



بنام خدا

گزارش کارآموزی

نیروگاه شهید سلیمی نکا

انتشار: پاییز ۸۷

استاد راهنما: دکتر خاکی

سرپرست کارآموزی: مهندس رحیمی

تهیه کننده: مهدی جهانبخش رستمی

شماره دانشجویی: ۸۱۲۴۰۸۷۳

رشته: کارشناسی مکانیک

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری

تابستان ۸۴



فهرست:

۳	مقدمه
۳	شرکت های تحت پوشش
۴	شرح مختصری از نیروگاه نکا
	سیکل آب و بخار نیروگاه نکا
۷	نگاهی گذرا به سیکل آب و بخار
۸	سیستم آب کندانسیت
۱۱	سیستم آب تغذیه
۱۴	سیستم بخار توربین
۱۷	سیستم بخار و اکستراکشن
۱۹	سیستم تخلیه و درین ها
	بویلر
۲۲	شکل ساده بویلر نیروگاه نکا
۲۴	بررسی ساختمان بویلر نیروگاه
۲۷	طرح مشعل ها نیروگاه نکا
۲۸	صدمات بویلر
۳۰	گرمکن های هوا
۳۱	دودکش ها
	فن ها
۳۲	معرفی دو نوع فن
۳۳	فن های بویلر نیروگاه
	توربین بخار
۳۴	افت ها و برگشت ناپذیری ها در توربین های بخار
۳۶	محاسبه توان توربین های نیروگاه نکا
۴۰	برخی دیگر از مشخصات توربین های نیروگاه نکا
۴۱	راندمان توربین ها
۴۳	گلند استیم
۴۳	گاورنر
	کندانسور
۴۸	تزریق سولفات فرو به کندانسور
۴۸	سیستم Taproge
۵۰	تلفات در نیروگاه نکا
۵۱	آب بندی ژنراتور



مقدمه :

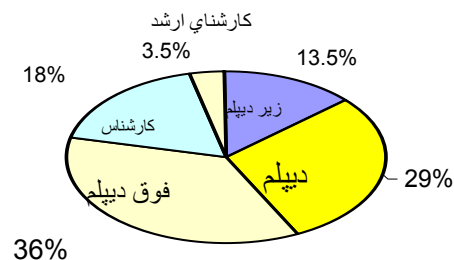
نیروگاه متشکل از دو بخش مستقل بخاری و گازی در ساحل دریای خزر در ۲۵ کیلومتری شهرستان نکا قرار دارد قدرت نامی این نیروگاه ۲۰۳۵ مگا وات می باشد که از چهار واحد ۴۴۰ مگاواتی بخار و دو واحد ۱۳۵ مگاواتی گاز حاصل می شود.

قرارداد احداث واحدهای بخار در سال ۱۳۵۴ بین وزارت نیرو و کنسرسیومی متشکل از سه شرکت آلمانی بنامهای : (ABB)BBC , Babcock , Bilfinger + Berger منعقد و عملیات ساخت آن در زمینی به مساحت ۱۳۶ هکتار آغاز گردید.

نصب واحدهای گازی پس از خرید تجهیزات از شرکت زیمنس آلمان از سال ۱۳۶۷ توسط شرکت نصب نیرو و با نظارت شرکت قدس نیرو آغاز و در سال ۱۳۶۹ به بهره برداری رسید.

با توجه به راندمان بالای سیکل ترکیبی عملیات مربوط به تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی مدتی است که شروع شده است پیش بینی میشود طرح مذکور در سال ۱۳۸۶ به بهره برداری برسد در این صورت بدون مصرف هیچ گونه سوخت اضافی حدود ۱۵۰ مگاوات به ظرفیت تولید نیروگاه گازی افزوده گردد.

