



پروژه کارشناسی ارشد مکانیک- تبدیل انرژی

دانشگاه سمنان

## بررسی تاثیر استفاده از سیکل تبریدی جذبی برای خنک سازی کندانسور در بازدهی و عملکرد سراسری نیروگاه بخار

مطالعه موردی : نیروگاه سیکل ترکیبی شهدای پاکدشت (دماوند)

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر بیگری

استاد مشاور:

جناب آقای دکتر سعد الدین

توسط :

علی عزیزی

## تشکر و قدر دانی

بدینوسیله از زحمات استاد گرامی ، جناب آقای دکتر بیگلی که علاوه  
مشکلات فراوان ، بنده را از راهنمایی های خود در کلیه مراحل تهیه این پروژه  
ممره نگذاشتند ، کمال تشکر و قدردانی را دارم .

**تقدیم به او که هر چه داریم از اوست**

## فهرست علائم و نشانه های مهم

واحد $SI$	توضیحات	نشانه	شماره
$\frac{Kj}{Kg.K}$	گرمای ویژه	$C_p$	۱
-	نسبت فشار در کمپرسور	$r_p$	۲
$Kj$	انرژی داخلی کل	$U$	۳
$\frac{Kj}{Kg}$	آنتالپی	$H$	۴
$Kj$	کار بازگشت پذیر	$W_{rev}$	۵
$Kj$	کار موتور حرارتی	$W_c$	۶
$\frac{Kj}{Kg}$	انرژی	$e$	۷
$KW$	حرارت بازگشت پذیر	$Q_{rev}$	۸
$\frac{Kj}{Kg.K}$	آنتروپی مربوط به حرارت بازگشت پذیر	$S_{rev}$	۹
$\frac{Kj}{Kg.K}$	آنتروپی ورودی	$S_i$	۱۰
$\frac{Kj}{Kg.K}$	آنتروپی خروجی	$S_e$	۱۱
$\frac{Kj}{Kg.K}$	آنتروپی کل	$S^{tot}$	۱۲
$^{\circ}K$	دمای تعادل	$T_e$	۱۳
$\frac{Kj}{Kg}$	قابلیت کاردهی غیر جریانی	$\phi$	۱۴
$\frac{KW}{Kg.K}$	شدت تولید آنتروپی	$\dot{S}_{gen}$	۱۵

$\frac{Kj}{Kmol\ fuel}$	ارزش حرارتی پایین سوخت	$LHV$	۱۶
$\frac{Kj}{Kg}$	قابلیت انجام کار جریانی	$\psi$	۱۷
$\frac{Kj}{Kg}$	اگرژی فیزیکی	$e_{ph}$	۱۸
$\frac{Kj}{Kg}$	اگرژی شیمیایی	$e_{ch}$	۱۹

## فهرست اشکال و جداول

ردیف	شماره	توضیحات	صفحه
۱	شکل (۱-۱)	فرایندهای سیکل ایده آل رانکین	۲
۲۳	شکل (۲-۱)	تاثیر کاهش فشار کندانسور بر روی عملکرد سیکل رانکین	۴
۴	شکل (۳-۱)	اثر ما فوق گرم کردن بخار آب	۵
۵	شکل (۴-۱)	تاثیر افزایش فشار بخار بر روی عملکرد سیکل رانکین	۵
۶	شکل (۵-۱)	فرایندهای سیکل برایتون	۶
۷	شکل (۶-۱)	نمای کلی از سیکل تبرید تراکم بخار	۸
۸	شکل (۷-۱)	نمایی از سیکل تبرید جذبی	۱۰
۹	جدول (۱-۲)	اطلاعات سایت طراحی شده	۱۵
۱۰	شکل (۱-۲)	صفحه <i>New Session</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۱۷
۱۱	شکل (۲-۲)	صفحه <i>Start design</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۱۸
۱۲	شکل (۳-۲)	صفحه <i>Plant Critria</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۱۹
۱۳	شکل (۴-۲)	صفحه <i>GT Selection</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۰
۱۴	شکل (۵-۲)	صفحه <i>GT Inputs</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۱
۱۵	شکل (۶-۲)	صفحه <i>ST – HRSG</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۲
۱۶	شکل (۷-۲)	صفحه <i>HRSG Inputs</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۳
۱۷	شکل (۸-۲)	صفحه <i>HRSG Layout</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۴
۱۸	شکل (۹-۲)	صفحه <i>Cooling System</i> در نرم افزار <i>GT PRO</i>	۲۵
۱۹	شکل (۱-۳)	شماتیک یک فرایند معمولی	۲۸
۲۰	شکل (۲-۳)	شماتیک فرایند با استفاده از موتور حرارتی بازگشت پذیر	۲۸
۲۱	شکل (۳-۳)	دو جسم در تبادل حرارت برای رسیدن به دمای تعادل	۳۰
۲۲	شکل (۴-۳)	نمایی کلی از سیکل ترکیبی طراحی شده در حالت <i>Orginal</i>	۳۵
۲۳	شکل (۵-۳)	نمایی کلی از سیکل ترکیبی طراحی شده در حالت همراه با چیلر جذبی	۳۶
۲۴	جدول (۱-۳)	خروجی های اصلی سیکل های طراحی شده	۳۶
۲۵	جدول (۲-۳)	راندمان در سیکل های طراحی شده	۳۷
۲۶	جدول (۳-۳)	درصد اجزای موجود در هوا در شرایط محیط	۳۸
۲۷	جدول (۴-۳)	ترکیب و درصد اجزای هوا	۳۸
۲۸	شکل (۶-۳)	اطلاعات داکت برنر	۳۹
۲۹	جدول (۵-۳)	درصد ترکیبات دود خروجی از توربین گاز	۴۰
۳۰	جدول (۶-۳)	درصد ترکیبات دود خروجی از داکت برنر	۴۰

