





موسسه آموزش عالی انرژی
دانشکده فنی و مهندسی
پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

عنوان:

کاهش مصرف آب در نیروگاه شهید مفتاح همدان (غرب) با استفاده از برج خشک و ذخیره سازی یخ

استاد راهنما:

دکتر مجتبی میرزایی

استاد مشاور:

دکتر رضا علایی

پژوهشگر:

امین خسروی

تابستان ۱۳۹۵



موسسه آموزش عالی انرژی

به نام خدا منشور اخلاق پژوهش

بیاری از خدایان و معتقد به این که عالم محضر خداست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظریه اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، مادر انجمن و اعضاء هیات علمی و احداثی دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

- ۱- اصل برانست: التزام به برانست جویی از حرکت رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شبه های غیر علمی می آلائند.
- ۲- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از حرکت جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.
- ۳- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اسناد نتایج تحقیقات و انتقال آن به بکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منقذ قانونی دارد.
- ۴- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم با حرمت با در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از حرکت حرمت شکنی.
- ۵- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پرسنل (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.
- ۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشورهای دیگر و نهاد های مرتبط با تحقیق.
- ۷- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از حرکت پنهان سازی حقیقت.
- ۸- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه بکاران پژوهش.
- ۹- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.



حوزه معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی موسسه آموزش عالی انرژی

تعهدنامه اصالت پایان نامه

اینجانب امین خسروی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته در رشته مهندسی مکانیک که در تاریخ..... از پایان نامه خود با عنوان **کاهش مصرف آب در نیروگاه شهید مفتاح همدان (غرب)** با استفاده از **برج خشک و ذخیره سازی یخ** با کسب نمره..... و درجه..... دفاع نموده ام بدین وسیله اعتراف می کنم:

(۱) این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده کرده ام، مطابق ضوابط موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست منابع ذکر و درج نموده ام.

(۲) این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی داخلی و خارجی ارائه نشده است.

ضمناً متعهد می شوم:

(۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ مقاله، کتاب، ثبت اختراع و... از این پایان نامه را داشته باشم، از استاد محترم راهنما و گروه آموزشی مربوطه مجوزهای لازم را اخذ نمایم.

(۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و موسسه آموزش عالی انرژی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام، هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم به پاس زحمات بی دریغشان

و همسر مهربانم به پاس صبوری و دگرمی

های فراوانش

سپاسگزاری:

برای نگارش این پایان نامه از راهنمایی‌های
استادان عزیزم جناب آقای دکتر مجتبی میرزایی و
جناب آقای دکتر رضا علایی بهره گرفته ام. باشد که
این یادآوری نمایانگر سپاس بی پایان اینجانب نسبت
به کمک‌های بی دریغ این بزرگواران به شمار آید.

چکیده:

در این پروژه علاوه بر معرفی انواع نیروگاه‌ها به معرفی کامل نیروگاه‌های حرارتی پرداخته و نیروگاه شهید مفتاح همدان مورد مطالعه قرار گرفته است، همچنین راه کاری ویژه جهت رسیدن به کاهش آب مصرفی در سیستم خنک کاری آن مجموعه عنوان گردیده و با معرفی سیستم خنک کاری جدید راندمان نیروگاه نیز افزایش داده شده است.

بدین منظور با استفاده از یکی از روشهای تولید یخ مقداری معین یخ تولید و ذخیره سازی می‌گردد. سرمای یخ تولید شده در سیستم خنک کاری جایگزین برج تر گردیده و یا در جهت بهبود راندمان سیستم خنک کاری در کنار برج تر و برج خشک مورد استفاده قرار خواهد گرفت، بنابراین از طرفی زمان در مدار بودن برج تر را به حداقل میرسد و از طرف دیگر با کاهش دمای ورودی به کندانسور و خاموش بودن فن‌های برج تر و کار نکردن دو ابر پمپ (انرژی مصرفی بالایی دارند) که در مسیر برج تر قرار دارند راندمان مجموعه را افزایش می‌دهند، از همه مهمتر مشکل کم آبی منطقه را با کاهش ساعات کاری برج تر به حداقل خواهد رسید..

در واقع در فصول گرم با تغییراتی در سیستم خنک کاری نیروگاه، سرمای حاصل از یخ مورد استفاده را جایگزین برج تر نموده و یا در مواقعی که دمای هوای منطقه بالاتر از حد انتظار است برج تر به کمک سیستم مذکور آورده خواهد شد.

کلمات کلیدی: نیروگاه حرارتی، خنک کاری، برج تر، کندانسور، فن، ابرپمپ

فهرست مطالب

فصل اول: شرحی بر اثرا تفاقا ت اطراف کندانسور بر روی بازده نیروگاه	۱
۱-۱- کلیات:	۲
۲-۱- بیان مشکل و هدف:	۲
۳-۱- آب، از اولین سرد کننده ها:	۳
۴-۱- معایب استفاده از آب به عنوان سرد کننده:	۳
۵-۱- ضرورت انجام تحقیق	۴
۶-۱- محدودیت تولید به دلایل مشکلات به وجود آمده در کندانسور:	۴
۷-۱- هدف از بررسی:	۶
۸-۱- بر همین اساس اهداف این تحقیق عبارتند از:	۶
۹-۱- نگاهی کوتاه به سیستم های خنک کننده نیروگاهی:	۷
۱۰-۱- پارامترهای مهم در طراحی برج خنک کن تر عبارتند از:	۷
۱۱-۱- خلاصه و نتیجه گیری:	۸
فصل دوم: مروری اجمالاً بر انواع نیروگاه های تولید برق	۱۰
۱-۲- مقدمه	۱۱
۱-۲-۱- نیروگاه برق چیست؟	۱۱
۲-۱-۲- انواع نیروگاه های برق	۱۱
۲-۲- نیروگاه های تولید توان وسیع	۱۲
۱-۲-۲- نیروگاه بخاری:	۱۲
۲-۲-۲- نیروگاه هسته ای	۱۳
۳-۲-۲- نیروگاه برق آبی	۱۴
۳-۲- نیروگاه های تولید توان در مقیاس های کوچک	۱۶
۱-۳-۲- نیروگاه خورشیدی:	۱۷
۲-۳-۲- نیروگاه زمین گرمایی:	۱۸

۱۹.....	۲-۳-۳ نیروگاه آبی جذر و مدی:
۱۹.....	۲-۳-۴ نیروگاه دیزلی:
۲۰.....	۲-۴-۴ بررسی مختصر انواعی دیگر از نیروگاهها:
۲۰.....	۲-۴-۱ نیروگاه گازی:
۲۲.....	۲-۴-۲ نیروگاه سیکل ترکیبی:
۲۳.....	۲-۴-۳ نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای:
۲۳.....	۲-۴-۴ نیروگاه بادی:
۲۵.....	۳ فصل سوم: نیروگاه‌های بخار و مروری بر نیروگاه شهید مفتاح همدان
۲۷.....	۳-۱-۱ مروری بر نیروگاه شهید مفتاح همدان
۲۷.....	۳-۱-۱ مقدمه
۲۸.....	۳-۱-۲ تکنولوژی ذخیره سازی فصلی انرژی
۲۸.....	۳-۲-۱ مروری بر سیکل‌های اصلی واحد تولید بخار
۲۹.....	۳-۲-۱ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار
۳۱.....	۳-۲-۲ بای پاس
۳۱.....	۳-۲-۳ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار در بویلرهای بدون درام
۳۲.....	۳-۲-۴ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار در بویلرهای درام دار
۳۲.....	۳-۲-۵ سیکل سوخت
۳۴.....	۳-۲-۶ سیکل هوا و دود
۳۵.....	۳-۳-۱ آشنایی با نیروگاه شهید مفتاح:
۳۶.....	۳-۳-۱ مدیریت و چارت سازمانی نیروگاه همدان
۳۶.....	۳-۳-۲ سازمان شرکت و تعداد کارکنان
۳۷.....	۳-۴-۱ تأسیسات و سوخت رسانی نیروگاه سیکل بخار
۳۷.....	۳-۴-۱ تأسیسات نیروگاه
۳۷.....	۳-۴-۲ سوخت رسانی نیروگاه مفتاح

۳۷.....	۳-۴-۳ تجهیزات و قسمت‌های سیکل بخار
۳۷.....	۳-۴-۳-۱- بویلر
۳۸.....	۳-۴-۳-۲- کندانسور
۳۸.....	۳-۴-۴ نقش فنرهای کندانسور
۳۹.....	۳-۴-۴-۱- توربین
۳۹.....	۳-۴-۵ مشخصات فنی توربین
۳۹.....	۳-۴-۵-۱- دیراتور یا دی اراتور
۴۰.....	۳-۴-۵-۲- پمپ تغذیه
۴۱.....	۳-۴-۶ مشخصات فنی فید پمپ:
۴۲.....	۳-۴-۶-۱- پمپ کندانسیت
۴۲.....	۳-۴-۶-۲- گرم کن
۴۳.....	۳-۴-۷ گرم کن فشار ضعیف:
۴۴.....	۳-۴-۷-۱- هیتر فشار قوی:
۴۴.....	۳-۴-۷-۲- بوسترپمپ:
۴۵.....	۳-۴-۷-۳- اجکتورپمپ:
۴۵.....	۳-۴-۷-۴- اوپراتور:
۴۶.....	۳-۴-۸ سیستم‌های موجود در هر واحد
۴۶.....	۳-۴-۸-۱- سیستم آب گردش
۴۶.....	۳-۴-۸-۲- مشخصات برج و پمپ‌های CW
۴۷.....	۳-۴-۸-۳- مزایای گرم کردن آب تغذیه:
۴۸.....	۳-۴-۸-۴- سیستم آب بندی توربین
۴۸.....	۳-۴-۸-۵- سیستم روغن کاری اصلی توربین
۴۸.....	۳-۴-۸-۶- مشخصات پمپ‌های DC
۴۸.....	۳-۴-۹ مشخصات پمپ‌های AC
۴۹.....	۳-۴-۱۰ تجهیزات سیستم روغن کاری

۴۹.....	۳-۴-۱۰-۱- سیستم آب خنک کن استاتور ژنراتور
۴۹.....	۳-۴-۱۰-۲- سیستم گرم کردن پین و فلنج
۵۰.....	۳-۵- راه اندازی واحد نیروگاه سیکل بخار
۵۰.....	۳-۵-۱ انواع راه اندازی:
۵۰.....	۳-۵-۱-۱ راه اندازی واحد از حالت سرد
۵۴.....	۳-۵-۱-۲ راه اندازی واحد از حالت گرم
۵۵.....	۳-۵-۱-۳ راه اندازی داغ
۵۵.....	۳-۵-۲ مراحل راه اندازی
۵۶.....	۳-۶- وظایف اپراتور سیکل و برج خنک کن
۵۷.....	۳-۷- مدارهای کنترل سیستم های نیروگاه
۵۷.....	۳-۷-۱ کنترل بویلر
۵۷.....	۳-۷-۲ کنترل احتراق
۵۸.....	۳-۷-۳ کنترل آب تغذیه
۵۸.....	۳-۷-۴ کنترل درجه حرارت
۵۹.....	۳-۷-۵ کنترل توربین
۵۹.....	۳-۷-۶ کنترل ژنراتور
۵۹.....	۳-۸- نیروگاه های Back - pressure
۶۰.....	۳-۸-۱ نیروگاه های Back - pressure صنعتی
۶۳.....	۳-۹- تجهیزات اطاق فرمان قسمت بویلر
۶۴.....	۳-۱۰- تجهیزات اطاق فرمان قسمت توربین
۶۵.....	۳-۱۱- تجهیزات سیکل
۶۶.....	۳-۱۲- شرایط پارالل کردن واحد و عملیات بعد از آن
۶۸.....	۴ فصل چهارم: برج های خنک کننده
۶۹.....	۴-۱- مقدمه:

- ۷۱..... ۲-۴- عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک کننده
- ۷۱..... ۳-۴- انواع سیستم‌های خنک کننده:
- ۷۲..... ۱-۳-۴- سیستم خنک کننده باز
- ۷۲..... ۲-۳-۴- سیستم خنک کننده بسته:
- ۷۲..... ۳-۳-۴- سیستم خنک کننده ترکیبی بازو بسته:
- ۷۲..... ۴-۴- انواع سیستم‌های خنک کننده تر:
- ۷۲..... ۱-۴-۴- استخرهای خنک کن:
- ۷۳..... ۲-۴-۴- برج‌های با کوران طبیعی:
- ۷۴..... ۳-۴-۴- برج‌ها با کوران القائی:
- ۷۴..... ۱-۳-۴-۴- انواع برجها از منظر کشش مکانیکی:
- ۷۵..... ۵-۴- سیستم‌های خنک کننده خشک:
- ۷۶..... ۱-۵-۴- مواد به کار رفته در ساختمان برج‌ها:
- ۷۸..... ۲-۵-۴- ساختمان برج‌های خنک کننده:
- ۸۱..... ۳-۵-۴- عوامل مؤثر در خنک کردن برجهای خنک کننده به شرح زیر است:
- ۸۲..... ۴-۵-۴- نقش شیمی در قسمت آب:
- ۸۲..... ۵-۵-۴- سختی آب و انواع آن:
- ۸۲..... ۱-۵-۵-۴- انواع سختی:
- ۸۳..... ۶-۵-۴- رشد میکروارگانیسم‌ها در سیستم برج‌های خنک کننده:
- ۸۳..... ۷-۵-۴- خسارتهای حاصل از جلبک‌ها در برج خنک کننده:
- ۸۴..... ۸-۵-۴- نگهداری برج‌های خنک کننده:
- ۸۴..... ۶-۴- سیستم خنک کاری نیروگاه شهید مفتح (غرب)
- ۸۵..... ۱-۶-۴- اقداماتی که در جهت رفع مشکل نیروگاه غرب انجام شد:
- ۸۴..... ۱-۱-۶-۴- تغییرات سیستم خنک کاری در فرآیند آب خنک اصلی نیروگاه شهید
- ۸۶..... مفتح در واحد ۱

۹۰	فصل پنجم: انرژی، تولید و ذخیره سازی انرژی سرمایی
۹۱-۱-۵	مقدمه:
۹۳-۲-۵	لزوم ذخیره کردن انرژی
۹۴-۳-۵	کاربرد یخ به عنوان یک منبع ذخیره سرما
۹۵-۴-۵	سیستم انباره سرما
۹۵-۴-۵-۱	سیستم انباشت آب سرد
۹۵-۴-۵-۲	سیستم انباشت جزئی یخ
۹۵-۴-۵-۳	سیستم استاتیک انباشت یخ
۹۶-۴-۵-۱-۳	انواع سیستم استاتیک انباشت یخ:
۱۰۰-۵-۵	شرح کار یخ ساز نیمه طبیعی
۱۰۰-۶-۵	سیستم دینامیک انباشت یخ
۱۰۳-۷-۵	انتخاب سیستم ذخیره سازی سرما
۱۰۴	فصل ششم: تغییرات سیستم خنک کاری کلیه واحدهای نیروگاه شهید مفتاح
۱۰۵-۱-۶	مقدمه:
۱۰۵-۲-۶	واحد ۱
۱۰۶-۲-۶-۲	$ITD < 20^{\circ}C$
۱۰۸-۳-۶	واحدهای ۲ و ۳ و ۴
۱۰۸-۳-۶-۱	واحد ۴
۱۰۹-۳-۶-۲	واحدهای ۲ و ۳
۱۰۹-۴-۶	مقایسه واحدهای ۲ و ۳ و ۴ با واحد ۱ از نظر سیستم خنک کاری و تاثیر آن بر روی بازده نیروگاه:
۱۰۹-۵-۶	رفع مشکل کم آبی نیروگاه غرب
۱۰۹-۶-۶	تمامی احتمالات موجود برای واحد ۱ نیروگاه شهید مفتاح در تمامی روزهای گرم سال و زمانی که برج تر کمکی وارد مدار است:

- ۱۱۰..... ۱-۶-۶-۱ حالت اول:
- ۱۱۰..... ۲-۶-۶-۲ حالت دوم:
- ۱۱۱..... ۳-۶-۶-۳ حالت سوم:
- ۷-۶-۱ تمامی احتمالات موجود برای واحدهای ۲ و ۳ و ۴ نیروگاه شهید مفتاح در سیستم خنک کاری و استفاده از یخ (مطالعه بر روی واحد ۴)..... ۱۱۲
- ۱۱۲..... ۱-۷-۶-۱ حالت اول:
- ۱۱۲..... ۲-۷-۶-۲ حالت دوم:
- ۱۱۳..... ۸-۶-۱ از آب کندانس جهت خنک کاری در برج خشک استفاده می‌کنیم (واحد ۱).....
- ۹-۶-۱ یافتن دبی آب کندانسی که با دمای 60°C از کندانسور خارج شده و به برج خشک منتقل می‌شود و پس از خنک کاری با دمای 40°C خارج شده و دوباره به کندانسور برمی‌گردد..... ۱۱۴
- ۱۱۵..... ۱-۹-۶-۱ حالت اول:
- ۱۱۶..... ۲-۹-۶-۲ حالت دوم:
- ۱۱۶..... ۳-۹-۶-۳ حالت سوم: $T_1 = ?$ و $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$
- ۱۱۶..... ۴-۹-۶-۴ حالت چهارم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$ $\dot{m}_{cond} = 12500000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- ۱۱۷..... ۵-۹-۶-۵ حالت پنجم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$ $\dot{m}_{cond} = 12000000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- ۱۱۷..... ۶-۹-۶-۶ حالت ششم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$ $\dot{m}_{cond} = 11500000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- ۱۱۷..... ۷-۹-۶-۷ حالت هفتم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$ $\dot{m}_{cond} = 11400000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- ۱۰-۶-۱ اگرچه توانسته ایم آب مصرفی را تا حد بسیار ایده آلی کاهش دهیم و حتی به نتایج خنک کاری مطلوبی برسیم اما از این مرحله به بعد همانند ابتدای فصل می‌توانیم با استفاده از برودت یخ دمای $35/04^{\circ}\text{C}$ ورودی کندانسور را کاهش دهیم و دمای ورودی کندانسور را به حالت‌های مطلوب تری برسانیم..... ۱۱۸
- ۱۱۸..... ۱-۱۰-۶-۱ حالت اول:
- ۱۱۹..... ۲-۱۰-۶-۲ حالت دوم:

- ۱۱۹-۱۰-۳- حالت سوم:..... ۱۱۹
- ۱۲۰-۱۰-۴- از حالت دوم و سوم نتیجه می‌شود که مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانسیون خروجی برج خشک با دبی ۱۱۳۰۰۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت به اندازه یک درجه سانتی گراد ۱۴۱/۴۷ تن بر ساعت می‌باشد. ۱۲۰
- ۱۲۱-۱۰-۵- مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۵/۰۴ درجه سانتی گراد به دمای ۳۰ درجه سانتی گراد. ۱۲۰
- ۱۲۱-۱۱-۱- بحث و نتیجه گیری ۱۲۱
- ۱۲۱-۱۱-۱- بررسی تمام حالت‌ها از لحاظ صرفه اقتصادی و حصول بهترین نتیجه .. ۱۲۱
- ۱۲۲-۱۲- روش کار شرکت مورد نظر برای دستیابی به برودت خواسته شده ۱۲۲
- ۱۲۳-۱۳- در ادامه برای تمامی احتمالات ذکر شده در بخش ۵-۶ (سیستم خنک کننده کاری واحد ۱) و بخش ۶-۶ (سیستم خنک کاری واحدهای ۲، ۳، ۴) هزینه‌های محتمل را بررسی خواهیم کرد. ۱۲۳
- ۱۲۳-۱۳-۱- حالت اول (۱-۵-۶) یخ به تنهایی دمای آب معمولی ۴۰°C را به ۳۰ درجه سانتیگراد کاهش می‌داد. ۱۲۳
- ۱۲۳-۱۳-۲- حالت دوم (۲-۵-۶): برج خشک دمای آب ۴۰°C را طبق روال کنونی نیروگاه به ۳۵°C رسانده و کاهش دما از ۳۵°C تا ۳۰°C توسط برودت یخ انجام گیرد. ۱۲۳
- ۱۲۳-۱۳-۳- حالت سوم (۳-۵-۶) برج خشک دمای آب ۴۰°C را طبق روال کنونی نیروگاه به ۳۵°C رسانده و از دمای ۳۵°C تا ۳۲°C توسط برودت یخ کاهش می‌یابد، سپس از دمای ۳۲°C تا دمای ۳۰°C و پایین تر از آن توسط برج تر کاهش می‌یابد. ۱۲۳
- ۱۲۴-۱۳-۴- هزینه‌های متحمل شده جهت تغییر سیستم خنک کاری واحد ۴ دستگاه ... ۱۲۴
- ۱۲۴-۱۳-۵- حالت اول (۱-۶-۶) هزینه‌های این قسمت دقیقاً مشابه بخش (۱-۱۲-۶) می‌باشد. ۱۲۴
- ۱۲۴-۱۳-۶- حالت دوم (۲-۶-۶) در این حالت کاهش دکای ۲۷ میلیون لیتر آب را از ۴۰°C به ۳۴°C مدنظر قرار دادیم و هزینه مرتبط را بررسی کردیم. ۱۲۴
- ۱۲۴-۱۴- هزینه‌های متحمل شده جهت تغییر سیستم خنک کاری واحد ۱ در بخش (۷-۶-۱۲۴)

- ۱۴-۶ طبق محاسبات انجام شده برای کاهش دمای 11300 m^3 آب کندانس با دمای $35/04^\circ\text{C}$ تا دمای 30°C به 713 th یخ نیاز داشتیم،..... ۱۲۴
- ۱۵-۶- جداول هزینه‌های بررسی شده در تمامی حالت‌های گذشته ۱۲۵
- ۱۶-۶- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۱۲۶
- ۱۶-۶-۱ اولین و مهمترین نتیجه‌ای که از تغییرات مورد نظر می‌توان گرفت این است که طبق فرمول $Q_{dut} = m^\circ c_p \Delta T$ با در نظر گرفتن یک Q_{dut} مورد انتظار در تمامی واحدها هر چقدر ΔT بزرگتری داشته باشیم از آنجاییکه c_p ثابت می‌باشد m° (دبی مورد نیاز) کمتری نیاز داریم ۱۲۶
- ۱۶-۶-۲ در واحدهای ۲ و ۳ و ۴ قرارداد ساخت برج خشک با شرکتی روسی در حال منعقد شدن ۱۲۷
- ۱۶-۶-۳ در تمامی واحدها توانستیم مقداری از کاهش دمای ورودی به کندانسور را بر دوش برودت یخ بیاندازیم، بنابراین با این کار قطعاً برج تر ساعات کمتری را در مدار قرار خواهد داشت، در نتیجه آب مصفی و پرتی آب کاهش پیدا می‌کند،..... ۱۲۷
- ۱۶-۶-۴ اگر ساعات در مدار قرار داشتن برج تر کم تر شود چگونه روی بازده نیروگاه تأثیر می‌گذارد؟..... ۱۲۷

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) نیروگاه بخار (۱) ۱۲
- شکل (۲-۲) نیروگاه هسته ای (۶) ۱۴
- شکل (۳-۲) نیروگاه آبی (۱) ۱۵
- شکل (۴-۲) نیروگاه خورشیدی (۱) ۱۷
- شکل (۵-۲) نیروگاه زمین گرمایی (۱) ۱۸
- شکل (۶-۲) نیروگاه جذر و مدی (۱) ۱۹
- شکل (۷-۲) نیروگاه دیزلی (۱) ۲۰
- شکل (۸-۲) نیروگاه گازی (۱) ۲۱
- شکل (۹-۲) نیروگاه سیکل ترکیبی (۱) ۲۲
- شکل (۱۰-۲) نیروگاه تلمبه ذخیره ای (۱) ۲۳
- شکل (۱۱-۲) نیروگاه بادی (۱) ۲۴
- شکل (۱-۳) سیکل اصلی تمامی نیروگاه های بخار (۲) ۲۹
- شکل (۲-۳) اوریفیس (۸) ۳۴
- شکل (۳-۳) دیراتور (۲) ۴۰
- شکل (۴-۳) فید پمپ نیروگاه مفتاح (۷) ۴۱
- شکل (۵-۳) اواپراتور (۳) ۴۶
- شکل (۱-۴) برج های دمنده (۷) ۷۴
- شکل (۲-۴) برج های مکنده (۷) ۷۵
- شکل (۳-۴) سیستم خنک کاری تمامی واحد ها-واحد های ۲ و ۳ و ۴ برج تر و واحد ۱ برج خشک و برج تر کمکی (۷) ۸۵
- شکل (۴-۴) سیستم خنک کاری هر چهار واحد قبل از تغییرات در واحد ۱ (۷) ۸۶
- شکل (۵-۴) واحد ۱- $ITD > 20^{\circ}C$ (۷) ۸۷
- شکل (۳-۴) واحد ۱- $ITD < 20^{\circ}C$ (۷) ۸۸

- شکل (۳-۴) مخزن کویل تولید و ذخیره سازی یخ با ذوب داخلی (۱۱)..... ۹۷
- شکل (۳-۴) مقطع حوزچه یخ ساز طبیعی (۱۰)..... ۹۹
- شکل (۳-۴) مقطعی از حوزچه زیر زمینی تولید یخ (۱۰)..... ۱۰۰
- شکل (۱-۶) طرح استفاده از سیستم خنک کن کمکی برج تر همراه با برج خشک (۷)..... ۱۰۶
- شکل (۲-۶) در صورتی که در واحد ۱ از آب کندانس جهت خنک کاری استفاده شود (۷)..... ۱۱۴

فهرست جداول

- جدول (۱-۳) پرامترهای مربوط به هیت‌های فشار ضعیف نیروگاه مفتوح (۷)..... ۴۳
- جدول (۲-۳) پرامترهای مربوط به هیت‌های فشار ضعیف نیروگاه مفتوح (۷)..... ۴۴
- جدول (۱-۶) مربوط به واحد ۱ در فروردین ماه ($ITD > 20^{\circ}C$) برج‌های تر در مدار قرار ندارند (نگارنده)..... ۱۰۷
- جدول (۲-۶) مربوط به واحد ۱ در تیرماه ($ITD < 20^{\circ}C$) برج‌های تر در مدارند (نگارنده)..... ۱۰۷
- جدول (۳-۶) مربوط به واحد ۴ در تیرماه (نگارنده)..... ۱۰۸
- جدول (۴-۶) مقدار یخ مورد نیاز برای کاهش دمای ۳۵ درجه آب خروجی برج خشک (نگارنده)..... ۱۱۱
- جدول (۵-۶) مقدار یخ مورد نیاز برای کاهش دمای ۴۰ درجه آب خروجی برج خشک (نگارنده)..... ۱۱۲
- جدول (۶-۶) هزینه‌های تمامی حالت‌های در نظر گرفته شده برای تغییر سیستم خنک کاری واحد ۱ (نگارنده)..... ۱۲۵
- جدول (۷-۶) هزینه تمامی حالت‌های در نظر گرفته شده برای تغییر سیستم خنک کاری واحدهای ۲ و ۳ و ۴ (نگارنده)..... ۱۲۵
- جدول (۸-۶) هزینه‌های در نظر گرفته شده در صورتی که در واحد ۱ از آب کندانس جهت خنک کاری استفاده شود و دبی آب مورد استفاده $11300 m^3$ باشد. (نگارنده)..... ۱۲۶

فهرست علائم اختصاری

m/s^2	شتاب	A
kJ/kg	تابع هلمهلتز مخصوص	A
$kJ, (A = U - TS)$	تابع هلمهلتز کل	A
m^2	مساحت	A
	نسبت هوا به سوخت	AF
m/s	سرعت صوت	C
$kJ/(kg.K)$	گرمای ویژه	C
$kJ/(kg.K)$	گرمای ویژه در فشار ثابت	CP
$kJ/(kg.K)$	گرمای ویژه در حجم ثابت	C_v
	ضریب عملکرد	COP
	ضریب عملکرد یخچال	COP_R
	ضریب عملکرد پمپ حرارتی	COP_{HP}
	دیفرانسیل دقیق	D
m	قطر	d,D
kJ/kg	انرژی کل مخصوص	E
kJ	انرژی کل	E
	میزان بازدهی انرژی	EER
N	نیرو	F
	نسبت سوخت به هوا	FA
m/s^2	شتاب ثقل زمین	G
$kJ/kg, (g = h - TS)$	تابع گیبز مخصوص	G
$kJ, (G = H - TS)$	تابع گیبز کل	G
m	ارتفاع	H
$W/(m^2.^\circ C)$	ضریب انتقال حرارت جابجایی	H
$kJ/kg, h = u + P_v$	آنتالپی مخصوص	H
$kJ/kg, h = u + P_v$	آنتالپی کل	H
$kJ/kmol \text{ fule}$	ارزش حرارتی بالاتر	HHV

$kJ/kmol \text{ fule}$	آنتالپی احتراق	\bar{h}_c
$kJ/kmol$	آنتالپی تشکیل	\bar{h}_f
$kJ/kmol \text{ fule}$	آنتالپی ترکیب	\bar{h}_R
kJ/kg	برگشت ناپذیری مخصوص	I
kJ	برگشت ناپذیری کل	I
A	شدت جریان برق	I
C_P/C_v	نسبت گرماهای ویژه	K
	ضریب ثابت فنر	K
	ضریب هدایت حرارتی	k_t
	ثابت تعادل	K_P
$kJ/kg, V^2/2$	انرژی جنبشی مخصوص	ke
$kJ, m V^2/2$	انرژی جنبشی کل	KE
m	طول	L
$kJ/kmol \text{ fule}$	ارزش حرارتی پایین تر	LKV
kg	جرم	M
kg/s	شدت جریان جرمی	\dot{m}
$kJ/kmol \text{ fule}$	جرم مولکولی	M
kPa	فشار مؤثر متوسط	MEP
	جز جرمی	Mf
	نمای پلی تروپیک	N
	تعداد جرم ملکولی	N
kPa	فشار	P
kPa	فشار بحرانی	P_{cr}
kPa	فشار جزئی	P_i
kPa	فشار مخلوط	P_m
	فشار نسبی	P_r
	فشار تبدیلی	P_R
kPa	فشار بخار	P_v

kPa	فشار محیط	P_o
$kJ/kg, gz$	انرژی پتانسیل مخصوص	Pe
kJ, mgz	انرژی پتانسیل کل	PE
kJ/kg	انتقال حرارت به ازای واحد جرم	Q
kJ	انتقال حرارت کلی	Q
kJ	انتقال حرارت با بدنه با دمای بالا	Q_H
kJ	انتقال حرارت با بدنه با دمای پایین	Q_L
kW	شدت انتقال حرارت	\dot{Q}
	نسبت تراکم	R
	نسبت فشار	r_p
	نسبت قطع جریان	r_c
$kJ/(kg.K)$	ثابت گازها	R
$kJ/(kmol.K)$	ثابت عمومی گازها	R_u
$kJ/(kg.K)$	آنتروپی مخصوص	S
$kJ/(kg.K)$	آنتروپی تولید شده مخصوص	S_{gen}
kJ/K	آنتروپی کل	S
kJ/K	آنتروپی تولید شده کل	S_{gen}
s	زمان	T
K یا $^{\circ}C$	درجه حرارت	T
K	درجه حرارت بحرانی	T_{cr}
$^{\circ}C$	درجه حرارت خشک	T_{db}
$^{\circ}C$	درجه حرارت نقطه. شبنم	T_{cr}
$^{\circ}C$	درجه حرارت متوسط سیال	T_f
	درجه حرارت تبدیلی	T_R
$^{\circ}C$	درجه حرارت مرطوب	T_{wb}
K یا $^{\circ}C$	درجه حرارت محیط	T_o
K	درجه حرارت منبع گرم	T_H
K	درجه حرارت منبع سرد	T_L

kJ/kg	انرژی داخلی مخصوص	U
kJ	انرژی داخلی کل	U
m^3/kg	حجم مخصوص	v
m^3/kg	حجم مخصوص بحرانی	v_{cr}
	نسبت حجم مخصوص	v_r
	حجم مخصوص تبدیلی مجازی	v_R
m^3	حجم کل	V
m/s	سرعت	V
kJ/kg	کار انجام شده به ازاء واحد جرم	W
kJ	کار انجام شده کل	W
kW	توان	\dot{W}
kJ	کار ورودی	W_{in}
kJ	کار خروجی	W_{out}
kJ	کار برگشت پذیر	W_{rev}
	عیار با کیفیت	X
	جزء مولی	Y
m	موفقیت از مبدا	Z
	ضریب تراکم پذیری	Z
	ضریب انحراف آنتالپی	Z_h
	ضریب انحراف آنتروپی	Z_s

مقدمه

در دنیای امروز و عصر کنونی که روند زندگی به سوی ماشینی و صنعتی شدن، همراه با پیشرفت‌های تکنولوژی پیش می‌رود برق نقش مهمی را در زندگی ما ایفا می‌کند. مساله مهمی که در اینجا به ذهن خطور می‌کند این است که برق خود چگونه تولید می‌شود و به دست ما می‌رسد؟

همانطور که می‌دانیم برق به صورت عمده در نیروگاه‌ها و نهایتاً به وسیله ژنراتور تولید می‌شود، و توسط پست‌ها و خطوط انتقال به خانه‌های ما و دیگر جاها منتقل می‌شود.

ژنراتورها معمولاً در سدها و نیروگاه‌ها وجود دارند که در سد از نیروی آب و در نیروگاه‌ها از نیروی بخار برای چرخش توربین ژنراتور استفاده می‌شود. در کشور ما ایران نیروگاه‌های حرارتی متعددی وجود دارند که از جمله این نیروگاه‌ها نیروگاه حرارتی شهید مفتاح (غرب) می‌باشد که نقش فوق العاده مهمی را در تولید برق کشور و استان ایفا می‌کند.

حذف یارانه‌های انرژی، آزاد سازی قیمت حامل‌های انرژی، منجر به افزایش قیمت تمام شده محصولات و خدمات شده است که به عنوان چالشی جدی پیشروی صنعت کشور می‌باشد. طبق قانون اصلاح یارانه‌های انرژی، دولت مکلف است جهت کاهش قیمت تمام شده محصولات و خدمات، قیمت حامل‌های انرژی تحویلی به مشتریان را با انجام اقدامات حمایتی و فنی بمنظور ارتقاء تکنولوژی تولید و بهینه سازی انرژی کاهش دهد، به همین منظور لازم است دولت قیمت حامل‌های انرژی را از طریق بهینه سازی مصرف انرژی در مبادی تولید انرژی از جمله نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها، اصلاح نماید لذا لازم است سالانه ۱ درصد از مصرف انرژی آنها را کاسته یا راندمان آنها را بهبود بخشد، نیروگاه‌های تولید برق به عنوان منابع اصلی تولید انرژی الکتریکی به شمار می‌آیند و در عین حال به عنوان مصرف کننده عمده انرژی نیز محسوب می‌شوند که متأسفانه از راندمان پایینی نیز برخوردار هستند که می‌توان آنها را به عنوان مراکز با پتانسیل صرفه جویی و بهینه سازی بالا شناسایی نمود.

با توجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی در ایران، تولید برق کشور عمدتاً توسط نیروگاه‌های حرارتی صورت می‌گیرد.

از انواع نیروگاه‌های تولیدکننده برق کشور، نیروگاه‌های حرارتی با تولید حدود ۸۶ درصد از کل برق تولیدی کشور، بزرگترین سهم تولید برق را در بین نیروگاه‌ها در اختیار دارند که در این بین، نیروگاه‌های گازی پایین ترین رتبه را از لحاظ راندمان تولید در بین نیروگاه‌ها به خود اختصاص داده اند.

۱ فصل اول: شرحی بر اثر اتفاقات اطراف کندانسور بر روی بازده نیروگاه

۱-۱- کلیات:

با کشف قدرت بخار آب، منابع مختلف انرژی، اغلب به منظور تولید انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار گرفتند. در کشور ما ایران نیز با توجه به وجود منابع خدادادی سوخت‌های فسیلی، توجه بیشتری به سمت نیروگاه‌های حرارتی معطوف شده است. طی دو دهه گذشته، با افزایش شدید بهای انرژی و مشکلات زیست محیطی پدید آمده، مسائل مرتبط با انرژی در صدر برنامه ریزی‌ها قرار گرفته است. برنامه‌ها و تلاش‌های زیادی برای بهره‌برداری مناسب از انرژی و بهبود فرایندها صورت پذیرفته است. مطالعات نشان می‌دهند که نیروگاه‌های حرارتی مدرن بیش از ۶۰٪ حرارت ورودی را هدر می‌دهند. از این مقدار حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد گازهای داغ از آگزوز به بیرون رها می‌شود، حدود ۴۵٪ هم از طریق کندانسور نیروگاه به محیط وارد می‌شود (علی جهانگیری، علی اکبر گلنشان - بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق).

۱-۲- بیان مشکل و هدف:

وجود بحران آب در کشور سبب جلب توجه بیشتر به حفاظت از منابع آب و تلاش در جهت کاهش اتلاف آن گردیده است. لذا توجه به کیفیت اجرا و بهره‌برداری از برجهای خنک کن و ممانعت از هدر رفت آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برج خنک کننده دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا تبخیر را آسان می‌کند و باعث خنک شدن سریع آب می‌گردد. عمل خنک شدن در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می‌گیرد، در حالی که مقدار کمی آب تبخیر می‌شود و باعث خنک شدن آب می‌گردد.

در دستگاههایی که به دلایلی مجبوریم آب را بگردش در آوریم و یا به کار ببریم باید بنحوی گرمای آب را دفع کرد. با بکار بردن برجهای خنک کننده این کار انجام می‌گیرد. در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی دستگاههای مبدل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سرد کنندگی است.

در منطقه‌ای که نیروگاه مفتوح واقع است به دلیل کاهش آبهای زیر زمینی استفاده از برج‌های خنک کن تر با مشکل مواجه شده است، می‌توان با تغییراتی در سیستم خنک کاری نیروگاه مشکل کم آبی را برطرف و به تبع آن راندمان نیروگاه را نیز افزایش داد.

۱-۳- آب، از اولین سرد کننده‌ها:

به دلایل زیر آب معمولترین سرد کننده هاست:

۱. بمقدار زیاد و ارزان در دسترس می‌باشد.
 ۲. به آسانی آب را می‌توان مورد استفاده قرار داد.
 ۳. قدرت سرد کنندگی آب نسبت به اکثر مایعات (در حجم مساوی) بیشتر است.
 ۴. انقباض و انبساط آب با تغییر درجه حرارت جزئی است.
- هر چند که آب برای انتقال گرما بسیار مناسب است، اما بکار بردن آن باعث بوجود آمدن مشکلاتی نیز می‌شود (۱).

۱-۴- معایب استفاده از آب به عنوان سرد کننده:

آب با املاح شیمیایی خارج از نرم مجاز نظیر سختی زیاد باعث رسوب سازی در دستگاهها شده و همچنین از آنجایی که بیشتر این دستگاه‌ها از آلیاژ آهن ساخته شده‌اند مشکل خوردگی بوجود می‌آید. از طرف دیگر بیشتر برج‌های خنک کننده در بر خورد مستقیم با هوا و نور خورشید می‌باشند و محیط مناسبی برای رشد باکتریها و میکرو ارگانیسم‌ها نیز می‌باشد که آنها نیز مشکلاتی را به همراه دارند.

وارد شدن گرد و خاک یا (ریز گرده‌ها) یا همان مهمان‌های ناخوانده امروزی محیط زیست بداخل برج‌های خنک کن نیز در بعضی مواقع ایجاد اشکال می‌نماید. در کل این مشکلات باعث می‌شود که بازدهی دستگاه کم شده و در نتیجه از نظر اقتصادی مخارج زیادتری را در بر گیرد. یکی از عمده ترین مشکلات در مراحل اجرایی، افت خلاء کندانسور در واحدهای بخار به ویژه در فصل تابستان و از عوامل عمده محدودیت تولید به شمار می‌رود.

امروزه با توجه به افزایش دمای محیط در طول فصول گرم سال نظیر بهار و تابستان، دمای آب خنک ورودی به کندانسور از نقطه بهینه خود در طراحی که ۲۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است فراتر رفته و به نوعی عملکرد برج‌های خنک کن نیروگاه را محدود نموده و این افزایش دمای آب خنک کننده ورودی به کندانسورهای نیروگاه، باعث کاهش ظرفیت در نظر گرفته تولید می‌شود.

۱-۵- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به رشد تقاضای انرژی الکتریکی در کشور و نیاز به توسعه ظرفیت نیروگاهی، به موازات احداث ظرفیت‌های جدید نیروگاهی پروژه‌های بازتوانی، نوسازی و کاهش محدودیت تولید نیروگاه‌های قدیمی کشور نیز مورد توجه قرار گرفته است. در این خصوص مطالعه میزان افزایش ظرفیت و راندمان و هزینه تولید برق در هر یک از راه کارهای فوق و مقایسه آن با ایجاد ظرفیت‌های جدید در تصمیم‌گیری جهت اولویت بندی اجرای هر یک از این راه کارها ضروری می‌باشد.

با توجه به اینکه در فصول گرم سال مصرف برق نسبت به دیگر فصول بیشتر می‌شود نیاز به تولید آن در زمان مورد نظر بیشتر است. از طرف دیگر با توجه به وضعیت بارندگی در سالهای گذشته و در نتیجه بحران آب و کاهش تخصیص منابع آب به نیروگاهها، مطالعه سیستمهای خنک کاری با استفاده از سرما خصوصا ذخیره سازی سرما لازم به نظر میرسد. در واقع کمبود آب منجر به کاهش ظرفیت خنک کاری و در نتیجه کاهش توان نیروگاه در زمان مورد نیاز میگردد. در این مطالعه با توجه به اینکه مصرف برق در طول شب کمتر از مصرف آن در روز میباشد بنابراین میتوان از این فرصت در جهت ذخیره سازی سرما استفاده نمود و سیستم ذخیره ساز سرما در زمان مورد نیاز با خنک نمودن جریان برگشتی از سیستم خنک کننده می‌تواند تولید برق را افزایش دهد. این سیستم ذخیره ساز سرما در واقع یک نیروی کمکی برای برج خنک کن می‌باشد که می‌تواند بخشی از کاهش دبی آب ناشی از خشکسالی را جبران نماید. در این تحقیق مطالعاتی در جهت تعیین مقدار افزایش توان نیروگاه شهید مفتاح همدان با استفاده از سیستم ذخیره ساز سرما صورت میگیرد و در صورتیکه این مقدار توجه فنی و اقتصادی داشته باشد می‌تواند با طی نمودن مراحل به حل بخشی از معضل خشکسالی و در نتیجه کاهش توان نیروگاه بیانجامد.

