



## دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

رشته مهندسی برق - گرایش قدرت

**بررسی انواع روش های خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور**

**توربین های گازی به منظور بازیابی توان از دست رفته آن ها**

استاد راهنما:

**دکتر سعید جلیل زاده**

نگارش:

**مهران درویشی**

بهمن ماه

۱۳۹۱

## چکیده:

توربین‌های گازی یکی از ماشین‌های تولید توان به شمار می‌آیند. استفاده از توربین‌های گازی جهت تولید برق در بسیاری از کشورهای جهان رایج می‌باشد. در گذشته استفاده از آنها تنها به منظور تامین بار مورد نیاز شبکه در ساعات پیک صورت می‌گرفت. چرا که زمان راه‌اندازی آنها بسیار کوتاه بوده و این مشخصه قابلیت ورود سریع به مدار را برای این واحدها فراهم می‌نماید. اما امروزه با توجه به وجود گاز طبیعی با قیمت نسبتاً کمتر نسبت به سوخت‌های مایع، بسیاری از کشورها در سراسر دنیا از واحدهای گازی در مقیاس بزرگ و به منظور تامین بار پایه در شبکه استفاده می‌نمایند و از واحدهای نسبتاً کوچکتر در مواقع اضطرار و نیز تامین بار قله بهره می‌گیرند.

یکی از معایب اصلی این توربین‌ها کاهش توان و راندمان آن در اثر افزایش دمای محیط می‌باشد. به عبارتی دیگر، در حالی که بیشترین تقاضا برای مصرف برق در فصول گرم سال اتفاق می‌افتد، در همین زمان واحدهای گازی با افت شدید توان و راندمان مواجه خواهند بود. بدین منظور، مهندسين روش‌هایی را برای افزایش توان خروجی و بازدهی توربین‌های گاز ارائه نموده‌اند. هرچند تمامی روش‌های ذکر شده جهت افزایش قدرت و راندمان توربین‌های گازی مؤثرند. اما با توجه به تنوع و گستردگی مشخصات آب و هوایی، اقلیمی و منطقه‌ای که توربین‌های گازی در آنها احداث می‌گردند، همواره یک روش خاص نمی‌تواند پاسخگوی مناسبی از لحاظ فنی، اقتصادی و اقلیمی برای تمام توربین‌های گازی باشد. بنابراین بایستی روش‌های مختلف برای یک توربین مستقر در محلی که پروژه افزایش توان برای آن انجام می‌پذیرد، بررسی گردد تا بتوان روش بهینه را برای آن برگزید.

خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور به دلیل اینکه یک فرآیند مستقل می‌باشد، بیشتر در توربین‌های گازی در حال بهره‌برداری مورد توجه قرار می‌گیرد. این روش بدون هیچگونه تغییر یا اصلاحی در اجزاء اصلی واحد توربین گازی و با رعایت برخی نکات فنی بدون هیچگونه اثرات منفی قابل اجراء است. محل نصب تجهیزات مربوط به آن تقریباً، مستقل و جدا از اجزاء اصلی سیکل توربین گاز می‌باشد و در کل طرح و اجرای ساده تری دارد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تقریباً به‌ازای هر  $1/5^{\circ}\text{C}$  خنک کردن هوای ورودی، قدرت خروجی توربین بین  $0/7$  تا  $1$  درصد افزایش می‌یابد. بنابراین اتخاذ روش‌هایی جهت سرمایش هوای ورودی به کمپرسور این توربین‌ها و بازیابی توان از دست رفته آنها ضروری می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی محل احداث نیروگاه، روش‌های مختلفی جهت خنک‌کاری هوای ورودی به کار گرفته می‌شوند که بطور خلاصه می‌توان به روش‌های تبخیری (فاگ و مدیا)، روش‌های تبریدی (تراکمی و جذبی) و روش ذخیره سازی سرما (یخساز) اشاره نمود.

