزان آب مصرفی (تن بر ساعت)
					با یارانه	بدون یارانه	با یارانه	بدون یارانه	
سیستم فاک	قبل	289457	47.87	32.11	594.53	8920	28.4	2	-
	بعد	317105	47.95	33.23					18.94
نصب چیلر	قبل	296233	47.85	32.08	707.2	10050	21.57	1.52	-
	بعد	329305	47.51	33.62					100.2
تانک ذخیره یخ	قبل	296233	47.85	32.08	4040	26300	81	3.23	-
	بعد	334160	48.06	33.68					

*. در صورت استفاده از کندانسور خشک، مصرف آب حذف می شود و مصرف برق آن حدود ۳ مگاوات اضافه می شود ولی به دلیل بالا بودن دبی آب خنک کن در گردش (حدود ۵۰۰ تن بر ساعت)، ساخت کندانسور خشک با این ظرفیت فضای زیادی را نیز اشغال خواهد.

سپاسگزاری

لازم است از آقایان مهندس نجف زاده و مهندس غلامرضا بیاتی از سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا) که ما را در انجام این پژوهش یاری کرده اند در این قسمت سپاسگزاری کنیم.

مراجع

- [1] J. Szargut; " Exergy Analysis"; Academia Research in Progress Thermodynamics; 2005
- [2] R. Kumar, S C Kaushik, A. Kumar; " Energy and Exergy Analysis of Non-reheat Thermal Power Plant"; International Conference on Energy and Environment; 2009
- [3] R. C. Rosaler; " Standard Handbook of Plant Engineering"; 2nd edition; 1994; McGraw Hill Book Company
- [4] I. Dincer, M. A. Rosen; " Exergy, Energy, Environment and Sustainable development"; Elsevier; 2007
- [5] M. Ameri, P. Ahmadi and S. Khanmohammadi Exergy analysis of a 420MW combined cycle power plant *Int J. Energy reaserch* 2007
- [6] B. Facchini, D. Fiaschi, Exergy analysis of combined cycles using latest generation gas turbine, ASME J. Engrg. Gas Turbine Power 122(2000) 233-238