۱-۶- محدودیت تولید به دلایل مشکلات به وجود آمده در کندانسور:

اهمیت مسئله کاهش مصرف بی رویه آب و همچنین افزایش راندمان برج‌های خنک کن ارتباط تنگاتنگی با ایجاد خلاء در کندانسورهای واحد و مقدار تولید دارد، افت خلاء کندانسور در واحدهای بخار به ویژه در فصل تابستان یکی از عوامل عمده محدودیت تولید به شمار می‌رود. از عوامل افت خلاء کندانسور عملکرد برج خنک کن در شرایط آب و هوایی نامناسب، کیفیت نامطلوب آب خنک کننده، کمبود آب خنک کننده و رسوب گرفتگی و نشت

هوا به داخل کندانسور می‌باشد. کمیت آب و کیفیت آن و کاهش سطح انتقال حرارت به دلیل رسوب گرفتگی و یا کور نمودن لوله‌های کندانسور به دلیل سوراخ شدن تیوب‌ها نیز از عوامل دیگر افت خلاء می‌باشد. نشتی هوا به داخل محفظه کندانسور علاوه بر افت خلاء کندانسور باعث ورود هوای اضافی به سیستم آب تغذیه و سیکل حرارتی و کاهش ضریب انتقال حرارت و همچنین افزایش خوردگی می‌گردد. رسوب گرفتگی در سمت آب می‌تواند به وسیله تعیین افت فشار آب خنک کننده در کندانسور با توجه به اندازه گیری فشار در دو سمت کندانسور و مقایسه آن با نمودار افت فشار هیدرولیکی بر حسب دبی مشخص شود. توان مصرفی پمپ‌های آب سیرکوله همچنین می‌تواند در صورت افزایش، نشان دهنده رسوب در سمت آب لوله‌های کندانسور باشد.

افزایش راندمان برج‌های خنک کن و ارتباط تنگاتنگ آن با ایجاد خلاء در کندانسور، تعویض لوله‌های کندانسور و رفع نشتی‌های موجود به عنوان راه کار این محدودیت تولید در نظر گرفته می‌شود.

بررسی وضعیت خلاء کندانسور با اندازه گیری دبی آب خنک کننده، دمای رفت و برگشت آب خنک کننده، دبی بخار ورودی به کندانسور، فشار کندانسور و با استفاده از نمودارهای عملکرد هر کندانسور انجام می‌شود. از آنجایی که امروزه در اکثر سیستم‌های کولینگ^۱ نیروگاهی نوع برج تر هم آب خنک کن کلیه تجهیزات جانبی و کمکی واحد و هم آب خنک کن کندانسورها از یک منبع (پمپ) تامین می‌شوند بنابراین کاهش آب مورد نیاز خارج از حد مجاز تعریف شده علاوه بر کاهش راندمان برج‌های خنک کننده و کاهش خلاء کندانسور، بر دستگاه‌ها و سیستم‌های مبدل حرارتی دیگری نیز تاثیر مستقیم دارد.

با آنچه گفته شده و لزوم افزایش راندمان برج‌های خنک کن جهت افزایش تولید، روش‌های نوینی پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها، استفاده از لوله‌های پلی اتیلینی بجای لوله‌های فولادی، استفاده از ورقه‌های پلی اتیلینی بجای ایرانیت‌های آزبستی و غیره بوده که به منظور افزایش کارایی برج‌های خنک کن ابداع گردیده‌اند. با توجه به روند رو به رشد به کارگیری این روش‌ها، همچنین کاهش راندمان، طبیعتاً مشکلاتی در زمان اجرا و یا در هنگام بهره برداری و نگهداری به وقوع پیوسته که مهمترین آن‌ها باعث کم شدن راندمان برج‌های خنک کننده و در نتیجه افزایش فشار کندانسور و محدودیت تولید بوده است.

^۱Cooling

به طور کلی و با تمامی مشکلات ذکر شده که در مسیر برج‌های خنک کننده به وجود می‌آید اگر ما بتوانیم ساعات استفاده از برج‌های خنک کننده تر را به حداقل رسانده و یا به طور کلی به جای آن از سیستم خنک کاری جدیدی در ورودی کندانسور استفاده نماییم عملاً مصرف بی رویه آب را کاهش داده و به راندمان نیروگاهی بیشتری دست خواهیم یافت. پژوهش حاضر به منظور ارائه روشی نوین در سیستم خنک کاری نیروگاه غرب (مفتح) مورد مطالعه قرار گرفته است.

۷-۱- هدف از بررسی:

با توجه به اینکه در طول تابستان به علت کاهش عملکرد برج خنک کن نیروگاه و افزایش دمای آب ورودی به کندانسور، نیروگاه دچار افت ظرفیت می‌گردد اتخاذ تصمیمات صحیح در پروژه‌های رفع محدودیت‌های تولید در یک واحد نیروگاهی در حال کار و تعیین راهکارهای مناسب منوط به مطالعه همه راهکارها و میزان افزایش ظرفیت و راندمان قابل حصول و بررسی شاخص‌های اقتصادی می‌باشد. ضمن این که هر ساله مقدار زیادی از تلفات آب و کاهش راندمان تولید، در اثر کاهش راندمان برج‌های خنک کن به وقوع می‌پیوندد، هزینه هنگفتی جهت مرمت و بازسازی این سیستم و کاهش تولید بر دوش دستگاه‌های اجرائی تحمیل می‌نماید. با بررسی‌های به عمل آمده می‌توان اذعان داشت که تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان راجع به عوامل مختلفی که باعث کاهش راندمان برج‌های خنک کن گردیده، نظیر رسوب گذاری در کلکتورهای ورودی، شکستگی و گرفتگی در افشانک‌ها، خوردگی در بتن و لوله‌های انتقال آب، عوامل بیولوژیکی و غیره به صورت منفرد انجام پذیرفته است. در سال‌های اخیر نیز مطالعات تخصصی در زمینه بررسی علل کاهش راندمان برج‌های خنک کن در سطح کشور انجام و نتایج آن تحت عنوان پایان نامه‌های دانشجویی و مقالات تحقیقاتی ارائه گردیده است.

۸-۱- بر همین اساس اهداف این تحقیق عبارتند از:

- الف - شناخت محل و علت کاهش راندمان در نیروگاه شهید مفتح بر اثر کمبود آب
- ب - چگونگی و نوع اثر در کاهش راندمان.
- پ - ارائه راه حل‌های مؤثر و عملی در سیستم خنک کننده برای افزایش جلوگیری از بروز عوامل کاهش دهنده راندمان
- ت - افزایش راندمان برج‌های خنک کننده خشک و کاهش دمای آب ورودی به کندانسور

ث - کاهش زمان در مدار بودن برج‌های خنک کننده تر و کاهش دمای آب ورودی به کندانسور

۱-۹- نگاهی کوتاه به سیستم‌های خنک کننده نیروگاهی:

در برج‌های خنک کننده مرطوب، آب نقش اصلی و اساسی را داشته و هدف نیز همان خنک کردن آب است. این نوع دستگاه‌ها که خود به چند گروه و دسته تقسیم می‌شوند در صنعت دارای کاربرد فراوانی است.

از برج‌های خنک کننده خشک بیشتر در مکان‌های خوش آب و هوا و همچنین مکان‌هایی که آب کافی برای خنک کردن برج وجود ندارد استفاده می‌شود. عمل خنک کردن آب را نیز می‌توان از برج‌های سینی دار بصورت مرحله‌ای انجام داد. ولی عملاً به علت وجود هزینه‌های زیاد ساخت، نگهداری و کنترل سیستم، این روش معمول نمی‌باشد.

اطلاعات ایستگاه هواشناسی نشان می‌دهد دمای مرطوب شهر همدان حداقل در ۶ ماه از سال بالاتر از مقدار ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد، که دمای مورد نیاز برای تامین آب خنک کن در برج خشک با حداقل دمای ۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.

طراحی مناسب و استفاده بهینه از برج‌های خنک کن با توجه به شرایط آب و هوایی و هزینه طراحی و ساخت برج از مسائل قابل توجه در تعیین افزایش راندمان برج‌های خنک کن می‌باشد.

۱۰-۱- پارامترهای مهم در طراحی برج خنک کن عبارتند از:

دمای مرطوب، تغییرات دمای آب خنک کننده، دمای میل و نسبت دبی جرمی آب به هوا

دمای مرطوب: یکی از پارامترهای تعیین کننده در طراحی برج تر به شمار می‌رود و با افزایش این مقدار هزینه ساخت برج خنک کن برای داشتن یک دمای مشخص افزایش می‌یابد به طور کلی دمای مرطوب طراحی برای یک برج تر برابر میانگین حداکثر دمای مرطوب در چهار ماه گرم سال در منطقه در نظر گرفته می‌شود. به طور مثال، دمای مرطوب طراحی برای تامین آب خنک کننده با دمای ۲۹ درجه سانتیگراد برابر ۲۳/۲ می‌باشد.

دمای میل: در حقیقت هرچقدر دمای میل کوچک تر باشد هزینه ساخت برج بیشتر می‌شود، حداقل دمای میل در نظر گرفته شده برای برج‌های تر ۲/۷۷ درجه سانتیگراد می‌باشد. این مقدار در نقطه طراحی برابر ۶ درجه سانتیگراد می‌باشد.

تغییرات دمای آب خنک کننده: محدوده تغییرات دمای آب خنک کننده تابع مستقیمی از دبی آب خنک کننده و بار حرارتی می باشد و در نقطه طراحی ۹/۴ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.

دبی آب خنک کننده: دبی آب خنک کننده برای هر سال در شرایط عادی طبق مدارک برابر ۳۷۰۰۰ مترمکعب در ساعت و در شرایط بار سنگین برابر ۴۰۰۰۰ مترمکعب در ساعت می باشد.

به طور کلی بیشترین عواملی که در کاهش راندمان برجهای خنک کن نقش دارند، شامل مسائل مربوط به رژیم گردش آب، نظیر PH، رسوب، غلظت مواد محلول، مسائل مربوط به سازه برجهای خنک کن نظیر طراحی هیدرولیکی و ساختمانی، عوامل محیطی نظیر تغییرات شدید درجه حرارت و عوامل مربوط به اجرا، بهره برداری و نگهداری نظیر استفاده و سرویس این برجها و بسیاری عوامل دیگر می باشد. اگر تمامی این عوامل را ثابت فرض کنیم مهمترین عاملی که باعث کاهش راندمان برجهای خنک کن می شود کاهش مقدار آب مورد نیاز از حد انتظار می باشد که مشکل اساسی چند سال اخیر نیروگاه شهید مفتاح همدان است که ما به دنبال حل این مشکل اساسی هستیم.

۱۱-۱- خلاصه و نتیجه گیری:

خلاصه و نتیجه گیری: با توجه به مطالب توضیح داده شده متوجه می شویم که سیستم خنک کن نیروگاهها سهم عمده ای از تغییرات کارایی واحدهای تولید برق را دارا می باشند، برج خنک کننده تر در شرایط آب و هوایی خاصی مورد استفاده قرار می گیرند و از آن جایی که این نوع از برجها نیازمند آب فراوان می باشند بهتر است که در مناطقی مورد استفاده قرار گیرند که دارای آب مورد نیاز باشند، چه بسا بهتر است که رودی پر آب از کنار آن گذر کند و اگر آب مورد نیاز آن تامین نشود در نهایت کاهش بازدهی آن منجر به کاهش توان تولیدی نیروگاه می شود.

در نیروگاه شهید مفتاح همدان (غرب) آب مورد نیاز برجهای تر از طریق چاههای عمیق تامین می شد، در سالهای اخیر با کاهش منابع آبهای زیرزمینی و کاهش راندمان برجها زمینه برای کاهش راندمان مجموعه و هم چنین بروز مشکلاتی در منطقه فراهم شد، برای رفع این مشکلات اقداماتی صورت گرفت و به مرحله اجرا درآمد که در فصلهای بعدی به طور کامل شرح داده خواهد شد، از نمونه این اقدامات احداث برجهای خشک بود که حتی در فصول گرم برجهای تر دوباره وارد مدار شده و به سیستم خنک کاری نیروگاه کمک می کنند.

هدف اصلی از این پروژه کاهش زمان در مدار قرار داشتن برج‌های خنک کننده تر و کاهش دمای خروجی برج‌های خشک و ورودی کندانسور به کمک تولید سرما و استفاده از آن در فصول گرم می‌باشد.

۲ فصل دوم: مروری اجمالی بر انواع نیروگاه‌های تولید برق

۲-۱- مقدمه

۲-۱-۱ نیروگاه برق چیست؟

یک نیروگاه برق یا یک ایستگاه تولید توان، مکانی صنعتی به منظور تولید و توزیع توان الکتریکی در حد هزاران وات می‌باشد. عموماً در مناطق خارج شهر و فرعی شهرها وجود دارند، زیرا برای احداث نیروگاه نیاز به مساحت زیاد و آب فراوان همراه با چندین محدودیت مانند دفع زباله رو به رو هستیم.

در قلب نیروگاه، ژنراتور AC یا یک گرداننده وجود دارد که اساساً یک ماشین دوار می‌باشد که مسئول تبدیل انرژی از حالت مکانیکی (توربین چرخان) به حالت الکتریکی می‌باشد که این عمل با ایجاد حرکت نسبی بین میدان مغناطیسی و هادی‌ها رخ می‌دهد. منبع انرژی که موجب چرخش محور ژنراتور می‌شود بستگی به نوع سوخت به کار رفته دارد.

۲-۱-۲ انواع نیروگاه‌های برق

برای تولید انرژی الکتریسیته از نیروگاه‌های تولید برق استفاده می‌شود. این نیروگاه‌ها دارای انواع مختلفی به شرح زیر می‌باشند.

- ۱- نیروگاه دیزلی
- ۲- نیروگاه گازی
- ۳- نیروگاه بخاری
- ۴- نیروگاه سیکل ترکیبی
- ۵- نیروگاه برق آبی
- ۶- نیروگاه هسته ای
- ۷- نیروگاه تلمبه ذخیره ای
- ۸- نیروگاه خورشیدی
- ۹- نیروگاه بادی
- ۱۰- نیروگاه زمین گرمایی

۱۱- نیروگاه آبی جذر و مدی

نیروگاه‌های برق می‌توانند با توجه به نوع سوخت در انواع مختلف به کار رفته باشند، برای تولید توان وسیع، فقط نوع حرارتی و هسته‌ای و آبی به کار می‌روند بنابراین در حالت کلی نیروگاه‌های تولید توان در سه دسته بالا جای می‌گیرند. در ابتدا به بررسی این نیروگاه‌ها پرداخته می‌شود (۲).

۲-۲- نیروگاه‌های تولید توان وسیع

۲-۲-۱ نیروگاه بخاری:

نیروگاه حرارتی یا زغال سنگی مرسوم ترین روش تولید توان الکتریکی با راندمان بالا می‌باشد.

در این نیروگاه‌ها از سوختن سوخت‌های فسیلی مثل نفت و گاز طبیعی و مازوت، حرارتی تولید می‌شود که توسط آن آب درون دیگ بخار به بخار خشک تبدیل می‌شود (بخاری که کاملاً به صورت گاز باشد و هیچ گونه قطره آبی در آن نباشد و دمای آن بالای ۵۰۰ درجه سانتی گراد باشد). این بخار خشک وارد توربین‌ها می‌شود و روتور توربین‌ها را به چرخش در می‌آورد. در اثر چرخش محور توربین‌ها، ژنراتور شروع به چرخش می‌کند و برق تولید می‌شود. بخارهای خشک خارج شده از توربین‌ها وارد کندانسور شده و به مایع تبدیل می‌شوند. کندانسور وسیله‌ای است که بخار خشک را سرد کرده و به مایع تبدیل می‌کند. مایع حاصل توسط پمپ‌هایی مجدداً به دیگ بخار پمپاژ می‌شوند. در شکل ۲-۱ تصویری از یک نیروگاه بخاری نمایش داده شده است.



شکل (۲-۱) نیروگاه بخار (۱)

مزایای نیروگاه بخاری عبارتند از:

- ۱- رنج تولیدی این نیروگاه‌ها بیشتر از نیروگاه‌های گازی است.
- ۲- عمر این نیروگاه‌ها بیشتر از نیروگاه‌های گازی است.

معایب نیروگاه‌های بخاری عبارتند از:

- ۱- این نیروگاه‌ها به آب فراوانی نیاز دارند.
- ۲- سرعت مانور این نیروگاه‌ها کمتر از نیروگاه‌های گازی است.
- ۳- ساخت این نیروگاه‌ها نسبت به نیروگاه‌های گازی زمان بیشتری می‌برد.
- ۴- هزینه برق تولیدی این نیروگاه‌ها بیشتر از نیروگاه‌های گازی است (۲).

۲-۲-۲ نیروگاه هسته‌ای

روش تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای مشابه روش تولید برق در نیروگاه‌های بخاری است، تنها تفاوت بین این دو نیروگاه در این است که در نیروگاه هسته‌ای برای تولید حرارت جهت تبدیل آب به بخار خشک به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی از واکنش‌های هسته‌ای استفاده می‌شود. واکنش هسته‌ای بر این اساس است که با بمباران نوترونی هسته اورانیوم ^{235}U و جذب نوترون توسط آن، تعادل نیروهای داخلی بین نوترون‌ها و پروتون‌ها در هسته اورانیوم بر هم می‌خورد و در نتیجه این هسته به دو هسته سبکتر شکافته می‌شود. این تقسیم هسته با انرژی آزاد شده بسیاری همراه است که درصد زیادی از این انرژی به صورت انرژی جنبشی توسط نوترون ساطع می‌گردد و درصد کمی از آن به صورت انرژی تشعشعی انتقال می‌یابد. در عمل می‌توان با عبور سیال واسطی مثل جیوه از درون محفظه‌ای که در آن شکافت هسته‌ای صورت می‌پذیرد انرژی جنبشی مذکور را به سیال واسط انتقال داد و به این ترتیب حرارت سیال واسط را افزایش داد. این عمل در قلب نیروگاه‌های هسته‌ای که رآکتور نام دارد انجام می‌شود. سیال واسط حرارت خود را به سیال اصلی یعنی آب منتقل می‌کند و در نتیجه آب به بخار خشک تبدیل می‌گردد. بخار خشک وارد توربین می‌شود و روتور توربین را می‌چرخاند و با چرخش روتور توربین، ژنراتور به حرکت در می‌آید و در نتیجه برق تولید می‌شود و مانند نیروگاه‌های بخاری، بخار خشک خارج شونده از توربین‌ها وارد کندانسور شده و تبدیل به مایع می‌گردد و سپس توسط پمپ به رآکتور پمپاژ می‌شود. در شکل ۲-۲ تصویری از یک نیروگاه هسته‌ای نمایش داده شده است.



شکل (۲-۲) نیروگاه هسته ای (۶)

مزایای نیروگاه هسته ای عبارتند از

۱- آلودگی زیست محیطی ندارد.

۲- اکسیژن هوا را مصرف نمی کند.

۳- هزینه انتقال سوخت آن کم است.

معایب نیروگاه هسته ای عبارتند از:

۱- به راحتی نمی توان میزان تولید آن را کم و زیاد کرد.

۲- باید مطمئن بود که تمامی انرژی تولید شده توسط آن مصرف می شود.

۳- نمی توان آن را سریع خاموش کرد.

۴- فقط برای تأمین بار پایه می توان از آن استفاده کرد (حداقل میزان انرژی مصرفی هر

کشور را بار پایه آن کشور می نامند).

۵- باید ۲ یا ۳ خط انتقال به آن وصل کرد.

۶- تجهیزات برقی این نیروگاه ها باید دارای کیفیت بالایی باشد (۶).

۲-۲-۳ نیروگاه برق آبی

در این نیروگاه ها از آب جمع شده در پشت سدها برای تولید برق استفاده می شود. آب

جمع شده در پشت سدها با برخورد به پره های توربین سبب چرخش روتور توربین می شود.

چرخش روتور توربین نیز سبب چرخش ژنراتور و در نتیجه تولید برق می‌گردد. در شکل ۲-۳ تصویری از یک نیروگاه برق آبی نمایش داده شده است.



شکل (۲-۳) نیروگاه آبی (۱)

مزایای نیروگاه برق آبی عبارتند از:

- ۱- آلودگی محیط زیست ندارد.
- ۲- هزینه سوخت ندارد.
- ۳- عمر بالایی دارد. (اگر خوب ساخته شود تا ۱۰۰ سال هم کار می‌کند)
- ۴- سرعت و قدرت مانور بالایی دارد.
- ۵- هزینه نگهداری این نیروگاه‌ها بسیار پایین است.
- ۶- با گذشت زمان بازده این نیروگاه‌ها تغییر نمی‌کند.
- ۷- پرسنل مورد نیاز نیروگاه‌های آبی نسبت به بقیه نیروگاه‌ها بسیار کمتر است.
- ۸- آب مورد نیاز برای کشاورزی و شرب را تأمین می‌کند.
- ۹- از سیل‌ها و سیلاب‌ها جلوگیری می‌کند.
- ۱۰- در اطراف سدها می‌توان فضای تفریحی مناسب ایجاد کرد.

معایب نیروگاه برق آبی:

- ۱- هزینه ساخت این نیروگاه‌ها بسیار زیاد است.
- ۲- در سال‌های کم آبی، میزان تولید این نیروگاه‌ها با مشکل همراه خواهد بود.

- ۳- مدت زمان مورد نیاز برای ساخت سد خیلی زیاد است.
- ۴- مخزن نیروگاه‌های آبی، زمین‌های زیادی را زیر آب می‌برد.
- ۵- قابلیت نصب نیروگاه‌های آبی در مکان‌های بسیار خاص می‌باشد.

در نیروگاه برق آبی، انرژی آب در حال سقوط (ریزشی) برای چرخاندن توربین و تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. باران روی سطح زمین دارای انرژی پتانسیل می‌باشد (نسبت سطح اقیانوس‌ها) و این انرژی هنگام ریزش از فاصله عمودی قابل ملاحظه تبدیل به کار شفت می‌شود.

یک معادله ساده برای محاسبه تقریبی انرژی الکتریکی در یک نیروگاه برق آبی وجود دارد که به صورت زیر است:

$$P=r \cdot h \cdot k \quad (1-2)$$

در معادله بالا P توان خروجی در واحد وات، h ارتفاع فشاری در واحد متر، r میزان آب خارج شده در واحد متر مکعب در ثانیه و K ضریب تبدیل در ۷۵۰۰ وات است. (با پیش شرط راندمان ۷۶٪ شتاب ثقل ۸۱ و ۹ متر بر مجذور ثانیه و آب تازه با چگالی ۱۰۰۰ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب)

البته در توربین‌های بزرگ پیشرفته راندمان معمولاً بالاتر این مقدار است و در توربین‌های فرسوده این راندمان کمتر است. میزان تولید انرژی الکتریکی در یک نیروگاه آبی به شدت به میزان آب موجود وابسته است و در فصول مختلف میزان تولید می‌تواند به نسبت ۱۰ به ۱ متفاوت باشد. این توان چرخشی شفت، تبدیل به انرژی الکتریکی معادل می‌گردد. نکته مهمی که باید توجه شود این است، که ظرفیت نیروگاه برق آبی بسیار کمتر از نیروگاه‌های حرارتی و هسته‌ای می‌باشد. به همین دلیل این نیروگاه‌ها به صورت کلی در ساعات پیک مصرف و در کنار نیروگاه‌های حرارتی استفاده می‌شوند. آنها کمک کننده در ارائه قدرت موثر در طول ساعات اوج مصرف در کنار نیروگاه هسته‌ای و حرارتی می‌باشند (۱).

۲-۳- نیروگاه‌های تولید توان در مقیاس‌های کوچک

در کنار تولیدات عمده، ما توانایی تولید در مقیاس کوچک برای نیازهای گسسته را هم داریم، این نیروگاه‌ها عبارتند از:

- ۱- نیروگاه خورشیدی. (با استفاده از انرژی خورشیدی در دسترس)
- ۲- نیروگاه زمین گرمایی. (انرژی موجود در پوسته زمین)

۳- نیروگاه جزر و مدی.

۴- نیروگاه دیزلی.

این تولیدات متغیر در دهه اخیر رشد چشم گیری داشته و موجب کاهش استفاده از سوخت های فسیلی شده است. و پیش بینی می شود که گسترش روز افزون آنها و بهبود وضعیت آلودگی زیست محیطی را شاهد باشیم (۳).

۲-۳-۱ نیروگاه خورشیدی:

یکی از آرزوهای بشر کاربرد انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع لایزال انرژی برای مصارف بزرگ بوده است. اشکال بزرگ در کاربرد انرژی خورشیدی متمرکز نبودن، تناوبی بودن و ثابت نبودن مقدار انرژی و نیز پایین بودن شدت تشعشع می باشد. به دلیل پایین بودن شدت تشعشع انرژی خورشیدی، سطح لازم برای کسب انرژی قابل توجه، بزرگ خواهد شد و به خاطر تناوبی بودن و ثابت نبودن مقدار آن، معمولاً برای نیروگاه خورشیدی یک منبع برای ذخیره انرژی کسب شده مورد نیاز است. همچنین به دلیل متمرکز نبودن انرژی خورشیدی، احتیاج به تجهیزاتی جهت متمرکز ساختن آن می باشد.

انرژی خورشیدی را می توان در موارد زیر مورد استفاده قرار داد:

گرمایش و سرمایش ساختمان، پختن غذا، گرم کردن آب، استرلیزه کردن وسایل بهداشتی، خشک کردن محصولات کشاورزی، شیرین کردن آب، تولید سوخت های شیمیایی، احتراق مواد آلی، تولید گاز هیدروژن، تولید الکتریسیته به روش فوتوولتاییک، تولید بخار آب برای به چرخش در آوردن یک توربین بخار و....

در شکل ۲-۴ تصویری از یک نیروگاه خورشیدی نمایش داده شده است.



شکل (۲-۴) نیروگاه خورشیدی (۱)

۲-۳-۲ نیروگاه زمین گرمایی:

یکی از منابع انرژی که به مقدار زیادی در دسترس می‌باشد انرژی گرمایی زمین است که به دو روش قابل بهره برداری می‌باشد.

الف) استفاده از بخار آب به صورت داغ و خشک جهت چرخاندن پره‌های توربین که به طور طبیعی در زیر پوسته زمین وجود دارد.

ب) ایجاد مصنوعی بخار داغ و خشک جهت چرخاندن پره‌های توربین به وسیله عبور آب از روی سنگ‌های داغ زیر زمینی که دارای درجه حرارت زیاد و نزدیک به نقطه ذوب هستند. قابل ذکر است که در بعضی از نقاط زمین، در عمق ۵ تا ۶ کیلومتری می‌توان به درجه حرارت‌های تا ۳۰۰۰ درجه سانتی گراد نیز رسید.

در هر دو روش فوق، بخار آب داغ و خشک حاصل که به توربین‌ها منتقل می‌شوند سبب چرخش روتور توربین‌ها می‌گردند و در اثر گردش روتور توربین‌ها، ژنراتور نیز شروع به گردش می‌کند و در نتیجه برق تولید می‌شود. در شکل ۲-۵ تصویری از یک نیروگاه زمین گرمایی نمایش داده شده است.



شکل (۲-۵) نیروگاه زمین گرمایی (۱)

۲-۳-۳ نیروگاه آبی جذر و مدی:

در دریاها به خاطر چرخش ماه به دور زمین روزانه دو بار جذر و مد به وجود می‌آید. اختلاف ارتفاع آب در حالت جذر و مد در هر نقطه بستگی به وضع قرار گرفتن ماه، زمین و خورشید دارد و بزرگترین اختلاف ارتفاع آب در حالت جذر و مد، معمولاً در اوایل پاییز به وجود می‌آید. برای اینکه بتوان از انرژی جذر و مد استفاده کرد باید یک خلیج و یا یک دریاچه مصنوعی را توسط سدی از دریا جدا نمود و در هنگام جذر و مد از جریان آبی که متناوباً بین این دو منبع ایجاد می‌شود برای چرخاندن پره‌های توربین و نهایتاً تولید برق استفاده کرد. با توجه به محدودیت‌های جغرافیایی در رابطه با استفاده از نیروی جذر و مد، از این روش نمی‌توان به عنوان یک منبع عمده تولید انرژی استفاده کرد. در شکل ۲-۶ تصویری از یک نیروگاه آبی جذر و مدی نمایش داده شده است (۳).



شکل (۲-۶) نیروگاه جذر و مدی (۱)

۲-۳-۴ نیروگاه دیزلی:

در این نوع نیروگاه‌ها نیروی محرکه ژنراتور توسط یک موتور درونسوز دیزلی تأمین می‌شود. امروزه از نیروگاه‌های دیزلی به عنوان یک نیروگاه پایه کمتر استفاده می‌شود و بیشتر برای مواقع اضطراری و احتمالاً بار حداکثر شبکه از این نیروگاه‌ها استفاده می‌گردد. در حال حاضر در مناطقی از ایران که به شبکه سراسری متصل نیستند از نیروگاه‌های دیزلی استفاده می‌شود. این نیروگاه‌ها معمولاً دارای توان تولیدی ۶۳۰kw تا ۱۲۰۰۰kw هستند. در شکل ۲-۷ تصویری از یک نیروگاه دیزلی نمایش داده شده است.



شکل (۷-۲) نیروگاه دیزلی (۱)

مزایای نیروگاه دیزلی عبارتند از:

- ۱ - این نیروگاه‌ها به آب نیاز ندارند.
 - ۲ - به عنوان برق اضطراری در مکان‌هایی مثل بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.
 - ۳ - در مراکز دور افتاده‌ای که هزینه انتقال برق از هزینه تولید نیروگاه دیزلی بیشتر است مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- معایب نیروگاه دیزلی عبارتند از:
- ۱ - رنج تولیدی این نیروگاه‌ها پایین است.
 - ۲ - این نوع نیروگاه به دلیل حرکت‌های مکانیکی زیادی که در آنها وجود دارد دارای عمر کمی هستند.
 - ۳ - این نوع نیروگاه‌ها دارای راندمان پایینی می‌باشند.
 - ۴ - به دلیل راندمان پایین این نیروگاه‌ها، هزینه برق تولیدی آنها بالاست (۲).

۲-۴- بررسی مختصر انواعی دیگر از نیروگاه‌ها:

۲-۴-۱ نیروگاه گازی:

در نیروگاه‌های گازی سیالی که سبب چرخش توربین می‌شود هوای محیط است. در این نیروگاه‌ها از کمپرسور استفاده می‌شود، کمپرسورها وسایلی هستند که با مکش هوای محیط به درون خود، هوا را فشرده کرده و فشار آن را افزایش می‌دهند. معمولاً برای افزایش

راندمان نیروگاه، هوای ورودی را از مجاورت گازهای خروجی از دودکش توربین عبور می‌دهند تا هوای ورودی به کمپرسور گرم شود. هوای فشرده شده در کمپرسور وارد اتاق احتراق می‌شود و در آنجا با سوخت فسیلی ترکیب می‌شود و می‌سوزد و گاز داغی با فشار بالا از اتاق احتراق خارج می‌شود که آلاینده نیز هستند. برای اینکه گاز داغ پرفشار ورودی به توربین، محور چرخنده آن را به حرکت درآورد باید این گاز با سرعت زیاد وارد توربین شود، این عمل توسط نازل ابتدای توربین انجام می‌شود، بنابراین گاز پرفشار و داغ با سرعت زیاد به پره‌های توربین برخورد می‌کند و سبب چرخش روتور توربین می‌شود و حرکت دورانی روتور توربین نیز سبب چرخش ژنراتور و در نتیجه تولید برق می‌شود. سوخت این نیروگاه‌ها معمولاً mazut، گاز و گازوئیل است. در شکل ۲-۸ تصویری از یک نیروگاه گازی نمایش داده شده است.



شکل (۲-۸) نیروگاه گازی (۱)

مزایای نیروگاه گازی عبارتند از:

- ۱ - این نیروگاه‌ها به آب نیاز ندارند.
 - ۲ - زود ساخته می‌شوند. (حدوداً ساخت یک نیروگاه گازی ۶ ماه زمان می‌برد)
 - ۳ - این نیروگاه‌ها سرعت مانور بالایی دارند. (کم و زیاد کردن تولید نیروگاه را مانور کردن نیروگاه می‌گویند)
 - ۴ - این نیروگاه‌ها را خیلی زود می‌توان روشن کرد.
- معایب نیروگاه گازی عبارتند از:
- ۱-راندمان این نیروگاه‌ها پایین است.
 - ۲- عمر این نیروگاه‌ها کوتاه است.

۳- هزینه برق تولیدی آنها بالاست.

۴- رنج تولید انرژی این نیروگاه‌ها پایین است (۲).

۲-۴-۲ نیروگاه سیکل ترکیبی:

این نوع نیروگاه‌ها ترکیبی از دو نیروگاه گازی و بخاری می‌باشند. در نیروگاه‌های گازی مقداری از گازهای پرا انرژی از طریق دودکش توربین‌ها از چرخه تولید برق خارج می‌شوند و همین امر سبب کاهش راندمان نیروگاه‌های گازی می‌گردد. گاز خارج شده از دودکش توربین‌های گازی دمای زیادی دارد و قادر است آب مایع را به بخار خشک تبدیل کند یعنی همان عملی که در نیروگاه‌های بخاری انجام می‌شود. بنابراین در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی دو نیروگاه گازی و بخاری را در کنار یکدیگر قرار می‌دهند. در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی برای فعالیت توربین‌های گازی از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند اما برای فعالیت توربین‌های بخاری از گازهای خارج شونده از دودکش توربین‌های گازی استفاده می‌کنند. به این ترتیب به ازای مقدار معینی سوخت، در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انرژی بیشتری نسبت به نیروگاه‌های گازی تولید می‌شود و در نتیجه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی دارای راندمان بیشتری نسبت به نیروگاه‌های گازی و بخاری می‌باشند. در شکل ۲-۹ تصویری از یک نیروگاه سیکل ترکیبی نمایش داده شده است (۲).



شکل (۲-۹) نیروگاه سیکل ترکیبی (۱)

۲-۴-۳ نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای:

در بعضی از مناطق که شرایط جغرافیایی مناسبی وجود داشته باشد از مبادله آب بین دو منبع در سطوح مختلف، می‌توان انرژی مورد نیاز برای چرخاندن توربین‌ها را ایجاد نمود. در این نیروگاه‌ها آب از منبع در سطح پایین که می‌تواند یک دریاچه باشد توسط پمپ‌هایی در ساعاتی که مصرف انرژی الکتریکی پایین است به منبع بالایی فرستاده می‌شود. سپس در مواقعی که به انرژی الکتریکی نیاز است از منبع بالایی آب را توسط لوله‌هایی به روی پره‌های یک توربین هدایت می‌کنند و با چرخش روتور توربین، ژنراتور شروع به چرخیدن می‌کند و در نتیجه برق تولید می‌شود. در شکل ۱۰-۲ تصویری از یک نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای نمایش داده شده است (۱).



شکل (۱۰-۲) نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای (۱)

۲-۴-۴ نیروگاه بادی:

بادهای محلی و موسمی حامل مقدار زیادی انرژی هستند که مقدار این انرژی بستگی به سرعت باد دارد. بعلاوه هر چه سطح برخورد باد با یک جسم بیشتر باشد انرژی بیشتری را می‌توان به آن جسم منتقل کرد، بنابراین کسب انرژی قابل توجه از باد علاوه بر مناسب بودن سرعت باد به بزرگی سطح تماس با باد نیز وابسته است. استفاده از انرژی باد برای مصارف محدود و محلی مناسب است ولی به دلیل محدود بودن مقدار این انرژی، ثابت نبودن و تناوبی بودن مقدار آن و نیز محلی بودن باد نمی‌توان از انرژی باد به عنوان یک منبع تولید انرژی برای

آینده یاد نمود. امروزه در مناطقی که یک متوسط وزش باد ثابت دارند و سرعت باد در آنجا مناسب است با نصب توربین‌های بادی، انرژی الکتریکی تولید می‌شود. همچنین با تولید باد مصنوعی از طریق تابش خورشیدی بر روی سطح گسترده سیاه رنگ و متمرکز کردن باد ایجاد شده بر روی پره‌های توربین بادی نیز انرژی الکتریکی قابل تولید می‌باشد. در شکل ۲-۱۱ تصویری از یک نیروگاه بادی نمایش داده شده است (۲).



شکل (۲-۱۱) نیروگاه بادی (۱)

به طور مختصر تمامی نیروگاه‌های تولید برق توضیح داده شدند. از آنجایی که نیروگاه شهید مفتاح همدان از نوع نیروگاه بخار می‌باشد در این فصل بعدی به طور کامل نیروگاه بخار را توضیح خواهیم داد.

۳ فصل سوم: نیروگاه‌های بخار و مروری بر نیروگاه شهید

مفتح همدان

۳-۱- مروری بر نیروگاه شهید مفتاح همدان

۳-۱-۱ مقدمه

وکیل الرعایا و همکاران راهبردهای مختلف ذخیره سازی انرژی در تاسیسات را مورد بررسی قرار داده و نشان داده‌اند که ترکیب فناوری‌های تهویه مطبوع موجود می‌تواند در ذخیره سازی انرژی موثر واقع گردد. وی انواع فناوری‌ها و روش‌های بهبود عملکرد سیستم‌های HVAC^۱ را به منظور ذخیره سازی و کاهش انرژی مصرفی مورد بررسی قرار داده است.

تائینو و کوزاوا رفتار جریان دو فازی آب-یخ در سیستم‌های ذخیره سازی یخ را بررسی نموده‌اند. آن‌ها مدل‌های تحلیل عددی هم برای فرآیند ذخیره سازی یخ و هم برای ذوب یخ در مخازن ارائه نموده نتیجه گرفته‌اند که روش‌های پیشنهادی برای ذخیره سازی یخ و ذوب یخ با آب دمای پایین برای کاربردهای تهویه مطبوع کفایت نموده و قابل قبول و استفاده‌اند. همانطور که در فصول قبل طرح مشکل شد نیازمند به داشتن سرمایی هستیم که در مواقع مورد نیاز به کمک سیال ورودی به کندانسور آمده و دمای آن را کاهش دهد و بنابراین بتوان بازده نیروگاه بخار را افزایش داد. می‌دانیم که انواع انرژی را می‌توان تولید کرد حال آنکه تمرکز ما بر روی تولید سرما و ذخیره سازی این نوع از انرژی می‌باشد.

در این فصل سعی بر این شده که نیروگاه‌های بخار از زوایای مختلف از جمله: تجهیزات، راه اندازی، معرفی تجهیزات و وسایل مورد بررسی قرار گیرد. نگهداری درست و مناسب از یک سیستم، نقش مؤثری در افزایش عمر آن سیستم ایفا می‌کند و همچنین سبب گرفتن بهره اقتصادی بهتر از آن می‌شود.

در تمام نیروگاه‌های ذکر شده در فصل قبلی نقطه مشترکی وجود دارد که آن همان تبدیل انرژی مکانیکی حاصل از چرخش پره‌های توربین به انرژی الکتریکی توسط ژنراتور می‌باشد. صرفه نظر از مقایسه نوع دستگاه‌ها، توربین ژنراتور و تجهیزات بکار رفته در

^۱ Heating, Ventilating and Air Conditioning که به مجموعه فن آوری‌های مربوط به «گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع» اطلاق

می‌شود

نیروگاه‌ها این مسئله که همه آنها هدفشان تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی است مشهود است.

در نیروگاه‌های بخار در اثر سوختن مواد آلی مثل نفت، گاز، زغال سنگ، حرارتی ایجاد می‌شود، که این حرارت می‌تواند آب را به بخار تبدیل کند (۱۰).

۳-۱-۲ تکنولوژی ذخیره سازی فصلی انرژی

این سیستم همانطور که از اسم آن پیداست به منظور ذخیره سازی گرمای تابستان و استفاده در فصل زمستان و همچنین ذخیره سازی سرمای زمستان و استفاده از آن در فصل تابستان استفاده می‌شود.

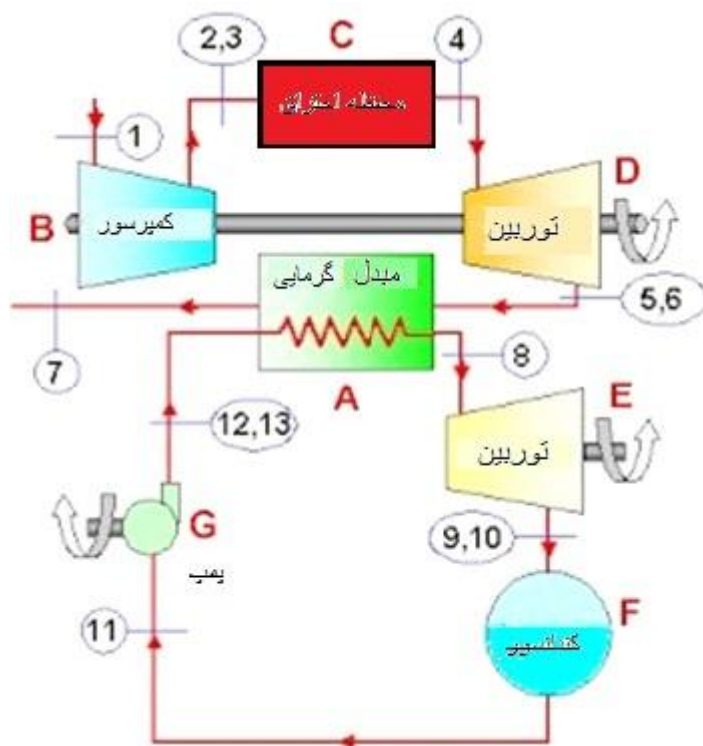
در این روش از یک سیستم واحد برای ایجاد حرارت و برودت استفاده شده و هزینه پایین کارکرد و نگهداری و همچنین بهره وری بالای آن در ساعات پیک از مزایای عمده این سیستم به شمار می‌رود، ضمن این که به علت سازگاری با محیط زیست می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی به شمار آید (۱۰).

۳-۲-۲ مروری بر سیکل‌های اصلی واحد تولید بخار

در تمامی نیروگاه‌های بخار از چهار بخش اصلی پمپ، دیگ بخار، توربین و کندانسور بهره گرفته می‌شود.