وضعیت آماری کارکنان نیروگاه نکا:



شرکت های تحت پوشش:

شرکت تعمیرات صنایع نیروگاهی مازندران (صنیر) در سال ۱۳۷۶ تشکیل و با تعداد ۲۶۵ نفر پرسنل فعالیت های تعمیراتی خود را تحت پوشش واحدهای مکانیک ، الکتریک ، ابزار دقیق و کنترل پروژه آغاز نموده است . همچنین شرکت سرمایه گذاری و خدماتی کارگستر مازندران بمنظور انجام کلیه امور حمل و نقل و سرویس ایاب و ذهاب، ایجاد و نگهداری فضای سبز ، تعمیرات موتور و تاسیسات سلف سرویس ، در تاریخ ۱۳۷۸ با ۲۸۱ نفر پرسنل فعالیت خود را آغاز نموده است .



لازم به ذکر است که این دو شرکت فقط در مدیریت خصوصی میباشند.
شرکت صنیر :



هر یک از بخش های معاونت اجرایی به زیر مجموع های بیشتر تقسیم میشود.
وظایف واحد تعمیرات:

- ۱: بازدید روزانه: بررسی روزانه دستگاه و ثبت ساعتی وضعیت
- ۲: تعمیرات میان دوره ای: بطور معمول هر شش ماه یکبار و بمدت ۶ الی ۱۲ روز
- ۳: تعمیرات اساسی متوسط: بر حسب تعریف سازنده نیروگاه هر ۲۵۰۰۰ ساعت معادل، کارکرد توربین به مدت ۸۵ روز
- ۴: تعمیرات اساسی بزرگ: بر حسب تعریف سازنده نیروگاه هر ۵۰۰۰۰ ساعت معادل، کارکرد توربین به مدت ۱۱۰ روز

شرح مختصری از نیروگاه :

سوخت اصلی نیروگاه گاز و سوخت کمکی آن مازوت میباشد که از طریق راه آهن مازندران و تانکر به ایستگاه تخلیه سوخت واقع در نکا تحویل و توسط خط لوله به نیروگاه منتقل میگردد. در ضمن ایستگاه تخلیه سوخت دیگری نیز در نیروگاه وجود دارد که تانکرها را میتوان در آن محل تخلیه نمود.

آب مصرفی نیروگاه جهت تولید بخار و بحرکت درآوردن توربین از سه حلقه چاه عمیق و آب خنک کن نیروگاه از دریا تامین میگردد.

مشخصات تانکهای سوخت و میزان مصرف نیروگاه بشرح زیر است :

حجم تانک سوخت سنگین واقع در ایستگاه تخلیه	۷۰۰۰ متر مکعب
حجم تانک سوخت سنگین واقع در ایستگاه نیروگاه	۷۰۰۰ * ۲ متر مکعب
ارتفاع تانک سوخت سنگین واقع در ایستگاه نیروگاه	۲.۳۴+۱۷.۵ m
قطر تانک سوخت سنگین واقع در ایستگاه نیروگاه	۷۵ متر
حجم تانک سوخت سبک	۱۰۰۰ متر مکعب
ارتفاع تانک سوخت سبک	۱۰.۹ متر
قطر تانک سوخت سبک	۱۱ متر



۹۵*۴ متر مکعب در ساعت

مصرف سوخت سنگین

۱۱۰۰۰*۴ متر مکعب در ساعت

مصرف سوخت سبک

توجه: چنانچه بعللی ارسال سوخت گاز قطع گردد میزان سوخت ذخیره برای بار کامل حداکثر ۱۴ روز می باشد .

آب مصرفی ، آب خنک کن و آب تصفیه خانه:

آب شیرین مصرفی نیروگاه بوسیله ۳ حلقه چاه عمیق که در حومه ایستگاه تخلیه سوخت واقع در نکا قرار دارد بصورت زیر تامین می گردد .

ابتدا آب خروجی از این چاه ها بدخل دو استخر سر پوشید واقع در ایستگاه تخلیه سوخت ریخته شده و بوسیله یک خط لوله ۲۵ کیلومتری به دو استخر سر پوشید دیگر به حجم کل ۱۵۰۰ متر مکعب که در مجاورت تصفیه خانه نیروگاه قرار دارند سرازیر و از آنجا به یک مخزن مرتفع ۷۵ متری با حجم ۴۵۰ متر مکعب پمپ میگردد از این منبع برای تامین آب آتش نشانی و آب شرب مصرفی و آب مورد نیاز تصفیه خانه استفاده می گردد. تصفیه خانه نیروگاه با حداکثر تولید ۱۶۰ متر مکعب در ساعت آب مصرفی نیروگاه را با استفاده از سیستم مبدل یونی تامین مینماید.