فصل اول - مقدمه

- ۱-۱- مقدمه ..... ۲
- ۲-۱- مروری بر مطالعات پیشین ..... ۴

فصل دوم - اصول عملکرد توربین گازی

- ۱-۲- مقدمه ..... ۹
- ۲-۲- ساختمان و اجزای اصلی یک واحد توربین گازی ..... ۱۰
- ۱-۲-۲-۱- ورودی هوا ..... ۱۰
- ۲-۲-۲- کمپرسور ..... ۱۱
- ۱-۲-۲-۲- کمپرسور سانتریفیوژ ..... ۱۱
- ۲-۲-۲-۲- کمپرسور جریان محوری ..... ۱۲
- ۳-۲-۲- محفظه‌ی احتراق ..... ۱۲
- ۴-۲-۲- توربین ..... ۱۳
- ۵-۲-۲- آگزوز ..... ۱۴
- ۳-۲- انواع سیکل‌های توربین گازی ..... ۱۴
- ۱-۳-۲- سیکل باز مستقیم ..... ۱۵
- ۲-۳-۲- سیکل باز غیر مستقیم ..... ۱۵
- ۳-۳-۲- سیکل بسته‌ی مستقیم ..... ۱۶
- ۴-۳-۲- سیکل بسته‌ی غیر مستقیم ..... ۱۶
- ۴-۲- انواع توربین‌های گازی ..... ۱۶
- ۵-۲- روش‌های افزایش توان و بازده توربین گاز ..... ۱۸
- ۱-۵-۲- افزایش دمای گازهای ورودی به توربین گاز ..... ۱۹
- ۲-۵-۲- افزایش نسبت فشار در کمپرسور ..... ۱۹
- ۳-۵-۲- تزریق بخار به محفظه احتراق ..... ۱۹