از آنجایی که تجهیزات اصلی نیروگاه بخار در منابع بسیاری قابل جستجو و مطالعه هستند در این فصل بیشتر سعی شده است جزییات تجهیزات و مشخصات فنی آنها و اندکی از قوانین نگهداری دستگاه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

همانطور که در فصل قبل به اجمال توضیح دادیم اساس کار نیروگاه‌های بخار بدین ترتیب است که بخار تولید شده در دیگ بخار به طرف توربین هدایت، و پس از به دوران آوردن محور توربین به داخل کندانسور کشیده شده و توسط آب خشک کن تقطیر و به صورت آب مقطر در می‌آید. در اثر چرخش محور ژنراتور که به محور توربین متصل است، در سیم پیچ‌های استاتور ژنراتور الکتریسته القاء و از آن جریان کشیده می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل (۱-۳) سیکل اصلی تمامی نیروگاه‌های بخار (۲)

۳-۲-۱ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار

دیگ بخار نیروگاه‌ها از یک سری لوله دیواره‌ای تشکیل شده که مجموعاً بصورت یک مکعب مستطیل می‌باشند. سوخت و هوا از طریق چند مشعل به این محوطه وارد و با مشتعل شدن سوخت، آب داخل لوله‌های دیواره‌ای گرم و به بخار تبدیل می‌شود، بخار حاصله پس از عبور از لوله‌های سوپرهیتر که در محوطه دیگ و در معرض حرارت قرار دارد به صورت بخار اشباع و فوق اشباع در آمده و به طرف توربین جهت انجام کار (چرخش محور توربین) هدایت می‌شود.

بخاریکه انرژی خود را روی پره‌های توربین از دست داده است و به آن بخار مرحله گویند، از آخرین قسمت توربین خارج و به داخل کندانسور کشیده می‌شود، این بخار به واسطه برخورد با لوله‌های سرد شده توسط آب خشک کن تقطیر می‌شود و در محفظه‌ای به نام چاهک داغ جمع و از آنجا توسط پمپ تغذیه به دیگ بخار برگردانده می‌شود این حلقه تشکیل یک سیکل بسته را می‌دهد.

در توربین‌های بزرگ اگر اجازه بدهیم بخار تا انتهای توربین انبساط پیدا کند، در طبقات آخر توربین قطرات آب ظاهر می‌گردد. برای جلوگیری از این عمل بخار پس از عبور از قسمت فشار قوی توربین دوباره به دیگ بخار برگردانده می‌شود

در توربین‌های بزرگ اگر اجازه بدهیم بخار تا انتهای توربین انبساط پیدا کند، در طبقات آخر توربین قطرات آب ظاهر می‌گردد. برای جلوگیری از این عمل بخار پس از عبور از قسمت فشار قوی توربین دوباره به دیگ بخار برگردانده می‌شود و در لوله‌های ری هیت درجه حرارت آن به مقدار قبل می‌رسد و سپس وارد قسمت‌های فشار متوسط و فشار ضعیف توربین می‌گردد.

در نیروگاه‌های بزرگ بخار برای بالا بردن راندمان حرارتی از حرارت دود خروجی استفاده برده می‌شود به این صورت که آب در بدو ورود به دیگ بخار وارد لوله‌های اکونومایزر می‌شود که این لوله‌ها در مسیر دود خروجی قرار دارند و حرارت دود را جذب می‌نمایند. این کار باعث صرفه جویی در مصرف سوخت و جلوگیری از ورود آب سرد به دیگ بخار می‌گردد.

به منظور رساندن درجه حرارت آب تغذیه به حد مطلوب برای ورود به بویلر، بخار از محلهای بخصوصی از توربین، زیرکش شده و به هیت‌های آب تغذیه فرستاده می‌شود. این عمل سبب گرم شدن آب تغذیه می‌گردد. اگر هیت‌ها قبل از پمپ تغذیه قرار گرفته باشد هیت‌ها فشار ضعیف و اگر پس از پمپ باشد هیت‌ها فشار قوی گویند. معمولاً وقتی چند هیت‌ها در مسیر آب قرار می‌گیرند مقداری افت فشار در مسیر اصلی بوجود می‌آید و بدین جهت وجود پمپ بعد از کندانسور یا قبل از هیت‌های فشار ضعیف لازم می‌باشد، این پمپ که کندانسه پمپ نامیده می‌شود آب تغذیه را از کندانسور گرفته و به طرف پمپ تغذیه اصلی می‌فرستد. کندانسه پمپ می‌تواند دارای دو مرحله باشد یکی پس از کندانسور و دیگری در بین هیت‌های فشار ضعیف یا بعد از آنها.

وجود هوا و اکسیژن در آب باعث خوردگی در مسیر لوله‌های آب می‌گردد و این گازها باید قبل از رسیدن به دیگ بخار خارج گردد. گاززدائی توسط دیاراتور یا دی گازر انجام می‌شود، علاوه بر این دیاراتور وظیفه تانک ذخیره پمپ‌های تغذیه را نیز به عهده دارد که چون این پمپ‌ها از اهمیت زیادی برخوردارند برای جلوگیری از آسیب رسیدن به آنها و ایجاد فشار مکش مورد نیاز دیاراتور در ارتفاع بالاتری قرار داده می‌شود (۴).

۳-۲-۲ بای پاس^۱

در برخی از نیروگاهها به لحاظ مسائل تکنولوژیکی آنها از یک مسیر بای پاس برای توربین استفاده می‌گردد. سیستم بای پاس فشار قوی، لوله اصلی بخار را قبل از توربین فشار قوی به لوله ری هیت سرد (خروجی از توربین HP) متصل می‌نماید. این سیستم که دارای یک شیرفشارشکن همراه با اسپری آب می‌باشد، فشار و درجه حرارت بخار اصلی را به شرایط بعد از توربین HP می‌رساند. در مواردی مانند راه اندازی یا در مواقعی که اشکالی برای توربین بوجود آید و نمی‌توان بخار را وارد توربین کرد از این مسیر بای پاس استفاده شده و بخار به توربین فشار قوی وارد نمی‌گردد. پس از عبور بخار از ری هیت دوباره توسط یک لوله بای پاس دیگر که فشار ضعیف می‌باشد بدون آنکه وارد توربین IP و LP شود به کندانسور فرستاده می‌شود. در برخی دیگر از نیروگاهها مسیر بای پاس مستقیماً به کندانسور می‌رود. علاوه بر آنکه آب ورودی به دیگ بخار تصفیه شیمیائی می‌شود در اغلب مواقع در مسیر سیکل نیز سیستم تصفیه کمکی دیگری در نظر گرفته می‌شود. این سیستم پالیشینگ پلنت^۲ نامیده می‌شود که البته با ساختار تصفیه خانه اصلی تا اندازه‌ای متفاوت می‌باشد.

۳-۲-۳ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار در بویلرهای بدون درام

در بویلرهای یک طرفه یا بدون درام آب پس از گذشت از اکونومایزر^۳ و دریافت حرارت دود خروجی وارد قسمت اواپراسیون^۴ یا لوله‌های دیواره‌ای شده و انرژی حرارتی را توسط شعله دریافت می‌کند و پس از تبدیل به بخار به قسمت سوپرهیترها هدایت می‌شود. در ابتدای راه اندازی بویلر که درجه حرارت پائین است و در قسمت آخر لوله‌های دیواره‌ای مخلوط آب و بخار وجود دارد وجود یک جدا کننده آب و بخار و یا مسیری برای گردش مجدد لازم می‌باشد. در بعضی سیستم‌های مخلوط آب و بخار وارد سپریتور یا جدا کننده‌ها شده و بخار آن وارد سوپرهیترها و آب وارد تانک ذخیره و سپس وارد سیکل آب می‌شود. در بعضی سیستم‌های دیگر آب توسط پمپ گردش دهنده آب دوباره به قسمت اواپراتور هدایت می‌شود این عمل تا بالا رفتن درجه حرارت و فشار ادامه پیدا می‌کند و وقتی شرائط به وضعیت کار عادی رسید این سیستم‌ها از مدار خارج شده و بخار مستقیماً وارد سوپرهیترها می‌گردد و پس از کنترل درجه حرارت وارد توربین می‌گردد (۸).

^۱By Pass

^۲Plant Piloting

^۳Economiser

^۴Evaporation

۳-۲-۴ سیکل ترمودینامیکی آب و بخار در بویلرهای درام دار

درام دو وظیفه اصلی به عهده دارد یکی عمل نمودن به عنوان یک نانک ذخیره و دیگری تقسیم آب و بخار. آب خروجی از اکونومایزر وارد درام می‌شود، در بویلرهای فشار پائین در اثر اختلاف دانسیته آب و بخار، آب توسط لوله‌های پائین آورنده به زیر بویلر هدایت می‌شود و در بویلرهای فشار قوی توسط پمپ گردش دهنده آب به زیر بویلر هدایت شده و وارد لوله‌های دیواره‌ای می‌شود. در این بخش قسمت اعظم انرژی حرارتی را توسط مشعله دریافت کرده و دوباره وارد درام می‌شود. در درام کار تقسیم آب و بخار انجام شده و بخار به قسمت سوپرهیترها هدایت می‌شود و آب باقیمانده دوباره توسط پمپ به گردش در می‌آید.

۳-۲-۵ سیکل سوخت

سیستم سوخت رسانی دیگ‌های بخار به نحوی طراحی شده که در اکثر موارد می‌توان از مازوت و گاز طبیعی به عنوان سوخت اصلی دیگ استفاده نمود و گازوئیل را به عنوان سوخت راه انداز مورد استفاده قرار داد. ذکر این نکته ضروریست که مسیرهای سوخت رسانی نیروگاه‌ها با یکدیگر یکسان نبوده و وجوه متمایز زیادی دارند ولی اساس کار آنها یکسان بوده و تجهیزات اصلی که در هر مسیر به کار رفته‌اند تقریباً با یکدیگر مشابهت دارند.

سوخت مایع معمولاً بوسیله تانکر نفتکش و یا در بعضی موارد بوسیله خط لوله به نیروگاه منتقل می‌شود. برای ذخیره سوخت مایع دو روش معمول است:

۱- سوخت مستقیماً از تانکر به طرف تانک ذخیره پمپ شده و در آنجا جمع آوری می‌شود.

۲- ابتدا سوخت به یک مخزن زیرزمینی هدایت شده و سپس از آنجا به طرف تانک ذخیره پمپ می‌شود و به سمت تانک مصرف روزانه هدایت می‌گردد.

در خروجی تانک مصرف روزانه معمولاً دو عدد فیلتر و دو عدد پمپ به صورت موازی نصب می‌شوند تا یکی به صورت رزرو عمل نموده و دیگری در حال کار باشد این دو پمپ به پمپ‌های اصلی سوخت معروف هستند و عمدتاً از نوع پیچی می‌باشند. با توجه به چسبندگی زیاد مازوت در دمای محیط، لازم است درجه حرارت آن را به میزان مشخصی افزایش داده و در آن درجه حرارت ثابت نگه داشته شود تا جریان یافتن آن امکان پذیر باشد (این عمل در مناطق سردسیر ممکن است برای گازوئیل نیز انجام شود).

سوخت پس از خروج از پمپ وارد هدر ورودی گرمکن بخاری می‌گردد. روی این هدر یک مسیر برگشت به تانک وجود دارد که در مسیر راه آن یک شیر کنترل فشار قرار داده

شده است. این شیرکنترل فشار همواره سعی می‌نماید فشار خط را ثابت نگه دارد به این ترتیب که چنانچه فشار از حد معینی زیادتر شده این شیر مسیر برگشت سوخت را باز می‌نماید و سوخت را به طرف تانک هدایت می‌کند. سوخت پس از ترک هدر، وارد گرمکن بخاری می‌گردد. درجه حرارت سوخت در خروجی گرمکن مازوت به مقدار تعیین شده می‌رسد. میزان دقیق این درجه حرارت به غلظت سوخت و ساختمان مشعل بستگی دارد و لذا مقدار آن در نیروگاه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است.

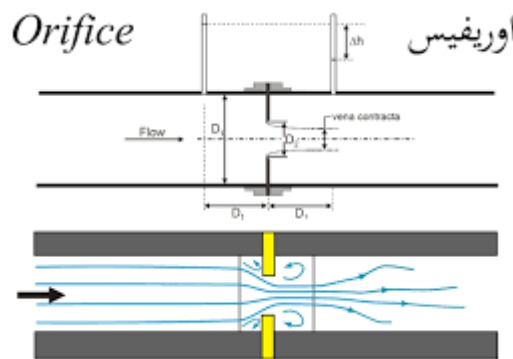
پس از گرم شدن و عبور از فیلترها سوخت وارد شیر کنترل می‌شود وظیفه این شیر، کنترل مقدار سوخت ورودی به بویلر بر اساس بار بویلر است. پس از این شیر هدر کلیه مشعل‌ها قرار دارد این هدر به نحوی طراحی شده است که سوخت می‌تواند بدون وارد شدن در مشعل‌ها در کلیه طبقات بویلر که مشعل‌ها در آن قرار دارند به جریان در آمده و سپس به تانک هدایت گردد. در سر راه برگشت سوخت (از هدر مشعل‌ها به تانک) یک شیر ساده قطع و وصل وجود دارد تا به کمک آن بتوان سوخت را به تانک برگشت داده و یا در بویلر مصرف نمود البته در بعضی از مسیرهای سوخت رسانی به جای این شیر قطع و وصل، شیرکنترل کننده اصلی دبی سوخت قرار گرفته و به این ترتیب فشار هدر سوخت و همچنین دبی آن کنترل می‌گردد.

پس از آنکه پارامترهای مختلف سوخت کنترل گردیدند سوخت به هدر مشعل‌ها هدایت می‌گردد در سر راه هر مشعل یک شیر دستی قطع و وصل که به صورت اتوماتیک و یا گرفتن فرمان از اطاق فرمان عمل می‌نماید قرار داشته که جریان سوخت را به طرف مشعل هدایت نموده و یا آنرا قطع می‌نماید.

سوخت گاز نیروگاه توسط خط لوله گاز که معمولاً از خط لوله سراسری گاز منشعب می‌شود تأمین می‌گردد. قبل از تحویل گاز به نیروگاه معمولاً یک ایستگاه تقلیل فشار گاز وجود دارد که فشار گاز را به حد معینی تقلیل می‌دهد. گاز پس از عبور از این ایستگاه وارد خط گاز داخلی نیروگاه می‌شود. طبیعی است برای مصرف این گاز در بویلر لازم است فشار آن باز هم افت نماید. بنابراین گاز بار دیگر وارد ایستگاه تقلیل فشار که در داخل محوطه نیروگاه و معمولاً در نزدیکی واحد قرار داده شده، می‌شود و فشار آن به میزان قابل توجهی افت نموده و بدین ترتیب جهت اشتعال در بویلر آماده می‌شود. میزان افت فشار در این ایستگاه بستگی به طول مسیر (بین ایستگاه گاز و مشعل‌ها) و همچنین ساختمان مشعل‌های

گاز سوز دارد. این ایستگاه دارای دو یا سه خط موازی بوده که همیشه یک خط به صورت رزرو بوده و دو خط دیگر در سرویس هستند.

پس از ایستگاه افت فشار یک اریفیس^۱ دبی گاز را اندازه گیری می نماید (**Error! Unknown switch argument.**) و یک شیر قطع کننده وظیفه کنترل فشار خط و قطع جریان گاز در مواقعی که فشار خط از حد تعیین شده بیشتر یا کمتر شود را به عهده دارد.



شکل (۲-۳) اوریفیس (۸)

شیر اصلی کمتر دبی گاز پس از این شیر قرار داده شده است، این شیر مقدار گازی را که لازم است برای سوخت مصرف شود را با توجه به بار بویلر به طرف مشعل ها هدایت می نماید. پس از این شیر، گاز به طرف هدر مشعل ها هدایت می گردد. قبل از هر مشعل علاوه بر یک والودستی دو عدد شیر قطع کننده وجود دارند که برای بهره برداری از مشعل ها با هم باز شده و در زمان خاموش شدن مشعل ها با هم بسته شده و جریان گاز بداخل کوره را متوقف می سازد. نصب دو عدد شیر مشابه هم در کنار یکدیگر فقط به لحاظ رعایت ایمنی بیشتر می باشد. بین این دو شیر یک شیر تخلیه دیگر وجود دارد که نحوه کار آن برعکس این دو شیر بوده و در زمان بسته بودن آنها از نشتی گاز به محوطه احتراق جلوگیری می نماید. (۸)

۳-۲-۶ سیکل هوا و دود

هوای محیط توسط فن های اصلی مکیده شده، وارد گرمکن های بخاری می گردد. در داخل گرمکن ها حرارت لازم را کسب نموده و سپس از ژنگستورم عبور داده می شود. پس از آن هوای مشعل ها از دریچه های کنترل گذشته و در عمل احتراق شرکت می جوید. دود حاصل از احتراق کوره را ترک نموده، قسمتی از آن توسط فن گردش دهنده مجدداً وارد کوره می گردد و بقیه آن وارد ژونگستروم می گردد. صفحات فلزی ژونگستروم حرارت خود را از

^۱Orifice

دود عبوری دریافت نموده و در نیمه دوم چرخش این حرارت را به هوا منتقل می‌سازد. دود خروجی پس از طی دو کانال از طریق دودکش به محیط بیرون فرستاده می‌شود. لازم به ذکر است در کوره هائی که تحت خلاء کار می‌کنند دود توسط یک فن مکیده شده و به طرف دودکش روانه می‌گردد.

ژنگستروم چیست؟

پیش گرم کن‌های هوا^۱ GAH

پیش گرم کن‌های هوا مانند

اکنونمایزر^۲ مقداری از انرژی موجود در دود خروجی دودکش را قبل از تخلیه به جو مورد استفاده قرار می‌دهند. دود در دماهای بین ۱۳۵ درجه سانتی گراد تا ۱۷۷ درجه سانتی گراد می‌باشد تا اولاً از چگالش گاز جلوگیری و ثانیاً به پخش مطلوب دود در جو کمک گردد. GAH‌ها دمای هوای رودی به کوره را تا ۲۶۰ الی ۲۴۳ درجه سانتی گراد افزایش می‌دهد GAH‌ها موجب صرفه جویی در سوخت می‌شوند که بدون این کار می‌بایست برای همان گرمایش به صرفه می‌رسید. صرفه جویی در سوخت و افزایش راندمان نیرو و گاه تناسب مستقیماً با افزایش دمای هوا در GAH دارد. با افزایش دما یهوا در GAH به اندازه ۹۴ درجه سانتی گراد مصرف سوخت را حدود ۴٪ و با افزایش آن تا ۲۸۰ درجه سانتی گراد مصرف سوخت را به میزان ۱۱٪ کاهش می‌دهد.

به طور کلی دو نوع پیشگرم کن هوا وجود دارد: پیوسته - متناوب

GAH‌ها پیوسته آن‌هایی هستند که گرما را مستقیماً از طریق تبادل گرما از گازهای گرم به هوا منتقل می‌کنند که این نوع GAH‌ها از نوع لول‌هایی هستند اساساً این نوع GAH‌ها مبدل‌های حرارتی از نوع Shell nhvn، GAH‌های متناوب آن‌هایی هستند که در آن‌ها ابتدا گرما از گازهای گرم به یک ماده واسطه ذخیره ساز گرما و سپس به هوا انتقال می‌یابد متداول ترین نوع آنها (ژنگستروم) می‌باشد (۸).

۳-۳- آشنایی با نیروگاه شهید مفتاح:

عملیات اجرایی نیروگاه مفتاح با هدف تامین برق مورد نیاز غرب کشور و رشد صنایع تولید در استان همدان در سال ۱۳۶۹ آغاز شد که در آن زمان حداکثر نیروگاه بخار ۱۰۰۰

^۱Gas Air Heater

^۲Economiser

مگاوات ضرورت یافته بود و بدین ترتیب مراحل طراحی و مقدمات کارها یا جرایبی برای ۴ واحد ۲۵۰ مگاوات آغاز شد.

عملیات تجهیز کارگاه و کارهای ساختمانی از سال ۱۳۶۹ در زمینی به مساحت بیش از ۲۷۰ هکتار واقع در شمال همدان و در فاصله کیلومتر ۴۵ جاده همدان- تهران شروع گردید. واحد یک نیروگاه در هشتم تیر ماه سال ۱۳۷۳، واحد دو نیروگاه در هشتم دی ماه سال ۱۳۷۳، واحد سه در یکم تیرماه سال ۱۳۷۴ و واحد چهار در نوزدهم آذر ماه سال ۱۳۷۴ راه اندازی و با شبکه سراسری پارالل شدند.

۳-۳-۱ مدیریت و چارت سازمانی نیروگاه همدان

مدیرعامل

زیر نظر مدیرعامل شرکت توانیر بوده و وظیفه ریاست و نظارت بر همه قسمت‌های نیروگاه و بخش‌های تولید را دارد.

حراست

وظیفه نگهداری و حفاظت از نیروگاه و کنترل رفت و آمد اشخاص و وسایل را برعهده داشته و مستقیماً زیر نظر مدیرعامل نیروگاه فعالیت می‌کند.

دفتر تحقیقات

کارهای تحقیقاتی و رسیدگی به پروژه‌ها و بررسی آنها و تحقیقات در زمینه‌های مختلف نیروگاه و رسیدگی به خرابی بخش‌های نیروگاه به عهده این بخش است.

معاونت تولید واحدهای ۱ تا ۴

نظارت بر واحدهای ۱ تا ۴ بر عهده این قسمت بوده و از دو بخش امور بهره برداری و امور شیمیایی مرحله اول تشکیل شده است.

معاونت پشتیبانی

بخش‌های حسابداری، تدارکات، کارگزینی، خدمات و انبار زیر نظر این قسمت می‌باشد. همچنین تامین نیروی انسانی مورد نیاز و قطعات مورد نیاز نیروگاه برعهده این قسمت می‌باشد (۷).

۳-۳-۲ سازمان شرکت و تعداد کارکنان

نیروگاه مفتوح با ۹۹۵ نفر پرسنل که در حدود ۸۰٪ از تحصیلات و مابقی به اندازه لازم سواد دارند. کلیه پرسنل نیروگاه در مراحل مختلف آموزشی شرکت دارند.

پرسنل نیروگاه سیکل بخار در قسمت‌های بهره برداری، شیمی، سه قسمت تعمیراتی، یک دفتر مهندسی و برنامه ریزی یک دفتر مهندسی نظارت، سه اداره خدمات و تدارکات مشغول به کار هستند.

۳-۴- تاسیسات و سوخت رسانی نیروگاه سیکل بخار

۳-۴-۱ تاسیسات نیروگاه

دارای دو قسمت اصلی است:

- ۱- تاسیسات سیستم خنک کننده و انبار موادشیمیایی که کلا دارای مساحتی با ابعاد ۱۹۲*۱۳۶ متر است.
- ۲- محوطه اصلی نیروگاه که شامل کلیه تاسیسات اصلی نیروگاه، انبارها، مخازن سوخت و پست با ابعاد ۱۲۵۰*۱۲۵۰ متر می‌باشد.

۳-۴-۲ سوخت رسانی نیروگاه مفتوح

سوخت اصلی نیروگاه گاز طبیعی می‌باشد و از مازوت به عنوان سوخت اضطراری استفاده می‌شود. سیستم گازرسانی شامل ایستگاه‌های کاهش فشار گاز (متعلق به شرکت ملی گاز) و ایستگاه فشارشکن و توزیع گاز و لوله کشی‌های مربوطه تا مشعل‌های دیگ بخار می‌باشد.

مازوت که به عنوان سوخت دوم و اضطراری در نظر گرفته شده است. توسط تانکرهایی به نیروگاه حمل و در ۱۰ مخزن هر کدام با ظرفیت 20000 m^3 ذخیره می‌گردد. این میزان ذخیره برای مصرف واحدها با بار ماکزیمم برای ۴۲ روز کافی است (۷).

۳-۴-۳ تجهیزات و قسمت‌های سیکل بخار

۳-۴-۳-۱ بویلر^۱

از نوع درام دار تحت فشار با چرخش طبیعی که برای تولید بخار خشک به میزان ۱۰۰۰ تن در ساعت با فشار 255 kg/cm^2 طراحی شده و مجهز به باز گرمایش می‌باشد.

ظرفیت: ۸۰۰ تن در ساعت

حجم کوره: ۳۲۰۸ متر مکعب

ارتفاع: ۴۶۰۰۰ میلیمتر

^۱Boiler

۳-۴-۱- توربین^۱

توربین بخاری کندانسوری از نوع ضربه‌ای و عکس‌العملی برای بار ۲۵۰ مگاواتی در دور ۳۶۰۰ rpm و به کارانداختن ژنراتور AC طراحی شده است. توربین از نوع پشت سرهم بوده و شامل سه سیلندر می‌باشد:

- سیلندر فشار قوی^۲
 - سیلندر فشار متوسط^۳
 - سیلندر فشار ضعیف^۴ یا سه خروجی
- تعداد طبقات گرداننده در سیلندرها IP-HP: ۲۳

۳-۴-۵ مشخصات فنی توربین

- حداکثر بار توربین بدون هیتر فشار قوی: ۲۷۰ مگا وات
- فشار بخار ورودی توربین در بار نامی: 139 kg/cm^2
- مقدار بخار ورودی توربین: 1070 t/h
- درجه حرارت بخار ورودی توربین فشار قوی: 538°C

۳-۴-۵-۱ دیراتور یا دی اراتور^۵

آب تغذیه بویلر باید مشخصات بخصوصی به منظور حفاظت در مقابل نمک‌های خورنده محلول در آب و خلوص از گازهای محلول در آب داشته باشد. دی اکسید کربن و به خصوص اکسیژن محلول در آب تغذیه باعث ایجاد خوردگی روی سطوح داخلی لوله‌های بویلر می‌شود. (۷)

جهت جداسازی گازهای محلول در آب بخصوص اکسیژن آب ورودی به بویلر از دیراتور استفاده می‌شود (شکل ۳-۳).

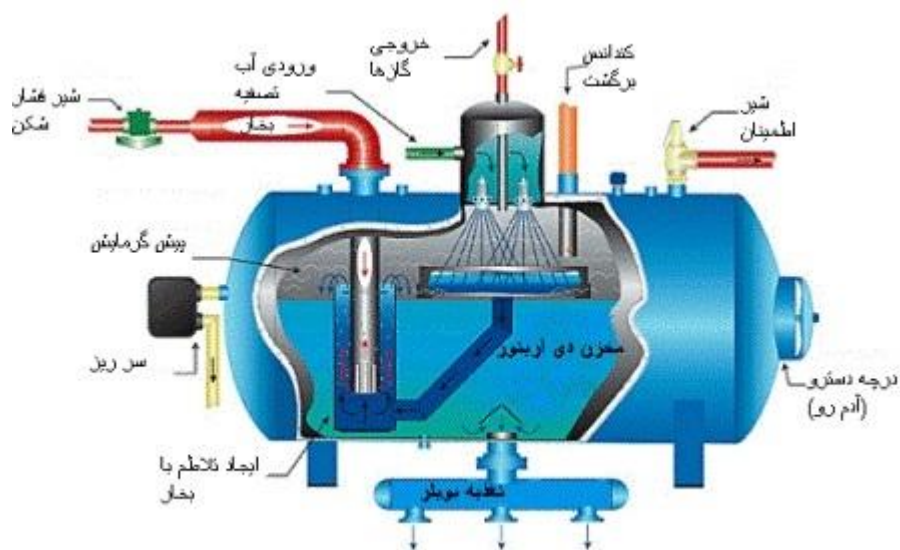
¹Turbine

²HP

³IP

⁴LP

⁵Deaerator



شکل (۳-۳) دیراتور (۲)

گاززدایی از آب تغذیه به دو روش انجام می شود:

- روش شیمیایی
- روش حرارتی

روش مورد استفاده در واحدهای نیروگاه روش حرارتی است که در دیراتور انجام می شود. اساس کار دیراتور بر این اصل استوار است که حلالیت گازها در آب با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد.

به این صورت که اگر آب به مدت کافی دردمای جوش قرار گیرد، تمامی گازهای محلول در آب از آن خارج شده و به اتمسفر می رود، بنابراین دیراتور باید دو کار انجام دهد:

- آب را تا درجه حرارت جوش آن گرم کند.
- آب را به قطرات بسیار ریز تبدیل کند. (۷)

۳-۴-۵-۲- پمپ تغذیه^۱

در هر واحد نیروگاه دو فیدپمپ الکتریکی و یک فیدپمپ توربینی (توربوفیدپمپ) قرار دارد. همانطور که گفتیم توان تولیدی نامی هر واحد ۲۵۰ مگا وات می باشد. بنابراین هر فیدپمپ الکتریکی ۵۰٪ نیاز بویلر را تامین می کند، یعنی هر فیدپمپ الکتریکی می تواند در تولید ۵۰٪ توان واحد نقش داشته باشد.

^۱Feed Pump

بسته به مقدار بارمورد تقاضا اگر بار هر واحد تا ۱۵۰ مگاوات باشد یک فیدپمپ و اگر بار هر واحد از ۱۵۰ مگاوات بیشتر شود، هر دو فیدپمپ در سرویس قرار می گیرند ولی خود توربو فیدپمپ به تنهایی درتأمین بار هر واحد نقش دارد.

فیدپمپ های الکتریکی ذکر شده به دلیل اینکه توان نامی آنها نسبتا بالا می باشد فقط در لحظه راه اندازی در سرویس قرار می گیرند و پس از راه اندازی واحد فقط توربو فیدپمپ در سرویس قرار می گیرد.

فیدپمپ های الکتریکی از نوع سانتریفوژ ۷ مرحله ای بوده، ظرفیت هر فیدپمپ الکتریکی $560 \text{ m}^3/\text{h}$ و ظرفیت توربو فیدپمپ $1100 \text{ m}^3/\text{h}$ می باشد.

نقش فیدپمپ افزایش فشار آب خروجی از کندانسور می باشد. بطوریکه آب با فشاری در حدود ۵۵ اتمسفر وارد فیدپمپ شده و با فشار ۳۴۰ اتمسفر خارج و به بویلر هدایت می شود.

شکل ۳-۴ فید پمپ نیروگاه مفتح را نشان می دهد. (۷)



شکل (۳-۴) فید پمپ نیروگاه مفتح (۷)

۳-۴-۶ مشخصات فنی فید پمپ:

• فشار ورودی: ۵۵ at

• فشار خروجی: ۳۴۰ at

• سرعت: 3600 rpm

• راندمان: 82%

• توان نامی: 6363 kw

• 350 cm:H

• ولتاژ: 6 kv

• جریان: 867 A

جریان راه اندازی: 5256 A (۷)

۳-۴-۶-۱- پمپ کندانسیت^۱

برای هر واحد نیروگاه ۳ پمپ در مرحله اول (۲ پمپ در حالت کاری و یک پمپ در حالت رزرو) و ۳ پمپ در مرحله دوم (۲ پمپ در حالت کاری و یک پمپ در حالت رزرو) در نظر گرفته شده است.

دبی هر کدام از پمپ‌های مرحله اول و دوم $500 \text{ m}^3/\text{h}$ می‌باشد. ولی فشار خروجی پمپ‌های مرحله اول ۸۵ مترستون آب و پمپ‌های مرحله دوم ۲۲۰ مترستون آب می‌باشد. پمپ‌های کندانسیت از نوع سانتریفوژ عمودی سه مرحله‌ای با فشار $8/5 \text{ at}$ می‌باشد. در صورتیکه فشار خروجی کمتر از 7 at شود پمپ رزرو وارد مدار می‌شود. نقش این پمپ‌ها متراکم کردن آب سیکل می‌باشد.

تفاوت بین پمپ‌های مرحله اول و دوم در سرعت دوران آنها می‌باشد. ولتاژ نامی پمپ‌ها 6 kv و جریان نامی 37 A است (۷).

۳-۴-۶-۲- گرم کن^۲

هیترها دستگاه‌هایی هستند که برای گرم کردن بخار آب ورودی بویلر به کار می‌روند. این هیترها به دودسته کلی تقسیم می‌شوند:

• نوع باز

• نوع بسته

که در نوع بسته بخار و آب با یکدیگر در تماس نیستند. هیتر خود شامل ۳ مرحله می‌باشد:

• فشار ضعیف

• فشار قوی

¹Condensait Pump

²Heater

• سوپر هیتر

۳-۴-۷ گرم کن فشار ضعیف:

در هر واحد ۴ هیتر فشار ضعیف با شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ وجود دارد و عملکرد آنها به این صورت است که اگر یکی از هیترهای ۱ یا ۲ سوراخ شوند، هر دو هیتر باید با هم ایزوله و بای پاس^۱ شوند و در صورت سوراخ شدن هیترهای ۳ یا ۴ هرکدام از این دو هیتر به تنهایی می‌توانند کار ایزوله و بای پاس را انجام دهند.

در حالت کلی کندانسات هیتر فشار ضعیف ۴ باتوجه به فشار و دمای آن بعد از طی فرآیندی وارد هیتر شماره ۳ می‌شود و کندانسات هیتر ۳ باتوجه به فشار و دمای آن بعد از طی فرآیندی وارد هیتر شماره ۲ می‌شود. از هیتر فشار ضعیف ۲ از طریق یک والو دستی مستقیماً به کندانسور وارد می‌شود. دمای آب خروجی از هیتر شماره ۴ که وارد دیراتور می‌شود در حدود ۱۴۰-۱۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشد (۷).

به همین منظور توصیه می‌شود تا حد امکان در نشت یابی و تست هیترها دقت کافی به عمل آید.

کلیه پارامترهای مربوط به هیترهای فشار ضعیف در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول (۳-۱) پارامترهای مربوط به هیترهای فشار ضعیف نیروگاه مفتاح (۷)

توضیحات	هیتر ۱	هیتر ۲	هیتر ۳	هیتر ۴
سطح گرم کنندگی	۵۸۰ m ²	۵۸۰ m ²	۵۸۰ m ²	۵۸۰ m ²
حداکثر فشار در لوله	۲۶ at	۲۶ at	۲۶ at	۲۶ at
حداکثر فشار در بدنه	۲ at	۷ at	۷ at	۷ at
حداکثر فشار تست هیدرولیکی لوله ها	۳۴ at	۳۴ at	۳۴ at	۳۴ at
حداکثر فشار تست در بدنه	۲۲ at	۲۲ at	۲۲ at	۲۲ at
درجه رطوبت بخار ورودی	۵۷/۴ °C	۱۲۴ °C	۲۴۰ °C	۲۸۳ °C
افت فشار در لوله ها	۱/۴ at	۵/۱ at	۵/۱ at	۵/۱ at
تعداد لوله‌های هیتر	۳۰۴۰	۳۰۴۰	۲۹۲۲	۲۹۲۲
تعداد مسیر آب در هر لیتر	۴	۴	۴	۴
مصرف حداکثر آب هر لیتر	۸۲۵	۸۲۵	۸۲۵	۹۸۵

^۱Bypass

۳-۴-۷-۱- هیترفشار قوی:

این هیترها به سیستم احیای فشارقوی معروف اند. هر واحد دارای دو هیترفشار قوی می باشد که از لوله های پوسته ای تشکیل شده اند و این لوله ها از جنس فولاد هستند. این لوله های پوسته ای توسط جوش به یکدیگر متصل می شوند.

هر هیتر دارای یک خنک کن بخار و یک خنک کن کندانسات بخار گرم کننده می باشد و هیتره های فشارقوی با شماره های ۶ و ۷ مشخص می شوند.

بخارگرم کننده هیتر ۷ از ری هیت سردو هیت ۶ از انشعاب سوم توربین IP تامین می شود و در تمام مسیرهای ورودی بخار به هیترها و الوهای برقی^۱ قرارداد (۷). پارامترهای مربوط به هیتره های فشارقوی در جدول ۲-۳ آمده است.

جدول (۲-۳) پارامترهای مربوط به هیتره های فشار ضعیف نیروگاه مفتاح (۷)

توضیحات	هیتر ۶	هیتر ۷
سطح کل به m^2	۱۳۰۰	۱۶۷۸
کولر بخار به m^2	۱۲۴	۱۳۴
کولر کندانسات به m^2	۱۸۷	۲۰۱
فشارکاری لوله ها به اتمسفر	۳۲۷	۳۲۴
فشارکاری پوسته به اتمسفر	۱۵/۹	۴۱/۸
میزان فلوی آب به t/h	۱۰۳۸	۱۰۳۸
نرخ تبادل حرارت cal/h	۳۶/۱	۶۱/۱
ماکزیمم دمای بخار به سانتیگراد	۴۲۵	۳۱۰

۳-۴-۷-۲- بوسترپمپ^۲:

نقش بوستر پمپ در هر واحد افزایش فشار بخار آب ورودی به بویلر می باشد. هر واحد دارای ۳ بوسترپمپ می باشد که دوتای آنها در سرویس و سومی در حالت رزرو قرارداد. میزان فلوی هر بوستر پمپ t/h ۶۰۰ و فشار کاری آنها ۲۴ اتمسفر است.

^۱Mov

^۲Booster Pump

فشارورودی بوسترپمپ‌ها فشار محفظه دیراتور همراه با ستون ۱۸ متری دیراتور می‌باشد. درجه آب ورودی به بوستر درحالت نرمال ۱۶۵ درجه سانتیگراد و سرعت دوران موتور ۲۹۷۵ rpm می‌باشد که مستقیماً با پمپ کوپل شده است. پمپاژ نوع سانتریفیوژ افقی با دو مکش بوده و در صورتیکه فشار خروجی ۲ بوسترپمپ از ۱۸ اتمسفر کمتر شود بوستر پمپ ۳ وارد عمل می‌شود (۷).

۳-۴-۷-۳- اجکتور پمپ^۱:

این پمپ دو نقش را ایفا می‌کند:

- ۱- تامین خلا در کندانسور در ابتدای راه اندازی واحد
 - ۲- خنک کاری کلیه تجهیزات و مبدل‌ها و کولرهای روغنکاری فیدپمپ‌ها
- دبی آب این پمپ‌ها ۳۲۰۰ t/h با فشارکاری ۵/۵ اتمسفر می‌باشد. و از نوع سانتریفیوژ یک مرحله‌ای با دو مکش می‌باشد.

۳-۴-۷-۴- اواپراتور^۲:

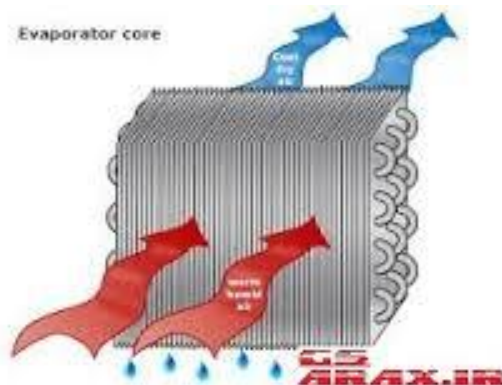
جهت تامین آب موردنیاز سیکل به مقدار حداکثر ۲۰ t/h طراحی شده است. به این صورت که ابتدا آب در هیتر شیمیایی با حرارتی که از بخار جذب می‌کند، پیش گرم شده سپس در دیراتور ۱/۲ اتمسفری گاززدایی و گرم می‌شود. و در اواپراتور در اثر گرفتن گرما از بخار تبخیر می‌شود. بخار شستشوشده به وسیله آب مقطر در کندانسور اواپراتور کندانسه می‌شود. آب مقطر تولید شده برای اینکه ترکیب و آنالیز مناسبی جهت سیکل داشته باشد به سمت کندانسور هدایت می‌شود.

اواپراتور هر واحد ۲ پمپ تغذیه دارد که آب گرم شده در دیراتور ۱/۲ اتمسفری را گرفته به وسیله افشانک‌هایی روی کویل پاشیده و بخار می‌شود. بخار توسط آب مقطری که از سمت پمپ‌های مرحله اول می‌آید شستشو می‌شود.

بخار خروجی از اواپراتور وارد کندانسور اواپراتور می‌شود و در کندانسور اواپراتور گرمای بخار حاصل از اواپراتور آب تغذیه داده می‌شود که این عمل جهت افزایش راندمان حداکثر استفاده از گرمای تولیدشده توسط بویلر می‌باشد (۷). (شکل ۳-۵)

¹Eject Pump

²Evaporator



شکل (۳-۵) اواپراتور (۳)

۳-۴-۸ سیستم‌های موجود در هر واحد

۳-۴-۸-۱ سیستم آب گردش

این سیستم جهت کولرهای روغن، آب، هوا و به طور عمده جهت کندانسه کردن بخار خروجی از توربین LP و IP و بازگرداندن کندانسات آن به سیکل طراحی شده است. سیکل آب گردش از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

- ۱- برج خنک کن
- ۲- پمپ‌های CW
- ۳- کانالها
- ۴- مجراها و لوله‌های گرداننده آب

آب برگشتی از کندانسور وارد سیستم خنک کننده به افشانک‌های فوقانی برج‌های خنک کن هدایت و از آنجا به سمت پایین پاشیده می‌شود. فن‌های برج که در بالای برج نصب شده‌اند با مکش هوا به طرف بالا جریان اجباری را برقرار می‌کنند تا باعث خنک شدن آب گردش برگشتی شوند.

آب خنک شده از طریق کانال‌هایی به محفظه ورودی پمپ‌های CW هدایت می‌شود و توسط پمپ‌ها به مسیر ارسال می‌شود. (۷)

۳-۴-۸-۲ مشخصات برج و پمپ‌های CW

مشخصات برج و پمپ‌های CW به صورت زیر است:

- تعداد پمپ‌ها ۲ دستگاه
- تعداد فن‌ها در هر برج ۱۲ دستگاه که هر کدام مصرف انرژی به اندازه ۵۰ تا ۶۰ کیلو وات ساعت دارند. (۷)

• تعداد پمپ‌های آب گردش‌ی هر واحد ۲ دستگاه است و از آنجا که هر کدام مصرف انرژی بالایی تا حد ۲ مگاوات ساعت دارند به ابر پمپ معروفند.

• میزان فلوی هر پمپ: $23000 \text{ m}^3/\text{h}$

• توان نامی: 1690 kw

• $H: 24/5 \text{ mwc}$

در ورودی پمپ‌های CW دو فیلتر ثابت برای جدا کردن ذرات فیزیکی بزرگ موجود در آب قرار دارد و یک فیلتر موسوم به اسکرین که به صورت تسمه‌ای توری شکل به طور عمودی قرار گرفته و ذرات کوچکتر از آب ورودی به CWP را جدا می‌کند. (۷)

۳-۴-۸-۳- مزایای گرم کردن آب تغذیه:

وقتی که بخار از توربین برای گرم کردن آب تغذیه خارج می‌شود مقداری از کار مکانیکی که می‌بایست توسط این بخار انجام شود عملی نمی‌شود. از طرفی با این عمل از گرمای نهان بخار در گرم کن‌های آب تغذیه استفاده می‌کنیم و از تلف شدن آن در کندانسور و انتقال گرمای نهانش به آب خنک کننده داخل کندانسور جلوگیری می‌کنیم و عملاً مشاهده می‌شود که بخار در این مرحله بیش از کاری که در توربین انجام می‌دهد نتیجه بخش بوده است.