ژنراتور:

ژنراتور نیروگاه دارای دو قطب است و بطور مستقیم به توربین فشار ضعیف متصل میباشد ، استاتور آن از سیم پیچی استاتور و پوسته میباشد. بدنه روتور یک تکه میباشد و سیم پیچی روتور در شیارهای آن قرار گرفته اند برای خنک کردن سیم پیچهای روتور و استاتور از دو سیستم متفاوت استفاده گردیده است ، سیم پیچهای استاتور بوسیله آب (کاملاً بدون یون) خنک میگردد به این طریق که آب از میان سیم پیچها عبور کرده و گرمای آنها را گرفته و به خارج منتقل میکند روتور بوسیله گاز هیدروژن که از میان شیارها و سطح روتور به گردش در میاید خنک میشود فشار لازم برای به گردش درآوردن گاز توسط دو پروانه انتهای روتور تامین میشود و چهار کولر وظیفه خنک کردن گاز گرم شده را بعهده دارند ضمناً برای جلوگیری از نشست هیدروژن به خارج از ژنراتور همچنین ممانعت از اتلاف آن از یک سیستم سه مداره آب بندی روغنی استفاده میگردد.



مشخصات ژنراتور نیروگاه بشرح زیر است:

حد اکثر تولید ناخالص	۴۴۰ مگا وات
سرعت چرخش	۳۰۰۰ دور بر دقیقه
ضریب قدرت $\cos\phi$	۸۵ %
ولتاژ خروجی	۲۱KV
تعداد یاتاقان	۲
فشار گاز هیدروژن خنک کننده	3 kg/cm ²
تعداد قطب	۲
انبساط کل شفت توربو ژنراتور	32.60 mm
انبساط روتور ژنراتور و توربین	13.81 mm
انبساط شفت توربین فشار قوی	6.295 mm
انبساط شفت توربین فشار متوسط	4.285 mm
انبساط شفت توربین فشار ضعیف	8.215 mm

پست فشار قوی:

پست ۴۰۰ کیلو ولت نیروگاه شهید سلیمی در سال ۵۸ به شبکه سراسری متصل گردید ، این پست دارای ۲ باس ۴۰۰ کیلو ولت و دو باس ۲۳۰ کیلو ولت می باشد . در اوایل سالهای بهره برداری آن سه خط انتقال ۴۰۰ کیلو ولت جلال ۱ و ۲ و حسن کیف و دو خط ۲۳۰ کیلو ولت دهک نکا - گرگان به این پست متصل شد. با طرح توسعه پست در سالهای اخیر ، در حال حاضر این پست دارای ۵ خط ۴۰۰ کیلو ولت جلال ، آهوان ، حسن کیف ، علی آباد ۱ و علی آباد ۲ و همچنین ۳ خط ۲۳۰ کیلو ولت کاغذ سازی دهک ۱ و دهک ۲ میباشد.

مصارف داخلی نیروگاه توسط ترانسفورماتور ۶.۲ کیلو ولت راه اندازی و یا از طریق ترانسفورماتور کمکی ۶.۲ کیلوولت تامین میگردد .

الکتروموتورهای سنگین نیروگاه توسط شبکه داخلی ۶ کیلو ولت و مصارف سبکتر از شبکه داخلی ۳۸۰ ولت تغذیه میگردد .

چگونگی تامین برق مصرفی:

۱- در حالت استارت عادی:	
الف : به کمک ترانس های راه اندازی	۲*۳۰ MVA
ب: بکمک توربین گاز	
۲- در حالت اضطراری:	
الف : به کمک دیزل ژنراتور	۲*۱.۵ MW



ب: به کمک توربین گاز

اسکله و کانال خروجی آب:

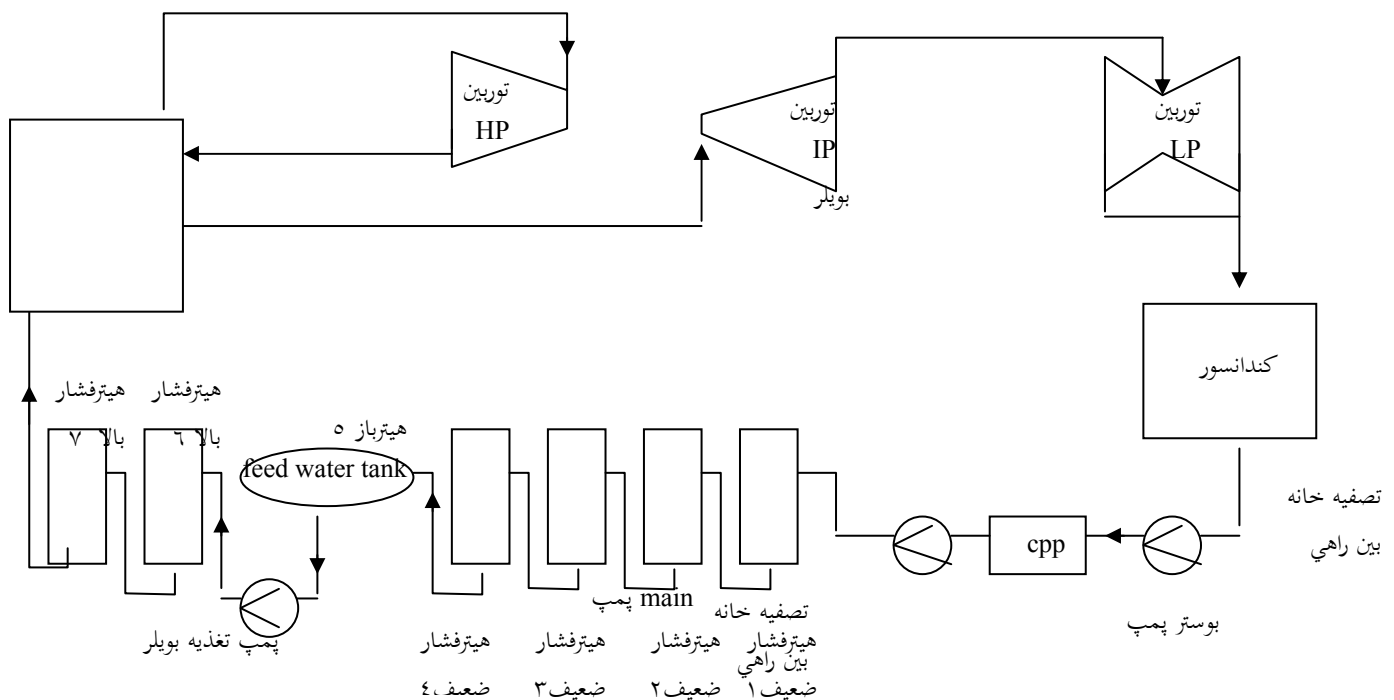
۷۵۵ m	۱- طول اسکله
13.6 m	۲- عرض اسکله
۱۰۰ m	۳- عرض دهنده موج گیر
۷۵۵*۶.۲۶*۲.۵ m	۴- ابعاد کانال آب خروجی

توضیح سایر قسمت‌ها در ادامه گزارش آمده است.

سیکل آب و بخار نیروگاه شهید سلیمی نکا:

نگاهی گذرا به سیکل آب و بخار:

در نقشه‌های شماره ۲۳ تا ۲۷ که در پایان گزارش وجود دارد قسمت‌های متفاوت سیکل آب و بخار نیروگاه وجود دارد که در این قسمت ما به بررسی مختصر این نقشه‌ها می‌پردازیم، نمودار زیر سیکل نیروگاه را بطور خلاصه نشان می‌دهد