۲-۵-۴- استفاده از انرژی و انرژی خروجی توربین گاز..... ۱۹

۲-۵-۵- سرمایه‌های هوای ورودی به کمپرسور..... ۲۰

۲-۶- تاثیر شرایط محیطی بر عملکرد توربین گاز..... ۲۱

فصل سوم - انواع سیستم‌های خنک کننده هوای ورودی توربین گاز

۳-۱- مقدمه..... ۲۵

۳-۲- سیستم‌های خنک کننده مایع..... ۲۵

۳-۳- سیستم فاک فشار قوی..... ۳۱

۳-۴- سیستم‌های خنک کننده برودتی (چیلری)..... ۴۰

۳-۴-۱- چیلرهای تراکمی..... ۴۱

۳-۴-۲- چیلرهای جذبی..... ۴۵

۳-۴-۳- اجزاء و نحوه عملکرد چیلرهای جذبی..... ۴۷

۳-۴-۲- سیستم جذبی آب- آمونیاک..... ۴۹

۳-۴-۳- سیستم جذبی لیتیم بروماید- آب..... ۴۹

۳-۵- خنک کاری هوای ورودی با ذخیره سازی سرما..... ۵۱

۳-۵-۱- ذخیره سازی یخ..... ۵۲

۳-۵-۱-۱- تجهیزات تولید سرما در روش ذخیره سازی یخ..... ۵۴

۳-۵-۱-۲- تانک‌های ذخیره..... ۵۵

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل (۱-۲): عملکرد توربین در سیکل برایتون: (a) سیکل باز (b) سیکل بسته ..... ۱۵
- شکل (۲-۲) تحول تراکم در کمپرسور بر روی دیاگرام T-S در یک روز گرم و یک روز عادی ..... ۲۲
- شکل (۳-۲) دیاگرام T-S توربین گازی ..... ۲۳
- شکل (۱-۳) آرایش صفحات مدیا ..... ۲۶
- شکل (۲-۳) اجزای سیستم مدیا ..... ۲۶
- شکل (۳-۳) نحوه عملکرد سیستم مدیا ..... ۲۷
- شکل (۴-۳) شماتیک سیستم فاگ نصب شده بر روی توربین گاز ..... ۳۲
- شکل (۵-۳) تصویری از یک نازل تولید مه و مه تولیدی از آن ..... ۳۳
- شکل (۶-۳) توزیع آماری اندازه قطرات تولیدی ..... ۳۴
- شکل (۷-۳) نمودار اندازه قطرات تولیدی بر حسب فشار کاری ..... ۳۴
- شکل (۸-۳) اجزای یک نازل تولید مه ..... ۳۶
- شکل (۹-۳) موقعیتهای نصب نازل های تولید مه ..... ۳۶
- شکل (۱۰-۳) نمایی از موقعیت پمپ ها در سیستم مه پاش ..... ۳۷
- شکل (۱۱-۳) چیدمان غیر یکنواخت نازلها در اتاق فیلتر واحد های فیات نیروگاه ری ..... ۳۹
- شکل (۱۲-۳) تحولات سرمایش هوای ورودی بر روی نمودار سایکومتریک ..... ۴۱
- شکل (۱۳-۳) فلودیاگرام سیستم چیلر تراکمی ..... ۴۲
- شکل (۱۴-۳) دیاگرام خنک کاری هوای ورودی با استفاده از چیلر جذبی ..... ۴۵
- شکل (۱۵-۳) مبدل حرارتی مورد استفاده در سیستم چیلر جذبی ..... ۴۶
- شکل (۱۶-۳) اساس یک واحد تبرید جذبی ..... ۴۷
- شکل (۱۷-۳) شماتیک سیستم تبرید جذبی یک مرحله ای ..... ۵۰
- شکل (۱۸-۳) شماتیک سیستم جذبی دو مرحله ای ..... ۵۰
- شکل (۱۹-۳) شماتیک سیستم ذخیره سازی یخ ..... ۵۱
- شکل (۲۰-۳) سیکل تشکیل یخ ..... ۵۳

شکل (۳-۲۱) یک واحد تیخیر کننده Ice Harvesting ..... ۵۳

شکل (۳-۲۲) چندین واحد تیخیر کننده با یک واحد تبرید مرکزی ..... ۵۵

# پایان نامه کارشناسی



# آزمایشگاه تبرید

## فصل اول

### مقدمه



## ۱-۱- مقدمه

توربین گاز مولد نیرویی است که مقدار زیادی انرژی را نسبت به ابعاد و وزنش تولید می‌کند. امروزه کاربرد توربین‌های گازی در نیروگاه‌ها بعنوان مولد برق بسیار با ارزش و حیاتی می‌باشد. همچنین در صنایع دیگری مانند صنایع پتروشیمی، صنایع فضایی، سکوهای دریایی، ترن‌ها و غیره کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. این توربین‌ها بویژه در مواردی از صنعت برق که فوریت در نصب و راه‌اندازی مد نظر باشد و نیز مواقعی که شبکه سراسری برق از دست می‌رود، می‌توانند مفید باشند.

سرعت در نصب و بازدهی، میزان هزینه سرمایه‌گذاری و تعمیراتی کم، وزن کم و امکان کاربرد سوخت چندگانه از جمله محاسن توربین‌های گازی در مقایسه با سایر مولدهای برق (مثلاً واحدهای بخاری) می‌باشد. در مورد معایب توربین‌های گازی می‌توان به پایین بودن راندمان و لزوم تعمیرات اساسی بعد از تعداد ساعات کارکرد کمتر و تغییرات قدرت و راندمان آن بر اثر تغییرات جوی اشاره کرد.

در کشور ما نیز در حدود ۳۳٪ کل انرژی الکتریکی تولیدی توسط این توربین‌ها تأمین می‌گردد. براساس آمار تفصیلی صنعت برق تا پایان سال ۱۳۸۸ تعداد ۲۴۷ واحد نیروگاه گازی با ظرفیت نامی ۱۹۲۰۳ مگاوات در کشور نصب شده است. آمار ثبت شده در سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین قدرت عملی واحدهای گازی کشور به ترتیب در زمستان و برابر

۹۱۶۷ و در تابستان و به میزان ۸۰۰۶ مگاوات می‌باشد [۱]. این اختلاف فاحش موجود در واحدهای گازی در سایر واحدهای تولید قدرت (بجز سیکل ترکیبی) مشاهده نمی‌شود. سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که علت وجود این اختلاف در قدرت عملی واحدهای گازی نصب شده چیست؟

علت اصلی این اختلاف، وابستگی توان خروجی توربین‌های گازی به درجه حرارت محیط

است. از آنجا که توربین‌های گازی مستقیماً از هوای آزاد تغذیه می‌شوند، لذا بدیهی است که کار