همچنین می‌توان اندازه کندانسور را کوچکتر در نظر گرفت و چون درجه حرارت آب تغذیه به بویلر اضافه می‌شود. حرارت کمتری برای تبدیل آب به بخار خشک لازم است و می‌توان اندازه بویلر را کوچکتر در نظر گرفت.

رانندگی حرارتی توربین با استفاده از هیترهای آب تغذیه افزایش پیدا می‌کند اما از یک طرف در عمل به علت قیمت بالای هیترها، لوله‌های فشار بالا و والوها تعداد هیترها به لحاظ اقتصادی محدود می‌شود.

با وجود اینکه راندمان حرارتی توربین با افزایش درجه حرارت نهایی بخار (درجه بخار پس از خروج از سوپرهیترها) افزایش می‌یابد نباید فراموش کرد که توربین‌ها فقط جزئی از نیروگاه است و بالا رفتن بیش از حد حرارت بخارها باعث بالا رفتن درجه حرارت دودهای خروجی از دودکش کوره می‌شود. (۴)

۳-۴-۸-۴- سیستم آب بندی توربین

برای جلوگیری از مکش هوا به سیستم تحت خلا و خروج بخار به بیرون طراحی شده است. هرکدام از محفظه‌های آب بندی توسط لایبیرنت آب بندی می‌شود. توربین HP در هر سمت بویلر و ژنراتور چهار محفظه آب بندی دارد.

توربین IP در سمت بویلر چهار محفظه و در سمت ژنراتور دو محفظه دارد و توربین LP در دو طرف دو محفظه آب بندی بخار دارد. همچنین شفت توربین با سیستم بخار توربین اصلی آب بندی می‌شود. (۷)

۳-۴-۸-۵- سیستم روغن کاری اصلی توربین^۱

این سیستم وظیفه تامین روغن کاری یاتاقانهای توربین اصلی و فیدپمپ‌ها و توربوفیدپمپ را برعهده دارد. این سیستم دارای یک تانک روغن با ظرفیت 47 m^3 و ۴ دستگاه پمپ که دوتای آنها AC و دوتای دیگر DC می‌باشند.

همیشه پمپ‌های AC در سرویس بوده و پمپ‌های DC در حالت رزرو قرار دارند. دریچه خروجی پمپ‌ها مشترک بوده و خروجی پمپ‌های AC از کولرها عبور می‌کند. درحالی‌که خروجی پمپ‌های DC نه از کولر و نه از رگولاتور روغن کاری اصلی عبور نمی‌کند.

دمای روغن کاری در حدود 40 ± 5 درجه سانتیگراد بوده و سه دستگاه کولر جهت خنک کاری وجود دارد. یک رگولاتور روغن کاری اصلی توربین در سر راه خروجی مبدل‌ها قرار گرفته است که فشار روغن کاری توربین را در حدود $1/2 - 1/15$ اتمسفر تنظیم می‌کند.

پمپ‌های DC در مواقع اضطراری برای نگه داشتن فشار روغن هادر یاتاقان‌ها به میزان لازم قرار گرفته است. که روغن را در هنگام از کار افتادن احتمالی پمپ‌های AC از مخزن بدون گذشتن از کولرها به مسیر اصلی بعد از رگولاتور تزریق می‌کند.

۳-۴-۸-۶- مشخصات پمپ‌های DC

• میزان فلو: $430 \text{ m}^3/\text{h}$

• $H: 20 \text{ mwc}$

• سرعت: 1500 rpm

• توان: 48 kw

۳-۴-۹- مشخصات پمپ‌های AC

• میزان فلو: $500 \text{ m}^3/\text{h}$

^۱MHC

• H:۳۴ mwc

• سرعت: ۱۴۷۰ rpm

• توان: ۹۰ kw

معمولا با استارت اولیه پمپ MHC به مقدار ۴۲ cm از ارتفاع تانک کم می شود. (۷)

۳-۴-۱۰ تجهیزات سیستم روغن کاری

تجهیزات سیستم روغن کاری در زیر ذکر شده است:

• تانک روغن

• الکتروپمپ (AC و DC)

• کولر خنک کننده روغن

• فیلتر

• رگولاتور روغن کاری

• سانتریفوژ

• فن مکش بخارات تانک

۳-۴-۱۰-۱ سیستم آب خنک کن استاتور ژنراتور^۱

برای خنک کاری استاتور سیستمی تعبیه شده است که آب مقطر را در یک سیکل خنک کرده و به استاتور می فرستد و در آنجا یک دمنده هوا را از مبدل حرارتی که ایجاد می شود عبور می دهد. سیم پیچ استاتور توخالی بوده که جریان آب باعث خنک شدن آن می شود و علت استفاده از آب مقطر پایین بودن کندانسیویتیته آن می باشد (۷).

۳-۴-۱۰-۲ سیستم گرم کردن پین و فلنج

به علت محدودیت های متالورژیکی پوسته سیلندرهای توربین ها نمی توان در حالتی که پوسته ها سرد هستند بخار داغ را در توربین جریان داد. بنابراین جهت جلوگیری از ایجاد تنش های حرارتی سیستمی طراحی شده است، که بخار را از میان هایف جوینت پوسته از طریق حفره هایی که در آن وجود دارد عبور می دهد و قبل از رساندن توربین به دورنامی، پوسته را گرم می کنند.

در راه اندازی سرد سیستم پین و فلنج را وارد مدار می کنیم.

نرخ گرم کردن و یا کاهش دمای قسمت های با ضخامت بالای بویلر، خطوط لوله فشارقوی، استاپ و الوها و پوسته های توربین قبل از راه گیری به قرار زیر است:

¹HOC

- برای درجه حرارت فلزین $50-200^{\circ}\text{C}$
- نرخ افزایش با کاهش دما 4°C/mm
- برای درجه حرارت فلز بین $200-300^{\circ}\text{C}$
- نرخ افزایش یا کاهش دما 3°C/mm
- برای درجه حرارت فلزین $300-400^{\circ}\text{C}$
- نرخ افزایش یا کاهش دما 2°C/mm
- برای درجه حرارت فلزین $400-500^{\circ}\text{C}$
- نرخ افزایش یا کاهش دما 1°C/mm

در اینجا توجه به ۲ نکته ضرورت دارد: میزان افزایش دمای پوسته‌های HP و IP پس از بارگیری واحد نباید از 1°C/mm تجاوز کند و همچنین اختلاف درجه حرارت فلزی بین نقطه بالایی و پایین ورودی به سیلندرهای HP و IP نباید از 50°C درجه سانتیگراد بیشتر باشد. (۷)

۳-۵- راه اندازی واحد نیروگاه سیکل بخار

در زمان راه اندازی واحد مراحل استارت و گرم کردن اجزاء قسمت‌های مختلف بایستی طوری با هم همزمان انجام شوند تا واحد بتواند به آرامی در مدار قرار گیرد. برای پیشگیری از بروز مشکلات در راه اندازی و بدست آوردن راندمان بهتر داشتن اطلاعات دقیق از تمام قسمت‌ها اجتناب ناپذیر است.

درجه حرارت بیش از حد مجاز باعث می‌شود که درجه حرارت پوسته توربین بالا رفته و در اثر تنش حرارتی حاصله در آن تغییر شکل ایجاد شود بنابراین بسته به شرایط طراحی واحد، دستورالعمل‌های بهره برداری ویژه‌ای برای بویلر، توربین، ژنراتور و غیره تدوین شده است. در این دستورالعمل‌ها ترتیب انجام مراحل مختلف راه اندازی و طریقه گرم کردن تجهیزات به طور دقیق نوشته شده است (۷).

۳-۵-۱ انواع راه اندازی:

۳-۵-۱-۱ راه اندازی واحد از حالت سرد

زمانی به راه اندازی کلمه سرد اضافه می‌شود که واحد برای مدت زیادی خوابیده بوده است و درجه حرارت تمام قسمت‌ها بسیار کم باشد و درام فشار نداشته باشد. بنابراین برای گرم کردن پیکره سیستم زمان طولانی لازم است تا درجه حرارت مطلوب بدست آید. قبل از راه اندازی بایستی تست‌هایی و بازرسی‌هایی انجام شود که از آن جمله‌اند:

۱- موجودی آب لازم برای واحد و احتمال اضافه کردن آن به تانک ذخیره

- ۲- موجودی سوخت در تانک‌های ذخیره
 - ۳- تنظیم بودن سیستم اتمایزینگ سوخت^۱ (پودر شدن سوختها در مشعل ها)
 - ۴- حاضر بودن تجهیزات بویلر و بویلر کمکی برای تولید بخار برای مصارف واحد در راه اندازی
 - ۵- آماده بکار بودن و در سرویس قرار داشتن اندازه گیرها
 - ۶- تنظیم بودن کلیه والوهای اطمینان
 - ۷- سطح روغن در تانک روغن
 - ۸- عدم وجود قطعی در مدارات الکتریکی
 - ۹- تست و آزمایش کلیه والوها و دمپرها، کنترل از راه دور
 - ۱۰- آماده کردن مدارهای قدرت جهت پارالل کردن واحد
 - ۱۱- پمپ‌های راه اندازی و رزرو اضطراری روغن توربین را آماده و سیستم استارت اتوماتیکی پمپ‌های روغن توربین را که در موقع افت فشار در سرویس قرار می‌گیرند، تست می‌شوند.
 - ۱۲- استاپ والوها، گاورننگ والوها و سیستم‌های حفاظت توربین تست می‌شوند.
 - ۱۳- بازرسی از کلیه موارد ایمنی از جمله وجود و مسائل ضد حریق و وضعیت نرمال روشنایی
- پس از انجام بازرسی‌های لازم واحد، برای تغذیه آب و تغذیه بخار جهت مصارف داخلی آماده میگردد.
- مصارف داخلی عبارتند از گلندهای توربین، اجکتورها، دیاراتور و تجهیزات سوخت رسانی. سپس کندانسور و دیاراتور با آب بدون یون از طریق تانک ذخیره پر می‌شوند. سیستم آب خنک کن در سرویس قرار میگیرد، هیتروهای فشار ضعیف با ماگزیمم فلوی آب کندانسور در سرویس قرار می‌گیرند. پس از آن اجکتورهای راه اندازی اصلی و گلند کندانسور و مسیر آب تغذیه به هیتروهای فشار قوی آماده شده و یکی از فیدپمپ‌ها استارت می‌گردد و بدین ترتیب بویلر آبگیری می‌شود. پس از روشن کردن فیدپمپ‌ها ونت‌های هوای خط تغذیه را باز کرده و تا پر شدن سیستم این کار بایستی با دبی کم انجام شود تا از ضربه قوچ جلوگیری شود. خط تغذیه هنگامی پر شده است که آب به طور مداوم از ونتها جریان یابد.
- هنگام پرکردن درام از آب بایستی به نکات زیر توجه کرد:

^۱Fuel Atomizing

- ۱- اختلاف درجه حرارت بین آب ورودی و بدنه درام
- ۲- کنترل سطح آب درام
- ۳- هنگامیکه سطح آب به مقدار راه اندازی رسید بایستی آبیگری را متوقف نمود
- ۴- از مسدود نبودن بلورانه‌های بویلر بایستی مطمئن بود که اینکار با مقداری درین کردن آب چک می‌شود.

در بویلرهای بدون درام ونت‌های بویلر زیر نظر گرفته می‌شود و آنها را به ترتیب بعد از آنکه از آنها به طور قطعی آب خارج گردید، می‌بندند. معمولاً پس از پر شدن بویلر عمل هواگیری را برای مدت کوتاهی تکرار می‌کنند، پس از آبیگری بویلر تغذیه آب به بویلر ممکن است قطع گردد. در صورتیکه بخواهیم بویلر را تا حد معینی پر کنیم می‌توانیم این عمل را به صورتیکه در بالا توضیح داده شد انجام دهیم با این تفاوت که ونت هایی از بویلر را در سطح مورد نظر (اکونومایزر یا اوپراتور) باز گذاشته و هنگامیکه جریان آب مداوم از آنها جاری شد بویلر تا آن سطح پر شده است. همزمان با پر کردن بویلر توسط آب، خط تغذیه بخار برای گرم کردن درام آماده می‌شود این کار ۱۰ تا ۱۵ دقیقه قبل از روشن کردن مشعل‌ها انجام می‌شود. بخار گرم کن درام از منبع خارجی تأمین می‌گردد که عبارتند از واحدهای در حال کار یا بویلر کمکی.

برای آماده کردن مسیر سوخت به مشعل‌ها والوهای مسیر دی سیرکوله را باز کرده و والو روی مسیر اصلی حدوداً ۲۰٪ و والو مسیر برگشت ۱۰۰٪ باز می‌شود. با تغییر جهت حرکت سوخت لوله‌های مشعل‌ها را گرم و توسط کنترل والو فشار سوخت قبل از مشعل‌ها تنظیم می‌شود. برای آماده کردن یک مشعل ابتدا قطعات آنرا چک کرده و پس از اطمینان از سالم بودن آنها کیفیت اتمیزه کردن و ظرفیت و زاویه مخروط آن تست می‌گردد. روشن کردن بویلر با روشن کردن مشعل‌ها از اولین آنها با سوخت راه انداز آغاز می‌شود که می‌تواند به صورت جفت مشعل یا تک تک ادامه یابد.

با توجه به دستور العمل راه اندازی و منحنی‌های بهره برداری مربوط به هر نیروگاه در حین انجام راه اندازی بویلر کارهای مربوط به آماده سازی توربین نیز انجام می‌شود.

ابتدا سیستم روغنکاری توربین در سرویس قرار می‌گیرد. درجه حرارت روغن برای سیستم روغنکاری یاتاقان‌ها بایستی بین حدود مجاز خود باشد. پس از کنترل فشار روغن و اطمینان از رسیدن روغن به یاتاقان‌ها ترنینگیر در سرویس قرار داده می‌شود. بعد از اطمینان از

کار نرمال موتور کمکی روتور (ترنینگیر)^۱ سیستم گاورنینگ^۲ و حفاظت توربین آماده و در سرویس قرار میگیرد و سیستم محدود کننده توان^۳ کنترل می شود. پس از در سرویس قرار گرفتن سیستم نظارت توربین (سوپروایزری) و تست حفاظت های توربین بخار به گلندهای توربین^۴ فرستاده میشود. سپس سیستم های گلندکندانسور، هیترهای سیکل، مسیرهای راه اندازی لوله های بخار اصلی و بخار ریهیت آماده به کار می شوند. کلیه دریچه های مسیر بخار اصلی و ریهیت و زیرکش های توربین باز می گردند و پس از رسیدن بخار به شرایط مجاز می توان توربین را دور داد.

قبل از دور دادن توربین موارد زیر چک می شود:

- ۱- خلاء کندانسور
- ۲- خمش روتور
- ۳- اختلاف فشار روغن سیل ژنراتور و هیدروژن
- ۴- درجه حرارت روغن توربین بعد از کولرها
- ۵- مقادیر انبساط نسبی در حد مجاز باشد.

پس از ثابت شدن شرایط فوق می توان روتور توربین را بوسیله بخار به گردش درآورد و البته پس از رسیدن دور به حد معین از درگیر نبودن ترنینگیر اطمینان حاصل نمود. از این به بعد بایستی کاملاً طبق منحنی های بهره برداری عمل کرد و در دورهایی که از طرف سازنده توصیه شده اضافه کردن دور را متوقف نمود و کلیه شرایط توربین چک و سپس دور اضافه شود. پمپ اصلی روغن در دور تعیین شده بایستی در سرویس قرار گیرد و دقت نمود در هنگام دور دادن از دورهای بحرانی به سرعت عبور کرد تا از لرزش سیستم جلوگیری شود.

در حین دور دادن موارد زیر به طور دائم چک و کنترل می شوند:

- ۱- لرزش یاتاقان ها
- ۲- انبساط پوسته توربین
- ۳- درجه حرارت فلز سوپرهیترها
- ۴- کیفیت احتراق در کوره
- ۵- سطح آب در کندانسور، هیترها، درام و دیاراتور
- ۶- فشار روغن یاتاقان ها و روغن کنترل و هیدرولیک توربین

¹Terningir
²Steam Turbine Governing
³Load limit
⁴Turbine Gland

- ۷- ازدیاد طول نسبی روتور
- ۸- درجه حرارت فلز توربین و لوله‌های بخار
- ۹- حرکت محوری روتور
- ۱۰- انبساط لوله‌های دیواره‌ای بویلر
- ۱۱- اختلاف فشار روغن سیل و هیدروژن
- ۱۲- درجه حرارت باییت (جنس کف یاتاقان‌هاست و آلیاژیست که از ۸۵ درصد قلع، ۷ درصد مس و... ساخته شده است) یاتاقان‌ها (۷)

۳-۵-۱-۲- راه اندازی واحد از حالت گرم

هنگامیکه درجه حرارت پوسته توربین بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد باشد واحد گرم تلقی می‌شود. در این نوع راه اندازی سیستم ریپیت و قسمتهای ورودی بخار به توربین گرم می‌شوند. عملیات مقدماتی مانند راه اندازی سرد می‌باشد با این تفاوت که هنگام آماده نمودن مسیرهای بخار اصلی، استپ والوهای توربین^۱، والوهای اصلی بخار و بای پاس‌های آنها، والوهای درین سوپرهیترها، والوهای سرریز اضطراری درام و والوهای مسیر ونت بعد از سوپرهیترها بسته نگاه داشته می‌شوند و درام را تا سطح راه اندازی آبیگری می‌کنند. در بویلرهای بدون درام قبل از روشن کردن اولین مشعل هر گونه بخار جمع شده در اکونومایزر باید خارج گردد. بدین دلیل اکونومایزر باید بوسیله فیدواتر پرژ شود و این عمل باید آنقدر تکرار گردد تا مقدار جریان آب تغذیه بعد از فیدپمپ برابر با جریان آبی که از اواپراتور عبور می‌کند بشود، بعد از آنکه بخار اکونومایزر بوسیله فیدواتر تخلیه شد درجه حرارت فیدواتر بعد از اکونومایزر باید کمتر از درجه حرارت اشباع باشد. قبل از روشن کردن مشعل‌ها درین‌های سوپرهیتر باز می‌شوند و تا افت فشار درام ادامه می‌یابد.

بویلر را مانند حالت سرد روشن کرده و همزمان با روشن کردن مشعل‌ها سیستم گرمکن درام در سرویس قرار داده می‌شود و در صورت وجود بای پاس پس از روشن کردن مشعل فشار آن توسط میزان سوخت و درجه حرارت بخار کنترل میگردد. عملیات مقدماتی برای راه اندازی توربین مانند راه اندازی سرد می‌باشد با این تفاوت که لوله‌های بخار اصلی و والوها کمی سریعتر گرم شده و مدت زمان کمتری برای گرم کردن سیستم ریپیت و تست ورودی بخار صرف می‌شود. در راه اندازی گرم افزایش دور روتور بوسیله عبور بخار از بای پاس والوهای اصلی انجام می‌گیرد و در دوره‌های پائین چند دقیقه تأمل کافی است و رسیدن به دور

^۱Turbine Step Valves

نامی کمتر از ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامد ولی بایستی کلیه شرایط توربین و بخار طبق منحنی‌های بهره‌برداری بوده و مطابق آنها دور دادن و بارگیری انجام شود. (۷)

۳-۵-۱-۳- راه اندازی داغ

هنگامیکه درجه حرارت پوسته توربین بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد باشد و یا بویلر و توربین تریپ اضطراری داده شده باشند واحد داغ تلقی می‌شود. در این نوع راه اندازی احتیاجی به گرم کردن مسیر ریهیت و درام نمی‌باشد. پس از بررسی علل و رفع اشکال ایجاد شده، بویلر برای روشن شدن آماده می‌شود. برای اینکار ژونگستروم و F.D.FAN ها در صورتیکه در سرویس نباشند روشن خواهند شد. حدود ۱۰ دقیقه مسیر دود و هوا پرژ شده و سیستم سوخت رسانی به بویلر آماده می‌شود. فیدپمپ استارت می‌گردد و درام را تا سطح راه اندازی آبگیری می‌نمایند.

قبل از روشن کردن مشعل‌ها درین‌های سوپرهیت‌ها به مدت چند دقیقه‌ای باز خواهند ماند. وقتی خلاء کندانسور به حد مجاز رسید بویلر راه اندازی می‌شود و به گلندهای توربین فشار قوی و فشار متوسط بخار رسانده می‌شود تا انبساط نسبی روتور به اندازه مثبت برسد. بوسیله اسپری آب در دی سوپرهیت‌ها درجه حرارت بخار تنظیم می‌گردد. دور دادن و بارگیری از واحد مانند راه اندازی سرد طبق منحنی‌های راه اندازی و با توجه به شرایط توربین انجام می‌گیرد. در این نوع راه اندازی در دورهای پائین تقریباً توقفی نداشته و دور خیلی سریع به دور نامی رسانده می‌شود و بار اولیه‌ای که از واحد گرفته می‌شود بیشتر از راه اندازی سرد می‌باشد.

همانطور که قبلاً گفته شد راه انداز واحد بایستی مطابق دستور العمل خاص واحد و منحنی‌های ارائه شده از طرف شرکت سازنده صورت گیرد البته همیشه نمی‌توان دقیقاً طبق این منحنی‌ها پیش رفت ولی بایستی دقت شود سیستم در سمتی پیش رود که اپراتور مطمئن باشد قادر به کنترل واحد می‌باشد.

۳-۵-۲- مراحل راه اندازی

- آبگیری مخازن از کندانسور بزرگ (تانک ذخیره آب مقطر)
- کندانسیت پمپ مرحله اول (کن یک) با یک پمپ شروع به کار می‌کند
- با شروع پمپ کن یک سیستم بو (فیلترها) فعال می‌شوند
- کندانسیت مرحله دوم (کن دو) وارد مدار می‌شوند
- دیراتور ۷ اتمسفری از کن دو آب گیری می‌کند

• مرحله **BY PASS** بوستر پمپ ها

- آب بوستر پمپ به دیراتور برمی گردد تا عمل اکسیژن گیری به حد نرمال ۵٪ برسد
- آبگیری بویلر از بوستر پمپ تا پر شدن لوله های بویلر به حجم ۱۰۰۰t با یک بوستر

پمپ

- فیدپمپ زدن (چرخش آب از بوستر به فیدپمپ)
- مشعل زدن برای دستیابی به دما و فشار لازم بخار آب
- دوردادن توربین (خارج کردن توربین از ترنینگیر) به ترتیب ازدورهای ۸۰۰-۱۶۰۰-۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ دور

- اتصال تحریک به مدار (وارد شدن اکسایتر)
- دستیابی به ولتاژ ۲۰ کیلو ولت از خروجی ژنراتور
- پارالل شدن توربین با شبکه سراسری
- تازمان تولید بار ۱۸۰ مگاوات تنها یک بوستر پمپ و یک فید پمپ در مدار است و از ۱۸۰ مگا وات به بالا هر دو بوستر پمپ وارد مدار می شوند. (۷)

۳-۶- وظائف اپراتور سیکل و برج خنک کن

- ۱- کنترل و نظارت بر سطح هیتراهای فشار قوی، فشار ضعیف و کندانسور
- ۲- در سرویس قرارداد و از سرویس خارج کردن هیترا و آماده سازی جهت کار تعمیرات
- ۳- آبگیری هیتراهای فشار ضعیف و فشار قوی
- ۴- گرم کردن و در سرویس قرارداد فیدپمپ ها و تخلیه و خارج کردن آنها از سرویس جهت انجام کارهای تعمیراتی
- ۵- کنترل و نظارت بر سیستم آب خنک کن، آب تغذیه و روغن
- ۶- کنترل نظارت بر کار عادی دستگاه های کندانسه، فیدپمپ ها، کندانسه پمپها، دریپ پمپ ها، پمپ های روغن فید پمپ ها، پمپ های میک آپ و پمپ های آب خام
- ۷- نوشتن گزارش های ساعتی و دفتر گزارش
- ۸- تمیز کردن یاتاقان ها و دستگاه های سیکل
- ۹- باز و بسته کردن والوها
- ۱۰- آماده سازی برج جهت راه اندازی و همچنین جهت انجام کارهای تعمیراتی
- ۱۱- آماده سازی پمپ سیرکوله آب خنک کن جهت راه اندازی و توقف

۱۲- کنترل درجه حرارت آب برج و پیشگیری از یخ زدگی (۷)

۳-۷- مدارهای کنترل سیستم‌های نیروگاه

بنا بر تعریف سیستم‌های کنترل از اجزائی تشکیل شده‌اند که در ارتباط با یکدیگر کار خاصی را در جهت هدفی معین انجام می‌دهند. بنابراین یک واحد نیروگاهی به عنوان یک سیستم تبدیل و تولید انرژی دارای مشخصه‌های فوق می‌باشد.

۳-۷-۱ کنترل بویلر

منظور از کنترل بویلر تنظیم شرایط بخار خروجی بویلر از نظر دبی، فشار و درجه حرارت می‌باشد. ورودی‌های بویلر به طور کلی عبارتند از سوخت، هوا و آب تغذیه که با توجه به این ورودی‌ها عمده خروجی بویلر درجه حرارت بخار سوپرهیت می‌باشد (۷).

۳-۷-۲ کنترل احتراق

سیگنال اصلی کنترل بویلر (بویلر مستر) بر سه پارامتر مهم بایستی تأثیر داشته باشد که عبارتند از سوخت، هوا و آب، و تقدم تأخر اثر آنها با اهمیت می‌باشد مثلاً قبل از ورود سوخت، بایستی هوا به بویلر وارد شده باشد و برای کم کردن بار واحد ابتدا سوخت کم می‌شود و سپس هوا، این عمل توسط سیستم محدود کننده ضربدری^۱ انجام می‌شود و سیگنال‌های خروجی این سیستم به عنوان نقطه تنظیم^۲ حلقه کنترل سوخت و هوا استفاده می‌شود.

برای کنترل سوخت می‌توان از مدار روبرو استفاده کرد. این سیستم بسیار گران و غیر اقتصادی است و از آن استفاده چندانی نمی‌شود زیرا فشار سوخت را نمی‌توانیم زیاد بالا ببریم و سوخت را در یک حلقه به گردش درآورده و علاوه بر کنترل فشار (توسط شیر کنترل در مسیر برگشت سوخت)، اثر اصطکاک استاتیکی مایع سوخت را خنثی نموده و سوخت می‌تواند بدون تأخیر در موقع نیاز وارد مشعل شود.

در بعضی موارد سوخت را قبل از گرم‌کن به مسیر برگشت هدایت نموده تا سوختی که مصرف نمی‌شود گرم نشده و در انرژی صرفه جویی شود، کنترل سوخت برگشتی توسط کنترل والو مربوطه صورت می‌گیرد که فرمان این شیر یا از فشار بعد از هیتر صادر می‌شود و یا از موقعیت والو اصلی مسیر برگشت.

^۱ Cross Limit

^۲ Set Point

در استفاده از سوخت گازی بخاطر حجم زیاد سوخت معمولاً در مسیر برگشت از دو کنترل والو به صورت موازی استفاده می‌شود.

برای کنترل هوا معمولاً چند مشعل توأمآ کنترل می‌شوند و کنترل موردی وجود دارد که تمام مشعلها یک جا کنترل شوند.

البته کنترل تک تک مشعلها حالت خوبی به نظر می‌رسد ولی بخاطر مسائل تکنولوژیکی مقرون به صرفه نمی‌باشد. به جهت اینکه فشار هوا قبل از مشعلها بایستی ثابت باشد (بدون توجه به تعداد آنها) لذا فشار هدر اندازه گیری شده و فرمان لازم را برای دمپرهای پس از فن‌ها ارسال می‌دارد.

۳-۷-۳ کنترل آب تغذیه

هدف از کنترل آب تغذیه، تنظیم دبی آب تغذیه بگونه‌ای می‌باشد که سطح آب درام در تمام شرایط در یک حد مشخصی باقی بماند. یکی از روش‌ها این است که فشار درام را اندازه گیری کرده با ست پوینت مقایسه شده و به کنترل والو سرعت پمپ (کوپلینگ هیدرولیکی) اعمال شود. از طرفی چون عمل این کوپلینگ کند است از یک حلقه کنترل سریع در داخل یک حلقه کنترل کند استفاده میشود. در وهله اول که احتیاج به دبی آب کم داریم کنترل روی والو انجام می‌گیرد و اگر دبی زیاد نیاز باشد کنترل روی دور پمپ انجام می‌شود. برای کنترل بهتر از دو والو موازی استفاده می‌شود که برای درصدی از بار از والو رنج پائین و برای بقیه بار از والو رنج بالا استفاده می‌شود. به علت حساسیت و خطاهای اندازه گیری، سیستم کنترل آب تغذیه پیچیده ترین حلقه‌های کنترل می‌باشد که معمولاً از مدار کنترل سه عنصری (سطح درام، فلوی بخار، فلوی آب تغذیه) استفاده می‌شود. (۵)

۳-۷-۴ کنترل درجه حرارت

درجه حرارت بخار خروجی از بویلر بایستی ثابت باشد شکل عمده، تأخیر موجود در سیستم است. برای اینکه این تأخیر را کم کنیم درجه حرارت قبل از سوپرهیتر اندازه گیری می‌شود تا تغییر در درجه حرارت خروجی زودتر حدس زده شود چون امکان دارد بخار هنگام عبور از لوله‌های سوپرهیتر با دمای متفاوت خارج گردد لذا از دو طرف سوپرهیتر اندازه گیری درجه حرارت انجام می‌شود. چون ممکن است که آب اسپری نتواند درجه حرارت را کنترل کند از سیستم‌های کمکی استفاده می‌شود این سیستم‌ها عبارتند از G.R.FAN و تغییر زاویه مشعل‌ها که فقط در بویلرهای که مشعل‌ها در گوشه‌های بویلر قرار دارند استفاده می‌شود و با تغییر زاویه مشعل‌ها انرژی تشعشعی تغییر داده می‌شود. (۷)

۳-۷-۵ کنترل توربین

خروجی کنترل شونده در یک توربین دور آن بوده و ورودی کنترل کننده میزان دبی بخار ورودی با کیفیت ثابت (درجه حرارت، چگالی، ...) می‌باشد. مکانیزم کنترل توربین هیدرولیکی است که روغن آن توسط پمپ تأمین می‌شود. سیستم‌های هیدرولیکی مینیمم گیر هستند یعنی آن سیستم کنترل که کمترین فشار روغن کنترل را داشته باشد در کنترل گاورنینگ والوها دخالت می‌کند.

فرمان والو ورودی توربین از حلقه کنترل هیدرولیک صادر می‌شود. از عوامل مؤثر روی حلقه کنترل فشار قبل از والو می‌باشد تا در اثر زیاد باز شدن والو افت فشار بیش از حد ایجاد نگردد. سرعت و شتاب توربین بسیار مهم هستند و در حلقه کنترل مؤثر می‌باشند (حلقه‌های کنترل سرعت و شتاب). فشار کندانسور برای توربین محدودیت ایجاد می‌کند و در کار آن مؤثر است (حلقه کنترل فشار کندانسور) کنترل بار از عوامل مهم و مؤثر در کار توربین است. درجه حرارت طبقات آخر توربین LP بخصوص موقعی که توربین بی بار کار می‌کند بسیار بالا می‌رود و حتی احتمال ذوب شدن آنها می‌رود و بایستی بوسیله سیستم کنترلی بتوان با پاشیدن آب آن را خنک کرد. (۷)

۳-۷-۶ کنترل ژنراتور

خروجی ژنراتور به عنوان خروجی اصلی یک نیروگاه می‌باشد بنابراین اصل کنترل باید بر اساس پارامترهای کنترل شونده خروجی باشند. خروجی متغیر از یک ژنراتور، جریان مؤثر آن بوده و خروجی‌های تنظیم شونده ولتاژ فرکانس می‌باشند. حلقه کنترل AVR^۱ برای کنترل ژنراتور به کار می‌رود. با یک PT ولتاژ اندازه گیری می‌گردد و به جریان تبدیل می‌شود و بوسیله کنترلر PID به ترستورها داده می‌شود که با تغییر زاویه آتش آنها جریان تحریک تغییر می‌کند. همچنین از محدود کننده حد بالا و پائین برای ولتاژ استفاده می‌شود. چون پس از ترانس اصلی افت ولتاژ خواهیم داشت جریان عبوری را نیز اندازه گیری کرده و با ولتاژ جمع می‌کنند تا اگر جریان زیادی نیز از ژنراتور گرفته شد ولتاژ ثابت بماند. (۷)

۳-۸- نیروگاههای Back - pressure

در نیروگاههای بخار معمولی، بخار فشار بالا در بویلر تولید می‌شود که اصطلاحاً به آن بخار زنده اطلاق می‌شود. این بخار از میان توربین عبور می‌کند و پس از انبساط کامل، با فشار

^۱Automatic Voltage Regulator

پایین وارد یک کندانسور می‌شود. در این بخش حرارت باقیمانده در این بخار با هوا یا آب منتقل می‌شود.

در یک توربین Back - pressure بخار از قسمت‌های میانی توربین و با فشار بالاتر خارج می‌شود و از این بخار به منظور استفاده در مصارف گرمایشی استفاده می‌شود. این بخار می‌تواند مستقیماً به عنوان بخار فرآیند (مثلاً در ماشین‌های کاغذسازی) یا بعنوان سیال گرم در یک مبدل حرارتی برای گرم کردن آب مورد استفاده در سیستم‌های گرمایشی ناحیه‌ای مورد استفاد قرار گیرد. (۷)

۳-۸-۱ نیروگاه‌های Back - pressure صنعتی

در نیروگاه‌های صنعتی Back - pressure معمولاً فشار پشت توربین در بارهای کامل و جزئی و با در نظر گرفتن شرایط فرآیند ثابت نگه داشته می‌شود. همچنین می‌توان از قسمت‌های میانی توربین نیز مقداری از بخار را با کیفیت بالاتر استخراج نمود. این بخار می‌تواند در فرآیندهای صنعتی استفاده شود یا به مصرف داخلی نیروگاه برسد. در صورتیکه این بخار به مصرف داخلی نیروگاه برسد به آن CHP اطلاق نمی‌شود. هرچه بخار با فشار بالاتر از توربین استخراج شود میزان برق تولیدی کمتر خواهد بود در سیستم‌های صنعتی به علت زیاد بودن پارامترهای مختلف که بر روی ورودی و خروجی یک پروسه صنعتی تأثیر می‌گذارد و نیز به جهت بهتر کنترل نمودن پروسه این پارامترها باید لحظه به لحظه چک و اندازه گیری شود. این عمل باعث می‌شود که اپراتورهای بهره برداری هر پروسه با داشتن اطلاعات کافی از قسمت‌های مختلف سیستم در بهره برداری و رفتار سیستم از نظر روند کار و اتفاقات احتمالی در آینده موفق تر باشند. نیروگاه‌های بزرگ با قدرت‌های بسیار بالا نیز از این امر مستثنی نمی‌باشند و پارامترهای لازم با توجه به اهمیت آنها تقسیم بندی می‌شوند. این پارامترها با توجه به میزان اهمیتشان توسط نشان‌دهنده‌ها و اندازه گیری‌های با حساسیت و دقت مناسب اندازه گیری و ثبت می‌شوند.

در اطاق فرمان همیشه سعی می‌شود کلیه اطلاعات مربوط به واحد در دید اپراتورها و مهندسین شیفت قرار داده شوند و با پیشرفت هائی که امروزه در صنعت برق بوجود آمده حتی سعی شده است که اطاق فرمان را با یک کامپیوتر کوچک تجهیز نمایند تا امر بهره برداری راحتتر و دقیق تر صورت گیرد. محیط اطاق فرمان باید بگونه‌ای طرح شده باشد که از هرگونه سر و صداهای اضافی ناشی از تجهیزات محفوظ و ایزوله گردد. اطاق فرمان نیروگاه اصولاً شامل چند قسمت می‌باشد که هر قسمت آن توسط یک یا چند اپراتور قابل کنترل می‌باشد و

افراد کمکی در صورت بروز حادثه و یا اتفاقی ناگهانی به کمک آنها می‌آیند. این قسمت‌ها عبارتند از:

- ۱- پانل مربوط به بویلر که شامل میز فرمان و کنترل پانل است.
- ۲- پانل مربوط به سیکل و میز فرمان
- ۳- پانل مربوط به توربین و میز فرمان
- ۴- پانل مربوط به ژنراتور و میز فرمان
- ۵- پانل مربوط به تأسیسات (آتش نشانی، تهویه، آسانسورها، قسمت شیمی و هیدروژن پلنت)

۶- پانل مربوط به باسبارهای تغذیه و ترانس‌های تغذیه شبکه و نیروگاه
موارد فوق در اطاق فرمان تعبیه شده‌اند و هر یک دارای تجهیزاتی هستند که ذیلاً توضیح داده می‌شود. در پشت هر یک از اینها ترمین‌ها و کابل‌های مربوطه قرار دارند. در پشت اطاق فرمان نیز پانل‌هایی جهت کنترل نیروگاه وجود دارد که عبارتند از:

- ۱- پانل مربوط به آلارم‌ها و تغذیه آنها
 - ۲- پانل مربوط به استارت و استپ و مراحل راه اندازی پمپ‌ها و فن‌ها
 - ۳- پانل مربوط به سیستم کنترل
 - ۴- پانل مربوط به رله و حفاظت و یترلاک‌ها
- بطور کلی تجهیزات به کار برده شده در یک واحد کنترل نیروگاه به سه دسته تقسیم می‌شوند؛ نشاندهنده‌ها، ثباتها و کنترل کننده‌ها. نشاندهنده یا به صورت آلارمی می‌باشند یا به صورت عقربه ای. نشاندهنده‌های آلارمی که جزو سیستم‌های کنترل ترتیبی (دیجیتالی) می‌باشند فقط نقاط حساس یک سیستم مورد نظر که تحت کنترل و اندازه گیری است را نشان می‌دهد مانند نقاط حد قبل از تریپ و نقطه تریپ. نشاندهنده‌های عقربه‌ای پارامترهای تحت اندازه گیری را لحظه به لحظه نشان می‌دهد ولی به علت نداشتن حافظه مقدار لحظه‌ای را نشان می‌دهد. این نشاندهنده‌ها از نظر ساختمانی دارای یک سیستم قاب گردان و آهن بای دائمی می‌باشند که توسط سیگنال‌های الکتریکی وارده تحریک می‌شوند این نشاندهنده‌ها یا دارای عقربه‌های با حرکت دورانی می‌باشند و یا با حرکت عمودی در جهت بالا و پائین.

در قدیم نشاندهنده‌ها یا مانومتری بودند یا دارای بوردون و دیافراگم بودند ولی جدیداً از نوع الکتریکی استفاده می‌شود که سیگنال آنها $0-20\text{ mA}$ و $4-20\text{ mA}$ و $1-5\text{ V}$ می‌باشد و مستقیماً کنترل به اطاق فرمان کشیده شده‌اند. بعضی از نشاندهنده‌ها مثل هوای

ورودی و خروجی F.D.FAN به صورت مستقیم تا پشت اطاق فرمان آورده شده‌اند و توسط نشاندهنده‌های دیافراگمی و اهرمی نشان داده می‌شوند. لازم به ذکر است که این نوع نشاندهنده‌ها را آنالوگی یا پیوسته می‌گویند و نوع دیگری از این نشاندهنده‌ها که به صورت عددی پارامترها را نشان می‌دهند را دیجیتالی یا ناپیوسته گویند.

ثبات‌ها نیز به دو دسته آنالوگ و دیجیتالی تقسیم می‌شوند. ثبات‌های آنالوگ علاوه بر نشان دادن مقادیر در هر لحظه مقادیر اندازه‌گیری شده را بر روی کاغذهای متحرک نسبت به زمان ثبت می‌کند این نوع ثبات مقادیر لحظه به لحظه و ثانیه به ثانیه را بر روی کاغذ ثبت می‌کند و اپراتور میتواند شرائط پارامترها را قبل از وقوع تریپ ملاحظه کند. این نوع ثبات‌ها بیشتر برای اندازه‌گیری پارامترهای مهم بکار برده می‌شوند. سیگنال‌های محرک این ثبات‌ها در نیروگاه‌های قدیمی نیوماتیکی و در نیروگاه‌های جدید الکتریکی می‌باشند.

ثبات‌های دیجیتالی مقادیر اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های اندازه‌گیر را به صورت ناپیوسته بر روی صفحات مدرج شده بر حسب زمان ثبت می‌کند. این ثبات‌ها در هر لحظه یکی از پارامترهای اندازه‌گیری شده را ثبت می‌کند. در یک دستگاه ثبات معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ نقطه ثبت می‌شود به طوریکه فاصله زمانی اولین نقطه تا نقطه دوم ۵ تا ۱۵ ثانیه طول می‌کشد در این فاصله نقاط دیگر ثبت می‌شود.

در اطاق فرمان اپراتور فقط توسط یک سری کنترلرهاست که می‌تواند فرمانی را به سیستم اعمال کند و یا توسط آنها کنترل سیستم را بر روی دست و یا اتومات قرار دهد از جمله آنها سیستم Auto/Hand است که دارای یک سلکتور مربوط به انتخاب دست یا اتومات است و یک سلکتور جهت انتخاب سیگنال اندازه‌گیری شده و یا خطا^۱ و یا موقعیت^۲ بکار برده شده است. لازم است زمانیکه سیستم بر روی دست است فقط از دستی پتانسیومتر مربوط به سیستم دستی استفاده شود و زمانیکه سیستم بر روی اتومات است از طریق ست پوینت و یا بایاس به سیستم کنترل فرمان داده شود زیرا زمانیکه سیستم روی اتومات است فرمان از طریق سیستم کنترل اعمال می‌شود. نکته‌ای که لازم تذکر داده شود اینست که در لحظه انتقال سلکتور از دست به اتومات باید ابتدا خطا را چک کرد اگر مقدار آن صفر شد یعنی عقربه اندازه‌گیری Meas و Pos مقابل هم قرار داشتند مجاز به انجام این عمل هستیم. انواع این کنترلرها عبارتند از: نیوماتیکی، الکتریکی پتانسیومتری و الکتریکی پوش باتونی.