همان طور که در شکل دیده میشود آب چگالیده شده در کنداسور توسط بوستر پمپ به سمت تصفیه خانه بین راهی هدایت میشود در تصفیه خانه موادی که ممکن است به سیال عامل اضافه شود توسط دو مرحله تصفیه از آب جدا میشود سپس آب توسط پمپی که فشار آن بیشتر از فشار بوستر پمپ میباشد به سمت هیترهای فشار ضعیف هدایت میشود (شفت بوستر پمپ و main پمپ یکی میباشد) بخار هیتر های فشار ضعیف توسط خروجی های توربین های LP و IP تامین میگردد سپس این آب گرم شده به تانک تغذیه که یک هیتر باز می باشد و بخار آن توسط توربین IP تامین میگردد انتقال می یابد سپس توسط پمپ تغذیه بویلر که یک پمپ با محرک توربینی میباشد فشار آن بسیار افزایش می یابد در مرحله بعد به هیتر شماره شش که یک هیتر فشار قوی میباشد و بخار آن از توربین IIP تامین میگردد وارد میشود سپس به هیتر شماره ۷ وارد میگردد . در مرحله بعد بویلر گرمای لازم را به سیال عامل داده تا به دمای مورد نظر برسد و در اولین توربین که توربین HP می باشد کار لازم را تولید کند این بخار که دما و فشار بشدت افت میکند دوباره به بویلر باز میگردد و گرم میشود و در مرحله بعد وارد توربین IP و سپس وارد توربین LP میشود و از توربین LP به کنداسور میرود. توضیح کاملتر قسمت ها در ادامه گزارش آمده است .



توضیح نقشه‌ها:

در این قسمت فقط خلاصه‌ای از توضیح نقشه‌ها آورده شده است.

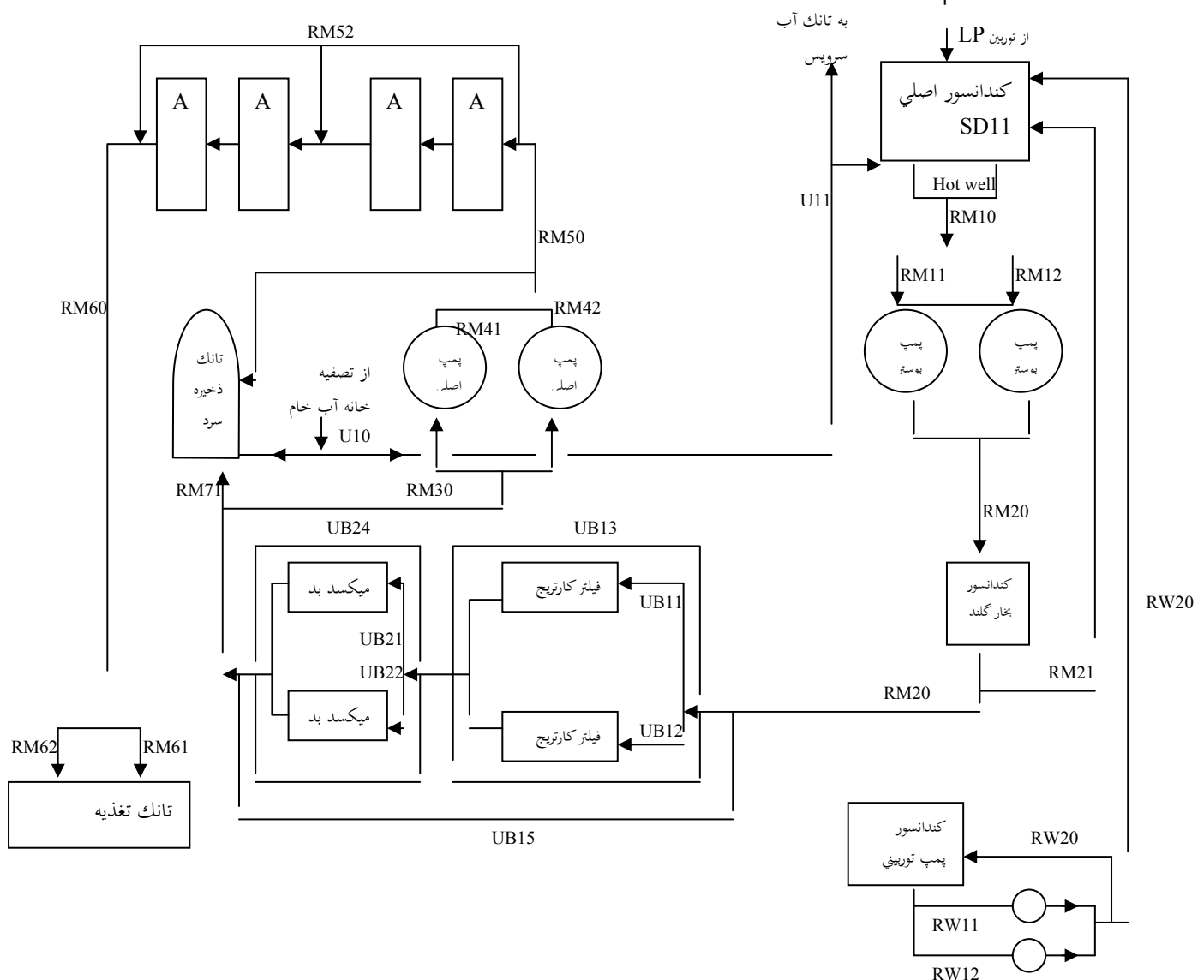
سیستم آب کندانسیت:

(نقشه شماره ۲۵ آخر گزارش یا شماره Nek-050-025)

سیستم کندانسیت شامل کندانسور اصلی، کندانسور پمپ تغذیه توربینی، کندانسور بخار گلند، پمپهای کندانسیت، تصفیه خانه بین راهی و هیترهای فشار ضعیف و تانک ذخیره سرد (storage tank) میباشد.

نمودار زیر شکل ساده تر شده نقشه شماره ۲۵ میباشد. که در این قسمت مسیرهای زیر را

بررسی میکنیم،





در نقشه شماره ۲۵ ما مسیر آب را از کندانسور تا تانک تغذیه بررسی خواهیم کرد
درجه حرارت آب ورودی به کندانسور برای خنک کردن آن حدود ۲۱ درجه سانتیگراد و در
خروجی حدود ۳۱ درجه سانتیگراد میباشد دبی آب خنک کننده کندانسور ۵۲۰۰۰ مترمکعب
در ساعت می باشد. فشار بخار درون کندانسور $0.066 \frac{kg}{cm^2}$ می باشد.

توجه: حدود ۵۰ درصد انرژی حرارتی در کندانسور تلف میشود و به آب دریا انتقال می یابد.
خلا کندانسور که بر اثر تقطیر بخار ایجاد می شود سبب انجام کار بیشتری در توربین می گردد
ضمن اینکه چون این خلا در ارتباط با توربین فشار ضعیف L P است باعث پایین آمدن نقطه
جوش آب می گردد و از تبدیل بخار به قطرات آب که برای پره های توربین مضر است
جلوگیری می کند. وجود هوا و گازهای دیگر سبب از بین رفتن خلا کندانسور می شود که برای
جلوگیری از آن باید این گازها را از کندانسور خارج ساخت. برای این کار می توان از اژکتور یا
پمپ خلاگیر (هاگینگ پمپ) استفاده نمود، معمولاً در شروع راه اندازی جو مقدار خلا کم است از
پمپ استفاده می شود ولی به علت ظرفیت زیاد این پمپ در حین کار به کمک اژکتور خلا گیری
انجام میشود.

آب تقطیر شده در کندانسور در قسمت پایین آن که چاه داغ یا هات ول (Hot well) نامیده
میشود جمع می گردد و به کمک دو پمپ کندانسیت ۱۰۰٪ خارج می گردد (۱۰۰٪ یعنی وجود
یکی فقط برای تولید نیروگاه ضروری میباشد و ۱۰۰٪ آب مورد نیاز را پمپ می کند) این پمپ
ها از دو قسمت بوستر و اصلی که بر روی یک محور عمودی قرار دارند تشکیل شده اند در
جدول زیر مشخصات پمپ کندانسیت را می توان ملاحظه کرد:

فشار پمپ (کیلو گرم بر سانتیمتر مربع)	حداکثر ظرفیت (تن بر ساعت)	ظرفیت عادی (تن بر ساعت)	حداقل ظرفیت (تن بر ساعت)	
۹/۲	۱۲۵۰	۱۰۷۰	۲۲۱	پمپ بوستر
۲۵	۱۲۵۰	۱۰۷۰	۲۲۱	پمپ اصلی

قدرت موتور ۱۶۰۰ کیلو وات و از نوع ۶۰۰۰v می باشد.