۴۲	<i>HRS</i>	شکل (۷-۳)	۳۱
۴۳	مشخصات ورودی و خروجی به اجزای مختلف <i>HRS</i>	جدول (۷-۳)	۳۲
۴۴	مقدار انرژی ورودی و خروجی به اجزای مختلف <i>HRS</i>	جدول (۸-۳)	۳۳
۴۴	اتلافات انرژی در اجزای مختلف <i>HRS</i>	جدول (۹-۳)	۳۴
۴۵	کندانسور	شکل (۸-۳)	۳۵
۴۶	برج خنک کننده	شکل (۹-۳)	۳۶
۴۷	توربین فشار بالا	شکل (۱۰-۳)	۳۷
۴۸	توربین فشار پایین	شکل (۱۱-۳)	۳۸
۴۸	پمپ فشار بالا	شکل (۱۲-۳)	۳۹
۴۹	پمپ فشار پایین	شکل (۱۳-۳)	۴۰
۴۹	انرژی	شکل (۱۴-۳)	۴۱
۵۰	داکت برنر	شکل (۱۵-۳)	۴۲
۵۱	<i>HRS</i>	شکل (۱۶-۳)	۴۳
۵۲	مشخصات ورودی و خروجی به اجزای مختلف <i>HRS</i>	جدول (۱۰-۳)	۴۴
۵۳	اتلافات انرژی در اجزای <i>HRS</i>	جدول (۱۱-۳)	۴۵
۵۳	کندانسور	شکل (۱۷-۳)	۴۶
۵۵	برج خنک کننده	شکل (۱۸-۳)	۴۷
۵۶	توربین فشار بالا	شکل (۱۹-۳)	۴۸
۵۶	توربین فشار پایین	شکل (۲۰-۳)	۴۹
۵۷	پمپ فشار بالا	شکل (۲۱-۳)	۵۰
۵۸	پمپ فشار پایین	شکل (۲۲-۳)	۵۱
۵۹	چیلر جذبی	شکل (۲۳-۳)	۵۲
۵۹	انرژی	شکل (۲۴-۳)	۵۳
۶۱	میزان تلفات انرژی در اجزای سیکل	جدول (۱۲-۳)	۵۴
۶۱	نمودار میله ای تلفات انرژی در اجزای مختلف سیکل	شکل (۲۵-۳)	۵۵
۶۳	نمای کلی از سیکل تبرید جذبی	شکل (۱-۴)	۵۶
۶۴	منحنی عملکرد در چیلر جذبی طراحی شده	شکل (۲-۴)	۵۷
۶۶	سیستم خنک کننده <i>Heller</i>	شکل (۳-۴)	۵۸
۶۶	اطلاعات سیکل با سیستم <i>Heller</i>	جدول (۱-۴)	۵۹
۶۷	سیستم خنک کننده <i>Dry Cooling</i>	شکل (۴-۴)	۶۰
۶۷	اطلاعات سیکل با سیستم <i>Dry Cooling</i>	جدول (۲-۴)	۶۱
۶۸	سیستم خنک کننده <i>Wet Cooling</i>	شکل (۵-۴)	۶۲
۶۸	اطلاعات سیکل با سیستم <i>Wet Cooling</i>	جدول (۳-۴)	۶۳
۶۹	سیستم خنک کننده <i>Natural Draft</i>	شکل (۶-۴)	۶۴
۶۹	اطلاعات سیکل با سیستم <i>Natural Draft</i>	جدول (۴-۴)	۶۵