^۱DEV

^۲POS

در قدیم کلیدها مکانیکی بودند ولی امروزه دیگر از کلیدها و پوش باتون‌های الکتریکی استفاده می‌شود. پوش باتون خود دارای لامپ نشاندهنده موقعیت است که معمولاً از رنگ قرمز برای استپ و از رنگ سبز برای استارت استفاده می‌شود و بین این دو حالت را به رنگ زرد یا نارنجی نشان می‌دهند، این رنگ نشاندهنده توقف مراحل عملیات ترتیبی یک سیستم. مثلاً برای استارت فید پمپ اگر یکی از این مراحل دچار نقص شود با روشن شدن این رنگ اپراتور متوجه بوجود آمدن عیب در یکی از مراحل ترتیبی استارت پمپ می‌شود.

در کلیه نیروگاه‌ها اختراهای جهت اطلاع اپراتورها بکار برده می‌شود تا قبل از وقوع هر نوع حادثه‌ای به رفع عیب یا نواقص ایجاد شده بپردازند. لذا برای اینکار از بوق و لامپ استفاده می‌شود. از بوق اختار معمولاً برای تریپ و از زنگ و لامپ برای آلام معمولی استفاده می‌شود. معمولاً در روی میزفرمان توسط یک کلید می‌توان کلید لامپ‌ها را تست نمود و از صحت آنها اطمینان حاصل نمود و همچنین توسط یک پوش باتون می‌توان لامپ آلام را ثابت یا ری ست کرد. (۷)

۳-۹- تجهیزات اطاق فرمان قسمت بویلر

سیستم بویلر به لحاظ اهمیت متنوع بودن ورودی و خروجی‌های آن دارای نشاندهنده‌های گوناگون جهت قرائت و ثبت پارامترهای مختلف می‌باشد. در بعضی موارد که برای اندازه گیری پارامترهای مختلف از چندین نشاندهنده از انواع مختلف استفاده می‌شود به این علت است که بعضی از این پارامترها باید تغییراتش خیلی سریع توسط اپراتور تشخیص داده شود مثلاً تغییرات درجه حرارت سوپرهیتر علاوه بر اینکه توسط ثبات ثبت می‌شود توسط نشاندهنده عقربه‌ای قابل قرائت می‌باشد.

قسمت‌های مختلف از یک بویلر که پارامترهای آن مورد توجه می‌باشند عبارتند از:

- ۱- سیستم‌های اندازه گیری در مسیر سوخت
- ۲- سیستم‌های اندازه گیری در مسیر هوا
- ۳- سیستم‌های اندازه گیری در مسیر آب تغذیه
- ۴- سیستم‌های اندازه گیری در مسیر بخار خروجی

سیستم‌های به کار برده شده در مسیر سوخت عبارتند از: نشاندهنده‌های عقربه‌ای برای قرائت فشار سوخت گازوئیل در مسیر مشعل‌ها، نشاندهنده‌های فشار هدر سوخت مازوت،

فشار بخار کمکی، فشار سوخت مازوت در سر مشعل‌ها، دبی مازوت، اندازه گیری فشار و دبی گاز مصرفی.

پارامترهای اندازه گیری شده در مسیر هوای ورودی به بویلر عبارتند از: درجه حرارت هوای ورودی و خروجی از ایرپری هیترها و ژونگستروم، دبی هوای ورودی، اختلاف فشار بین کانال هوا و کوره، آمپر موتورهای الکتریکی.

در مسیر آب ورودی و بخار خروجی به علت اهمیت پارامترها معمولاً از ثبات‌ها استفاده می‌شود که علاوه بر نشان دادن مقادیر اندازه گیری شده مقدار آنها را نیز در هر لحظه به صورت آنالوگ ثبت می‌نماید. نقاط اندازه گیری شده توسط این سیستم عبارتند از: فشار درام بویلر، سطح آب درام، دبی بخار سوپرهیت، فلوی آب تغذیه ورودی، دمای سوپرهیت و ریهیت. لازم به ذکر است که مقادیر اندازه گیری شده فشار هوای ورودی و دود خروجی بویلر توسط یک سری اندازه گیر مانومتری صورت می‌گیرد این نشاندهنده‌ها معمولاً به علت شکل ساختمانی خود دارای عقربه‌های بزرگتری نسبت به نوع مشابه خود که از سیگنال الکتریکی به عنوان محرک استفاده می‌کنند، می‌باشند. نقاط اندازه گیری شده توسط این سیستم عبارتند از: فشار هوای خروجی از F.D.FAN، فشار هوای ورودی به ژونگستروم، فشار هوای کانال: فشار دود خروجی از کوره، فشار دود ورودی و خروجی از ژونگستروم.

نقاطی که توسط ثبات‌ها اندازه گیری و ثبت می‌شوند عبارتند از:

- ۱- دمای هوای ورودی و خروجی از ایرپری هیترها و ژونگستروم
- ۲- فلوی دود ورودی به اکونومایزر
- ۳- دبی دود ورودی به ژونگستروم و خروجی از آن
- ۴- دمای آب خروجی از اکونومایزر
- ۵- دمای آب ورودی به دی سوپرهیت
- ۶- دمای بخار سوپرهیت خروجی از بویلر
- ۷- دمای بخار ریهیت ورودی و خروجی (۷)

۳-۱۰- تجهیزات اطاق فرمان قسمت توربین

هر توربینی دارای یک سیستم روغنکاری است و دارای تجهیزاتی به قرار زیر است.

- پوش باتون استارت و استپ موتور پمپ کمکی روغن (AC) و نشاندهنده آمپر آن.

- پوش باتون استارت و استپ موتور ترنینگیر و آمپر متر مربوطه

- پوش باتون استارت و استپ پمپ روغن اضطراری DC و آمپر متر مربوطه

هر کدام از موارد بالا دارای یک نشاندهنده فشار و روغن نیز می‌باشند. دیگر نشاندهنده‌های توربین و تجهیزات آنها،

-پوش باتون استارت و استپ وکیوم پمپ و آمپر متر و فشارسنج مربوطه

-موتور سانتریفیوژ روغن برای تصفیه روغن

-موتور فن‌های مربوط به گلندکندانسوز جهت تخلیه بخار گلندها

-پوش باتون‌های مربوط به تروتل والو جهت افزایش و کاهش بار و فشارسنج مربوطه

-پوش باتون‌های اسپید چنجر و فشارسنج مربوطه

-پوش باتون مربوط به لود لیمیت و فشار روغن آن

-کنترل والو درین توربین

-نشاندهنده موقعیت تروتل والو

-نشاندهنده موقعیت گاورنیگ والوها

-پوش باتن‌های مربوط به تست تروتل والو و گاورنیگ والو

-رکورد و نشاندهنده خلاء کندانسوز

-رکورد مربوط به دمای روغن یاتاقان‌ها و فشار روغن آنها

-رکورد مربوط به دمای بخار و پوسته توربین

-رکورد مربوط به ارتعاشات

-نشاندهنده سطح تانک روغن

-نشاندهنده فشار و دبی

-پوش باتون‌های مربوط به تریب اضطراری توربین (۷)

۳-۱۱- تجهیزات سیکل

سه عدد فیدپمپ که می‌توانند آب را از دیارتور به طرف هیترهای فشار قوی پمپ کنند و معمولاً یکی از آنها به صورت رزور می‌باشد که تجهیزات آنها در اطاق فرمان عبارتند از:

-پوش باتون‌های راه اندازی پمپ‌ها و توقف آنها و آمپر مترهای مربوطه

-لامپ نشاندهنده برای مینیمم فلو

-فلومتر دبی آب خروجی از هر فیدپمپ

-پوش باتونهای مربوط به پمپ‌های روغن فیدپمپ ها

-رکورد مربوط به دبی خروجی از هر سه فیدپمپ

-کلیدهای کنترل کوپلینگ‌های هیدرولیکی فیدپمپ ها

- نشاندهنده سطح آب دیاراتور
- کنترل والو مربوط به آب دیاراتور
- کندانسور نیز یکی از اجزاء سیکل نیروگاه می باشد که دارای تجهیزات زیر است:
 - اجکتور یا پمپ خلاء برای ایجاد خلاء در کندانسور
 - نشاندهنده خلاء کندانسوز و رکورد آن
 - کنترل والو مربوط به سطح آب چاهک کندانسور
 - پوش باتون های اکستراکشن پمپ های کندانسور
 - پوش باتون های استارت و استپ CWP
 - والو های موتوری مربوط به بخار اکستراکشن توربین برای هر هیتز
 - کنترل والو مربوط به آب مینیمم فلوی اکستراکشن
 - نشاندهنده دبی آب اکستراکشن
 - نشاندهنده دمای آب ورودی و خروجی از هیترها
- نیروگاه مفتوح که دارای برج خنک کن تر می باشند دارای یک سری فن هائی برای خنک کردن آب می باشند که هر یک دارای تجهیزات زیر هستند:
 - پوش باتون های استارت و استپ فن ها
 - آمپر مترهای مربوط به موتور فن ها (۷)

۳-۱۲- شرایط پارالل کردن واحد و عملیات بعد از آن

ژنراتور از دو قسمت اساسی تشکیل شده است، قسمت ساکن (استاتور) و قسمت گردان (روتور). توسط توربین به روتور ژنراتور انرژی مکانیکی منتقل می شود و قسمت اعظم این انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. روتور بوسیله جریان مستقیم (DC) تغذیه می شود و جریان متناوب (AC) از سیم پیچ استاتور گرفته می شود. ولتاژ مستقیم بوسیله یک مدار فرعی به روتور داده می شود که در بعضی از نیروگاه ها به نام فیلد فلاشینگ مصطلح می باشد. این مدار فقط در زمان راه اندازی که ژنراتور ولتاژی ندارد مورد استفاده قرار می گیرد و پس از آنکه در خروجی ژنراتور ولتاژ AC تولید شده مدار فرعی فوق توسط کلید مربوطه قطع و ولتاژ تحریک از مسیر اصلی آن تأمین می گردد. از طریق مدار فرعی ولتاژ خروجی ژنراتور تا حدود ۳۰٪ مقدار نامی آن می رسد سپس ولتاژ خروجی ژنراتور از مسیر ترانس تحریک به یکسو کننده ها داده می شود و ولتاژ خروجی ژنراتور تا حدود ۷۰٪ مقدار نامی آن

می‌رسد و سپس مدار فرعی قطع می‌شود و تحریک ژنراتور تنها از طریق ترانس تحریک تأمین می‌گردد.

ولتاژ خروجی ژنراتور بوسیله ترانس تحریک به ورودی رگولاتور (تنظیم کننده ولتاژ) و پس از آن به یکسو کننده‌ها داده می‌شود تا به ولتاژ مستقیم DC تبدیل شود. ولتاژ DC از خروجی یکسو کننده‌ها به دو باس مثبت و منفی رفته و پس از عبور از کلید قطع و وصل (بریکر) از طریق زغالها به روتور ژنراتور داده می‌شود. شرایط وصل این کلید به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- هیچگونه آلارمی و اشکالی در سیستم وجود نداشته باشد.
- ۲- تنظیم کننده ولتاژ روی اتومات باشد.
- ۳- شین‌های خروجی ژنراتور زمین نشده باشند.
- ۴- درجه خلوص هیدروژن بالا باشد و به حداقل نرسیده باشد.
- ۵- اختلاف فشار روغن سیل هیدروژن و گاز هیدروژن از حداقل کمتر نباشد.
- ۶- فشار گاز هیدروژن از حد مجاز بیشتر نباشد
- ۷- سطح آب خالص در تانک انبساط از حداقل بیشتر باشد.
- ۸- کندانسوریته آب خالص ژنراتور حداقل باشد. (۷)

۴ فصل چهارم: برج‌های خنک کننده

۴-۱- مقدمه:

یکی از مهمترین و اساسی ترین تجهیزات در سیستم خنک کاری اکثر کارخانجات کوچک و بزرگ انواع برج های خنک کننده هستند.

برج های خنک کننده علاوه بر آب به منظور خنک کردن سیالاتی دیگر در صورت لزوم مورد استفاده واقع می شوند.

با توجه به اینکه برج های خنک کننده معمولاً حجیم می باشند، بعلت پاشیدن آب در محیط اطراف خود و خرابی تجهیزات، آنها را معمولاً در انتهای فرایند نصب می کنند.

اگر از وسایل برج های خنک کننده صرف نظر نشود برای ساخت برج تکنولوژی بالایی نیاز نیست همانطور که در ایران در حال حاضر ساخت این برج ها در حد وسیعی صورت می گیرد. برج ها با توجه به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاص خود دچار مشکلاتی می شوند ولی معمولاً زمانی که لازم است تا این مشکلات برج را از کار بیاندازد طولانی است، ولی عملاً اجتناب ناپذیر است.

در این مجموعه تا سر حد امکان سعی شده است که دیدی نسبتاً کلی راجع به برج به خواننده منتقل شود و تا حد امکان از جزییات مربوط به برج های خنک کننده توضیح لازم داده شده باشد .

برج خنک کننده دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا تبخیر را آسان می کند و باعث خنک شدن سریع آب می گردد. عمل خنک شدن در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می گیرد، در حالی که مقدار کمی آب تبخیر می شود و باعث خنک شدن آب می گردد. باید توجه داشت آب مقداری از گرمای خود را به طریق تشعشع، هدایتی و جابجایی و بقیه از راه تبخیر از دست می دهد.

بیشتر دستگاه های خنک کن از یک مدار بسته تشکیل شده اند که آب در این دستگاه ها نقش جذب، دفع و انتقال گرما را به عهده دارد، یعنی گرمای بوجود آمده را توسط ماشین جذب و از دستگاه دور می سازد. این کار باعث ادامه کار یکنواخت و پایداری دستگاه می شود.

در دستگاه‌هایی که به دلایلی مجبوریم آب را بگردش در آوریم و یا به کار ببریم باید بنحوی گرمای آب رادفع کرد. با بکار بردن برج‌های خنک کننده این کار انجام می‌گیرد. در تمام کارخانه هاتعداد زیادی دستگاه‌های تبدیل حرارتی^۱ وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سرد کنندگی است.

بدلایل زیر آب معمولترین سردکننده‌هاست:

- ۱- بمقدار زیاد وارزان در دسترس می‌باشد.
 - ۲- به آسانی آب را می‌توان مورد استفاده قرارداد.
 - ۳- قدرت سرد کنندگی آب نسبت به اکثر مایعات (در حجم مساوی) بیشتر است.
 - ۴- انقباض و انبساط آب با تغییر درجه حرارت جزئی است.
- هر چند که آب برای انتقال گرما بسیار مناسب است بکار بردن آن باعث بوجود آمدن مشکلاتی نیز می‌شود.

آب با سختی زیاد باعث رسوب سازی در دستگاه‌ها شده و همچنین از آنجایی که بیشتر این دستگاه‌ها از آلیاژ آهن ساخته شده‌اند مشکل خوردگی بوجود می‌آید. از طرف دیگر بیشتر برج‌های خنک کننده در بر خورد مستقیم با هوا و نور خورشید می‌باشند محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها و میکرو ارگانیسم‌ها نیز می‌باشد که آنها نیز مشکلاتی همراه دارند.

وارد شدن گرد و خاک بداخل برج نیز در بعضی مواقع ایجاد اشکال می‌نماید. در کل این مشکلات باعث می‌شود که بازدهی دستگاه کم شده و در نتیجه از نظر اقتصادی مخارج زیادتری خواهند داشت. در این مجموعه طبیعت این مشکلات و شرایط بوجود آمدن آنها و راه‌های جلوگیری از آنها را بطور مختصر شرح خواهیم داد. موارد استفاده از برج‌های خنک کننده را نیز در بخش‌های دیگری از این مجموعه توضیح خواهیم داد.

عمل خنک شدن در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می‌گیرد درحالی که مقدار کمی آب بخار می‌شود و سبب خنک شدن آب می‌گردد. باید توجه داشت که بمقدار اندکی از گرمای خود را از طریق تشعشع^۲ و در حدود ۱/۴ آن را از راه هدایت^۳ و جابجائی^۴ و بقیه را از راه تبخیر از دست می‌دهد.

اختلاف فشار بخار آب بین سطح آب و هوا باعث تبخیر می‌شود، این اختلاف بستگی به دمای آب و میزان اشباع هوا از آب دارد.

^۱Heat Exchanger

^۲Radiation

^۳Conduction

^۴Convection

هنگامیکه از نظر فضای ساختمان برج خنک کننده محدودیتی وجود داشته باشد ظرفیت برج خنک کننده را تا حد امکان با استفاده از باد بزن‌های مخصوص و بزرگی اضافه می‌نمایند. این بادبزن‌ها مقدار عبور هوای خنک کننده در داخل برج را زیاد می‌نمایند (۹)

۴-۲- عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک کننده

عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک کننده را بطور خلاصه می‌توان بصورت زیر بیان

کرد:

- ۱- میزان افت درجه حرارت (اختلاف دمای ورودی و خروجی برج)
- ۲- اختلاف بین درجه حرارت آب سرد و درجه حرارت رطوب هوا
- ۳- دمای مرطوب محیط: اصولاً خنک کردن آب‌زیر این دما غیر ممکن است
- ۴- شدت جریان آب
- ۵- شدت جریان هوا
- ۶- نوع آکنه‌های برج
- ۷- روش پخش آب

۴-۳- انواع سیستم‌های خنک کننده:

الف: سیستم‌های خنک کننده تر^۱

- ۱- سیستم خنک کننده باز
- ۲- سیستم خنک کننده بسته
- ۳- سیستم خنک کننده ترکیبی

ب: سیستم‌های خنک کننده خشک^۲

- ۱- سیستم خنک کننده خشک مستقیم
- ۲- سیستم خنک کننده خشک غیر مستقیم
- ۳- سیستم خنک کننده ترکیبی

^۱Wet Cooling System

^۲Dry Cooling System

۴-۳-۱ سیستم خنک کننده باز^۱

در محیطی که آب فراوان است محل‌های نزدیک دریا یا رودخانه آب را به وسیله پمپ از یک طرف وارد سیستم‌های مبدل حرارتی نموده و از طرف دیگر خارج می‌گردد. آب در محل عبور خود با جسم داغ تبادل گرما کرده و دوباره وارد رودخانه یا دریا می‌گردد. بنابراین آب گرفته شده از دریا مجدداً به دریا باز می‌گردد و عمل تبخیر بر روی آن صورت نمی‌گیرد یعنی آب دارای مواد حل شده و معلق ثابتی است لذا ایجاد رسوب بر روی لوله‌های کندانسور نمی‌نماید اما به دلیل داشتن مواد معلق زیاد باعث خوردگی از نوع سائیدگی^۲ می‌گردد برای جلوگیری از سائیدگی درون لوله باید در داخل لوله‌های خنک کننده با ایجاد محافظ که با تزریق سولفات آهن $FeSO_4$ محقق می‌گردد اقدام نموده و سپس توسط گلوله‌های اسفنجی که به وسیله پمپ در داخل لوله‌ها ارسال می‌شود قطر مورد دلخواه استاندارد را در آن ایجاد و زیادی آن را کنده و از محیط خارج کرد.(۹)

۴-۳-۲ سیستم خنک کننده بسته:

در مناطق کم آب، آبی که به عنوان واسطه حرارتی در سیستم‌ها عمل می‌کند حرارت را جذب کرده، دور ریخته نمی‌شود، بلکه مجدداً از آن استفاده می‌نمایند. بنابراین آب را وارد سیستمی به نام برج‌های خنک کننده^۳ کرده و پس از سرد شدن مجدداً وارد مبدل‌های حرارتی می‌نمایند. (۹)

۴-۳-۳ سیستم خنک کننده ترکیبی باز و بسته^۴:

این سیستم بیشتر در محیط‌هایی که در فصل تابستان سطح آب رودخانه پایین آمده و برج با کمبود تغذیه مواجه می‌شود استفاده می‌شود.(۹)

۴-۴-۱ انواع سیستم‌های خنک کننده تر:

۴-۴-۱-۱ استخرهای خنک کن:

استخرهای خنک کن ساده ترین سیستم‌های خنک کننده با ابعاد زیاد بوده که آب گرم توسط لوله‌ای وارد آن شده و در اثر تماس با هوای محیط حرارت خود را از دست داده و آب خنک کننده از بالاترین قسمت استخر به سیستم مبدل حرارتی برگشت داده می‌شود با این عمل زمان ماندن آب در استخر زیاد شده، در نتیجه آب زمان بیشتری را در معرض هوا قرار

^۱Onse Through System

^۲Erosion Corroton

^۳Cooling Tower

^۴Combintion Cooling System

می‌گیرد و لذا تبادل حرارتی بهتر صورت می‌گیرد و همچنین ممکن است آب گرم به صورت آب پاش و قطره قطره وارد استخر گردد. با این عمل سطح برخورد آب گرم با هوای محیط در زمان ریزش زیاد شده و قسمتی از آب در اثر برخورد با هوا تبخیر شده و در اثر این عمل بقیه آب در حال ریزش خنک می‌گردد و در نتیجه راندمان آن از استخر اولیه بهتر است. در چنین سیستم‌هایی بایستی در طراحی حصارهایی جهت جلوگیری از انتقال آب به وسیله باد در نظر گرفته شود، در بعضی از سیستم‌های قدیمی که حصار در طراحی بکار گرفته نشده است، صدمات زیادی به سیستم‌هایی که در جوار استخر قرار گرفته‌اند وارد کرده است. تجربه ثابت کرده است که وقتی رطوبت هوای ساکن در یک نقطه افزایش یابد آب کمتر تبخیر شده و در نتیجه آب گرمی که از سیستم مبدل حرارتی جهت خنک شدن وارد محیطی که دارای هوای مرطوب است گردیده و دیرتر خنک می‌شود، نتیجه آنکه اگر هوا از طریق به حرکت درآید تا هوای خشک جانشین هوای مرطوب شود، راندمان سیستم خنک کننده به مراتب افزایش می‌یابد.

۴-۲-۴ برج‌های با کوران طبیعی:

هوا به طور افقی یا به طرف بالا متناسب با جهت ریزش آب جریان یافته و حرارت را از آب می‌گیرد. در این سیستم وقتی که آب گرم وارد برج می‌گردد، محیط داخل برج گرم شده در نتیجه حجم هوای داخل آن افزایش می‌یابد و رقیق می‌گردد که در این صورت هوای محیط بیرونی برج با فشار حدود یک اتمسفر موجب جریان خود به خودی در اثر اختلاف فشار هوای داخل برج و هوای بیرون برج می‌گردد. یک نوع از برج فاقد پکینگ^۱ بوده و فقط تعداد زیادی سوراخ‌های پخش کن آب تعبیه شده است. نوع دیگر آن دارای بند و بست‌های چوبی یا پلاستیکی بوده که راندمان بهتری را به وجود می‌آورند. در ضمن این برج‌ها خیلی بلند و باریک بوده و پمپ‌هایی با فشار زیاد جهت پمپاژ آب در بالای برج مورد استفاده قرار می‌گیرد. افت دمای آب بستگی به سرعت و جهت جرکت باد دارد. لذا برج‌ها باید در محلی احداث گردند که مانعی در جهت وزش باد وجود نداشته باشد. برج‌هایی با کشش طبیعی هذلولی یا تنوره‌ای موجود است که جریان هوا در جهت عکس جریان آب به طرف شبکه‌های چوبی در برج حرکت کرده و باعث خنک شدن آب می‌گردد، این برج‌ها در آب و هوای خشک و گرم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، زیرا درجه حرارت آب ورودی به برج باید از درجه هوای محیط بیشتر باشد.

^۱Packing

۳-۴-۴ برج‌ها با کوران القائی:

در این نوع برج‌ها هوا توسط بادبزن‌ی که در برج قرار گرفته برقرار می‌شود. در برج‌ها با کشش مکانیکی پمپ‌هایی با فشار کم مورد نیاز است و برای احداث آن تشخیص جهت باد اجباری نیست. (۹)

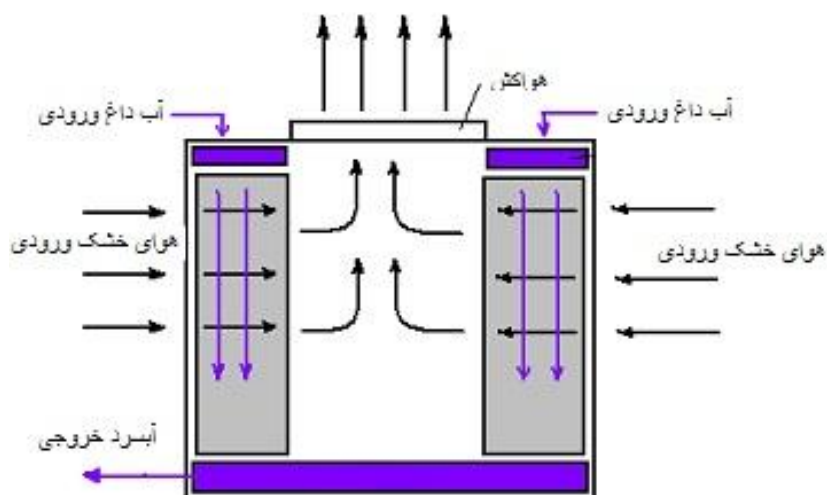
۳-۴-۴-۱- انواع برج‌ها از منظر کشش مکانیکی:

(۱) برج‌های دمنده^۱:

در این نوع برج‌های خنک کننده بادبزن‌های مکانیکی (فن‌ها) جریان هوا را در برج برقرار می‌کنند محل آن‌ها در قسمت ورودی هوا و در سطح زمین بر روی بتن استقرار یافته‌اند لذا لرزش آن‌ها به حداقل می‌رسد. این فن‌ها هوا را به درون برج و سرتاسر بند و بست‌ها هدایت می‌کنند ولی هوا به طور یکنواخت در آن پخش نمی‌گردد و اطراف برج‌های خنک کننده دمنده کاملاً بسته است.

مزایای برج‌های خنک کننده دمنده:

- ۱- تعمیر فن‌های آن راحت‌تر است.
- ۲- فن‌ها در مجاورت هوای گرم قرار نمی‌گیرند.
- ۳- سهولت و کم‌خرج بودن نصب آن.



شکل (۳-۴-۱) برج‌های دمنده (۷)

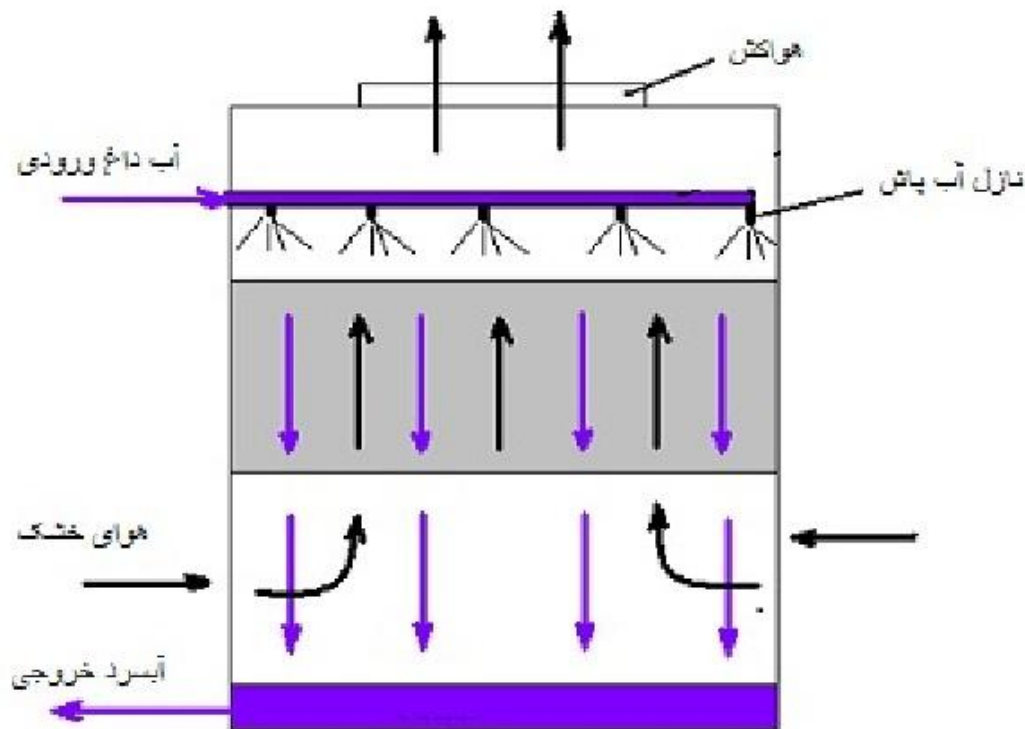
^۱Force Draft Cooling Tower

۲) برج‌های مکنده^۱:

در این نوع برج‌ها بادبزن‌ها در محل خروجی هوا از برج قرار گرفته‌اند و محل آن‌ها معمولاً در بالای برج‌ها در بعضی مواقع در طرفین برج می‌باشد و هوا به طور یکنواخت در داخل برج پخش می‌شود.

مزایای برج‌های مکنده:

- ۱- لوله‌ها کمتر در معرض باران و برف و تگرگ قرار دارند.
- ۲- امکان مکیدن هوای گرم خروجی به داخل کمتر است.
- ۳- درجه حرارت سیال خروجی از تیوپ‌ها نزدیکتر به درجه حرارت هوای ورودی می‌شود. (۹)



شکل (۲-۴) برج‌های مکنده (۷)

۴-۵- سیستم‌های خنک کننده خشک:

امروزه ساخت این برج‌ها به سه دلیل رواج پیدا کرده است:

- ۱- چون در این برج‌ها آب تبخیر نمی‌شود و نیاز به آب افزایشی ندارد، در محل‌هایی که آب کافی ندارند به کار می‌رود.

^۱Induced Draft Cooling Tower

- ۲- به دلیل آنکه برج دارای محیط بسته است موجب آلودگی محیط زیست نمی گردد.
- ۳- در محیط‌هایی سرد به کار بردن برج تر مشکلات عدیده‌ای را سبب می شود که ترجیحا از برج خشک استفاده می شود. (۹)

۴-۵-۱ مواد به کار رفته در ساختمان برج‌ها:

الف) چوب:

چوب‌هایی که در برج‌ها به کار برده می شوند شامل:

- ۱- رد وود^۱ نوعی چوب اروپایی می باشد که از درخت ماموت به دست می آید
 - ۲- نوع دیگر چوب قرمز مایل به زردی است که از درخت همیشه بهار که در غرب آمریکا می روید تهیه می شود و به داگلاس^۲ معروف است
- البته امروزه از انواع چوب‌هایی که در جنگل‌های هند نیز می روید می توان استفاده کرد. چوب‌ها به صورت الوار مورد مصرف می باشد و در ساختمان چوب موادی مانند سلولز، همی سلولز، لیکنین و مواد استخراجی نظیر اسید چرب، قطران، اسید استیک، وکربنات وجود دارد و با توجه به اینکه این چوب‌ها در محیط آبی کار می کنند، جهت حفاظت آنها در مقابل ورم کردن، حمله میکرو ارگانیسم‌ها و غیره بایستی آنها را توسط بعضی از مواد شیمیایی اشباع نمود. مثلا بعضی از چوب‌ها را در داخل مایعاتی نظیر کرومات‌های سدیم یا پتاسیم غرق کرده و آن را در داخل تانک‌های تحت فشار ۷-۱۰ اتمسفر قرار داده و این مواد به داخل مغز چوب نفوذ کرده و یک لایه نیز سطح خارجی آن را می پوشاند ولی چوب‌های برج های خنک کن را بیشتر توسط کروزوت و مازوت اشباع می نمایند و هر چه مقدار ماده کروزوت بیشتر باشد عمل اشباع مرغوبتر است. برج‌هایی که از چوب ساخته شده اند نگهداری بدنه آنها در زمان توقف به خصوص در فصل تابستان حائز اهمیت می باشد زیرا گرمای زیادی باعث ترک خوردگی چوب‌ها می شود بنابراین آب پاشی قسمت چوبی برج ضروری است.

البته در طراحی برای بعضی از برج‌ها پمپی جهت پاشش آب در نظر گرفته می شود که در زمان توقف برج وارد سرویس شده و آب را به بدنه برج تزریق می کند. اگر پاشش آب در هوای گرم صورت نگیرد با توجه به اینکه چوب‌ها آغشته به کروزوت و مازوت (که هر دو از جنس روغن) هستند، تنوره برج که در بالاترین ارتفاع برج قرار گرفته و فن در آن نصب گردیده نقش دودکش را بازی می کند. کوچکترین جرقه آتش می تواند برج عظیمی را در مدت ۱۰-۱۵ دقیقه به آتش کشیده و جز ستون‌های بتونی و آهنی چیزی در برج باقی نگذارد، لازم

¹Red Wood

²Douglas

به تذکر است که وقتی باکتری‌های بی هوازی در لجن‌های حوضچه ته برج رشد می‌کنند مواد آلی را به گاز متان، آب و انرژی تجزیه می‌کنند.

گاز متان متصاعد شده همراه با انرژی حرارتی حاصل شده در شرایط گرمای تابستان خود به خود باعث شعله ور شدن برج خنک کننده می‌گردد که افراد نا آگاه ممکن است آتش سوزی را عمدی تلقی کنند در حالی که عامل اصلی میکروارگانیزم‌ها هستند.

علت اینکه در برج‌های خنک کننده چوبی PH آب برج را بایستی بین ۷/۵-۸ تنظیم کرد این است که در PH بالای ۸ ماده^۱ حاصل شده و از ساختمان چوب جدا می‌گردد و چون این ماده رشته‌های سلولز چوب را به هم محکم می‌کند با حل شدن آن مقاومت چوب از بین رفته و چوب پوسته پوسته شده و از ساختمان برج جدا می‌گردد.

علت به کار بردن چوب در برج‌ها را می‌توان به شکل پذیری، عایق بودن، ارزانی، دردسترس بودن و تر شدن آن ربط داد.

(ب) آلومینیم:

آلومینیم آندی شده در برج‌های خنک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلومینیم میل ترکیبی شدیدی با اکسیژن داشته و تولید اکسید آلومینیم می‌نماید که در شرایط ۱ اتمسفر بسیار مقاوم است. اکسید آلومینیم دارای خلل و فرج بسیار ریز بوده و از نفوذ اکسیژن کاملاً ممانعت به عمل می‌آورد. به همین دلیل میزان خوردگی آلومینیوم به مرور زمان به شدت کاهش می‌یابد. از آنجا که آلومینیوم یک فلز آمفوتیر است در PH=4 خورده شده، در PH=6 خوردگی آن کاهش می‌یابد و مجدد در PH=9 خوردگی دوباره شدت پیدا می‌کند.

بنابراین برج‌هایی که از آلومینیوم تهیه شده‌اند باید PH=6.5-7.5 و آب آنها بدون یون باشد و تزریق اکسیژن جهت فیلم AL_2O_3 مورد استفاده قرار گیرد.

عمده ترین خوردگی که در آلومینیوم حاصل می‌شود خوردگی حفره ای^۲ می‌باشد به طوری که اگر آلومینیوم در محلولی که حاوی بیش از 150PPM کلرو قرار بگیرد به راحتی دچار خوردگی حفره‌ای می‌گردد. همچنین آلومینیوم در محلول حاوی یون‌های مس، به راحتی مورد هجوم خوردگی حفره‌ای واقع می‌شود. آلومینیوم در تماس با مس، برنج، برنز، در الکترولیت‌های مناسب نیز خورده می‌شود.

(پ) فولاد نرم گالوانیزه:

¹Lignin Sulfonate

²Pitting

جنس این فلزها از استیل بوده و دارای پوششی از روی است. روی تحت اثر عوامل محیطی اکسید شده و فیلم نرم و چسبنده‌ای که در آب‌های یک اتمسفر غیر قابل حل می‌باشد بر روی آن ایجاد می‌شود. روی دارای انرژی پتانسیل بیشتری از فولاد است و لذا باعث محافظت کاتدیک (حفاظت کاتدی)^۱ یکی از روش‌های محافظت از خوردگی فلزات توسط کاتد قرار دادن سطح فلز در یک سلول الکتروشیمیایی است) می‌گردد. معمولاً عمر فین تیوب‌هایی^۲ که در برج به کار برده می‌شود به عوامل زیر بستگی دارد.

۱- ضخامت لایه روی

۲- ترکیبات هوای محیط صنعتی

۳- زمان

برج‌هایی که آب تغذیه آنها بیش از 150PPM کلرو داشته باشد برای مصرف فولاد مناسب نبوده و دچار خوردگی می‌گردد. فولاد نرم جهت لوله‌های آب و یا فن‌های برج مورد استفاده قرار می‌گیرند و دچار خوردگی می‌شوند.
(ت) پلاستیک:

در ساختمان برخی از برج‌ها به خصوص بند و بست‌های برج از انواع مختلف پلاستیک استفاده می‌شود، نظیر برج‌های خنک کننده HAMON که فقط دارای شبکه‌های پلاستیکی است و قسمت بالای آن از یک ردیف ایرانیت‌های بازیابی آب توسط هوا ساخته شده است. برج‌های خنک کننده ایستگاه‌های تقویت گاز بیشتر از این نمونه هستند. (۹)

۴-۵-۲ ساختمان برج‌های خنک کننده:

برج‌های خنک کننده از قسمت‌های زیر تشکیل شده‌اند:

(۱) حوضچه‌های بتنی^۳

حوضچه که در کف برج قرار گرفته و آب پس از خنک شدن در آن جمع شده و کسری آب برج^۴ نیز در آن تزریق می‌گردد. در بعضی از سیستم‌ها مواد ممانعت کننده^۵ هم در این ناحیه به برج اضافه می‌شود. در بعضی از برج‌ها شیر تخلیه در کف حوضچه قرار گرفته و به صورت سیفونه مواد معلق و مواد محلول را از برج به بیرون حوضچه تخلیه می‌کند. حوضچه برج بهترین جا جهت ایجاد میکروارگانیزم‌های هوازی و بی هوازی و لجن به شمار می‌رود و وقتی که برج مدتی از مدار خارج شده باشد بوی تعفن از آن به مشام خواهد رسید. در

^۱Cathodic Protection

^۲Fin Tube

^۳Basin

^۴Make Up

^۵Inhibitor

حوضچه‌های خیلی عمیق نظیر حوضچه‌های برج‌های خنک کننده نیروگاه پس از متوقف نمودن واحد جهت تعمیر سریعاً با یک پمپ لجن کش مبادرت به خروج لجن‌های کف برج نموده و پمپ‌های گردش‌ی C.W.P¹ آب خنک شده برج را وارد مبدل‌های حرارتی می‌کنند، چون این پمپ‌ها تولید جریان متلاطم می‌کنند بعد از این پمپ‌ها محل تزریق مواد شیمیایی به آب برج می‌باشد به همین دلیل² بهترین جا جهت کم کردن مواد معلق بعد از این پمپ‌ها می‌باشد.

در بعضی از برج‌های خنک کننده شیر تخلیه را از آب خروجی مبدل‌های حرارتی می‌گیرند تا رسوب و مواد معلق حاصل وارد برج نگردد. این طرح چندان مناسب به نظر نمی‌رسد زیرا بلودان بایستی از آب قبل از ورود به مبدل گرفته شده تا در اثر درجه حرارت رسوب در آن ایجاد نشود.

(۲) لوله‌ها:

آب سرد حوضچه برج را به وسیله C.W.P ها به مبدل‌های حرارتی و آب گرم شده را از مبدل‌های حرارتی به توزیع کننده آب در برج انتقال می‌دهند.

(۳) توزیع کننده:

آب برگشتی از مبدل‌های حرارتی از بالا وارد برج گشته از آنجا به چند شاخه تقسیم و به وسیله باز نمودن ولو مربوطه به توزیع کننده آب وارد حوضچه فوقانی برج می‌گردد.

(۴) حوضچه‌های فوقانی برج:

معمولاً از تخته‌های الوار ساخته شده و دارای سوراخ‌های بی شماری بوده که در درون آن پلاستیک‌های پروانه‌ای شکل تعبیه شده است تا پخش آب روی بند و بست‌های داخل برج به نحو مطلوب انجام شود این حوضچه به علت قرار گرفتن در معرض هوا نقش یک استخر خنک کننده را ایفا می‌کند.

راه‌های مختلف جهت پخش آب بر روی بند و بست‌های درون برج وجود دارد که،

شامل:

(الف) استفاده از سرپوش‌ها که آب را در جهت مختلف از بالا به پایین یا بالعکس در

روی بند و بست‌های برج پخش می‌کنند.

(ب) استفاده از لوله‌های سوراخ دار.

¹Circulati Water Pump

²Turbelans

پ) استفاده از تانک‌های سوراخ دار پخش کن آب.

۵) ستون‌های برج

ستون‌ها آهنی یا بتونی بوده باعث محکم نگاه داشتن بند و بست‌های برج و ساختار برج می‌گردند. تسمه‌ها نیز در ساختمان برج به کار گرفته می‌شود که ستون‌های آهنی و غیره را مستحکم می‌نمایند.

۶) بادگیرها^۱

بادگیرها از تخته یا ایرانیت یا غیره بوده که به صورت مورب در قسمت‌های خارجی برج قرار گرفته و از این طریق است که نسبت آب به هوا که بایستی بین $1/5 - 0/75$ باشد برقرار می‌گردد. به عبارت دیگر نفوذ هوا به داخل برج توسط بادگیرها انجام پذیر بوده که با تنظیم زاویه آن‌ها می‌توان نفوذ هوا در داخل برج را کنترل نمود.

۷) تخته‌های بازیابی آب^۲:

بازیاب آب از تخته یا ایرانیت یا آزیست یا غیره است که جلوی فرار آب توسط هوا را گرفته و مانع خارج شدن آب از برج می‌گردد. هر گاه ریزش قطعات آب در برج خنک کننده پدید آید نشانگر خرابی بازیابی بازیاب یا تغییر زاویه آنها می‌باشد. در بعضی از برج‌های مکند و در تمام برج‌های دمنده تخته‌های بازیابی آب در بالای برج قرار گرفته است ولی در برج‌های مکند بزرگ به ازاء هر ردیف از تخته‌های پخش کننده یک ردیف تخته بازیابی قرار گرفته است.

۸) تخته‌های پخش کننده آب:

الف) **SPLASH BAR** و **SPLASH PACKING**: آب را به صورت قطره درآورده و از سرعت سقوط آب جلوگیری می‌کنند یعنی زمان برخورد آب با هوا زیاد شده و در نتیجه آب بهتر خنک می‌شود و به عبارت دیگر هر چه سرعت سقوط آب کمتر شود برخورد آب با هوای ورودی بیشتر می‌شود.