کردن آنها تابع شرایط محیطی مانند دمای هوا باشد. با توجه به اتصال محور توربین‌های گازی به ژنراتور تولید کننده انرژی الکتریکی با فرکانس ثابت، دور این ماشین‌ها بدون تغییر بوده و چون پره‌های ورودی کمپرسور آنها نیز در یک زاویه مشخص نسبت به محور دوران قرار دارند، لذا حجم هوای ورودی به کمپرسور در شرایط مختلف جوی تقریباً یکسان می‌باشد. بنابراین در شرایطی که هوا گرم است و در نتیجه چگالی آن کم است، مقدار جرم هوای کمتری به کمپرسور وارد خواهد شد.

ظرفیت تولید انرژی در محور توربین با کاهش دبی جرمی کاهش می‌یابد. کاهش دبی جرمی عبوری بر اثر افزایش دمای هوا از یک سو و صرف انرژی بیشتر برای متراکم کردن هوای گرم در کمپرسور از سوی دیگر، باعث کاهش توان خروجی از توربین گازی و در نتیجه کاهش تولید انرژی الکتریکی می‌گردد.

از آنجا که کشور ما در منطقه گرم واقع شده است، تقریباً تمام توربین‌های گازی نصب شده در ایران با مسئله کاهش توان در ماه‌های گرم مواجه هستند. این موضوع باعث می‌شود که از سرمایه‌گذاری صورت گرفته برای تولید این میزان قدرت، در مدت بیش از یک چهارم طول سال (دوره ماه‌های گرم در هر سال) نتوان استفاده نمود و این درست در حالی است که بیشترین تقاضا برای مصرف برق نیز در این بازه زمانی اتفاق می‌افتد.

در سال ۱۳۸۸ حدوداً ۲۹۰۰ مگاوات (۸۰٪ کل ظرفیت بهره‌برداری شده) نیروگاه گازی در کشور به بهره‌برداری رسیده است [۱]. این آمار حکایت از نرخ رو به رشد استفاده از واحدهای گازی دارد و ضرورت افزایش قدرت تولیدی آنها در فصل تابستان را بیشتر نمایان می‌سازد. نیاز به افزایش توان در ساعات گرم با حداقل هزینه از سویی و امکان محقق کردن آن در توربین‌های گازی از سوی دیگر، باعث شده است تا از روش‌های خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور برای این منظور استفاده شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که به ازای هر  $1/5^{\circ}\text{C}$  خنک کردن هوای ورودی، قدرت خروجی توربین بین ۰/۷ تا ۱ درصد افزایش می‌یابد [۲]. مقدار دقیق

این افزایش قدرت بستگی به پارامترهای مختلفی از جمله نوع توربین، عمر، محل قرارگیری آن و غیره دارد.

بررسی‌های اقتصادی نشان می‌دهد که هزینه لازم برای احداث سیستم خنک‌کن هوای ورودی، در مقابل هزینه لازم برای احداث نیروگاهی با ظرفیت معادل مقدار افزایش توان، بسیار کمتر است. این امر موجب استفاده روزافزون از این سیستم‌ها در واحدهای گازی شده است.

## ۱-۲- مروری بر مطالعات پیشین

در زمینه بررسی اثرات خنک‌کاری هوای ورودی به کمپرسور بر توان خروجی و راندمان توربین گازی، مطالعات و تحقیقات مختلفی در مراکز علمی و صنعتی جهان صورت گرفته است که به ذکر مختصری از آنها اکتفا می‌گردد.

چاکر<sup>۱</sup> و همکارانش [۳] به بررسی اثر خنک‌کاری فاگ بر عملکرد توربین گازی Frame 7 پرداخته‌اند. ایشان ضمن تحلیل شرایط محیطی حاکم و محاسبه پتانسیل خنک‌کاری، نشان دادند وقتی دمای هوای محیط به  $35^{\circ}\text{C}$  می‌رسد، توان خروجی ۲۰٪ کاهش می‌یابد. و همچنین در شرایطی که دمای هوا  $40^{\circ}\text{C}$  می‌باشد، به ازای  $12^{\circ}\text{C}$  کاهش دما با استفاده از سیستم فاگ، توان توربین ۸ مگاوات (۱۰٪) افزایش می‌یابد.