۷۰	سیستم خنک کننده <i>Air Cooling</i>	شکل (۷-۴)	۶۶
۷۰	اطلاعات سیکل با سیستم <i>Air Cooling</i>	جدول (۵-۴)	۶۷
۷۱	منحنی های تغییرات راندمان برای سیستم های خنک کننده مختلف	شکل (۸-۴)	۶۸
۷۲	تغییرات فشار کندانسور در سیستم های خنک کننده مختلف	شکل (۹-۴)	۶۹
۷۳	منحنی تغییرات حرارت انتقال یافته توسط سیستم های خنک کننده مختلف	شکل (۱۰-۴)	۷۰
۷۴	شماتیک استفاده از چیلر جذبی به عنوان سیستم کمکی	شکل (۱۱-۴)	۷۱
۷۵	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Natural Draft</i>	شکل (۱۲-۴)	۷۲
۷۵	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Heller</i>	شکل (۱۳-۴)	۷۳
۷۴	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Dry cooling</i>	شکل (۱۴-۴)	۷۴
۷۶	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Air cooling</i>	شکل (۱۵-۴)	۷۵
۷۷	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Wet cooling</i>	شکل (۱۶-۴)	۷۶
۷۸	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Natural Draft</i> برای فشارهای پایین تر	شکل (۱۷-۴)	۷۷
۷۸	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Heller</i> در فشارهای پایین تر	شکل (۱۸-۴)	۷۸
۷۹	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Dry cooling</i> در فشارهای پایین تر	شکل (۱۹-۴)	۷۹
۷۹	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Air cooling</i> در فشارهای پایین تر	شکل (۲۰-۴)	۸۰
۸۰	عملکرد چیلر جذبی همراه با سیستم <i>Wet cooling</i> در فشارهای پایین تر	شکل (۲۱-۴)	۸۱
۸۱	شماتیک قرار گرفتن چیلر جذبی در مسیر ورودی آب خنک کننده به سیستم خنک کننده	شکل (۲۲-۴)	۸۲
۸۲	کاهش دمای آب ورودی به سیستم خنک کننده در نمودار $T - Q$	شکل (۲۳-۴)	۸۳
۸۲	شماتیک قرار گرفتن چیلر جذبی در مسیر هوای ورودی به سیستم خنک کننده	شکل (۲۴-۴)	۸۴
۸۳	میزان کاهش دمای هوای ورودی به سیستم های خنک کننده مختلف توسط چیلر جذبی	جدول (۶-۴)	۸۵
۸۴	مقدار افزایش راندمان <i>Wet cooling</i> به علت خنک کاری هوای ورودی به سیستم سیکل با سیستم	شکل (۲۵-۴)	۸۶
۸۴	مقدار افزایش راندمان سیکل <i>Dry cooling</i> به علت خنک کاری هوای ورودی به سیستم با سیستم	شکل (۲۶-۴)	۸۷
۸۵	مقدار افزایش راندمان سیکل با <i>Heller</i> به علت خنک کاری هوای ورودی به سیستم	شکل (۲۷-۴)	۸۸
۸۵	مقدار افزایش راندمان <i>Natural Draft</i> به علت خنک کاری هوای ورودی به سیستم سیکل با سیستم	شکل (۲۸-۴)	۸۹
۸۶	مقدار افزایش راندمان سیکل <i>Air cooling</i> به علت خنک کاری هوای ورودی به سیستم با سیستم	شکل (۲۹-۴)	۹۰
۸۷	شماتیک قرار گرفتن چیلر جذبی در مسیر آب ورودی به کندانسور	شکل (۳۰-۴)	۹۱
۸۸	دمای آب خنک کننده ورودی و خروجی چیلر ، بعد از خنک کاری در سیستم های خنک کننده مختلف	جدول (۷-۴)	۹۲
۸۹	دمای خنک شده هوای ورودی به سیستم های خنک کننده ، معادل آب خنک شده ی خروجی از آنها	جدول (۸-۴)	۹۳



۹۰	تغییرات میزان خنک کنندگی هوای ورودی به سیستم <i>Wet Cooling</i> و آب خروجی از آن توسط چیلر جذبی	شکل (۴-۳۱)	۹۴
۹۰	تغییرات میزان خنک کنندگی <i>Dry cooling</i> و آب خروجی از آن توسط چیلر جذبی هوای ورودی به سیستم	شکل (۴-۳۲)	۹۵
۹۱	تغییرات میزان خنک کنندگی هوای <i>Heller</i> و آب خروجی از آن توسط چیلر جذبی ورودی به سیستم	شکل (۴-۳۳)	۹۶
۹۱	تغییرات میزان خنک <i>Natural Draft</i> و آب خروجی از آن توسط چیلر جذبی کنندگی هوای ورودی به سیستم	شکل (۴-۳۴)	۹۷
۹۲	محل تقاطع منحنی های <i>Water Cooling</i> و <i>Air Cooling</i>	جدول (۴-۹)	۹۸
۹۲	دمای هوای محیطی که در آن خنک کاری اضافه هوای ورودی به سیستم های مختلف و آب خروجی از آنها موجب کاهش توان تولیدی توربین بخار می شود	جدول (۴-۱۰)	۹۹
۹۴	شماتیک قرار گرفتن چیلر جذبی در مسیر آب ورودی به کندانسور	شکل (۴-۳۵)	۱۰۰
۹۵	میزان خنک کاری هوای ورودی به سیکل گاز	جدول (۴-۱۱)	۱۰۱
۹۵	میزان تغییرات راندمان در خنک کاری هوای وردی به سیکل گاز	جدول (۴-۱۲)	۱۰۲
۹۶	میزان تغییرات راندمان سیکل ترکیبی با خنک کاری هوای ورودی به سیکل گاز در حالتی سیستم خنک کننده سیکل بخار آن <i>Dry Cooling</i> باشد	شکل (۴-۳۶)	۱۰۳
۹۷	تغییرات دمای محصولات احتراق خروجی از توربین گاز با تغییرات دمای هوای ورودی به کمپرسور	شکل (۴-۳۷)	۱۰۴