ب) **FILM PACKING**: سطح وسیعی از آب را روی تیغه‌ها به وجود می‌آورند به

شرح زیر:

۱- **GRID PACKING** سری‌هایی از شبکه‌های چوبی که توزیع آب را بر عهده دارند.

¹Louver

²Drift Eliminator

۲-RANDOM PACKING تخته‌های نامنظمی هستند که با ایجاد مقاومت در مقابل

جریان هوا آب را خنک می‌کنند.

۳-PLATE TYPE FILM PACKING از صفحات پلاستیکی چین دار تشکیل

شده‌اند با زاویه کمتر از ۹۰ درجه، کمتر از سطح افق در داخل برج قرار گرفته‌اند و چین‌هایی روی این صفحات پلاستیکی در برج‌های HAMON زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند و در برخی از برج‌های HAMON تیغه‌های بازیابی آب را نیز از جنس پلاستیک تهیه نموده‌اند. (۹)

۴-۵-۳ عوامل موثر در خنک کردن برج‌های خنک کننده به شرح زیر است:

۱-سطح تماس آب و هوا:

راندمان برج‌ها را با تبدیل هر چه بیشتر آب به قطرات ریز آب و سطح تماس بیشتر آب با هوا افزایش می‌دهند.

۲-سرعت آب:

اگر سرعت آب را بتوان کاهش داد تا با هوای بیشتری در تماس قرار گیرد، راندمان خنک کننده افزایش پیدا می‌کند. این عمل توسط تخته‌های پخش کننده آب عملی می‌شود نقش مجموعه این تخته‌ها اعم از SPLASH BAR یا FILM PACKING و غیره در برج‌های خنک کننده جلوگیری از سرعت ریزش آب است.

در چنین شرایطی آب با هوا تماس بیشتری داشته و در نتیجه تبادل حرارتی آن بیشتر می‌شود و بر این اساس در طراحی‌ها در محیطی که درجه حرارت آب خروجی از برج و درجه حرارت هوای ورودی به برج نزدیک باشد ارتفاع برج را بلندتر اختیار کرده تا از سرعت سقوط آب کاسته شود تا آب در نتیجه تماس با هوا خنک گردد. در چنین وضعیت قیمت‌های برج‌ها حدود ۶۰-۷۰ درصد بیشتر از برج‌هایی است که در محیطی قرار گرفته‌اند که اختلاف درجه حرارت آبی خروجی از برج و درجه حرارت هوای ورودی به برج زیاد می‌باشد.

۳-سرعت جریان هوا:

اگر سرعت دمیدن هوا در داخل برج زیاد باشد مقداری از آب را همراه خود برده و اگر سرعت کم باشد آب را به خوبی خنک نمی‌کند. معمولاً نسبت L/G یعنی نسبت آب به هوا را در برج‌های خنک کننده حدود ۱/۵-۰/۷۵ پائین در ساعت در نظر می‌گیرند.

تنظیم سرعت هوا در داخل برج به وسیله بادگیرها^۱ که می‌توان زاویه آنها را کم یا زیاد نموده و همچنین توسط تغییر زاویه پره‌های فن دمنده یا مکنده هوا انجام می‌گیرد.

۴- اختلاف درجه حرارت آب خروجی و هوای ورودی.

۵- رطوبت هوا هر چه بیشتر باشد راندمان خنک شدن برج پایین می‌آید.

۶- روش پخش آب (۹)

۴-۵-۴ نقش شیمی در قسمت آب:

آب مورد استفاده برای سیستم‌های خنک کننده از جمله نیازهای عمده بسیاری از صنایع است و لذا تصفیه و تهیه آب مطابق استاندارد برای هر واحدی از جمله نیازها در صنایع می‌باشد. با همه تدابیر به کار گرفته شده در تصفیه آب‌ها و به دست آوردن آب مورد نیاز، در صورت عدم کنترل، پیامدهایی از قبیل چهار مورد ذکر شده زیر را دنبال دارد.

۱- خوردگی^۲ و فرسایش.

۲- تشکیل رسوب^۳

۳- مشکلات ناشی از تشکیل میکروارگانیزم‌ها.

۴- تجمع لجن‌ها^۴

برای جلوگیری از این پیامدها و مشکلات به خصوص خوردگی و رسوب دهی باید تا حد ممکن از سختی آب مورد استفاده در برج‌های خنک کننده و سایر قسمت‌ها کاسته شود. (۷)

۴-۵-۵ سختی آب و انواع آن:

آبی که شامل املاح کلسیم و منیزیم و آهن باشد را آب سخت می‌گویند.

۴-۵-۵-۱ انواع سختی:

الف) سختی موقت که شامل سختی بی کربنات می‌باشد که در اثر درجه حرارت از آب جدا شده و به صورت رسوب بر روی جداره می‌نشیند.

ب) سختی دائم که شامل کلرور و سولفات‌های کلسیم و منیزیم می‌باشد که در اثر درجه حرارت از بین رفته.

ج) سختی کلسیم CAH^۱ که مربوط به سختی کلسیم موجود در آب است.

¹Louvers

²Corrosion

³Scale

⁴Fouling

(د) سختی TH^۲ به مجموع سختی کلسیم و منیزیم گفته می‌شود. (۹)

۴-۵-۶ رشد میکروارگانیسم‌ها در سیستم برج‌های خنک کننده:

(۱) آب دارای حرارت مطلوب جهت رشد میکروارگانیسم‌ها و موجودات آبی است. یعنی در حد درجه حرارت مزوفیلیک و مناسب ترین درجه حرارت برای رشد این موجودات می‌باشد.

(۲) برج‌های خنک کن در مقابل نور خورشید، هوا و آب قرار گرفته است، که این عوامل را مثلث تکثیر می‌گویند.

(۳) مواد فسفات‌ه تزریق شده در برج و نیز مواد معدنی و آلی دیگر نیز دارای غذای مناسبی برای موجودات در آب برج است. جنس محیط کاملاً جهت رشد و نمو آنها آماده است. به خصوص در فصل تابستان رشد میکروارگانیسم‌ها و جلبک‌ها مشکلات فوق العاده زیادی را موجب می‌گردد به طوری که جلبک‌ها در بستر فوقانی برج‌هایی که بیشتر در معرض نور خورشید قرار دارند از آنچنان رشدی برخوردار هستند که آن قسمت را به شکل سبز رنگ در می‌آورند.

۴-۵-۷ خسارت‌های حاصل از جلبک‌ها در برج خنک کننده:

۱- باعث مسدود شدن سوراخ‌های آب پخش کن بستر فوقانی برج شده و مانع ریزش آب به صورت اسپری روی بند و بست‌های چوبی می‌شود و راندمان برج را از نظر خنک کردن آب کم می‌کند.

۲- جلبک‌ها قادرند به دیواره چوب‌ها چسبند و شیارهای آن را مسدود کنند که در اثر آن مسیر آب و مسیر هوا در برج تغییر می‌کند.

۳- جلبک‌ها به وسیله آب کند شده، وارد مسیر می‌گردند و گرفتگی صافی‌ها و توری‌های بستر تحتانی برج را سبب شده و کار آب دهی را مختل می‌نمایند.

۴- جلبک‌ها قادرند وارد لوله‌های مبدل‌ها حرارتی شده و با مواد معلق محصولات، خوردگی لایه‌ای در داخل لوله ایجاد می‌نمایند که تبادل حرارتی را کم کرده و در نتیجه راندمان سیستم مبدل‌های حرارتی^۳ را کاهش می‌دهد و اگر این سیستم کندانسور باشد افت خلاء را سبب می‌شود.

^۱Calcium Hardness

^۲Total Hardness

^۳Heat Exchanger

۵- مقدار بیش از حد جلبک‌ها می‌تواند بر پره C.W.P (پمپ‌های گردش) چسبیده و باعث افزایش آمپر مورد نیاز پمپ می‌شود.

۶- جلبک‌های مرده ممکن است در داخل مبدل‌های حرارتی جمع شده و منبع تغذیه سایر میکروارگانیسم‌ها را فراهم کنند و از این گذشته با رسوبات و محصولات خوردگی توام شده و سطح داخلی لوازم را بپوشانند و لذا باعث اختلاف در میزان اکسیژن در آن قسمت شده و تشکیل پیل غلظتی در آن ناحیه را می‌دهد در نتیجه خوردگی حفره‌ای را موجب می‌شود.

۷- جلبک‌ها با عمل فتوسنتزی که انجام می‌دهند می‌توانند باعث خوردگی در سیستم گردند. (۹)

۴-۵-۸ نگهداری برج‌های خنک کننده:

اگر در برج، آبی که دارای بیوکربنات کلسیم و منیزیم باشد استفاده کنیم در اثر درجه حرارت به کربنات کلسیم و تیدورکسید منیزیم غیر محلول تبدیل می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد رسوب در جداره لوله‌های مبدل‌های حرارتی به آب برج خنک کن اسید سولفوریک تزریق می‌شود.

علت تزریق اسید این است که اگر بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم در آب وجود داشته باشد آن را به سولفات کلسیم و منیزیم تبدیل می‌کنند که در آب برج محلول بوده و در اثر حرارت ایجاد رسوب نمی‌کند. بدین سان عمل پیشگیری انجام می‌شود، یعنی قبل از اینکه بی‌کربنات‌ها وارد سیستم مبدل‌های حرارتی شده و رسوب ایجاد نمایند توسط اسید از مدار خارج می‌شوند و به صورت سولفات‌های منیزیم و کلسیم محلول در آب برج در می‌آیند. فرضاً اگر بر اثر واکنش‌های انجام شده در برج رسوب در جداره داخلی لوله‌های مبدل‌های حرارتی به وجود آمده باشد اسید قدرت انحلال رسوب از سطح داخلی لوله‌ها را دارد. گاز CO_2 حاصل از واکنش اسیدها در برج خنک کننده به وسیله هوا دهی از آن خارج می‌شود. فشار جزئی هوایی که از قسمت پایین در خلاف جهت ریزش آب، با آب برخورد می‌کند بیشتر از فشار جزئی گاز حل شده در آب برج بوده و کلیه گازهای محلول در آب را جدا و آزاد می‌کند پس اسید سولفوریک نقش درمان کننده را بر عهده دارد. (۹)

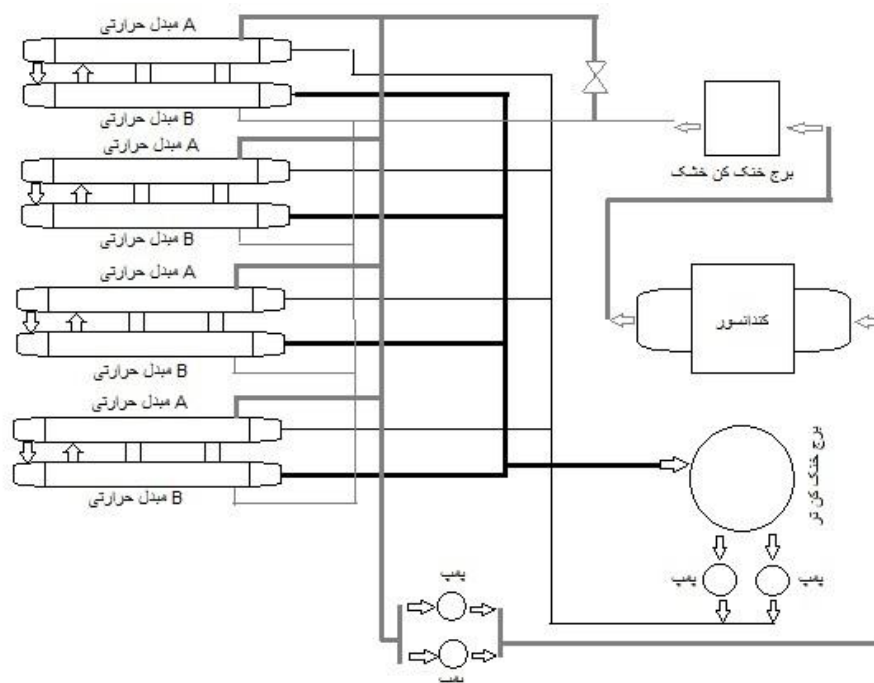
۴-۶- سیستم خنک کاری نیروگاه شهید مفتاح (غرب)

در ابتدا سیستم خنک کاری نیروگاه شهید مفتاح بر پایه برج‌های خنک کننده تر برای هر چهار واحد پایه ریزی شد همگی این برج‌ها از نوع برج‌های مکنده هستند که در ابتدای فصل به طور کامل توضیح داده شد.

آب مورد نیاز این برج‌ها از طریق حفر ۲۵ حلقه چاه عمیق تامین می‌شد تا اینکه در سال ۱۳۹۰ به دلیل خشک سالی سطح آب‌های زیرزمینی بسیار کاهش یافت و وجود این تعداد چاه باعث خشکی زمین‌های اطراف نیروگاه به وسعت زیادی شد تا این که حتی این خشکسالی به زمین‌های شهر فامنین و کبودرآهنگ و حتی تا نزدیکی رزن کشیده شد و زمین‌های اطراف به شوره زارهایی تبدیل شدند که حتی امکان کشاورزی در آن‌ها نیز وجود نداشت بنابراین با بستن تعدادی از چاه‌ها اگرچه مشکلات کشاورزی منطقه تا حدی رفع شد ولی نیروگاه غرب با مشکلات عدیده‌ای مواجه شد، از آنجایی که این نوع برج‌ها جهت خشک کاری به آب فراوانی نیاز دارند به طور مستقیم روی راندمان نیروگاه تاثیر منفی گذاشتند و آن را کاهش دادند. (نگارنده)

۴-۶-۱ اقداماتی که در جهت رفع مشکل نیروگاه غرب انجام شد:

۱- در واحد یک نیروگاه برج خشک احداث شد و سیستم خنک کاری این واحد بر پایه برج خشک تغییر پیدا کرد در این واحد برج تر زمانی به عنوان سیستم خنک کننده کمی وارد مدار می‌شود که گرمای هوا بسیار بالاست و برج خشک به تنهایی جوابگو نیست. مراحل تبدیل برج تر به برج خشک در سیستم خنک کاری واحد یک نیروگاه مفتوح طبق شکل زیر به اتمام رسیده است. (نگارنده)

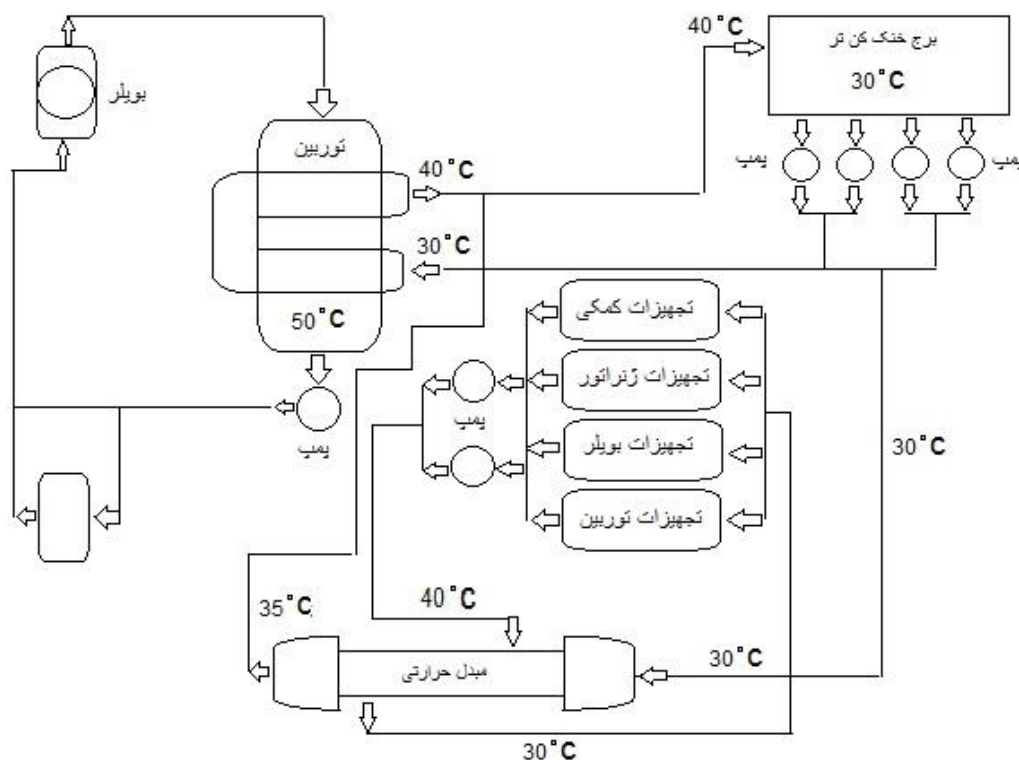


شکل (۴-۳) سیستم خنک کاری تمامی واحد‌ها-واحد‌های ۲ و ۳ و ۴ برج تر و واحد ۱ برج خشک و

برج تر کمکی (۷)

۴-۶-۱-۱- تغییرات سیستم خنک کاری در فرآیند آب خنک اصلی نیروگاه شهید مفتح در واحد ۱

همانطور که گفته شد در ابتدای کار در تمامی واحدها برج تر وظیفه خنک کاری آب ورودی کندانسور را به عهده داشت به طوری که آب 40°C با دبی $27000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ وارد برج تر می‌شود، سپس آب ورودی به برج خنک شده و توسط پمپ ۲ با دمای 30°C وارد کندانسور می‌شود، از سوی دیگر برج تر توسط پمپ ۲ دیگر، آب 30°C را وارد مبدل حرارتی^۱ می‌کند و از طریق تجهیزات کمکی و بویلر و توربین و ژنراتور آب 40°C به مبدل وارد شد، در نهایت دمای آب ۴۰ گرفته شده و آب 35°C از مبدل خارج می‌شود و به صورت کمکی به یاری آب 40°C خارج شده از کندانسور می‌پیوندد و به همین شکل ادامه پیدا می‌کند. شکل ۴-۴ سیستم خنک کاری نیروگاه را در هر چهار واحد نشان می‌دهد (قبل از تغییرات در واحد ۱) (۷)

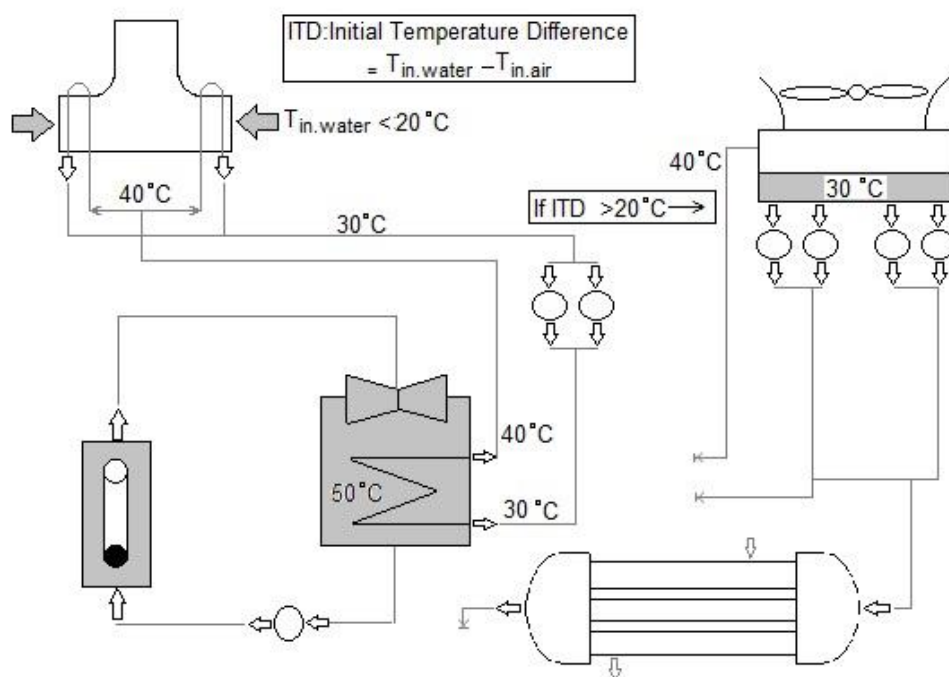


شکل (۴-۴) سیستم خنک کاری هر چهار واحد قبل از تغییرات در واحد ۱ (۷)

این سیستم در واحدهای ۲ و ۳ و ۴ همچنان پابرجاست ولی همانطور که گفته شد در واحد یک برای رفع مشکل کم آبی برج خنک کننده خشک در کنار برج تر احداث شد و

^۱Heat exchanger

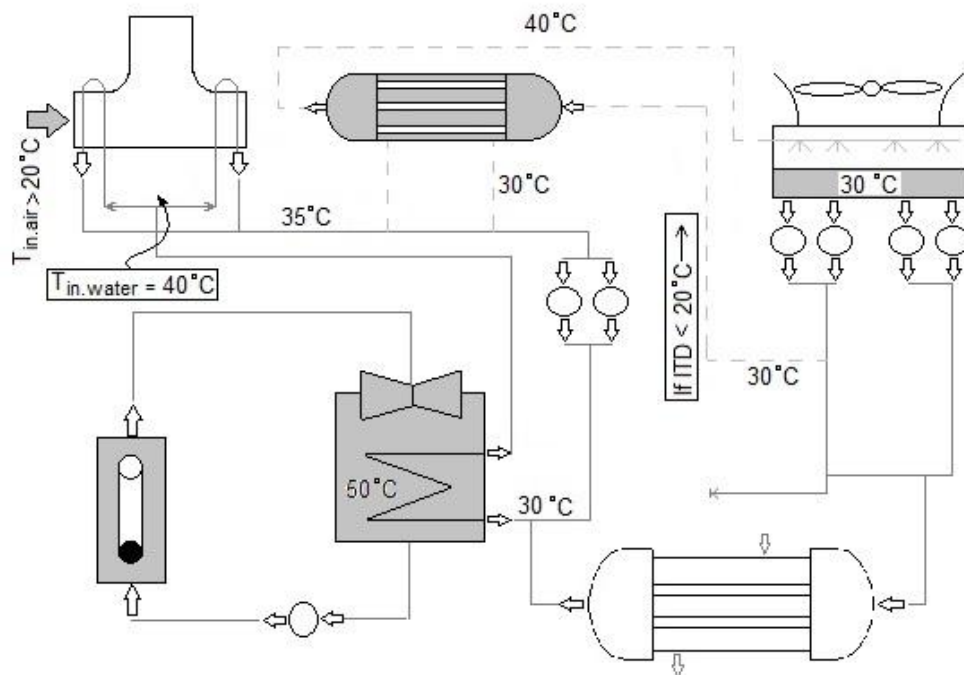
همیشه در مدار قرار دارد، زمانی که اختلاف درجه حرارت آب ورودی^۱ و هوای ورودی بیشتر از 20°C باشد نشان دهنده این است که هوای منطقه خنک است و برج خشک به تنهایی جوابگوی خنک کاری سیستم هست و آب ورودی 40°C را به آب 30°C تبدیل کرده و نیازی به در مدار قرار گرفتن برج تر نیست (شکل ۴-۵).



شکل (۴-۵) واحد ۱- $\text{ITD} > 20^{\circ}\text{C}$ (۷)

زمانی که اختلاف درجه حرارت ابتدایی کمتر از 20°C باشد، هوای منطقه از دمای مورد انتظار سیستم بالاتر است و برج تر به صورت کمکی وارد مدار می شود همانطور که از شکل (۴-۳) برمی آید برج خشک آب 40°C را به آب 35°C تبدیل کرده و قبل از ورود به کندانسور برج تر وارد مدار شده و آب 35°C را به آب 30°C تبدیل می کند و سپس وارد کندانسور می شود و سیکل ادامه پیدا می کند تا زمانی که دمای هوای منطقه از حد انتظار بالاتر است برج تر از مدار خارج نمی شود. (۷)

^۱ITD: Initial Temperature Different



شکل (۴-۶) واحد ۱- $ITD < 20^\circ C$ (۷)

۲- برای تامین آب مورد نیاز واحدها پساب فاضلاب شهر همدان را از طریق خط لوله ۴۵ کیلومتری به نیروگاه در دستور کار قرار دادند.

با این اقدامات انجام شده و تغییراتی که در سیستم خنک کاری واحد ۱ به وجود آوردند بازده نیروگاه را نه بسیار ولی تا حدودی کنترل کردند اگرچه بازده نیروگاه در واحد یک در حدود ۲٪ از بقیه واحدها کمتر است ولی چون آب مصرفی آن بهتر کنترل می‌شود از واحد یک رضایت بالاتری نسبت به بقیه واحدها وجود دارد، در کل اقدامات صورت گرفته لازم ولی کافی نبود و قرارداد احداث برج خشک برای واحدهای دیگر هم با شرکتی خارجی منعقد شده است، اگرچه همچنان نگرانی‌های وزارت نیرو از مشکلات به وجود آمده در منطقه برطرف نشده است در این پروژه تصمیم گرفته ایم مشکل به وجود آمده را به طور کامل بررسی کرده و راهی مناسب را پیشنهاد کنیم، لازم به ذکر است هدف اصلی ما رفع مشکل اساسی کم آبی نیروگاه در سیستم خنک کاری و به تبع آن افزایش بازده نیروگاه می‌باشد که در فصل‌های بعدی به آن خواهیم پرداخت. به طور خلاصه با تولید سرما و ذخیره سازی آن و استفاده از آن در زمان مناسب مشکل به وجود آمده را حل خواهیم کرد. بنابراین در فصل

بعدی ابتدا به راه‌های تولید یخ و ذخیره سازی آن می‌پردازیم، همچنین بررسی خواهیم کرد که سرمای تولید شده و استفاده از آن از لحاظ صرفه اقتصادی با اقدامات در دست انجام مهندسين نیروگاه چه اختلافاتی دارد..

۵ فصل پنجم: انرژی، تولید و ذخیره سازی انرژی سرمایه

۵-۱- مقدمه:

انرژی کمیتی است که برای توصیف وضعیت یک ذره، شیئی یا سامانه به آن نسبت داده می‌شود. در کتاب‌های درسی فیزیک انرژی را به صورت توانایی انجام کار تعریف می‌کنند. تا به امروز گونه‌های متفاوتی از انرژی شناخته شده که با توجه به نحوه آزادسازی و تأثیر گذاری به دسته‌های متفاوتی طبقه‌بندی می‌شوند از آن جمله می‌توان انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، انرژی گرمایی، انرژی الکترومغناطیسی، انرژی شیمیایی، انرژی الکتریکی و انرژی هسته‌ای را نام برد.

سیستم‌های ذخیره سازی انرژی سرمایشی به عنوان یک روش بسیار موثر در کاهش دیمانند پیک بار مصرفی در پروژه‌ها مطرح بوده و پیک سایی و اصلاح منحنی بار از خواص این سیستم هاست.

این سیستم‌ها با تولید و ذخیره سازی انرژی به صورت سرمایش در ساعات غیر پیک مصرف برق، باعث انتقال دیمانند بار الکتریکی مورد نیاز تجهیزات از ساعات پیک به ساعات غیر پیک می‌شوند.

تاریخچه استفاده از سیستم‌های ذخیره سازی سرما

استفاده از سیستم‌های ذخیره سازی سرمایی از سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ آغاز گردید، در این زمان نیروگاه‌های تولید انرژی الکتریکی متوجه ضرورت کاهش پیک مصرف انرژی برای سهولت و حتی پیشرفت در امر تولید و توزیع شده بودند.

پیک مصرف انرژی در روزهای گرم سال، بیشتر به خاطر استفاده گسترده از دستگاه‌ها و تجهیزات سرمایشی و تهویه مطبوع می‌باشد، طی بررسی‌های انجام شده در ایالات متحده مشخص گردید که در بسیاری از ایالت‌ها تبرید و سرمایش تاسیسات در تابستان بیش از ۳۵٪ کل برق مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. که بسیار قابل توجه بوده و بهینه سازی میلیارد‌ها دلار هزینه انرژی مصرفی را در بر می‌گیرد در نتیجه صنعت متوجه این امر شد که اگر بتوان تبرید را در زمان غیر پیک مصرف انرژی به طریقی ذخیره نمود و بعداً مورد استفاده

قرار داد بار مصرفی زیادی از دو شبکه در زمان پیک مصرف برداشته شده و ظرفیت بیشتری برای مصارف دیگر در طول این زمان باقی خواهد ماند و همچنین از ظرفیت اوقات غیر مصرف انرژی نیز به طور کامل استفاده خواهد گردید.

طی بررسی‌های انجام شده در ایالات متحده مشخص گردید که در بسیاری از ایالت‌ها تبرید و سرمایش تأسیسات در تابستان بیش از ۳۵٪ کل برق مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. (که بسیار قابل توجه بوده و بهینه سازی میلیاردها دلار هزینه انرژی مصرفی را در بر می‌گیرد) در نتیجه صنعت متوجه این امر شد که اگر بتوانیم تبرید را در زمان غیر پیک مصرف انرژی به طریقی ذخیره نمود و بعداً مورد استفاده قرار داد بار مصرفی زیادی از دو شبکه در زمان پیک مصرف برداشته شده و ظرفیت بیشتری برای مصارف دیگری در طول این زمان باقی خواهد ماند و همچنان از ظرفیت اوقات غیر پیک مصرف انرژی نیز بطور کامل استفاده خواهد گردید.

در نتیجه بسیاری از شرکت‌ها و نیروگاه‌های تولید کننده انرژی الکتریکی از راه‌های مختلفی از جمله با تغییر تعرفه خود، اضافه کردن مبالغ قابل توجهی به قیمت مصرف در زمان پیک مصرف انرژی، تعیین مبالغ اضافه برای مصرف کننده بر اساس مقدار ماکزیمم انرژی مصرفی در طول یک ماه (هزینه دیمانند کل انرژی مصرفی) و حتی تعیین وام‌ها و یارانه‌هایی برای ترغیب مصرف کننده‌ها به انتقال پیک مصرف خود به ساعات‌های غیرپیک، سعی در انتقال قسمتی از انرژی الکتریکی از ساعات پیک مصرف به ساعات غیرپیک نمودند.

به طور کلی در سیستم‌های ذخیره ساز سرما با فراهم نمودن امکان تولید و ذخیره سازی انرژی سرمایشی در بازه زمانی غیر پیک مصرف برق، کارکرد چیلرها را که از معمولترین و پرمصرف ترین دستگاه‌های تهویه مطلوب می‌باشند به ساعات دلخواه موکول نماید. انرژی سرمایشی ذخیره شده، برای تأمین قسمتی و یا همه بار سرمایشی تأسیسات هوای ورودی کمپرسورها در ساعات پیک مصرف برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین در اکثر موارد هزینه‌هایی که از کم کردن سائز چیلر و تجهیزات سرمایشی صرفه جویی می‌گردد برای ساختن و یا خرید یک مخزن کافی می‌باشد. در ادامه به کارهای تحقیقاتی و همچنین به پروژه‌های اجرا شده در کشورهای مختلف پرداخته می‌شود.

طبق گزارش اشری^۱ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) به معنی سازمان مهندسی گرما، سرما و تهویه مطبوع آمریکا

^۱ Ashrae

است). هزاران سیستم ذخیره سازی سرما تنها در ایالات متحده آمریکا طی سال‌های اخیر نصب گردیده است به طوریکه فقط ۲۰۰۰-۱۵۰۰ سیستم تا سال ۱۹۹۳ ثبت شده است و مشخص شده که اکثر سیستم‌های ذخیره ساز نصب شده برای محل‌هایی با رنج تقاضای انرژی الکتریکی مابین ۳۵۲ الی ۱۰۰۸۴۶ کیلووات ساعت بوده است.

علاوه بر آن پروژه‌های فراوانی در سال‌های اخیر توسط شرکت معروف طراحی و اجراء کننده سیستم‌های ذخیره سازی GossEngineering در آمریکا نصب گردیده است.

در داخل کشور ما ایران نیز بررسی‌هایی از جمله مطالعه استفاده از سیستم‌های ذخیره سازی انرژی سرمایی برای سرمایش هوای ورودی کمپرسور نیروگاه کیش از نظر فنی و اقتصادی توسط محمد عامری و همکارانش صورت گرفته است.

بر اساس مطالعات آنها استفاده از ذخیره سازی سرمایشی باعث افزایش ۱۳/۶٪ ظرفیت توربین گازی شد.

حسینی و همکارانش در گزارشی از نصب سیستم‌های خنک کن مدیا برای توربین‌های گازی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی قم خبر دادند که نتایج افزایش ۱۱ مگاوات در توان خروجی با کاهش 19°C در دمای هوای ورودی را نشان داده بود. سیستم‌های سرمایشی از نقطه نظر صرفه جویی در مصرف انرژی و جنبه‌های زیست محیطی و اقتصادی بررسی کردند. نتایج حاصل حکایت از تأثیر مثبت قابل توجه این سیستم‌ها از جنبه‌های زیست محیطی و اقتصادی داشت. (۱۲)

۵-۲- لزوم ذخیره کردن انرژی

مسئله ذخیره کردن مواد قابل احتراق موجود در جهان بوسیله مراکز کلاسیکی به آسانی حل شده است. وقتی یک دستگاه برقی خانگی به عنوان مثال ۳.۵ کیلوواتی بکار انداخته می‌شود، بلافاصله توان مصرفی مرکز به اندازه ۳.۵ کیلووات افزایش می‌یابد، که سبب مصرف بیشتر زغال سنگ، مواد نفتی، آب یا اورانیوم می‌شود. در مورد انرژی خورشیدی، باد یا حتی جزر و مد چنین موردی وجود ندارد. در این موارد انرژی را وقتی که در دسترس است باید اخذ کرد و اگر در این لحظه مورد نیاز نباشد لازم است ذخیره شود. در مورد سرما نیز وضع به همین منوال است اگر در دسترس بود که ذخیره می‌شود و اگر نبود که تولید و ذخیره می‌شود و در هر دو مورد در مواقع مورد نیاز استفاده می‌شود.

۳-۵- توضیحی مختصر در مورد ذخیره سازی سرما

آشکار است پیک بار در گرمترین روز سال، در تیرماه یا مرداد ماه در شبکه سراسری ایران روی می‌دهد، که ناشی از کارکرد سیستم‌های برودتی مانند کولرها، یخچال‌های خانگی و صنعتی، فریزرها، چیلرها، تونل‌های انجماد و سردخانه هاست. بنابر آمار موجود نزدیک به ۳۰ درصد از کل مصرف انرژی در فصل تابستان صرف سرما سازی می‌شود.

نابرابری تولید و مصرف انرژی در تابستان باعث قطع مکرر برق می‌شود و در پایان آسیب‌های زیادی به شبکه و مصرف کنندگان وارد می‌شود. گفتنی است با استفاده از سیستم‌های تبرید جذبی - به جای سیستم‌های تبرید تراکمی - می‌توان مؤلفه‌های بار را اصلاح کرد و کمبود انرژی الکتریکی کشور را در وضع کنونی برطرف ساخت. بی‌گمان دستیابی به ترازمندی در تولید و مصرف بدون بکار روشهای مدیریت مصرف اقدامی غیر اقتصادی است، زیرا راه دیگر جز کاهش هزینه‌های گزاف خرید و نصب نیروگاه‌های بزرگ وجود ندارد. (۱۰)

۴-۵- کاربرد یخ به عنوان یک منبع ذخیره سرما

این روش از نظر اصول ترمودینامیکی روش شناخته شده‌ای می‌باشد، با توجه به ازدیاد بهای تولید انرژی الکتریکی و عدم صرف یکسان آن در شبانه روز و داشتن اوج مصرف از این روش می‌توان استفاده نمود و زمان اوج مصرف انرژی الکتریکی را به نفع تولیدکنندگان انرژی الکتریکی جابه جا کرد و دیماندر برق مورد نیاز را تقلیل داد.

در این روش دستگاه تولید یخ در شب یا بعد از زمان اوج مصرف هنگامی که مصرف انرژی الکتریکی حداقل می‌باشد یخ تولید کرده و در مخزن یا مخزن‌های مشابه ذخیره می‌کنند و در روز بعد که تأسیسات نیاز به خنک کردن دارد وارد عمل شده و قسمتی یا تمام نیاز سرمایشی را بسته به حجم مخزن انتخابی تأمین می‌کند، بکارگیری مخزن ذخیره سرما نه تنها می‌تواند هزینه راه بری تأسیسات را از نظر انرژی الکتریکی کاهش دهد بلکه هزینه‌های سرمایه‌های تأسیسات مورد نیاز سیستم‌های خنک کننده جدیدی که بر این مبنا طراحی شوند را تا حد نصف تقلیل می‌دهد. از مزایای دیگر این جابجایی که در اصطلاح به آن پیک سایی می‌گویند این است که مشکلات بهره برداری^۱ نیروگاه‌ها در ساعات کم باری را نیز تقلیل می‌دهد. (۱۱)

^۱Operation

۵-۵- سیستم انباره سرما

سیستم انباره سرما بر مبنای نوع ماده انبار شونده طبقه بندی می شود مانند انباره آب، یخ و یا نمک های تغییر فاز دهنده. تقسیم بندی دوم برپایه نوع کارکرد سیستم است: که نقش تعیین ظرفیت سیستم را دارد.

گروه یکم: انباشت جزئی، گروه دوم، انباشت دیماند محدود و گروه سوم: انباشت کامل.

۵-۵-۱ سیستم انباشت آب سرد

این سیستم از نوع انباشت گرمای محسوس است، که از ظرفیت حرارتی آب استفاده می شود.

در حالت کلی، این سیستم، آب را با دمای ۶ درجه سانتیگراد تولید می کند تا برای سرد کردن تأسیسات مورد نیاز استفاده شود. سیستم آب سرد به دلیل همانند با سیستم تهویه مطبوع متداول دارای ویژگی های زیر است:

۱- امکان استفاده از چیلرها، لوله کشی و تجهیزات متداول

۲- امکان استفاده از چیلرهای موجود

۳- آشنایی قبلی مهندسان با نحوه طراحی آنها (شباهت با سیستم های سرمای متداول)
سیستم آب سرد کاستی هایی نیز دارد، که به علت اصلی آن نیاز به مخازن بزرگ انباشت است.

کاستی های سیستم آب سرد را می توان چنین برشمرد:

۱- فضای بزرگتر برای استقرار تانک یا مخزن

۲- تلفات حرارتی بیشتر از سطح مخزن

۳- نیاز به ساخت فوندانسیون اساسی برای جلوگیری از نشست (۱۱)

۵-۵-۲ سیستم انباشت جزئی یخ

سیستم انباشت جزئی یخ به دو دسته تقسیم می شود: نوع استاتیک و نوع دینامیک.

۵-۵-۳ سیستم استاتیک انباشت یخ

در سیستم استاتیک، یخ روی سطح اوپراتور تشکیل می شود و تا زمانی که به وسیله بار حرارت تأسیسات ذوب شود در آنجا باقی می ماند.

این سیستم را یخ ساز می گویند و می تواند به شکل رو باز یا سرپوشیده باشد.

در سیستم رو باز معمولاً مبدل حرارتی برای جداسازی آب پیرامون یخ و آب بازگشتی تأسیسات استفاده می شود.

از آنجا که سطح فوقانی مخزن باز است، آب مخزن ممکن است بر اثر گرد و خاک آلوده شود.

برای صرفه جویی در فضا، مخازن رو باز را می‌توان روی بام نصب کرد. در سیستم سرپوشیده، سطح فوقانی مخزن پوشانده می‌شود و بنابراین، مخزن را می‌توان در زیرزمین نصب کرد. در این سیستم، بار سرمایی تأسیسات مستقیماً با چرخش آبی که اطراف یخ دور اوپراتور است تأمین می‌شود. (۱۱)

۵-۵-۳-۱- انواع سیستم استاتیک انباشت یخ:

۱- تولید یخ روی کویل با ذوب خارجی:

در این روش در داخل مخزن، مبدل حرارتی به صورت کویل‌ها موازی قرار دارد. سیالی مانند محلول اتیلن گلیکول در دمایی پایین تر از دمای انجماد آب با عبور از داخل کویل باعث انجماد آب دور لوله‌ها می‌شود. در روز، جریان آب با عبور از میان یخ و ذوب آن از سمت خارج، خنک شده و وارد تأسیسات می‌شود.