نجار<sup>۲</sup> و همکارش [۴] در تحقیق خود به چگونگی تغییرات توان خروجی با تغییر دمای هوای ورودی به آن و همچنین اثر بکارگیری سیستم خنک‌کاری آب- آمونیاک پرداخته و بیان کرده‌اند که با استفاده از این روش توان خروجی تا  $21/5\%$  نسبت به حالت بدون خنک‌کاری افزایش خواهد یافت.

یوکویاما<sup>۳</sup> و همکارش [۵] با بررسی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی (بکارگیری سیستم تبرید تراکمی جهت ذخیره یخ)، جهت جبران پیک مصرف انرژی الکتریکی در

<sup>1</sup> Chaker

<sup>2</sup> Najar

<sup>3</sup> Yokoyama

شرایط آب و هوایی شهر اوساکای ژاپن، به محاسبه هزینه‌ها پرداخته و نتایج اقتصادی قابل قبول و بهینه را ارائه نموده‌اند.

ماتیوداکیس<sup>۱</sup> و همکارانش [۶] تاثیر استفاده از سیکل جذبی آب- آمونیاک، جهت خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور را مورد مطالعه قرار داده و گزارش نمودند که در نتیجه کاهش دمای هوای ورودی از  $35^{\circ}\text{C}$  تا  $5^{\circ}\text{C}$ ، توان خروجی به میزان ۲۲٪ افزایش خواهد یافت. در این تحقیق، استفاده از روش تبرید تراکمی، نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. با مقایسه این دو روش مشخص شد که هرچند هزینه‌های این دو طرح تقریباً برابرند، اما روش تبرید جذبی توان تولیدی را حدود ۲۵٪ بیشتر از روش تبرید تراکمی افزایش خواهد داد.

حسینی<sup>۲</sup> و همکارش [۷] استفاده از سیستم تبخیری مدیا را جهت بهبود عملکرد توربین‌های گازی موجود در سیکل ترکیبی نیروگاه فارس بررسی نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در شرایط محیطی  $38^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۸٪، در نتیجه‌ی  $19^{\circ}\text{C}$  کاهش دمای هوای ورودی با استفاده از روش فوق، توان هر واحد از این نیروگاه ۱۴/۶٪ معادل ۱۱/۲ مگاوات افزایش می‌یابد. بعنوانی [۸] در پروژه خود، اثر سیستم خنک کاری فاگ بر عملکرد توربین گازی را مدل سازی نموده است. وی پس از محاسبه پتانسیل خنک-کاری و بررسی بهبود عملکرد توربین‌های گازی پتروشیمی رازی در نتیجه‌ی پاشش ذرات فاگ، اعلام نموده است که استفاده از سیستم مذکور در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب نیز می‌تواند نتایج قابل قبولی داشته باشد.

صنایع و همکارش [۹] در تحقیق خود بکارگیری سیستم‌های تبرید جذبی و تراکمی جهت خنک کاری هوای ورودی توربین گاز را بررسی نموده و از دیدگاه فنی و اقتصادی اثرات ناشی از این سیستم‌ها را بر عملکرد توربین گازی ABB در شرایط آب و هوایی شیراز و بندر امام مورد تحلیل قرار داده است. مطابق نتایج ارائه شده، در شرایط اقلیمی بندر امام با دمای  $49^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۶۰٪ در صورت انتخاب  $10^{\circ}\text{C}$  به عنوان دمای هوای ورودی به کمپرسور، توان

<sup>1</sup> Mathiodakis

<sup>2</sup> Hosseini

توربین گازی ۳۳/۸٪ افزایش خواهد یافت، در حالیکه در شرایط اقلیمی شیراز با دمای  $40^{\circ}\text{C}$  و رطوبت ۴۰٪، توان خروجی ۲۴/۳٪ افزایش می‌یابد.