## فهرست مطالب

فصل ۱ \*\*\*آشنایی با برخی از سیکل های توان و تبرید\*\*\*

۱-۱-سیکل رانکین.....۱

۱-۱-۱-تاثیر فشار و دما بر سیکل رانکین.....۳

۲-۱-سیکل برایتون.....۶

۱-۲-۱- تاثیر نسبت فشار و دمای هوای ورودی به سیکل.....۷

۳-۱-سیکل تبرید تراکم بخار.....۷

۴-۱-سیکل تبرید جذبی.....۹

فصل ۲ \*\*\*آشنایی با نرم افزار *Termoflow* و شبیه سازی سیکل نیروگاهی با استفاده از *GT PRO*\*\*\*

۱-۲- معرفی نرم افزار *Theroflow*.....۱۲

۲-۲- مشخصات اصلی نیروگاه.....۱۴

۳-۲- تعیین اطلاعات اولیه مورد نیاز، استخراج و وارد کردن آنها در نرم افزار *GT PRO*.....۱۶

فصل ۳ \*\*\*بررسی تاثیر فشار منفی کندانسور بر کاهش تلفات انرژری و انرژری در سیکل رانکین\*\*\*

۱-۳- مقدمه ای بر انرژری.....۲۶

۲-۳- انرژری و انرژری.....۲۷

۳-۳- انرژری یک فرایند معمولی.....۲۸

۱-۳-۳- انتقال حرارت.....۳۰

- ۳-۳-۱- معادله ی موازنه انرژی..... ۳۰
- ۳-۳-۲- تعادل دمایی دو جسم..... ۳۰
- ۳-۴-۴- معادله موازنه انرژی..... ۳۱
- ۳-۴-۴- طراحی سیکل ترکیبی در دو حالت *Original* و همراه با چیلر جذبی..... ۳۴
- ۳-۵-۵- محاسبه تلفات انرژی و راندمان سیکل..... ۳۶
- ۳-۶-۶- محاسبه ی تلفات انرژی..... ۳۷
- ۳-۶-۱- محاسبه تلفات انرژی در حالت *Original*..... ۳۷
- ۳-۶-۲- محاسبه تلفات انرژی در حالت همراه با چیلر جذبی..... ۵۰
- ۳-۷-۷- بررسی میزان تلفات انرژی و انرژی..... ۶۰

#### فصل ۴\*\*\*بررسی روش های افزایش خلا در کندانسور توسط چیلر جذبی\*\*\*

- ۴-۱- بررسی نحوه عملکرد چیلر های جذبی در میزان کاهش سیال خنک شونده در آن..... ۶۳
- ۴-۲- عملکرد سیستم های خنک کننده ی مورد استفاده در سیکل های بخار..... ۶۵
- ۴-۳- مشخص کردن محل قرار گیری چیلر جذبی برای بهترین عملکرد..... ۷۳
- ۴-۳-۱- استفاده از چیلر جذبی در نقش کمکی برای سیستم های خنک کننده ی مورد استفاده..... ۷۴
- ۴-۳-۲- استفاده از چیلر جذبی برای خنک کاری آب خنک کننده ورودی به سیستم خنک کننده..... ۸۰
- ۴-۳-۳- استفاده از چیلر جذبی برای خنک کاری هوای ورودی به سیستم خنک کننده..... ۸۲
- ۴-۳-۴- استفاده از چیلر جذبی برای خنک کاری آب خروجی از سیستم خنک کننده..... ۸۷
- ۴-۳-۵- استفاده از چیلر جذبی برای خنک کاری هوای ورودی به توربین گاز..... ۹۳

#### فصل ۵\*\*\*نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات\*\*\*

نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۹۸.....

ضمائم..... ۱۰۲.....

### الف) خروجی های سیکل همراه با سیستم خنک کننده *Natural Draft*

الف-۱- مشخصات سیکل بخار..... ۱۰۲.....

الف-۲- مشخصات سیکل ترکیبی..... ۱۰۹.....

الف-۳- شماتیک سیکل ترکیبی..... ۱۱۰.....

الف-۴- شماتیک سیستم خنک کننده..... ۱۱۱.....

### ب) خروجی های سیکل همراه با سیستم خنک کننده *Wet Cooling*

ب-۱- مشخصات سیکل بخار..... ۱۱۲.....

ب-۲- مشخصات سیکل ترکیبی..... ۱۱۹.....

ب-۳- شماتیک سیکل ترکیبی..... ۱۲۰.....

ب-۴- شماتیک سیستم خنک کننده..... ۱۲۱.....

### پ) خروجی های سیکل همراه با سیستم خنک کننده *Air Cooling*

پ-۱- مشخصات سیکل بخار..... ۱۲۲.....