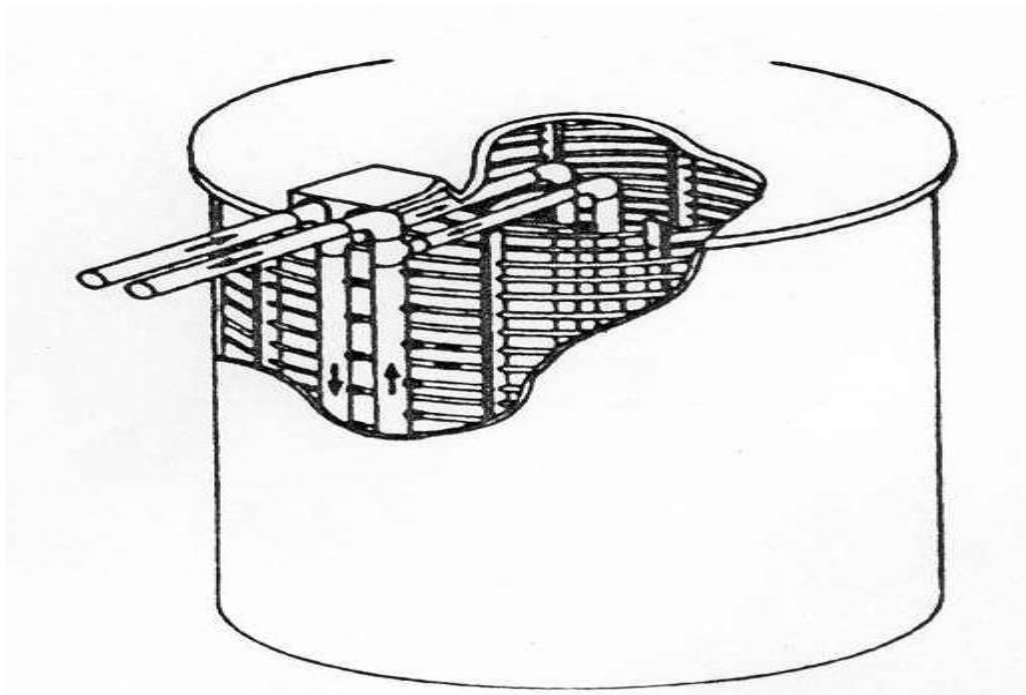
مزایای تولید یخ روی کویل با ذوب خارجی

- ۱- استفاده از آب به عنوان سیال تخلیه
- ۲- انتقال حرارت اجباری در جریان آب ورودی یخ تشکیل شده روی لوله‌ها

۲- تولید یخ روی کویل با ذوب داخلی

در این روش در داخل مخزن مبدل حرارتی به صورت کویل‌های موازی مارپیچی می‌باشد، به طوری که جریان سیال در کویل‌های مجاور در خلاف جهت می‌باشد. آب مخزن دور کویل‌ها ساکن است. در داخل کویل، محلولی از اتیلن گلیکول جریان دارد که با عبور از اوپراتور خنک شده است. در زمان تولی یخ سیال فوق در یک مدار بسته بین اوپراتور دستگاه تبرید و مخزن ذخیره می‌چرخد و باعث انجماد آب دور کویل‌های موجود در مخزن می‌شود. در مدت زمان تخلیه (ذوب یخ) سیال در یک مدار بسته بین کویل‌ها یخ خنک کننده تأسیسات می‌چرخد و باعث ذوب یخ از داخل می‌شود. با توجه به مستقل بودن مخزن از چیلر، بسته به ظرفیت ذخیره سازی یخ و نیاز برودتی ما، می‌توان از چندین مخزن به صورت موازی استفاده

و برای بهینه سازی فضای سیستم از ابعاد کوچکتر مخزن استفاده کرد و یا مخازن را در زیرزمین قرار داد (۱۱). (شکل ۵-۱)



شکل (۵-۱) مخزن کوئل تولید و ذخیره سازی یخ با ذوب داخلی (۱۱)

مزایای تولید یخ روی کوئل با ذوب داخلی:

- ۱- استفاده از چیلر در ساعات غیر پیک مصرف و امکان استفاده همزمان از چیلر و ذخیره در ساعات پیک.
- ۲- امکان ایجاد بلوک کامل یخ و افزایش مقدار انرژی ذخیره شده بر واحد حجم مخزن.
- ۳- مخازن را می توان بر حسب مقدار ذخیره سازی برودت به صورت استاندارد تولید نمود و با توجه به مقدار ذخیره سرمای لازم، می توان از تعدادی از آنها به طور موازی استفاده کرد و می توان آنها را با ابعاد کوچکتر تولید و در مکان های مناسب، مثلاً در داخل زمین، قرار داد که فضای اشغال شده را بسیار کاهش می دهد.
- ۴- مخزن و لوله های داخل آن معمولاً از جنس پلاستیک (پلاتین) ساخته می شوند که دارای مزایایی همچون سبک بودن، داشتن مقاومت در برابر خوردگی، قابلیت انعطاف در برابر انبساط یخ و سادگی استفاده در ساخت کوئل های مارپیچی می باشند.
- ۵- مبدل های مارپیچی دارای انتقال حرارتی بالاتری هستند، زیرا در انحنا و خم ها، جریان مشغوش بوده و ضریب انتقال حرارت بالاتر است.

۶- بلوک کامل یخ سبب می‌گردد که مخزن به عنوان عایق بسیار خوب عمل نموده و ضخامت کم عایق خارجی برای مخزن کافی می‌باشد.

۷- از یک سیال برای شارژ و تخلیه (تولید و ذوب یخ) استفاده می‌شود. بنابراین هزینه پمپ اضافی حذف می‌گردد.

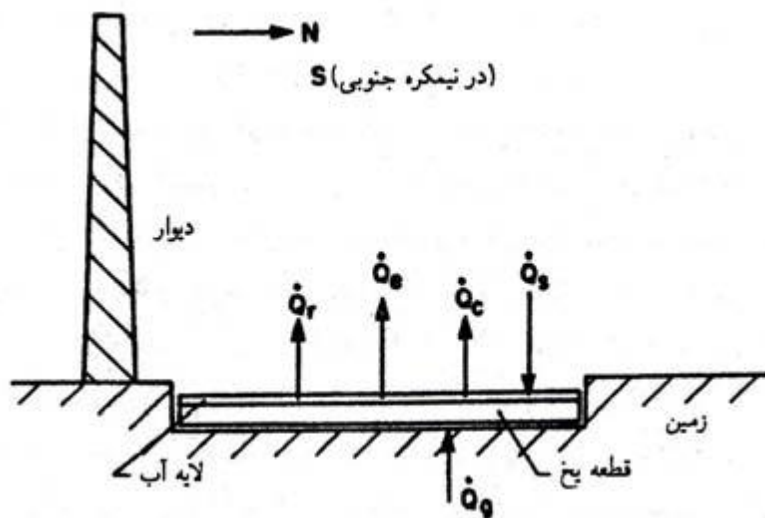
۸- کنترل سیستم نسبتاً ساده است. (۱۰)

۳- تولید طبیعی یخ در شبهای زمستان در حوضچه‌های کم عمق

تولید طبیعی یخ در مناطق کویری ایران در شبهای سرد و صاف زمستان قرن‌ها قدمت داشته است. در حال حاضر به علت استفاده از یخچال‌های مکانیکی خانگی و همچنین به سبب بهداشتی نبودن و گران بودن یخسازهای طبیعی، یخساز طبیعی کاملاً متروک شده است.

یخساز طبیعی از حوضچه‌ای به عمق حدود ۳۰ سانتیمتر تشکیل می‌شد که عرضی حدود ۱۰ متر و طولی معادل چند ۱۰ متر داشت. در جنوب این حوضچه دیوار مرتفعی وجود داشت که از تابش مستقیم خورشید در روزهای زمستان بر روی حوضچه جلوگیری می‌کرد. در قسمت‌های شرقی و غربی این حوضچه دیوارهای کوتاه تری وجود داشتند که جلوی تابش خورشید بر روی حوضچه را در اوایل صبح و اواخر بعد از ظهر بگیرند.

برای تولید یخ در شب‌های نسبتاً سرد ولی صاف زمستان حوضچه را آب می‌بستند به طوری که لایه آب به ارتفاع حدود ۱ میلی‌متر در داخل حوضچه جمع شود. صبر می‌کردند تا این لایه آب منجمد شود و سپس لایه نازک دیگری آب روی یخ تولید شده می‌بستند و صبر می‌کردند تا منجمد شود. این عمل را در طی شب‌های متوالی انجام می‌دادند تا قطعه‌های یخ به ارتفاع حدود ۳۰ سانتیمتر تشکیل شود. یخ تولید شده را قطعه قطعه کرده و در چاله‌هایی برای مصرف در تابستان ذخیره می‌کردند. (شکل ۵-۲)

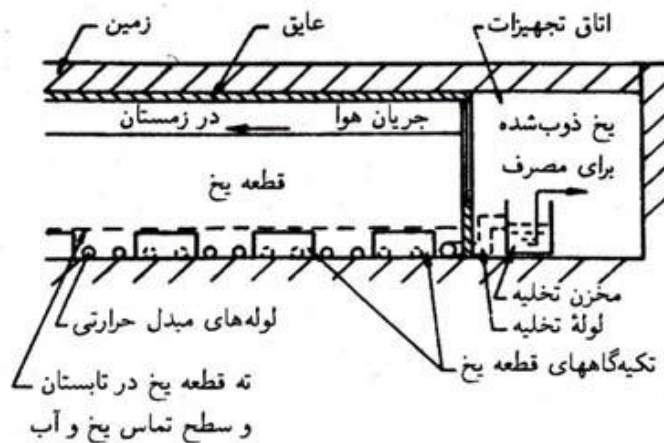


شکل (۵-۲) مقطع حوضچه یخ ساز طبیعی (۱۰)

۴- تولید نیمه طبیعی (یا کم انرژی) یخ در حوضچه‌های زیرزمینی

روش تولید طبیعی یخ که در بخش قبلی شح داده شد، در حالی که برای قرن‌ها در ایران از آن استفاده می‌شد، به علت بهداشتی نبودن کاملاً متروک شده است، ولی می‌توان با صرفه مقدار کمی انرژی (در مقایسه با تولید یخ به روش تبرید تراکمی) در ساعات سرد زمستان در مناطق سردسیر یخ تولید کرد و این یخ را برای تأمین نیاز سرمایشی تأسیسات در تابستان ذخیره کرد..

با توجه به قیمت بالای زمینی که لازم است برای یخساز نیمه طبیعی اختصاص داده شود و برای کاهش ذوب یخ از دست رفتن سرمای تولید شده و جهت مخفی ماندن این تأسیسات از دید عوامل بیگانه و ایمنی بیشتر، بهتر است حوضچه تولید و ذخیره یخ در زیرزمین قرار گیرد. علاوه بر این فضای بالای این حوضچه را می‌توان برای پارکینگ و یا سایر کارها مورد استفاده قرار داد (۱۰).



شکل (۵-۳) مقطعی از حوضچه زیر زمینی تولید یخ (۱۰)

۵-۶- شرح کار یخ ساز نیمه طبیعی

ابتدا باید در کف حوضچه لوله‌هایی (برای مثال از جنس مس) برای مبادله گرما قرار داده شود و فضای یخ سازی را از اتاق تجهیزات با یک دیوار تخته‌ای آجری به ضخامت ۵ سانتی متری جدا نمود و در طول زمستان و یا هر زمانی که دمای هوای منطقه برای ساختن یخ به اندازه کافی پایین باشد مقدار معینی از آب که حدود ۱ میلی متر ارتفاع داشته باشد به داخل حوضچه رها می‌کنند و با دمیدن هوای سرد بیرون (توسط دمندهای بادسان، یعنی با مصرف مقدار کمی انرژی توسط استفاده از سرمای هوای بیرون) به داخل آن، اجازه داده می‌شود که لایه آب با هوای سرد بیرون مبادله گرما کند، ابتدا به دمای انجماد برسد و سپس منجمد شود و بدین ترتیب به طور نیمه طبیعی یخ تولید می‌کنند.

این عمل در طول فصل سرما آنقدر ادامه می‌یابد تا یخ به ارتفاع مورد نیاز برسد. با یخ زدن این مقدار کم آب در هر بار می‌توان از هر گونه خسارت احتمالی که به دلیل انبساط آب در زمان یخ زدن ایجاد می‌شود اجتناب نمود.

در تابستان و یا هر موقعی که تأسیسات نیاز به سرما دارد با جریان آب در داخل لوله‌های زیر حوضچه زیر قطعه یخ می‌توان این آب را با مبادله گرما با یخ ذوب شده سرد کرد و در کویل‌های سرمایی (مثلاً فن کویل‌ها) استفاده کرد.

مقداری از یخ ذوب و با دریافت گرما از دیوارهای اطراف، قطعه یخ از دیوارهای اطراف خود کنده می‌شود و روی آب ایجاد شده در کف حوضچه شناور می‌شود. وقتی که ارتفاع لایه مذاب از ارتفاعات چوبی اندکی بیشتر شود آب زیر یخ خارج و وارد مخزن در اتاق تجهیزات می‌شود و قطعه یخ روی قطعات یا بلوک‌های چوبی قرار می‌گیرد و به این

ترتیب فشاری به دیوارهای اطراف حوضچه یخ ساز وارد نمی‌کند. عمل مبادله گرما توسط آب جاری در لوله‌ها در تمام مدتی که نیاز به سرمایش داشته باشیم ادامه می‌یابد و قطعه یخ همیشه روی قطعات چوبی قرار داده شده در کف حوضچه می‌نشیند. علاوه بر این، لوله‌های نصب شده در کف حوضچه یخ ساز همیشه از بیرون با آب حاصل از ذوب یخ در تماس است (۱۱).

۵-۷- سیستم دینامیک انباشت یخ

در این سیستم، یخ در اوپراتور تشکیل می‌شود و پس از رسیدن به ضخامت معینی در یک مخزن ذخیره می‌شود.

یخ را می‌توان با استفاده از تجهیزات مکانیکی و یا تزریقات داغ به داخل ورقه‌های اوپراتور جدا کرد. در بیشتر سیستم‌ها، واحد یخ سازی روی مخزن نصب می‌شود. سیستم‌های یخ دار نسبت به سیستم‌های آب سرد ویژگی‌های زیادی دارند و این ویژگی‌ها به سبب فشردگی سیستم است و اما ویژگی‌های این سیستم:

- ۱- ظرفیت سرمایی بیشتر برای حجم معین
- ۲- نیاز به فضای کمتر
- ۳- تلفات حرارتی کمتر
- و کاستی‌های این سیستم:
- ۱- محدوده انتخاب سیستم و سعی نیست و بازار رقابتی محدودتری دارد.
- ۲- بازده چرخه سرمایی به سبب کمبودن دمای مکش، کمتر است.
- ۳- استفاده از تجهیزات غیراستاندارد باعث افزایش شمار آموزش‌های کارکنان و تعمیرکاران می‌شود.
- انباشت کامل

در این روش، سیستم سرمایی اصلی در ساعات پیک بکار نمی‌افتد و تمامی بارهای سرمایی تأسیسات از طریق مخزن تأمین می‌شود. از آنجایی که کل بار سرمایی روزانه تأسیسات باید بوسیله انرژی انباشته در ساعات غیرپیک تأمین شود، این روش به مخازن بزرگ نیاز دارد. ویژگی‌ها و کاستی‌های این روش در زیر برشمرده می‌شود:

- ویژگی‌ها
- ۱- بیشترین کاهش هزینه برق

۲- استفاده از سیستم‌های کنترل ساده و ارزان

۳- امکان استفاده با سیستم‌های برودتی موجود

کاستی‌ها

۱- نیاز به فضای زیاد

۲- نیاز به بیشترین حجم انباشت و تأسیسات

۳- نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بیشتر برای تجهیزات مخزن

سیستم‌های ذخیره‌سازی سرما بر اساس نحوه ذخیره‌سازی سرما به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) ذخیره‌سازی با به کارگیری گرمای نهان ذوب Phase change

ب) ذخیره‌سازی با به کارگیری تغییر گرمای محسوس sensible heat

ماده به کارگیری شده در سیستم‌های ذخیره‌سازی سرما آب می‌باشد که در آن گرمای نهان ذوب یخ ذخیره شده ۸۰ کیلو کالری بر لیتر و گرمای محسوس آن ۱ کیلوکالری در نظر گرفته می‌شود.

به جز نمک‌های تغییر فازدهنده در حالت کلی می‌توان به چهار نوع سیستم ذخیره‌سازی سرما اشاره نمود:

ذخیره‌سازی جزئی با به کارگیری گرمای نهان ذوب یخ:

در این روش فقط بخشی از بار سرمایی زمان پیک با کار چیلر تأمین می‌شود.

ذخیره‌سازی کامل با به کارگیری گرمای نهان ذوب یخ:

در این روش تمام بار سرمایی ساعت پیک با کار چیلر در ساعات غیرپیک (نیمه شب) به وسیله یخ‌سازی در مخزن سرما ذخیره می‌شود و در ساعات پیک چیلر اصلی خاموش و بار سرمایی تأسیسات از مخزن ذخیره‌سازی تأمین می‌شود. در این روش ظرفیت چیلر و مخازن ذخیره‌سازی متفاوت از روش قبلی می‌باشد.

ذخیره‌سازی جزئی با به کارگیری گرمای محسوس آب:

در این روش آب مخزن ذخیره‌سازی سرما تا ۳ درجه سانتیگراد در ساعات غیرپیک سرد و در مخزن که معمولاً استخر گونه با عایق کافی است ذخیره می‌شود. با توجه به پایین بودن گرمای محسوس آب (۱ کیلوکالری بر لیتر) در مقایسه با گرمای نهان انجماد یخ، حجم مخزن ذخیره‌سازی آب به مراتب بزرگتر از مخزن ذخیره‌سازی یخ می‌باشد.

ذخیره‌سازی کامل با به کارگیری گرمای محسوس آب:

در این روش تمام بار سرمایی پیک بار چیلر در ساعات غیرپیک (عموماً نیمه‌های شب) به وسیله سرد کردن آب مخزن سرما تا ۳ درجه سانتیگراد به صورت سرمای محسوس آب در مخزن ذخیره شده و این سرمای ذخیره شده سرمای مورد نیاز تأسیسات را تأمین می‌نمایند. (۱۰)

۵-۸- انتخاب سیستم ذخیره سازی سرما

سیستم‌های چهارگانه مذکور از نظر جزئیات فنی، اقتصادی و مصارف انرژی الکتریکی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. اما سیستم‌های ذخیره سازی که در آن از گرمای نهان ذوب یخ بهره گرفته میشود کم حجم تر بوده و به فضای کمتری جهت مخازن نیاز می‌باشد ضمناً سیستم ذخیره سازی جزئی با مخزن یخ جهت مصرف کننده کم هزینه تر از سیستم ذخیره سازی کامل می‌باشد. (۱۰)

۶ فصل ششم: تغییرات سیستم خنک کاری کلیه واحدهای نیورگاه‌های شهید مفتاح

۶-۱- مقدمه:

سیستم خنک کاری در هر صنعتی بخش بسیار پر اهمیتی را از میزان کارایی آن مجموعه به عهده دارد، از زمان پارالل شدن نیروگاه مفتاح، سیستم خنک کاری هرچهار واحد نیروگاه، برپایه برج تر بنیان گذاری شد و از آن جایی که در آن زمان منطقه فامنین که نیروگاه غرب در آن جا قرار دارد بسیار پر آب بود با حفر ۲۵ حلقه چاه عمیق، آب فراوان مورد نیاز برج‌های تر تامین می‌شد بنابراین همه چیز به خوبی پیش می‌رفت تا اینکه منابع آب‌های زیرزمینی منطقه کاهش یافت و نیروگاه با کاهش بازده چشمگیری رو به رو شد و مشکل اصلی کلید خورد و سیستم خنک کاری نیروگاه نیازمند تغییراتی اساسی گردید که در ادامه به آن‌ها خواهیم پرداخت و سپس در مورد تمامی احتمالات موجود صحبت کرده و به بحث و نتیجه گیری خواهیم پرداخت. (نگارنده)

۶-۲- واحد ۱

همانطور که در فصل‌های قبل گفته شد واحد یک نیروگاه غرب با دیگر واحدها از لحاظ سیستم خنک کاری متفاوت است در این واحد سیستم خنک کاری بر پایه برج خشک پایه ریزی شده است و برج تر به عنوان سیستم کمکی وارد مدار می‌شود. (شکل ۴-۱) و (شکل ۶-۱)(۷)

طریق هم دمای آب ورودی کندانسور تا حد انتظار پایین آمده و هم مقدار آب کمتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. (۷)

جدول (۱-۶) مربوط به واحد ۱ در فروردین ماه ($ITD > 20^{\circ}C$) برج‌های تر در مدار قرار

ندارند (نگارنده)

تاریخ	بار (مگاوات در ساعت)	دمای ورودی کندانسور $^{\circ}C$	دمای خروجی کندانسور $^{\circ}C$	تعداد فن‌های برج تر	بازده %
۹۵/۱/۲	۲۲۹/۲۸	۳۰	۴۰	-	۳۶/۴۱
۹۵/۱/۳	۲۳۰/۰۳	۳۰	۴۱	-	۳۶/۲۱
۹۵/۱/۵	۲۲۸/۰۰	۳۱	۴۰	-	۳۶/۰۱
۹۵/۱/۸	۲۲۹/۶۸	۳۰	۴۰	-	۳۶/۳۳
۹۵/۱/۱۲	۲۳۲/۸۱	۳۱	۳۹	-	۳۶/۲۳
۹۵/۱/۱۶	۲۲۷/۵۰	۳۱	۴۰	-	۳۶/۴۱
۹۵/۱/۲۲	۲۲۷/۸۱	۳۰	۴۰	-	۳۶/۵۱
۹۵/۱/۲۴	۲۲۹/۹۱	۳۱	۴۱	-	۳۶/۳۱
۹۵/۱/۲۷	۲۳۱/۲۸	۳۰	۴۱	-	۳۶/۶۱
۹۵/۱/۲۹	۲۳۰/۴۱	۳۰	۴۱	-	۳۶/۷۰
۹۵/۱/۳۰	۲۲۹/۷۱	۳۰	۴۰	-	۳۶/۵۳

جدول (۲-۶) مربوط به واحد ۱ در تیرماه ($ITD < 20^{\circ}C$) برج‌های تر در مدارند (نگارنده)

تاریخ	بار (مگاوات در ساعت)	دمای ورودی کندانسور $^{\circ}C$	دمای خروجی کندانسور $^{\circ}C$	تعداد فن‌های برج تر	بازده %
۹۵/۴/۱	۲۲۳/۰۲	۳۱	۴۱	۱۰	۳۵/۴۱
۹۵/۴/۲	۲۱۵/۳۲	۳۲	۴۱	۱۱	۳۵/۱
۹۵/۴/۳	۲۲۳/۵	۳۱	۴۱	۱۰	۳۵/۴۴
۹۵/۴/۴	۲۴۰/۰۸	۳۱	۴۱	۱۰	۳۵/۴۳
۹۵/۴/۱۱	۲۲۷/۶۱	۳۱	۴۲	۱۲	۳۵/۳۱
۹۵/۴/۱۲	۲۱۵/۵۰	۳۲	۴۲	۱۲	۳۵/۲۲
۹۵/۴/۱۳	۲۱۷/۶۸	۳۱	۴۱	۱۲	۳۵/۲۵
۹۵/۴/۱۹	۲۱۵/۶۱	۳۲	۴۱	۱۱	۳۵/۱۹
۹۵/۴/۲۳	۲۲۶/۹۲	۳۲	۴۱	۱۱	۳۵/۲۱
۹۵/۴/۲۶	۲۲۸/۰۱	۳۱	۴۲	۱۱	۳۵/۲۵
۹۵/۴/۳۰	۲۲۷/۶۷	۳۱	۴۲	۱۱	۳۵/۲۵

از تحقیقات به عمل آمده نتیجه می‌گیریم که در ماه‌های سرد و خنک سال در واحد ۱، برج تر در مدار قرار ندارد و از آن جایی که هرکدام از فن‌های برج تر بین ۵۰ تا ۶۰ کیلو وات ساعت انرژی مصرف می‌کنند و نیز دو پمپ معروف به ابر پمپ در مدار برج‌های تر هرکدام ۲ مگا وات ساعت انرژی مصرفی دارند بنابراین در ماه‌های گرم سال هم مصرف آب بالاتر است و هم بازده به نسبت کمتری داریم. (نگارنده)

۳-۶- واحدهای ۲ و ۳

۳-۶-۱ واحد ۴

همانطور که در شکل ۴-۱ مشخص است واحد ۴ نیروگاه شهید مفتاح فقط دارای برج تر می‌باشد و همانطور که در بخش سیستم خنک کاری توضیح داده شد آب 40°C از کندانسور به برج تر وارد شده و پس از طی مراحل به آب 30°C تبدیل شده و به کندانسور وارد می‌شود هرچند عملاً با تاثیری که تمامی شرایط بر این سیستم خنک کاری می‌گذارند آب خروجی از کندانسور بین دمای 40°C تا 42°C و آب ورودی به کندانسور بین 26°C تا 31°C متغیر است.

جدول (۳-۶) مربوط به واحد ۴ در تیرماه (نگارنده)

تاریخ	بار (مگاوات در ساعت)	دمای ورودی کندانسور $^{\circ}\text{C}$	دمای خروجی کندانسور $^{\circ}\text{C}$	تعداد فن‌های برج تر	بازده %
۹۵/۴/۱	۲۴۹	۲۷	۴۲	۱۰	۳۷/۳۶
۹۵/۴/۲	۲۴۸	۲۷	۴۲	۱۰	۳۷/۳۷
۹۵/۴/۳	۲۱۵/۳۲	۳۲	۴۱	۱۰	۳۶/۹۷
۹۵/۴/۴	۲۴۰	۲۶	۴۱	۱۱	۳۷/۲۳
۹۵/۴/۱۱	۲۴۰	۲۸	۴۰	۱۱	۳۷/۲۳
۹۵/۴/۱۲	۲۴۲	۲۶	۴۰	۱۰	۳۷/۲۸
۹۵/۴/۱۳	۲۴۳	۲۶	۴۰	۱۰	۳۷/۲۹
۹۵/۴/۱۹	۲۴۰	۲۸	۴۱	۱۱	۳۷/۲۲
۹۵/۴/۲۳	۲۴۸	۲۷	۴۰	۱۱	۳۷/۳۸
۹۵/۴/۲۴	۲۴۹	۲۷	۴۲	۱۱	۳۷/۳۶
۹۵/۴/۲۵	۲۴۸	۲۷	۴۲	۱۰	۳۷/۴۱
۹۵/۴/۲۶	۲۴۷	۲۷	۴۱	۱۱	۳۷/۳۷
۹۵/۴/۲۷	۲۴۷	۲۶	۴۱	۱۱	۳۷/۴۱
۹۵/۴/۲۸	۲۴۷	۲۶	۴۰	۱۰	۳۷/۴۷
۹۵/۴/۳۰	۲۴۲	۲۷	۴۰	۱۰	۳۷/۲۱

۶-۳-۲ واحدهای ۳و۲

سیستم خنک کاری واحدهای ۳و۲ مشابه واحد ۴ بر پایه برج تری می باشند بنابراین نتایجی به مانند واحدی ۴ داشتند که از ذکر جزئیات آن خودداری می کنیم.

۶-۴- مقایسه واحدهای ۳و۲ و ۴ با واحد ۱ از نظر سیستم خنک کاری و

تاثیر آن بر روی بازده نیروگاه:

۱- واحدهای ۳و۲ در سیستم خنک کاری نیازمند آب فراوان هستند و بنابراین مشکل کم آبی هم چنان برای آن واحدها پابرجاست ولی در واحد ۱ به دلیل این که سیستم خنک کاری بر پایه برج خشک و برج تر کمکی کاری می کند نیازمند آب بسیار کمتری است.

۲- برج تر به تنهایی دمای آب ورودی به کندانسور را به مقدار بیشتری پایین می آورد بنابراین در واحدهای ۳و۲ که بر پایه برج تر کار می کنند دارای بازده بهتری نسبت به واحد ۱ هستیم تا آن جا که حدوداً شاهد ۲٪ اختلاف بازده بین این واحدها هستیم.

۳- واحدهای ۳و۲ مقدار آب بیشتری را هدر می دهند و همیشه شاهد بخار شدن آب و منتقل شدن بخار مربوطه از طریق فن ها به هوای اطراف هستیم ولی در واحد ۱، مخصوصاً در زمان هایی که برج تر در مدار قرار ندارند هدر رفت آب نزدیک به صفر است و در مواقعی که برج تر به عنوان کمکی وارد مدار می شود باز هم هدر رفت آب نصف واحدهای ۳و۲ است در پیک بار و فصل گرم چهار برج تر با هم $320 m^3/h$ آب مصرف می کنند که از این مقدار آب برای تولید هر مگاوات ساعت برق بین $0.19 m^3/h$ تا $0.23 m^3/h$ پرتی آب داریم. (۷)(۱۴)

به دلیل اینکه مشکل اساسی نیروگاه مفتوح مربوط به کم آبی می شود لذا از واحد ۱ رضایت بسیار بیشتری وجود دارد تا آن جا که قرار داد تغییر پایه سیستم های خنک کاری بقیه واحدها منعقد شده است تا جایی که سیستم خنک کاری آنها همانند واحد ۱ بنا شود. ولی این کار هزینه بسیار بالایی را به دنبال خواهد داشت و ما را بر آن داشته است که به دنبال رفع مشکل از مسیر دیگری باشیم.

۶-۵- رفع مشکل کم آبی نیروگاه غرب

اگر ما بتوانیم زمان در مدار بودن برج های تر را برای هرچهار واحد به حداقل برسانیم، مصرف آب کمتری را به دنبال خواهد داشت و همینطور به دلیل مصرف انرژی کمتر خود به خود بازده بهتری را نیز در پی خواهد داشت.

از آن جایی که با هریک درجه کاهش در دمای آب ورودی به کندانسور بازده به اندازه چند صدم و حتی چند دهم بهتر خواهد شد لذا به دنبال کاهش دمای آب ورودی کندانسور از طریق برودت یخ هستیم که در نهایت به هدف کاهش آب مصرفی و بازده بهتر برسیم. برای تمامی واحدها همه احتمالات را در نظر گرفته و مقدار یخ مورد نیاز را در ادامه محاسبه کرده ایم، اگرچه نکته‌ای بسیار مهم وجود دارد و باید در نظر داشته باشیم که این کاهش دمای ورودی کندانسور توسط یخ تا جایی مورد قبول است که مقدار تولید یخ و هزینه ذخیره سازی آن مقرون به صرفه باشد.

۶-۶-۶- تمامی احتمالات موجود برای واحد ۱ نیروگاه شهید مفتاح در تمامی روزهای گرم سال و زمانی که برج تر کمکی وارد مدار است.

۶-۶-۱- حالت اول:

برودت یخ به تنهایی دمای آب خروجی 40°C کندانسور را به 30°C کاهش داده و وارد کندانسور شود.

$$Q = \dot{m} C_p \Delta \theta = (27 \times 10^6) \times 4181.3 \times (40 - 30) = 1128951 \times 10^6 \left(\frac{j}{h} \right)_{(6-3)}$$

$$\begin{cases} \dot{m} = 27000 \frac{m^3}{h} = 27 \times 10^6 \left(\frac{kg}{h} \right) \\ C_p = 4181.3 \frac{j}{kgk} \end{cases} Q^{dut} = m(h_g \rightarrow 60^{\circ}\text{C} - h_f \rightarrow 60^{\circ}\text{C})$$

$$= 500 \frac{m^3}{h} \left(2609.6 \frac{kJ}{kg} - 251.13 \right) = 1179235 \times 10^6 \left(\frac{j}{h} \right)$$

$$Q = m l_f \rightarrow \text{جرم یخ } m = \frac{1128951 \times 10^6}{334 \times 10^3} = 3380092.81437 \left(\frac{kg}{h} \right)_{(6-4)}$$

m : جرم یخ

l_f : نهان ذوب یخ

در حالت اول برای کاهش 10°C دما به $3380/09 \text{ t/h}$ یخ نیاز داریم، (نگارنده)

۶-۶-۲- حالت دوم:

برج خشک دمای آب 40°C را طبق روال خودش در نیروگاه به 35°C رسانده و کاهش دما از 35°C به 30°C را توسط یخ انجام دهیم، محاسبه می‌کنیم چه مقدار یخ مورد نیاز می‌باشد.

$$Q = mC_p\Delta\theta = (27 \times 10^6) \times (4181.3) \times (35 - 30)$$

$$= 5644755 \times 10^5 \left(\frac{J}{h}\right)$$

$$Q = ml_f \rightarrow \text{جرم یخ } m = \frac{5644755 \times 10^5}{334 \times 10^3} = 1690046.407 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

در حالت دوم برای کاهش دمای آب خروجی برج خشک (۳۵°C) به ۳۰°C به اندازه ۱۶۹۰/۰۴۶ t/h یخ نیاز داریم، (نگارنده)

۳-۶-۶ حالت سوم:

برج خشک دمای آب ۴۰°C را طبق روال خودش در نیروگاه به ۳۵°C رسانده و از دمای ۳۵°C تا دمای ۳۲°C توسط بروودت یخ کاهش یافته و سپس از ۳۲°C تا دمای ۳۰°C و حتی در مواقعی برای رسیدن به بازده بهتر تا دمای پایین تر از ۳۰°C توسط برج تر کاهش می‌یابد.

$$Q = mC_p\Delta\theta = (27000 \times 10^3) \times 4181.3 \times (35 - 32)$$

$$= 3.386853 \times 10^{11} \left(\frac{J}{h}\right)$$

$$Q = ml_f \rightarrow \text{جرم یخ } m = \frac{3.386853 \times 10^{11}}{334 \times 10^3} = 1014027.844 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

- در این حالت برای کاهش دمای آب به اندازه ۳۰°C به مقدار ۱۰۱۴/۰۲۷ t/h یخ نیاز

داریم.

- مقدار یخ مورد نیاز برای هر یک درجه کاهش دمای آب از هر درجه‌ای با دبی

$27 \times 10^6 m^3$ و cp مشخص:

$$Q = (27 \times 10^6) \times (4181.3) \times 1_k = 1.128951 \times 10^{11} \left(\frac{J}{h}\right)$$

$$Q = ml_f \rightarrow \text{جرم یخ } m = \frac{Q}{334 \times 10^3} = 338009.284 \left(\frac{kg}{h}\right) = 338.009 \left(\frac{t}{h}\right)$$

طبق **Error! Unknown switch argument.** آب خروجی برج خشک که ۳۵°C دما دارد

برای کاهش به دماهای مختلف مقدار یخ مورد نیاز را نشان داده است. (نگارنده)

جدول ۴-۶ مقدار یخ مورد نیاز برای کاهش دمای ۳۵ درجه آب خروجی برج خشک (نگارنده)

۳۵°C	۳۵°C	۳۵°C	۳۵°C	۳۵°C	کاهش دمای آب از ۳۵°C
۳۰°C	۳۱°C	۳۲°C	۳۳°C	۳۴°C	به دمای
۱۶۹۰/۰۴۵	۱۳۵۲/۰۳۶	۱۰۱۴/۰۲۷	۶۷۶/۰۱۸	۳۳۸/۰۰۹	مقدار یخ مورد نیاز (t/h)

بنابراین ما می‌توانیم مقداری از کاهش دمای آب خروجی برج خشک را توسط یخ انجام داده و مقدار دیگر را توسط برج تر کاهش دهیم به این طریق زمان در مدار قرار داشتن برج تر را به حداقل رسانیده ایم ولی این نکته را باید در نظر داشته باشیم که به اندازه‌ای کاهش دما توسط یخ انجام پذیرد که از لحاظ اقتصادی تولید و ذخیره سازی یخ مقرون به صرفه باشد.

۶-۷- تمامی احتمالات موجود برای واحدهای ۲ و ۳ و ۴ نیروگاه شهید

مفتح در سیستم خنک کاری و استفاده از یخ (مطالعه بر روی واحد ۴)

۶-۷-۱ حالت اول:

در این سه واحد برج تر همیشه در مدار قرار دارد و ما در حالت اول همانند حالت اول واحد ۱ برج تر را به طور کامل خارج از مدار در نظر گرفته و کاهش دمای ۱۰ درجه‌ای بین ۴۰°C و ۳۰°C (دمای خروجی از کندانسور و ورودی به کندانسور) را به تنهایی توسط یخ محاسبه می‌کنیم.

همانطور که در بخش قبل محاسبه کردیم با دبی $27000 \text{ m}^3/\text{h}$ و cp ثابت برای هر درجه کاهش دما به اندازه $338/009 \text{ t/h}$ یخ نیاز داریم لذا برای اینکه دمای آب خروجی کندانسور که ۴۰°C است را توسط یخ به اندازه ۱۰°C کاهش داده و دمای آب ورودی به کندانسور را به ۳۰°C برسانیم مقدار یخ مورد نیاز برابر $3380/09$ تن در ساعت است

۶-۷-۲ حالت دوم:

در این حالت دمای ۴۰°C خروجی کندانسور را به اندازه‌ای که ساخت و ذخیره سازی یخ مقرون به صرفه باشد پایین آورده و مابقی کاهش دما را توسط برج تر انجام می‌دهیم، جدول زیر مقدار یخ مورد نیاز برای کاهش دماهای مختلف را نشان می‌دهد.

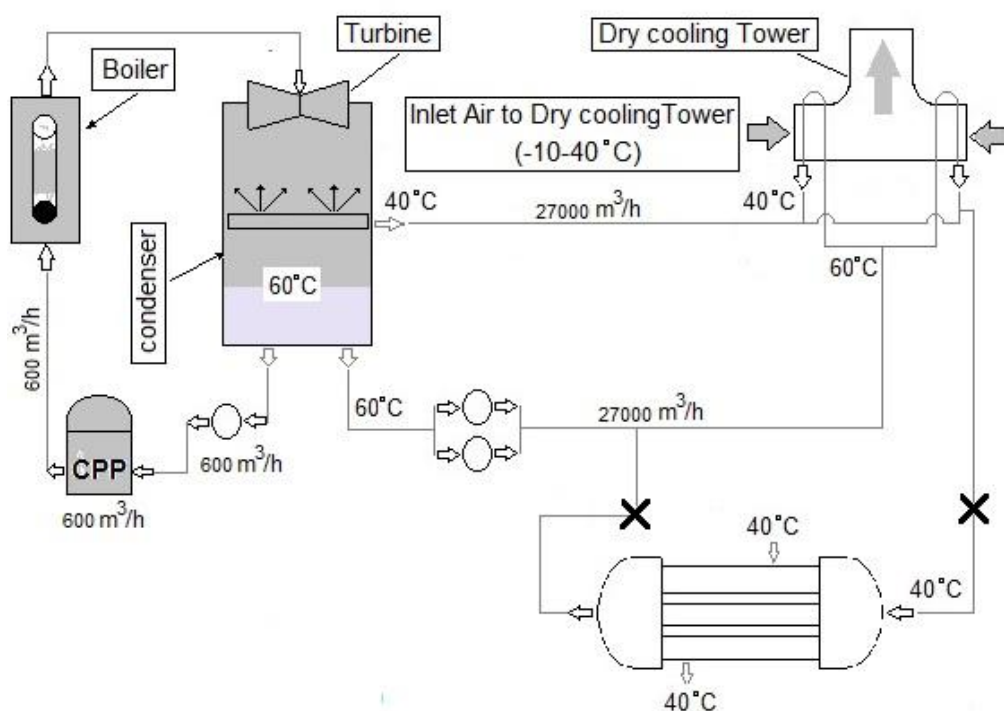
جدول ۵-۶) مقدار یخ مورد نیاز برای کاهش دمای ۴۰ درجه آب خروجی برج خشک (نگارنده)

۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	کاهش دما از (°C)
۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	کاهش دما به (°C)
۲۳۶۶/۰۶۳	۲۰۲۸/۰۵۴	۱۶۹۰/۰۴۵	۱۳۵۲/۰۳۶	۱۰۱۴/۰۲۷	۶۷۶/۰۱۸	۳۳۸/۰۰۹	مقدار یخ مورد نیاز (t/h)

در این حالت نیز همانند حالت‌های قبلی توجه به این نکته بسیار حائز اهمیت خواهد بود، تولید یخ و کاهش دما توسط آن تا درجه‌ای برای ما ادامه می‌یابد که از نظر مصرف آب، انرژی مصرفی تولید یخ، هزینه‌های تولید و ذخیره سازی آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و همچنین در نظر داریم که هرچقدر بازده کاهش دما توسط برج کمتر باشد به هدف کاهش آب مصرفی نزدیک تر می‌شویم، (نگارنده)

۶-۸- از آب‌کندانس جهت خنک کاری در برج خشک استفاده می‌کنیم (واحد ۱)

به دلیل اینکه در نقشه‌های نیروگاهی شهید مفتاح در نظر گرفته شده است که طبق شرایط آب و هوایی منطقه برج خشک توانایی خنک کردن آب‌کندانس 60°C را به اندازه 20°C دارد (شکل ۶-۲) ما با توجه به Q_{dut} و cp مشخص و تغییرات دمایی 60°C به 40°C مقدار دبی مورد نیاز آب‌کندانس را حساب کرده و برای دبی‌های مختلف آب‌کندانس، حالت‌های مختلف ولی منطقی (طبق شرایط آب و هوایی منطقه) دمایی را که قابل دستیابی می‌باشند را به دست می‌آوریم و می‌توانیم با استفاده از برودت یخ به دماهای پایین تر از 40°C نیز برسیم و بهبودی موفق تر از حالت‌های گذشته در روند خنک کاری واحد ۱ ایجاد نماییم، در ادامه تمامی حالت‌های منطقی (از نظر اقتصادی، بهبود بازده و کاهش آب مصرفی) کاهش دمای ورودی کندانسور را بررسی می‌کنیم. (نگارنده)



شکل (۶-۲) در صورتی که در واحد ۱ از آب کندانس جهت خنک کاری استفاده شود (۷)

۶-۹- یافتن دبی آب کندانسی که با دمای ۶۰ °C از کندانسور خارج شده و به برج خشک منتقل می شود و پس از خنک کاری با دمای ۴۰ °C خارج شده و دوباره به کندانسور برمی گردد.

$$Q_{dut} \text{ مورد انتظار سیستم} = 1128951 \times 10^6 \frac{J}{h}$$

Q_{dut} واقعی تر:

$$\begin{aligned} Q_{dut} &= [\dot{m}(h_g - h_f)] \quad (۶-۵) \\ &= 500 \left(2609.6 \frac{kJ}{kg} - 251.13 \frac{kJ}{kg} \right) \\ &= 500 \times 10^3 \left(\frac{kg}{h} \right) \left(2358.47 \frac{kJ}{kg} \right) \\ &= 1179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \end{aligned}$$

$$60^\circ C \ h_g \rightarrow 60^\circ C = 2609.6 \frac{kJ}{kg} \text{ آنالپی بخار}$$

$$60^\circ C \ h_f \rightarrow 60^\circ C = 251.13 \frac{kJ}{kg} \text{ آنالپی مایع}$$

$$\dot{m} = 500 \frac{m^3}{h} \text{ دبی بخار خروجی بویلر}$$

$$Q_{dut} = \dot{m} C_p \Delta T \quad T_2: \text{دمای آب کندانس خروجی کندانسور}$$

T_1 : دمای آب کندانس خنک شده برگشتی از برج خشک ورودی به کندانسور

$$\Delta T = (T_2 - T_1) = (60^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) = 20^\circ\text{C}$$

$$C_p = 4181.3 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \quad C_p: \text{ظرفیت گرمایی ویژه}$$

\dot{m}_{cond} : دبی آب کندانس مورد نیاز برج خشک برای تامین Q_{dut} مشخص و کاهش دمای آب

$$\dot{m}_{cond} = ?$$

کندانس به مقدار 20°C

$$1179235 \times 10^6 = \dot{m}_{cond} \times 4181.3 \times 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_{cond} = 14101296.25 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

با مقایسه با دبی آب مورد استفاده در سیستم خنک کاری، در مرحله‌ای که از آب کندانس استفاده نمی‌شد مشخص می‌شود که دبی آب کندانس نزدیک به یک دوم مراحل قبل است. (نگارنده)

۶-۹-۱ حالت اول:

دبی آب کندانس را افزایش می‌دهیم ($\dot{m}_{cond} = 14500000.00 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$)، آیا در مقایسه با حالت قبلی افزایش دمای آب کندانس برگشتی از برج خشک اتفاق می‌افتد یا خیر $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^\circ\text{C}$

(۶-۶)

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{h}} \left(14500.000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \times 4181.3 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$\times (60^\circ\text{C} - T_1)$$

$$\Delta T = \frac{179235 \times 10^6}{14500.000 \times 4181.3} = 19.45$$

$$(60^\circ\text{C} - T_1) = \Delta T = 19.45 \rightarrow T_1 = 60 - 19.45 = 40.55^\circ\text{C}$$

با افزایش دبی آب کندانس نتیجه بدتری در سیستم خنک کاری حاصل شد. بنابراین دبی آب کندانس را کاهش داده و در مراحل مختلف نتایج حاصل شده را مشاهده می‌کنیم. (نگارنده)

۶-۹-۲ حالت دوم:

دبی آب کندانس را کاهش می‌دهیم $\dot{m}_{cond} = 13500000 \frac{kg}{h}$ بدیهی است که نتایج بهتری در سیستم خنک کاری حاصل می‌شود و انتظار می‌رود برج خنک کننده خشک دمای

آب کندانس ورودی 60°C را به زیر 40°C برساند ($T_1 = ?$) و $T_2 = 60^\circ\text{C}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(13500.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kgK} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 20.89^\circ\text{C}, (T_2 - T_1) = \Delta T \rightarrow 20.89^\circ\text{C} = (60^\circ\text{C} - T_1)$$

$$T_1 = 39.11^\circ\text{C}$$

در حالت دوم برج خنک کننده دمای آب کندانس ورودی با دمای 60°C را به دمای

39.11°C می‌رساند.