علت وجود پمپ بوستر تامین NPSH پمپ اصلی است و علاوه بر اینکه باعث میشود که
کندانسور بخار گلند و تصفیه خانه بین راهی آب c p p برتی فشار کمتری طراحی شوند.
تصفیه خانه بین راهی از دو فیلتر موازی کارتریج و ۲ فیلتر موازی میکسد بد تشکیل شده است.



در هر لحظه فقط یک فیلتر کارتریج و یک فیلتر میکسدب در مدار قرار دارند و دو فیلتر دیگر برای تمیز شدن یا احیا گشتن خازج از سرویس قرار دارند.

چنانچه از نقشه مشخص است هر فیلتر یک خط بای پس جداگانه و همچنین کل تصفیه خانه یک خط بای پس (UB15) مجزایی دارد (bypass : مسیر فرعی - از راه فرعی رفتن) اگر در نقشه دقت شود برای بسیاری از وسایل نیروگاه خطوط بای پس وجود دارد که این خطوط بای پس به این دلیل است که در هنگام لزوم (مثلا در مورد تعمیرات) بتوان قسمتی از سیستم را خارج نمود. عناصری که در تصفیه خانه جدا می شود:

سیلیس: برای پره های توربین مضر است.

آهن: علاوه بر اینکه میزان خوردگی را افزایش می دهد ممکن است همراه با مواد دیگر در بویلر ته نشین شده و از انتقال حرارت جلوگیری نماید.

اکسیژن: در درجه حرارت بالا باعث خوردگی بویلر می شود.

برای جلوگیری از خوردگی همچنین باید P H آب سیکل بین ۹ تا ۹/۳ باشد که با تزریق آمونیاک به میزان ۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم بدست می آید تزریق زیاده تر آمونیاک اگر چه خوردگی را افزایش نمی دهد ولی باعث کنده شدن مس از لوله های کندانسور می شود.

آب خروجی از تصفیه خانه بین راهی از طریق خط RM30 به پمپ اصلی می رسد ، تانک ذخیره سرد (cold condensate storage) از طریق خط R M71 به RM30 وصل می باشد و بنابراین پمپ اصلی می تواند آب مورد نیاز خود را هم از سیکل و هم در صورت لزوم از این تانک تامین نماید. خروجی پمپ اصلی با فشار حدود ۲۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع وارد هیترهای فشار ضعیف می شود که در آنها با استفاده از بخار استخراجی از طبقات گوناگون توربین دمای آب افزایش یافته و باعث بالا رفتن راندمان کلی نیروگاه می گردد. زیرا که بخار استخراجی چون تمام دمای خود خود را به آب می دهد و هیچگونه حرارتی را در کندانسور هدر نمی دهد کار بیشتری انجام می دهد فایده دیگر هیترها در این است که از حجم بخار ورودی به کندانسور و همچنین طبقات گوناگون توربین می کاهد و در نتیجه این سیستم ها با ابعاد کوچکتری ساخته می شوند. هر دو تا از هیترها یک خط بای پس دارند بطوریکه می توان هر چهار هیتر و یا دو تا از آنها را از مدار خارج نمود.

تانک ذخیره سرد: وظیفه تانک ذخیره سرد به ظرفیت ۴۰۰ متر مکعب این است که آب اضافی سیستم را جذب و کمبود آن را تامین کند ، هنگامی که بار واحد کاهش می یابد آب اضافی سیستم به این تانک می رود و بالعکس در زمان افزایش بار کمبود آب از آن گرفته می شود .