پ-۲- مشخصات سیکل ترکیبی..... ۱۲۸.....

پ-۳- شماتیک سیکل ترکیبی..... ۱۲۹.....

پ-۴- شماتیک سیستم خنک کننده..... ۱۳۰.....

### ت) خروجی های سیکل همراه با سیستم خنک کننده *Dry Cooling*

ت-۱- مشخصات سیکل بخار..... ۱۳۱.....

ت-۲- مشخصات سیکل ترکیبی..... ۱۳۸

ت-۳- شماتیک سیکل ترکیبی..... ۱۳۹

ت-۴- شماتیک سیستم خنک کننده..... ۱۴۰

ث) خروجی های سیکل همراه با سیستم خنک کننده *Heller*

ث-۱- مشخصات سیکل بخار..... ۱۴۱

ث-۲- مشخصات سیکل ترکیبی..... ۱۴۸

ث-۳- شماتیک سیکل ترکیبی..... ۱۴۹

ث-۴- شماتیک سیستم خنک کننده..... ۱۵۰

منابع و مأخذ..... ۱۵۱

## چکیده

نیروگاه های حرارتی سهم اصلی تولید برق در کشور ما و حتی جهان را به عهده دارد . اولین نکته ای که در نیروگاه های حرارتی مورد نظر است ، راندمان آن می باشد . زیرا ، همانطور که می دانیم منابع تجدید پذیر سوخت های فسیلی علاوه بر آلودگی محیط زیست و قیمت بالای آن ، رو به اتمام است . از این رو استفاده از روش هایی که راندمان انرژی و انرژی سیکل را بالا ببرد ، می تواند کمک زیادی به ما بکند . روش های مختلفی برای افزایش راندمان در سیکل رانکین وجود دارد . اما ما در این پژوهش به روش افزایش خلا کندانسور می پردازیم .

می دانیم که تلفات زیادی از دودکش بویلر بازیاب در سیکل ترکیبی داریم . از طرف دیگر در سیکل تبرید جذبی ، به منبع گرمی احتیاج داریم که نیاز به دمای خیلی بالایی برای آن نیست . به همین دلیل استفاده از چیلر جذبی برای کاهش فشار کندانسور می تواند افزایش راندمان مطلوبی از سیکل بدهد . در این پروژه سعی شده است که امکان سنجی مناسبی از محل قرار گیری چیلر جذبی بدست بیاوریم . روش های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته شده است که از این میان بتوانیم به بهترین روش دست پیدا کنیم . در روش هایی که پیشنهاد و مورد بررسی قرار گرفته شده است ملاک را بر اساس مقدار افزایش راندمان کلی سیکل قرار داده ایم . در کل روشی که پیشنهاد شده است را می توان برای طراحی یک نیروگاه در کنار مزایا و معایب دیگر یک سیستم خنک کننده قرار داد و با توجه به شرایط دیگر برای خنک کاری کندانسور تصمیم مناسبی گرفت.

## مقدمه

مطالعات زیادی در مورد افزایش راندمان سیکل های تولید توان صورت گرفته است . هر چند این تلاش ها افزایش کمی را به دنبال دارند ، ولی همین مقدار برای طراحان و بهره بردارانی که هزینه گزافی را در عوض سوخت های فسیلی می پردازند بسیار ارزشمند است. خیلی از طراحان با روش هایی مثل افزایش راندمان توربین و یا ژنراتور به طراحی بهینه آنها می پردازند.

تعداد زیادی از محققین بر روی بهبود سیکل های ترکیبی و توربین گاز در دهه اخیر مطالعه کرده اند. برخی از این پژوهش ها که افزایش راندمان طی خنک کاری صورت می گیرد ، از قرار است.

*Ricketts* و *Myint* ، *Nirmalakhandan* ، *Gadhamshetty* در مورد بهبود کارایی کندانسور با خنک کاری هوای ورودی به سیستم خنک کننده ی خشک در نیروگاه های سیکل ترکیبی مطالعاتی انجام داده اند. آنها در بررسی های خود به این نتیجه رسیده اند که یک مخزن به حجم  $4500 m^3$  برای نگه داری دمای هوا - در ورودی به سیستم خنک کننده ی خشک (ACC) - در دمای طراحی  $20^{\circ}C$  در طول سال نیاز داریم.

*Hosseini* و *Soltani* ، *Bakhshi* بر روی بهبود عملکرد توربین گاز در نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از خنک کاری هوای ورودی توسط سیستم *media* پژوهش هایی انجام داده اند.

*Jonson* بحث تئوری و اجرای کولر های تبخیری برای توربین های گازی صنعتی را مطرح کرد. محاسبات پارامترها برای اجرای یک کولر تبخیری شامل نصب تجهیزات ، اجرا ، کیفیت آب تغذیه ، دلایل آن و شرایط جلوگیری از *carry over* توسط او انجام شد.