همچنان در مراحل بعدی دبی آب کندانس را کاهش می‌دهیم و به نتایج بهتری می‌رسیم، اگرچه این نکته بسیار مهم را باید در نظر بگیریم که توانایی سیستم خنک کاری برج خشک به طور مستقیم به دمای هوای منطقه وابسته است، در گرم ترین ماه سال برج خنک کننده خشک توانایی کاهش دمای آب کندانس 60°C را تا رسیدن به دمای 35°C به عهده می‌گیرد، بدیهی است کاهش دبی آب کندانس تا جایی منطقی خواهد بود که دمای آب کندانس 60°C به 35°C رسیده باشد، بنابراین در حالت‌های بعد دبی آب کندانس را همچنان کاهش می‌دهیم تا جایی که برج خشک دمای آب کندانس 60°C را به محدوده دمایی مورد انتظار ما (35°C) برساند. (نگارنده)

۶-۹-۳ حالت سوم: ($T_1 = ?$) و $T_2 = 60^\circ\text{C}$

$$\dot{m}_{cond} = 13000000 \frac{kg}{h}$$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(13000.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kgK} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 21.69^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 21.69$$

$$T_1 = 38.31^\circ\text{C}$$

۶-۹-۴ حالت چهارم: ($T_1 = ?$) و $T_2 = 60^\circ\text{C}$ ، $\dot{m}_{cond} = 12500000 \frac{kg}{h}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(12500.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kgK} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 22.56^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 22.56$$

$$T_1 = 37.74^\circ\text{C}$$

۶-۹-۵ حالت پنجم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^\circ\text{C}$ ، $\dot{m}_{cond} = 12000000 \frac{kg}{h}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(12000.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kg \cdot K} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 23.5^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 23.5^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 36.5^\circ\text{C}$$

۶-۹-۶ حالت ششم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^\circ\text{C}$ ، $\dot{m}_{cond} = 11500000 \frac{kg}{h}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(11500.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kg \cdot K} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 24.52^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 24.52$$

$$T_1 = 35.48^\circ\text{C}$$

۶-۹-۷ حالت هفتم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^\circ\text{C}$ ، $\dot{m}_{cond} = 11400000 \frac{kg}{h}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(11400.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kg \cdot K} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 24.74^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 24.74$$

$$T_1 = 35.26^\circ\text{C}$$

۶-۹-۸ حالت هشتم: $(T_1 = ?)$ و $T_2 = 60^\circ\text{C}$ ، $\dot{m}_{cond} = 11300000 \frac{kg}{h}$

$$Q_{dut} = \dot{m}_{cond} \times C_p \Delta T$$

$$\rightarrow 179235 \times 10^6 \frac{J}{h} \left(11300.000 \frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \frac{J}{kg \cdot K} \times (\Delta T)$$

$$\Delta T = 24.96^\circ\text{C} \rightarrow (60^\circ\text{C} - T_1) = 4.96$$

$$T_1 = 35.26^\circ\text{C}$$

اگر دبی آب کندانس را $11300 m^3/h$ در نظر بگیریم برج خنک کننده خشک دمای آب کندانس 60°C را تا محدوده دمایی $35/04^\circ\text{C}$ پایین می‌آورد، از این مقدار دبی کمتر برخلاف روند مراحل آب و هوای منطقه اجازه کاهش دما را نمی‌دهد. (نگارنده)

۶-۱۰- اگرچه توانسته ایم آب مصرفی را تا حد بسیار ایده آلی کاهش دهیم و حتی به نتایج خنک کاری مطلوبی برسیم اما از این مرحله به بعد همانند ابتدای فصل می‌توانیم با استفاده از برودت یخ دمای $35/04^{\circ}\text{C}$ ورودی کندانسور را کاهش دهیم و دمای ورودی کندانسور را به حالت‌های مطلوب تری برسانیم.

در حالت‌های بعدی مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس $35/04^{\circ}\text{C}$ دماهای مختلف را بررسی می‌کنیم، باید در نظر داشته باشیم که مقدار یخ تولید شده باید از لحاظ هزینه‌های تولید و ذخیره سازی صرفه اقتصادی نیز داشته باشد.

۶-۱۰-۱ حالت اول:

مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس $35/04$ درجه سانتی گراد (بخش ۹-۷-۵) به دمای 34°C

$$Q = m_{\text{cond}} \times C_p \times \Delta T$$

$$m_{\text{cond}} = 11300000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

$$C_p = 4181.3 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right)$$

$$\begin{cases} \Delta T = T_2 - T_1 = 1.04^{\circ}\text{C} \\ T_2 = 35.04^{\circ}\text{C} \\ T_1 = 34^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$Q = 11300000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \times 4181.3 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \times 1.04 \text{ K}$$

$$= 4.9138637 \times 10^{10} \left(\frac{\text{J}}{\text{h}} \right)$$

$$Q = m_1 L_f$$

$$L_f: \text{گرمای نهان ذوب یخ} \left(334 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$m: \text{جرم یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای } 11300 \text{ m}^3/\text{h} \text{ آب کندانس به مقدار } 1/04$$

درجه سانتی گراد

$$m = \frac{Q}{L_f} = \frac{4.9138637 \times 10^{10} \left(\frac{\text{J}}{\text{h}} \right)}{334 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 147121.7 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = 147.12 \left(\frac{\text{t}}{\text{h}} \right)$$

(نگارنده)

۶-۱۰-۲ حالت دوم:

مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۴ درجه سانتی گراد به دمای

۳۳°C

$$Q = m_{\text{cond}} \times C_p \times \Delta T$$

$$m_{\text{cond}} = 11300000 \left(\frac{kg}{h} \right)$$

$$C_p = 4181.3 \left(\frac{j}{kgk} \right)$$

$$\begin{cases} \Delta T = T_2 - T_1 = 1^\circ C \\ T_2 = 34^\circ C \\ T_1 = 33^\circ C \end{cases}$$

$$Q = 11300000 \left(\frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \left(\frac{j}{kgk} \right) \times 1 k = 4.725 \times 10^{10} \left(\frac{j}{h} \right)$$

$$Q = m_2 L_f$$

$$m = \frac{Q}{L_f} = \frac{4.725 \times 10^{10} \left(\frac{j}{h} \right)}{334 \times 10^3 \frac{j}{kg}} = 141467.07 \left(\frac{kg}{h} \right) = 141.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

(نگارنده)

۶-۱۰-۳ حالت سوم:

مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۳ درجه سانتی گراد به دمای ۳۲

درجه سانتی گراد

$$Q = m_{\text{cond}} \times C_p \times \Delta T$$

$$m_{\text{cond}} = 11300000 \left(\frac{kg}{h} \right)$$

$$C_p = 4181.3 \left(\frac{j}{kgk} \right)$$

$$\begin{cases} \Delta T = T_2 - T_1 = 1^\circ C \\ T_2 = 33^\circ C \\ T_1 = 32^\circ C \end{cases}$$

$$Q = 11300000 \left(\frac{kg}{h} \right) \times 4181.3 \left(\frac{j}{kgk} \right) \times 1 k = 4.725 \times 10^{10} \left(\frac{j}{h} \right)$$

$$Q = m_2 L_f$$

$$m = \frac{Q}{L_f} = \frac{4.725 \times 10^{10} \left(\frac{j}{h} \right)}{334 \times 10^3 \frac{j}{kg}} = 141467.07 \left(\frac{kg}{h} \right) = 141.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

(نگارنده)

۶-۱۰-۴ از حالت دوم و سوم نتیجه می‌شود که مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانسین خروجی برج خشک با دبی ۱۱۳۰۰۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت به اندازه یک درجه سانتی گراد ۱۴۱/۴۷ تن بر ساعت می‌باشد.

بنابراین برای کاهش دمای آب کندانس ۳۲ درجه سانتی گراد به دمای ۱۳ درجه سانتی گراد و همچنین کاهش دمای آب کندانس ۳۱ درجه سانتی گراد به دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مقدار یخ ۱۴۱/۴۷ تن در ساعت نیاز می‌باشد. (نگارنده)

۶-۱۰-۵ مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۵/۰۴ درجه سانتی گراد به دمای ۳۰ درجه سانتی گراد.

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5$$

m_1 : مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۵/۰۴ درجه سانتی گراد به آب کندانس با دمای ۳۴ درجه سانتی گراد.

m_2 : مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۴ درجه سانتی گراد به آب کندانس با دمای ۳۳ درجه سانتی گراد.

m_3 : مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۳ درجه سانتی گراد به آب کندانس با دمای ۳۲ درجه سانتی گراد.

m_4 : مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۲ درجه سانتی گراد به آب کندانس با دمای ۳۱ درجه سانتی گراد.

m_5 : مقدار یخ مورد نیاز جهت کاهش دمای آب کندانس ۳۱ درجه سانتی گراد به آب کندانس با دمای ۳۰ درجه سانتی گراد.

$$m_1 = 147.12 \left(\frac{t}{h} \right)$$

$$m_2 = 147.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

$$m_3 = 147.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

$$m_4 = 147.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

$$m_5 = 147.47 \left(\frac{t}{h} \right)$$

m : مقدار یخ مورد نیاز کل برابر است با: ۷۳۷ تن بر ساعت

به همین منوال جهت کاهش دمای آب خروجی برج خشک و ورودی کندانسور به هر درجه حرارتی مقدار یخ مورد نیاز قابل محاسبه می‌باشد، ولی باز هم تاکید می‌کنیم که این

کاهش دماها توسط یخ تا جایی قابل قبول و خوشحال کننده می باشد که تولید مقدار یخ مورد نیاز از لحاظ تولید و از لحاظ ذخیره سازی و هم چنین در مدار قرار گرفتن صرفه اقتصادی داشته باشد. (نگارنده)

۶-۱۱- بحث و نتیجه گیری

همانطور که در فصل های گذشته توضیح داده شد، مشکلات اساسی نیروگاه شهید مفتاح (غرب) از زمانی به وقوع پیوست که استان همدان و علی الخصوص منطقه فامنین که نیروگاه مفتاح در آن جا واقع شده است دچار کم آبی شدید گردید از آنجایی که تمامی چهار واحد نیروگاه در سیستم خنک کاری خود دارای برج تر بودند و برج های تر مصرف آب بسیار بالایی دارند به دلیل کم آبی، مقدار آب مورد نیاز آن ها تامین نشد و در نهایت بازده نیروگاه به کم تر از یک دوم زمان پر آبی کاهش پیدا کرد، همانطور که گفته شد حل مشکل توسط مهندسین از دو راه پرهزینه پی گیری شدف راه اول این بود که در واحد یک برج خشک احداث شد و سیستم خنک کاری نیروگاه در واحد یک بر پایه برج خشک پیش رفت به طوری که در ماه های گرم سال که برج خشک به تنهایی توان کاهش دمای ورودی به کندانسور را تا حد مورد انتظار نداشت برج تر به صورت کمکی وارد مدار می شود، بنابراین زمان در مدار قرار گرفتن برج تر را کاهش دادند و توانستند مقدار آب مصرفی و پرتی آب سیستم خنک کاری را کاهش دهند.

راه دومی که برای حل مشکل در نظر گرفتند این بود که تصمیم گرفتند که پساب فاضلاب شهر همدان را توسط لوله کشی به نیروگاه منتقل کنند و از این طریق مشکل کم آبی نیروگاه را برطرف نمایند.

با این اقدامات بازده واحد یک در ماه های گرم سال به اندازه ۲٪ از سایر واحدها کمتر شد ولی به این دلیل که آب کمتری نسبت به واحدهای دیگر مصرف می کند خطا از واحد ۱ رضایت بیشتری وجود دارد.

اقدامات بعدی نیروگاه شهید مفتاح همدان این است که قرارداد احداث برج خشک برای واحدهای ۲ و ۳ و ۴ نیز در دست اقدام است، (نگارنده)

۶-۱۱-۱ بررسی تمام حالت ها از لحاظ صرفه اقتصادی و حصول بهترین نتیجه

پس از بررسی شماری از شرکت های برودتی مشغول به کار در کشور و بررسی هزینه های احتمالی، یکی از شرکت ها را به نام هوا صنعت پیشرو شمال انتخاب کردیم، این شرکت پس از شنیدن درخواست های ما مبنی بر دستیابی به برودت های خواسته شده در رنج

دماهای متفاوت چه برای آب و هوای معمولی و چه برای آب کندانس قیمت‌های پیشنهادی خود را جهت ساخت سیستم‌های متفاوت خواسته شده اعلام کرد که در پیوست تمامی مکاتبات آورده شده اند.

لازم به ذکر است که تمامی اطلاعات، برای درخواست میزان برودت صفر و زیر صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ متر مکعب در ساعت در نظر گرفته شده اند.

پس از بررسی تمامی روش‌های تولید یخ از لحاظ اشغال مساحت برای مخزن ذخیره سازی و تمامی مزایا و معایب آن‌ها روشی که انتخاب شد تولید یخ روی کویل با ذوب داخلی می‌باشد. (نگارنده)

۶-۱۲- روش کار شرکت مورد نظر برای دستیابی به برودت خواسته شده

برای دستیابی به نتیجه مناسب در این پروژه روش کار به این شکل می‌باشد که با ایجاد یک مخزن یا استخر و تعبیه اوپراتورهای خاص داخل مایع و بهره گیری از کمپرسورهای پر قدرت تراکمی که برای این استخر طراحی گردیده است و با روش کنترل تناوبی سرما و همچنین هدایت مفید لوله‌های کوئل محفظه مورد نظر به دمای صفر درجه یا حتی زیر صفر برسد، در این روش علاوه بر ایجاد برودت بسیار عالی این برودت قابل کنترل از طریق سیستم‌های فوق پیشرفته دیجیتالی می‌باشد به نحوی که می‌توان مقدار خروجی دمای سیال را بر حسب نیاز تنظیم کرد، در این سیستم تعداد کمپرسورهای تعریف شده با شکلی خاص وارد سیکل کاری گردیده و برودت فوق العاده را تولید می‌نماید. کندانسورهای این مجموعه با یک سایز بزرگتر در نظر گرفته شده است که در فصول

مختلف توسط خود سیستم مقدار فشار گاز کنترل می‌شود.

در واقع در محفظه‌ای با هر شکل و درجه‌ای که بخواهیم برودت ایجاد می‌کنیم و علاوه بر آن فشار گاز رفت و برگشت را کنترل می‌نماییم. (نگارنده)

**۶-۱۳- در ادامه برای تمامی احتمالات ذکر شده در بخش ۵-
 ۶ (سیستم خنک کننده کاری واحد۱) و بخش ۶-۶ (سیستم خنک کاری
 واحدهای ۲.۳.۴) هزینه‌های محتمل را بررسی خواهیم کرد.
 ۶-۱۳-۱ حالت اول (۱-۵-۶) یخ به تنهایی دمای آب معمولی ۴۰°C را به ۳۰
 درجه سانتیگراد کاهش می‌داد.**

-مقدار یخ مورد نیاز: $3380/09 \text{ t/h}$

-سرمای مورد نیاز 300 t/h (تولید شده توسط شرکت سازنده)

-ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت‌های
 ۸۰۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰
 متر مکعب به وجود آورد.
 -قیمت تمام شده جهت ساخت سیستم بالا بین ۶ تا ۶/۵ میلیارد تومان
 می‌باشد. (نگارنده)

**۶-۱۳-۲ حالت دوم (۲-۵-۶): برج خشک دمای آب ۴۰°C را طبق روال کنونی
 نیروگاه به ۳۵°C رسانده و کاهش دما از ۳۵°C تا ۳۰°C توسط برودت یخ انجام
 گیرد.**

-مقدار یخ مورد نیاز $1690/04 \text{ t/h}$

-سرمای مورد نیاز 2300 t/h (تولید شده توسط دستگاه‌های شرکت سازنده)

-قدرت کمپرسورهای تراکمی مورد نیاز: ۷۴۰ تن

-قیمت تمام شده جهت ساخت سیستم فوق ۶ تا ۶/۵ میلیارد تومان می‌باشد. (نگارنده)

**۶-۱۳-۳ حالت سوم (۳-۵-۶) برج خشک دمای آب ۴۰°C را طبق روال کنونی
 نیروگاه به ۳۵°C رسانده و از دمای ۳۵°C تا ۳۲°C توسط برودت یخ کاهش
 می‌یابد، سپس از دمای ۳۲°C تا دمای ۳۰°C و پایین تر از آن توسط برج تر کاهش
 می‌یابد.**

-مقدار یخ مورد نیاز $1014/027 \text{ t/h}$

-سرمای مورد نیاز 2000 t/h (تولید شده توسط شرکت سازنده)

—قدرت کمپرسورهای تراکمی مورد نیاز ۷۰۰ تن

—قیمت تمام شده جهت ساخت سیستم فوق ۵ تا ۵/۵ میلیارد تومان می باشد.

۶-۱۳-۴ هزینه های متحمل شده جهت تغییر سیستم خنک کاری واحد ۴ دستگاه
۶-۱۳-۵ حالت اول (۶-۶-۱) هزینه های این قسمت دقیقاً مشابه بخش (۱-۱۲-۶) می باشد.

۶-۱۳-۶ حالت دوم (۶-۶-۲) در این حالت کاهش دمای ۲۷ میلیون لیتر آب را از ۴۰°C به ۳۴°C مدنظر قرار دادیم و هزینه مرتبط را بررسی کردیم.

—مقدار یخ مورد نیاز t/h 2028/05

—مقدار سرمای تولید شده توسط دستگاه های شرکت سازنده t/h 2300

—قدرت کمپرسورهای تراکمی: ۷۴۰ تن

—قیمت تمام شده جهت ساخت سیستم فوق ۶ تا ۶/۵ میلیارد تومان می باشد. (نگارنده)

۶-۱۴- هزینه های متحمل شده جهت تغییر سیستم خنک کاری واحد ۱ در بخش (۶-۷)

لازم به یادآوری است در بخش (۶-۷) از آب کندانس ۶۰°C جهت خنک کاری استفاده شده بود که در اولین قدم دبی آب مورد نیاز ما به $11300 m^3$ تقلیل یافته بود، که با این دبی و دمای منطقه، برج خشک توانایی کاهش آب کندانس ۶۰°C را به ۳۵/۰۴ درجه سانتی گراد به عهده دارد.

۶-۱۴-۱ طبق محاسبات انجام شده برای کاهش دمای $11300 m^3$ آب کندانس با دمای ۳۵/۰۴°C تا دمای ۳۰°C به t/h 713 یخ نیاز داشتیم،

محاسبات صورت گرفته توسط شرکت سازنده مورد نظر برای مساحت $500 m^2$ و دستیابی به دمای مورد نظر به شرح زیر است،

—مقدار یخ مورد نیاز t/h 713

—مقدار سرمای تولید شده توسط دستگاه های شرکت سازنده t/h 1800

—قدرت کمپرسورهای تراکمی: ۶۰۰ تن

—قیمت پیشنهادی شرکت سازنده مجموعه این آیس بانک: ۳/۵ تا ۴ میلیارد تومان (نگارنده)

۶-۱۵- جداول هزینه‌های بررسی شده در تمامی حالت‌های گذشته

جدول (۶-۶) هزینه‌های تمامی حالت‌های در نظر گرفته شده برای تغییر سیستم خنک کاری

واحد ۱ (نگارنده)

حالت‌های مختلف	مقار یخ مورد نیاز محاسبه شده t/h	سرمای مورد نیاز تولید شده توسط شرکت t/h	قدرت کمپرسورهای تراکمی (t)	قیمت تمام شده جهت ساخت سیستم موردنظر (میلیارد تومان)
برج خشک حذف و یخ به تنهایی دمای آب 40°C را به 30°C کاهش می‌دهد	۳۳۸۰/۰۹	۳۰۰۰	۸۰۰	۶ تا ۶/۵
برج خشک دمای آب 40°C را به 35°C می‌رساند و از دمای 35°C تا 30°C توسط یخ انجام می‌شود	۱۶۹۰/۰۴	۲۳۰۰	۷۴۰	۶ تا ۶/۵
برج خشک دمای آب 40°C را به 35°C می‌رساند از دمای 35°C تا 32°C توسط یخ کاهش می‌یابد و از دمای 32°C تا دمای 30°C توسط برج تر کاهش می‌یابد.	۱۰۱۴/۰۲۷	۲۰۰۰	۷۰۰	۵ تا ۵/۵

جدول (۶-۷) هزینه تمامی حالت‌های در نظر گرفته شده برای تغییر سیستم خنک کاری واحدهای ۲

و ۳ و ۴ (نگارنده)

حالت‌های مختلف	مقار یخ مورد نیاز محاسبه شده t/h	سرمای مورد نیاز تولید شده توسط شرکت t/h	قدرت کمپرسورهای تراکمی (t)	قیمت متحمل شده جهت ساخت سیستم موردنظر (میلیارد تومان)
برج تر حذف و ده درجه کاهش ما از دمای 40°C تا 30°C توسط یخ صورت پذیرد	۳۳۸۰/۰۹	۳۰۰۰	۸۰۰	۶ تا ۶/۵
دمای آب توسط یخ به 34°C کاهش می‌یابد و از دمای 34°C تا دمای 30°C را توسط برج تر کاهش می‌دهیم.	۲۰۲۸/۰۵	۲۳۰۰	۷۴۰	۶ تا ۶/۵

جدول (۸-۶) هزینه‌های در نظر گرفته شده در صورتی که در واحد ۱ از آب کندانس جهت خنک

کاری استفاده شود و دبی آب مورد استفاده 11300 m^3 باشد. (نگارنده)

حالت‌های مختلف	مقار یخ مورد نیاز محاسبه شده t/h	سرمای مورد نیاز تولید شده t/h توسط شرکت سازنده مجموعه	قدرت کمپرسورهای تراکمی به کار گرفته شده (t)	قیمت متحمل شده جهت ساخت سیستم مورد نظر (میلیارد تومان)
برج خشک دمای آب کندانس 60°C را به $35/04^\circ\text{C}$ کاهش می‌دهد و از دمای $35/04^\circ\text{C}$ تا دمای 30°C توسط برودت یخ کاهش می‌یابد.	۷۱۳	۱۸۰۰	۶۰۰	۴ تا ۳/۵

۶-۱۶- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۶-۱۶-۱ اولین و مهمترین نتیجه‌ای که از تغییرات مورد نظر می‌توان گرفت این است که طبق فرمول $Q_{dut} = m^\circ c_p \Delta T$ با در نظر گرفتن یک Q_{dut} مورد انتظار در تمامی واحدها هر چقدر ΔT بزرگتری داشته باشیم از آنجاییکه c_p ثابت می‌باشد m° (دبی مورد نیاز) کمتری نیاز داریم

بنابراین در واحد ۱ با داشتن ΔT های بزرگتر رفته رفته مقدار آب مصرفی مورد نیاز کاهش پیدا می‌کند، بنابراین وقتی که از آب کندانس به جای آب معمولی استفاده می‌شود می‌توانیم مشکل کم آبی را در واحد یک برطرف کرده و همین طور می‌توانیم با افزایش ΔT و ثابت در نظر گرفتن دمای آب کندانس (60°C) نسبت به شرایط محیط اطراف آب کندانس خروجی برج خشک را خنک تر از مقدار 40°C در نظر گرفته و در نتیجه با کاهش آب کندانس دمای ورودی به کندانسور به طور مستقیم روی بازده واحد تأثیر گذاشته و آن را افزایش دهیم.

$$\begin{aligned} \Delta T_A &= (T_2 - T_1) \text{ در زمان استفاده از آب کندانس} \\ &= (60^\circ\text{C} \text{ آب کندانس} - 40^\circ\text{C} \text{ آب معمولی}) = 20^\circ\text{C} \\ \Delta T_B &= (T_2 - T_1) \text{ در زمان استفاده از آب معمولی} \\ &= (40^\circ\text{C} \text{ آب معمولی} - 40^\circ\text{C} \text{ آب معمولی}) = 10^\circ\text{C} \\ \Delta T_A &> \Delta T_B = m^\circ_A < m^\circ_B \Rightarrow \text{کاهش آب مصرفی} \end{aligned}$$

بنابراین برای واحد ۱ که دارای برج خشک می‌باشد در سیستم خنک کاری استفاده از آب‌کندانس بسیار معقول‌تر از استفاده از آب معمولی در گستره دمایی مختلف و قابل انتظار می‌باشد.

لازم به ذکر است که دمای ورودی به کندانسور را می‌توانستیم با استفاده از تولید یخ و برودت آن کاهش داده و به تبع آن ΔT افزایش پیدا کرده و به آب مصرفی کمتری نیز دست پیدا می‌کنیم. (نگارنده)

۶-۱۶-۲ در واحدهای ۲ و ۳ و ۴ قرارداد ساخت برج خشک با شرکتی روسی در حال منعقد شدن

می‌باشد که حدوداً ۱۵۰ میلیارد تومان هزینه دربر خواهد داشت که اگر این قرارداد به انجام برسد در آن واحدها نیز می‌توانیم با استفاده از آب‌کندانس به نتایج بخش (۱-۱۶-۶) دست پیدا کنیم،

۶-۱۶-۳ در تمامی واحدها توانستیم مقداری از کاهش دمای ورودی به کندانسور را بر دوش برودت یخ بیاندازیم، بنابراین با این کار قطعاً برج‌تر ساعات کمتری را در مدار قرار خواهد داشت، در نتیجه آب مصفی و پرتی آب کاهش پیدا می‌کند،

۶-۱۶-۴ اگر ساعات در مدار داشتن برج‌تر کم‌تر شود چگونه روی بازده نیروگاه تأثیر می‌گذارد؟

۱- در برج‌تر ۱۲ فن وجود دارد که هر کدام از آن‌ها در حدود ۶۰ kW انرژی مصرف می‌کنند، و هم‌چنین دو ابر پمپ در مسیر مدار برج‌تر واقع است که هر کدام از آن‌ها در حدود ۲ MW مصرف انرژی دارند، بدیهی است با کاهش ساعات کاری برج‌های‌تر از مصرف انرژی‌های گفته شده جلوگیری شده و اولین تأثیر را روی بازده نیروگاه می‌گذارند.

۲- در مصرف آب صرفه جویی بسیاری می‌شود و می‌توانیم با استفاده از برودت یخ و داشتن ساعات کمی در مدار بودن برج‌تر به طور هم‌زمان دمای ورودی کندانسور را به مقدار بیشتری کاهش داده و بازده نیروگاهی بهتری داشته باشیم.

تذکر: می‌دانیم که بازده تمامی تجهیزات نیروگاهی به طور مستقیم بر روی بازده نیروگاه تأثیر می‌گذارند بنابراین هر جا سخن از افزایش بازده نیروگاه توسط کاهش دمای ورودی کندانسور به میان آوریم اثر بازده تمامی تجهیزات را ثابت فرض کرده ایم.

۳- در بخش انتقال پساب فاضلاب می‌توانیم به جای هزینه هنگفت ۷۵ میلیارد تومانی با کاهش دبی مورد نیاز و تأمین برودت آن توسط یخ از یک صرفه اقتصادی مطلوب نیز بهره‌مند شویم. (نگارنده)

منابع

- ۱- میری، بیاتی، زربخش. مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید برق و حرارت، سازمان بهره‌وری انرژی‌های ایران (سابا)، ۱۳۸۳
- ۲- زونتاک، بورگنک، ون وایلن ترمودینامیک کلاسیک انتشارات قدیانی ویرایش ۶ سال ۲۰۱۵
- ۳- یونس سنجل و میثائیل بولز ترمودینامیک مهندسی انتشارات قدیانی ویرایش ۸ سال ۲۰۱۵
- ۴- سخنور، محمد/صلاح ساختار شرکت-های توزیع برق جهت ارتقای کارایی در ایران، رساله دکتری رشته اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۹۰
- ۵- نعیمی، جمشید. روش‌های افزایش راندمان در واحدهای بخاری نیروگاه نکا، نخستین همایش ملی مدیریت انرژی در صنایع نفت و گاز، تهران، هم اندیشان انرژی کیمیا، ۱۳۹۰.
http://www.civilica.com/Paper-ENERGYCONF01-ENERGYCONF01_021.html
- ۶- NUCLEAR POWER PLANTS INFORMATION، از آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۲۰۰۵/۰۶/۱۵
- ۷- زارع، علی، امینی، عباس، سیستم‌های خنک کننده‌ی تر و خشک و سیکل کلی نیروگاه شهید مفتاح همدان، ۱۳۸۸
- ۸- فاضل، علی، ابراهیمی، پیمان، مرجع کاربردی بویلرهای آبگرم و بخار صنعتی. نشر نوآور
- ۹- گشایشی، حمیدرضا، برج‌های خنک کننده، انتشارات سخن گستر، مرداد ۱۳۸۷
- 10- Vakiloraya, V. , Samali, b. Fakhr, A. and Pishghadam, K. *A Review of different Strategies for HVAC Energy Saving* , Journal of Energy Conversion & Management, Vol.77, PP. 738-754, 2013.
- ۱۱- جعفر کاظمی، فرزاد و مبین لشکری، مطالعه امکان استفاده از سیستم ذخیره‌سازی سرما به روش یخ بسته‌بندی شده در ایران، اولین کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایش، و تهویه مطبوع، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، http://www.civilica.com/Paper-HVAC01-HVAC01_011.html، ۱۳۸۸.
- ۱۲- اریک اوبلاکر، انرژی انتشارات قدیانی ویرایش ۸ سال ۲۰۱۴.
- ۱۳- تارنمای انرژی‌های نو ایران، وزارت نیرو
<http://www.suna.org.ir/fa/geothermal/resour>
- 14- Tanino, M. and Kozawa, Y. *Ice-water Two-phase flow Behavior in Ice Heat Storage Systems*, International Journal of Refrigeration, Vol. 24, PP. 639-651, 2001.



هواسنعت پیشرو شمال

مشاوره و تامین کننده کمپرسورهای اسکرو ،
پمپ بادکن ، انواع درازا ، چیلر و تصفیهات کمپرسور

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

شماره: ۹۵/۲۲/۴۱

مدیریت محترم شرکت

سلام علیکم:

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان برودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

جهت ایجاد برودت و یا انجماد در محیطی به مساحت ۵۰۰ مترمکعب که مقدار ۱۱ میلیون لیتر آب با ورودی دمای ۶۰ درجه و خروجی دمای ۴۰ درجه را مد نظر دارد به مقدار اسمی ۶۰۰۰ تن سرما در ساعت نیاز است که در هنگام کار به مقدار ۴۷۵۰ تن سرمای مفید تقلیل می یابد و باعث می گردد تا استخر مورد نظر به انجماد رسیده و آب صفر درجه در تمام حالات موجود باشد.

ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت های ۱۳۰۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰ مترمکعب به وجود آورد.

لازم به ذکر است به علت نبود بازدید از محیط قیمت پیشنهادی با کمی خطا مواجه است و در صورت قطعیت نسبت به ساخت این مجموعه گروه متخصصین هواسنعت پیشرو شمال که کارهای بزرگی را نیز انجام داده اند آماده بازدید از پروژه می باشد.

در ضمن این مجموعه در صورت تمایل آمادگی دریافت اطلاعات دقیق تر و طراحی مجموعه ای مفید و کارآمد را دارد.

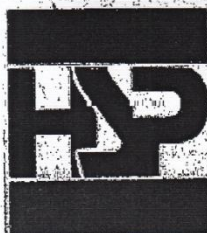
قیمت پیشنهادی جهت ساخت سیستم بالا بین ۹/۵ تا ۱۰ میلیارد تومان می باشد.

با تقدیم احترام

۱- رونوشت: خانم مهندس لاریمی ثبت و پیگیری

۲- مهندس نیکزاد جهت پیگیری طراحی

HSDCO@yahoo.com



هوا صنعت پیشرو شمال

مشاوره و تامین کننده کمپرسورهای اسکرو
بیت یادکن، انواع درایر، چیلر و تصفیرات کمپرسور

مدیریت محترم شرکت

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

شماره: ۹۵/۲۲/۴۳

سلام علیکم:

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان پرودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

جهت ایجاد پرودت و یا انجماد در محیطی به مساحت ۵۰۰ مترمکعب که مقدار ۱۱ میلیون لیتر آب با ورودی دمای ۴۰ درجه و خروجی دمای ۳۵ درجه را مد نظر دارد به مقدار ۴۰۰۰ تن سرما در ساعت نیاز است.

ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت های ۸۰۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰ مترمکعب به وجود آورد.

لازم به ذکر است به علت نبود بازدید از محیط قیمت پیشنهادی با کمی خطا مواجه است و در صورت قطعیت نسبت به ساخت این مجموعه گروه متخصصین هوا صنعت پیشرو شمال که کارهای بزرگی را نیز انجام داده اند آماده بازدید از پروژه می باشد.

در ضمن این مجموعه در صورت تمایل آمادگی دریافت اطلاعات دقیق تر و طراحی مجموعه ای مفید و کارآمد را دارد.

قیمت پیشنهادی جهت ساخت سیستم بالا بین ۶/۵ تا ۷ میلیارد تومان می باشد.

با احترام

۱- رونوشت: خانم مهندس لاریمی ثبت و پیگیری

۲- مهندس نیکزاد جهت پیگیری طراحی

Hsbco@yahoo.com



هواسنعت پیشرو شمال

مشاوره و تامین کننده کمپرسورهای اسکرو،
بت یادکن انواع دراپر، جیلر و تعمیرات کمپرسور

ملازمه شماره مجتم ش کت

تاریخ: ۱۱/۸/۱۳۹۵

شماره: ۹۵/۲۲/۴۳

سلام علیکم؛

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان برودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

جهت ایجاد برودت و یا انجماد در محیطی به مساحت ۵۰۰ مترمکعب که مقدار ۲۷ میلیون لیتر آب با ورودی دمای ۴۰ درجه و خروجی دمای ۳۰ درجه را مد نظر دارد به مقدار ۲۲۰۰ تن سرما در ساعت نیاز است.

ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت های ۴۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰ مترمکعب به وجود آورد.

لازم به ذکر است به علت نبود بازدید از محیط قیمت پیشنهادی با کمی خطا مواجه است و در صورت قطعیت نسبت به ساخت این مجموعه گروه متخصصین هواسنعت پیشرو شمال که کارهای بزرگی را نیز انجام داده اند آماده بازدید از پروژه می باشد.

در ضمن این مجموعه در صورت تمایل آمادگی دریافت اطلاعات دقیق تر و طراحی مجموعه ای مفید و کارآمد را دارد.

قیمت پیشنهادی جهت ساخت سیستم بالا بین ۶ تا ۶/۵ میلیارد تومان می باشد.

با تقدیم احترام

۱- رونوشت: خانم مهندس لاریسی ثبت و پیگیری

۲- همدان، فکانه صنعتی، پلاک ۱۱۱

Hsoco@yahoo.com



هواسنعت پیشرو شمال

مشاوره و تامین کننده کمپرسورهای اسکرو،
بت یادکن انواع درایو، چیلر و تعمیرات کمپرسور

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۵/۱۶

شماره: ۹۵/۲۲/۳۷

مدیریت محترم شرکت

سلام علیکم:

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان برودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

جهت ایجاد برودت و یا انجماد در محیطی به مساحت ۵۰۰ مترمکعب که مقدار ۱۱ میلیون لیتر آب با ورودی دمای ۶۰ درجه و خروجی دمای ۳۰ درجه را مد نظر دارد به مقدار اسمی ۶۲۰۰ تن سرما در ساعت نیاز است که در هنگام کار به مقدار ۵۰۰۰ تن سرمای مفید تقلیل می یابد و باعث می گردد تا استخر مورد نظر به انجماد رسیده و آب صفر درجه در تمام حالات موجود باشد.

ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت های ۱۳۰۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰ مترمکعب به وجود آورد.

لازم به ذکر است به علت نبود بازدید از محیط قیمت پیشنهادی با کمی خطا مواجه است و در صورت قطعیت نسبت به ساخت این مجموعه گروه متخصصین هواسنعت پیشرو شمال که کارهای بزرگی را نیز انجام داده اند آماده بازدید از پروژه می باشد.

در ضمن این مجموعه در صورت تمایل آمادگی دریافت اطلاعات دقیق تر و طراحی مجموعه ای مفید و کارآمد را دارد.

قیمت پیشنهادی جهت ساخت سیستم بالا بین ۱۰ تا ۱۰/۵ میلیارد تومان می باشد.

با تقدیم احترام

۱- رونوشت: خانم مهندس لاریمی ثبت و پیگیری

۲- مهندس نیکزاد جهت پیگیری طراحی

Hspco@yahoo.com



هوا صنعت پیشرو شمال

مشاوره و تأمین کننده کمپرسورهای اسکرو ،
پمپ بادکن ، انواع درایر ، چیلر و تجهیزات کمپرسور

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

شماره: ۹۵/۲۲/۴۵

مدیریت محترم شرکت

سلام علیکم:

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان برودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

برای دستیابی به نتیجه مناسب در این پروژه روش کار به این شکل می باشد که با ایجاد یک محفظه یا استخر و تعبیه اواپراتورهای خاص داخل مایع و بهره گیری از کمپرسورهای پر قدرت تراکمی که برای این استخر طراحی گردیده است و با روش کنترل تناوبی سرما و همچنین هدایت مفید لوله های کوئل محفظه مورد نظر به دمای صفر درجه یا حتی زیر صفر برسد. در این روش علاوه بر ایجاد برودت بسیار عالی این برودت قابل کنترل از طریق سیستم های فوق پیشرفته دیجیتال می باشد به نحوی که می توان مقدار خروجی دمای سیال را بر حسب نیاز تنظیم کرد. در این سیستم تعداد کمپرسورهای تعریف شده با شکلی خاص وارد سیکل کاری گردیده و برودت فوق العاده ای را تولید می نماید. کندانسورهای این مجموعه با یک سایز بزرگتر در نظر گرفته شده است که در فصول مختلف توسط خود سیستم مقدار فشار گاز کنترل می شود.

تصور بفرمایید در ظرفی به هر شکلی بخواهیم و با هر درجه ای برودت ایجاد می کنیم علاوه بر اینکه فشار گاز رفت و برگشت را کنترل می کنیم.

با تقدیم احترام

Hsdco@yahoo.com



هواسنعت پیشرو شمال

مشاوره و تامین کننده کمپرسورهای اسکرو،
پمپ، بادکن، انواع درازر، جلیز و تعمیرات کمپرسور

تاریخ: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

شماره: ۹۵/۲۲/۴۴

مدیریت محترم شرکت

سلام علیکم:

احتراماً پیرو مکالمه تلفنی مبنی بر درخواست میزان برودت صفر درجه به مقدار تقریبی ۵۰۰ مترمکعب در ساعت اطلاعات زیر را تقدیم می دارم:

جهت ایجاد برودت و یا انجماد در محیطی به مساحت ۵۰۰ مترمکعب که مقدار ۱۱ میلیون لیتر آب کندانس شده با ورودی دمای ۳۵ درجه و خروجی دمای ۳۰ درجه را مد نظر دارد به مقدار ۳۸۰۰ تن سرما در ساعت نیاز است.

ساخت این مجموعه عظیم به تعداد چندین دستگاه کمپرسور تراکمی با قدرت های ۸۰۰ تن و همچنین کندانسورهای هوایی نیاز دارد تا یک مجموعه آیس بانک با عظمت ۵۰۰ مترمکعب به وجود آورد.

لازم به ذکر است به علت نبود بازدید از محیط قیمت پیشنهادی با کمی خطا مواجه است و در صورت قطعیت نسبت به ساخت این مجموعه گروه متخصصین هواسنعت پیشرو شمال که کارهای بزرگی را نیز انجام داده اند آماده بازدید از پروژه می باشد.

در ضمن این مجموعه در صورت تمایل آمادگی دریافت اطلاعات دقیق تر و طراحی مجموعه ای مفید و کارآمد را دارد.

قیمت پیشنهادی جهت ساخت سیستم بالا بین ۶/۵ تا ۷ میلیارد تومان می باشد.

با تقدیم احترام

۱- رونوشت: خانم مهندس لاریمی ثبت و پیگیری

۲- مهندس نیکزاد جهت پیگیری طراحی

Hsdco@yahoo.com

Abstract:

We have introduced different type of powerhouses, especially thermal powerhouse and studied martyr Mofatteh powerhouse of Hamedan. Also, after introducing special solution for reducing consumed water in its cooling system, we increased the efficiency of powerhouse by introducing new cooling system.

To do this, we produce few specific ice by using one of the ice producing methods and store it. We replace produced ice with wet tower in cooling system and utilize it in order to improve cooling system efficiency besides wet tower and dry tower. Therefore, we minimize the duration of being on circuit and on the other hand, we increase the efficiency of system by reducing input temperature into the condenser and turning off fans in wet tower and not operating two huge pump (which has high energy consumption) which are in the wet tower path. More importantly, we could minimize the lacking of water in the region by reducing wet tower operating hours.

Actually, we replaced the obtained cold from the used ice, in the warm seasons by making changes in cooling system of powerhouse and or we relate the wet tower with this system when the weather is more than expected.



Energy Institute for Higher Education
Faculty of Engineering
Department of Mechanical Engineering – Energy conversion
Thesis for
Degree of Master of Science (M.Sc)

Title:

**Decreasing of water consumption in
shahid mofateh hamedan power plant
(wet cooling tower) with Dry cooling
tower and ice storage**

Supervisor:

Mojtaba Mirzaei Ph.D

Advisor:

Reza Alaei Ph.D

By:

Amin Khosravi

Summer 2016