خلیلی اردلی [۱۰] در مقاله خود تحت عنوان ارزیابی فنی و اقتصادی بهبود عملکرد توربین

گاز در ایستگاه‌های تقویت فشار گاز به کمک سرمایش هوای ورودی، با بررسی نتایج حاصل از بکارگیری سیستم تبرید جذبی لیتیوم بروماید، مدت زمان بازگشت سرمایه را ۲/۵ سال محاسبه و اعلام نمود استفاده از سیستم مذکور دارای مزیت فنی و اقتصادی می‌باشد.

مطالعات اشاره شده نمونه‌هایی از تحقیقات و پروژه‌هایی است که در زمینه افزایش توان واحدهای گازی با استفاده از سرمایش هوای ورودی انجام شده است. در جدول (۱-۱) نمونه‌هایی

از پروژه‌های انجام شده در جهان در زمینه خنک کاری هوای ورودی توربین گاز معرفی گشته است. در این پایان‌نامه روش‌های مختلف خنک کردن هوای ورودی مورد مطالعه قرار گرفته و

مزایا و معایب هر یک از روش‌ها و در نهایت ارزیابی اقتصادی روش‌های مختلف از نظر بهره‌برداری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

توربین مورد مطالعه در این پژوهش توربین گازی V94.2 زیمنس می‌باشد. این توربین دارای توان اسمی ۱۵۹ MW و راندمان ۳۴/۹٪ بوده و یکی از توربین‌های کلاس سنگین محسوب می‌-

شود که بطور گسترده در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی کشور جهت به حرکت در آوردن مولدهای نیرو (ژنراتور) مورد استفاده قرار گرفته است. این توربین در ایران توسط شرکت

مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا) و تحت لیسانس شرکت زیمنس آلمان تولید می‌گردد.

همچنین در این پژوهش با استفاده از نرم افزار فلوئنت به شبیه‌سازی فرآیند تبخیر قطرات آب پاشش شده از نازل‌های سیستم خنک‌کننده فاگ و اندازه‌ی قطر قطره در انتهای داکت هوای

ورودی توربین گازی V94.2 پرداخته می‌شود.

## منابع و مراجع:

- [۱] آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی در سال ۱۳۸۸، شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت منابع انسانی و تحقیقات، اسفند ۸۹.
- [۲] میلاد زندی، "تاثیرات دما بر جریان هوای ورودی به کمپرسور توربین گاز"، پایان نامه مقطع کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، بهار ۸۹.
- [۳] R. Hosseini and A. Beshkani, "Performance Improvement of Gas Turbines by Intake Air Cooling Using a Media Evaporative Cooler", *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, 2007.
- [۴] سالم بعنونی، "مدل سازی افزایش راندمان توربین های گازی توسط پاشش ذرات ریز فاگ در ورودی کمپرسور"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۲.
- [۵] سپهر صنایع و حمیدرضا صفری، "تحلیل فنی - اقتصادی بکارگیری سیستم های جذبی و تراکمی برای خنک کاری هوای ورودی توربین گاز"، دوازدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، اردیبهشت ۱۳۸۳.
- [۶] ابراهیم خلیلی اردلی، "ارزیابی فنی و اقتصادی بهبود عملکرد توربین گاز در ایستگاه های تقویت فشار گاز به کمک سرمایهش هوای ورودی"، پانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، اردیبهشت ۱۳۸۶.
- [۷] محمد محمد الوکیل، ترجمه کاظم سراچی؛ "نیروگاه های حرارتی"؛ مرکز نشر دانشگاهی، چاپ پنجم، ۱۳۸۵.
- [۸] T. Giampaolo, "Gas Turbine Handbook: Principles & Practices", 3rd Edition, 2006.
- [۹] B. Mohanty and G. Paloso, "Enhancing gas Turbine Performance by Intake Air Cooling Using an Absorption Chiller", *Heat Recovery Systems and CHP* Vol. 15(1), 1995.
- [۱۰] Cooling Inlet Air Improves Turbine Output, Donaldson Company, 2001. <http://www.donaldson.com>
- [۱۱] کوروش منتصر، "امکان سنجی افزایش قدرت خروجی توربین گازی با استفاده از خنک کردن هوای ورودی توسط ذخیره سازی سرما"، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه صنعت آب و برق، ۱۳۸۹.