*Najjar* و *Alhazmy* مقایسه ای بین اختلاف بین دو سیستم خنک کننده ی هوا ، یعنی سیستم اسپری آب و کویل را برای بهبود کارکرد توربین گاز انجام داد. آنها پارامترهای موثر شامل دمای هوای محیط ، رطوبت نسبی هوا ، دمای هوای ورودی به توربین و نسبت فشار را مورد آزمایش قرار دادند. گزارشات حاکی از آن بود که اسپری آب به هوای ورودی کمپرسور ، ۲۰-۱۰٪ قدرت خروجی را افزایش می دهد. تولید مه یک روش دیگر برای خنک کاری است. افزایش قدرت در این روش ۲۰-۱۰٪ گزارش شده است.

*Ameri* و *Hejazi* در مورد افزایش قدرت توربین گاز با استفاده از یک چیلر جذبی مطالعه کردند. مطالعات نشان می دهد که در این روش افزایش ۱۱.۳٪ قدرت خروجی در یک روز گرم بوجود می آید.

*Arrieta* و *Lora* تاثیر دمای هوای محیط را بر روی عملکرد سیکل ترکیبی را بررسی کردند. آنها نشان دادند که دمای هوای محیط افزایش قدرت خروجی و راندمان را بدنبال دارد. همچنین نشان دادند که افزایش دمای گاز ، بعد از یک احتراق اضافی باعث افزایش قدرت می شود ، ولی راندمان را کاهش می دهد.

چندین پژوهش در مورد خنک کنندگی آب و سیستم ذخیره یخ ، برای افزایش ظرفیت نیروگاه کیش بر اساس اختلاف قدرت خنک کنندگی ، مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعات نشان می دهد که افزایش ظرفیت توربین ، با استفاده از بهترین روش حدود ۱۳.۶٪ خواهد بود.

*Zadpoor* و *Golshan* افزایش قدرت در یک نوع سیکل گاز با استفاده از خشک کن بر اساس سیستم خنک کننده تبخیری ، مورد مطالعه قرار گرفت. در این روش به یک خنک کن بر اساس پروسه رطوبت گیری به طور مستقیم از بین یک کولر تبخیری ، که می تواند از نوع *media* یا *fog* باشد ، نیاز دارد. بهبود عملکرد سیکل توربین گاز ، برای هر کدام از روش های کولر تبخیری مستقیم و غیر مستقیم در شرایط آب و هوایی مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است.

از چیلر جذبی بخار نیز برای خنک کردن هوای ورودی به توربین گاز استفاده شده است. افزایش قدرت خروجی برای توربین گاز در حدود ۱۰.۶٪ و برای سیکل ترکیبی در حدود ۶.۲۴٪ خواهد بود. بررسی های اقتصادی نشان می دهد که برگشت سرمایه در حدود ۳.۸۱ سال طول می کشد.

*Dai* و *Sumathy* یک روش انتگرالی برای حل معادلات کولر های تبخیری جریان متقاطع و شیارهای احتمالی با فواصل ثابت را بکار برد. آنها از کاغذهای لانه زنبوری به عنوان سطوح انتقال حرارت استفاده کردند و اثر اندازه آنها را بر روی کولر ها بررسی کردند.

می دانیم که راندمان سیکل رانکین ، با کاهش فشار کندانسور افزایش می یابد. لذا یکی از پارامترهایی که برای انتخاب سیستم خنک کننده در نظر می گیرند ، میزان کاهش دمای کندانسور است. اما همواره شرایط جانبی مانند کمبود آب در منطقه ، محدودیت تولید مه ... وجود دارند ، که طراح را مجبور می کند که از سیستم هایی استفاده کند ، که در این موارد ایده آل نباشند. تحقیقات زیادی انجام شده است ، که در انتخاب سیستم خنک کننده علاوه بر پوشش شرایط دیگر ، در کاهش فشار کندانسور نیز نقش بیشتری داشته باشند .



لذا همواره سعی شده است که سیستم های موجود را برای افزایش بهره وری بیشتر مورد مطالعه قرار دهند . بنابراین کمتر به اضافه کردن سیستم کمکی و آن هم به این شکل پرداخته اند. البته استفاده از چیلر برای مصارف محدود و در اندازه کوچک در نیروگاه ها معمول است. ولی بکار بردن چیلر در این ابعاد و برای استفاده در این قسمت مورد توجه قرار نگرفته است. نکته ی دیگری که باید بیان شود این است که ، ما از یک منبع گرم غیر معمول برای این کار استفاده کرده ایم . استفاده از دود خروجی از بویلر بازیاب ، با دمای نسبتا بالا می تواند در کاهش تلفات ، کمک شایانی را به ما بکند . البته این موضوع تبعاتی را هم به دنبال خواهد داشت . مثلا رسیدن محصولات احتراق به نقطه شبنم باعث خوردگی خواهد شد . اما ، برای این کار ما فرضیات اساسی کرده ایم . اولاً اینکه فرض شده است که سوخت مورد استفاده در سیکل ، گاز طبیعی و بدون ترکیبات گوگردی است . ثانیاً فرض شده است که اگر مقدار کمی ترکیبات گوگردی در سوخت وجود داشته باشد ، از روکش های مخصوصی بر روی مبدل ها استفاده شود که این مقدار خوردگی نیز وجود نداشته باشد . البته این فرض شاید همکنون در این اندازه ممکن نباشد ولی در آینده نه چندان دور دست یافتنی است.

برای این منظور به بررسی سیکل های تولید توان و تبرید پرداخته شده است و تاثیر پارامترهای سیکل بر راندمان و تولید توان مورد بررسی قرار گرفته شده است . از پارامترهای مهمی که در سیکل رانکین مورد بررسی قرار گرفته شده است ، تاثیر فشار کندانسور است ، که در نتیجه ی پایین آمدن آن توان تولیدی و راندمان سیکل افزایش پیدا می کند . پارامتر دیگری که در سیکل برایتون مورد توجه قرار می گیرد ، دمای هوای ورودی به کمپرسور است که با کاهش آن مقدار توان تولیدی و راندمان سیکل گاز افزایش پیدا می کند . توضیحاتی درباره سیکل های تبرید داده شده است . سیکلی که بیش از همه در این پروژه اهمیت دارد ، سیکل تبرید جذبی است . از آنجا که ما در صدد بازیافت انرژی هستیم ، از این سیکل و با منبع گرم دود خروجی از بویلر بازیاب کار خود را انجام داده ایم . در این سیکل چون به جای کمپرس کردن گاز با حجم مخصوص بالا از پمپ کردن مایع استفاده شده است دارای عملکرد بهتری نسبت به سیستم های خنک کننده ی دیگر است .

از آنجا که ما به شبه سازی یک سیکل واقعی احتیاج داریم ، از نرم افزار *Thermoflow* استفاده شده است. لذا به توضیحاتی در مورد نرم افزار مورد استفاده پرداخته شده است . در ادامه گوشه ای از مراحل طراحی سیکل مورد نظر بیان شده است . طراحی اصلی انجام شده در نرم افزار *GT PRO* است . طراحی انجام شده براساس سیکل تولید توان نیروگاه دماوند است ، و چون ما در صدد مدل دقیق نیروگاه نبوده ایم طراحی خود را بر اساس اطلاعات کلی نیروگاه و سیکل انجام داده ایم . طراحی خود را در دمای محیط  $23/3^{\circ}C$  انجام داده ایم . در طراحی از چیلر جذبی به صورت مستقیم استفاده نشده است . زیرا امکان قرار دادن چیلر در سیکل برای

این نرم افزار وجود ندارد . اجبارا چیلر جذبی را در نرم افزار *Thermoflex* طراحی کرده ، به صورت غیر مستقیم اطلاعات را بین دو نرم افزار به اشتراک گذاشته ایم . برای مشاهده ی تاثیر کاهش فشار کندانسور بر روی افت های انرژی و انرژی به تحلیل آنها پرداخته شده است . از آنجا که برای محاسبه تلفات انرژی و انرژی به تمام پارامتر های یک سیکل ، یک جا نیازمندیم ، مجبور شده ایم که مشابه سیکلی را که در نرم افزار *GT PRO* طراحی شده است را در نرم افزار *Thermoflex* طراحی کنیم . لازم به ذکر است که چون هدف ما مشاهده ی کاهش تلفات است ، این طراحی دقیقا سیکلی را که مد نظر داریم پوشش نمی دهد . طراحی خود را در دو حالت *Original* و همراه با چیلر جذبی انجام داده ایم . طراحی در یک وضعیت خاص انجام گرفته است . بعد از طراحی میزان تلفات انرژی و انرژی را برای هر دو حالت محاسبه کرده و آنها را با هم مقایسه کرده ایم .

عدم استفاده از چیلر جذبی در محل نامناسب نه تنها باعث افزایش راندمان ، بلکه می تواند کاهش راندمان شدیدی را بدنبال داشته باشد. لذا حتما باید به بررسی محل مناسب برای قرار گرفتن چیلر جذبی پرداخته شود. چندین روش پیشنهاد شده و هر پیشنهاد مورد بررسی قرار گرفته شده است . مشکلات و محدودیت های هر روش در ادامه بیان شده و هر کدام را از لحاظ میزان افزایش راندمان و توان تولیدی با هم مقایسه شده کرده ایم.

## فصل اول

### آشنایی با برخی از سیکل های توان و تبرید

#### ۱-۱- سیکل رانکین

در صنعت اغلب از بخار برای گرمایش استفاده می کنند . صنایع تولید توان اغلب با استفاده از توان یا اگزرژی موجود در سوخت (احتراق) با استفاده از یک تولیدکننده بخار و یک توربین متصل به ژنراتور برق تولید می نمایند. در این بین سیکل کارنو بیشترین بازده را در تبدیل توان دارد .

برخی از مشکلات غیر عملی مرتبط با چرخه کارنو را می توان به وسیله مافوق گرم کردن بخار در بویلر و تقطیر کردن آن به طور کامل در کندانسور برطرف کرد . چرخه بدست آمده چرخه رانکین است که چرخه ای ایده آل برای نیروگاه های بخار می باشد .

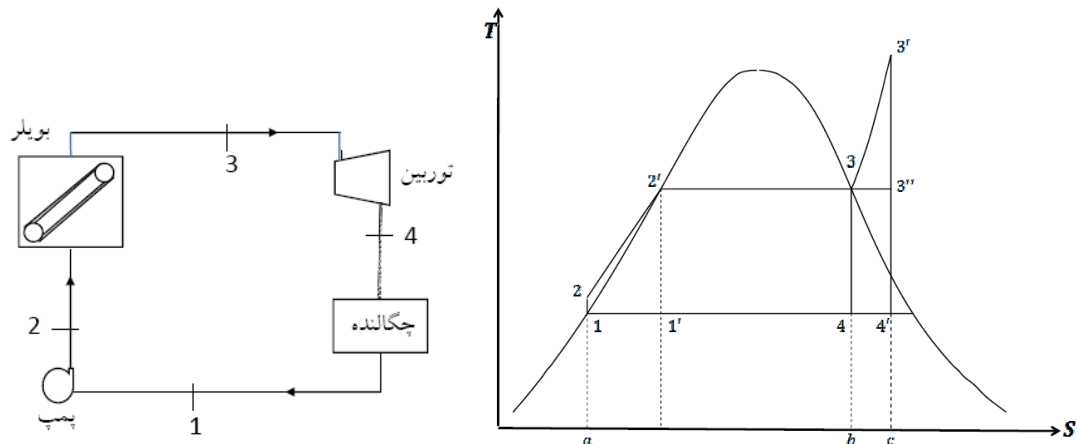
سیکل ایده آل رانکین دارای چهار فرایند حالت پایدار است . همانند شکل (۱-۱) که در آن ، حالت ۱ مایع اشباع ، حات ۳ بخار اشباع یا بخار ما فوق گرم است را در این قسمت بررسی می کنیم. سیکل رانکین مدل کلی نیروگاه های بخار است. در شکل حالت ها و فرایندهای سیکل رانکین بر روی نمودار  $T - S$  نشان داده شده است. چهار فرایند تشکیل دهنده سیکل عبارتند از:

۱-۲ فرآیند پمپاژ آدیاباتیک بازگشت پذیر در پمپ

۲-۳ فرآیند انتقال حرارت فشار ثابت در دیگ بخار

۳-۴ فرآیند انبساط آدیاباتیک بازگشت پذیر در توربین

۴-۱ فرآیند انتقال حرارت فشار ثابت در چگالنده



شکل (۱-۱) فرایندهای سیکل ایده آل رانکین

سیکل رانکین می تواند شامل ما فوق گرم کردن بخار به صورت سیکل  $1 - 2 - 3' - 4' - 1$  نیز می باشد. اگر از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل صرف نظر شود، می توان حرارت و کار را با سطوح مختلف روی نمودار  $T - S$  نشان داد. حرارت منتقل شده به سیال فعال با سطح  $a - 2 - 2' - 3 - b - a$  و حرارت انتقال یافته از آن با سطح  $a - 1 - 4 - b - a$  نشان داده شده است. از قانون اول نتیجه می گیریم که سطح نشان دهنده ی کار برابر با اختلاف این دو سطح یعنی سطح  $1 - 2 - 2' - 3 - 4 - 1$  می باشد.

در تحلیل سیکل رانکین مناسب است که کارایی را بر اساس متوسط درجه حرارت تغذیه حرارت به سیکل و متوسط درجه حرارت دفع حرارت از سیکل، در نظر بگیریم. افزایش درجه حرارت تغذیه حرارت و یا کاهش درجه حرارت متوسط دفع حرارت، باعث افزایش کارایی سیکل رانکین می شود.

باید یادآور شد که در هنگام تحلیل سیکل های ایده آل، از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل از یک نقطه به نقطه ی دیگر سیکل، صرف نظر شده است. عموماً چنین فرضی در سیکل های حقیقی نیز معقول می باشد.

به روشنی می بینیم که کارایی سیکل رانکین، کمتر از سیکل کارنویی است که حداقل و حداکثر درجه حرارت آن همانند سیکل رانکین باشد، زیرا درجه حرارت متوسط بین ۲ و ۲' کمتر از درجه حرارت در حین تبخیر است. حال دلیل استفاده از سیکل رانکین به عنوان سیکل ایده آل را می توان بنا به دو دلیل دانست. اولین دلیل مربوط به فرایند پمپاژ است. در حالت ۱' مخلوطی از مایع و بخار وجود دارد و ساختن پمپی که بتواند مخلوط مایع و بخار را در ۱' دریافت و مایع اشباع را در ۲' تخلیه کند، با مشکلات بزرگی مواجه خواهد بود. ساده تر است که بخار کاملاً چگالیده شود و پمپ فقط مایع را انتقال دهد و این واقعیت اصلی آن است که سیکل رانکین بر آن بنا شده است.