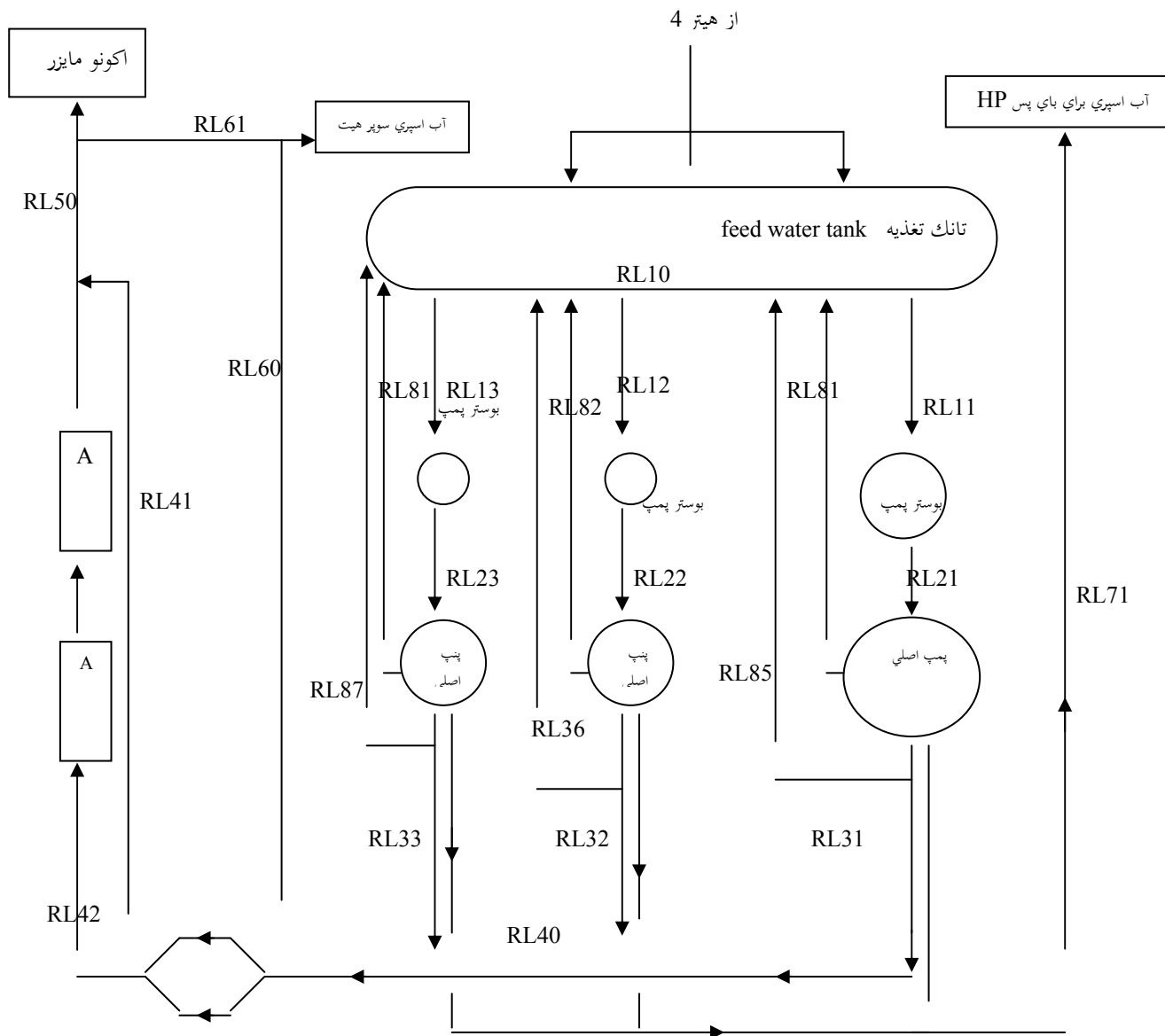


همچنین به هنگام راه اندازی واحد که هنوز هیچگونه بخاری وارد کندانسور نمیشود تانک ذخیره آب سیستم را تامین می نماید .
توجه : تانک ذخیره سرد با بخار منشعب از تانک تغذیه تا فشار ۱/۱ اتمسفر پر می شود تا از نفوذ اکسیژن که سبب خوردگی می شود جلوگیری نماید. شیر خلا شکن R M70S003 تانک را در مقابل کاهش فشار درون آن محافظت می کند.



سیستم آب تغذیه:

سیستم آب تغذیه از تانک تغذیه (feed water tank)، پمپ تغذیه توربینی، دو پمپ تغذیه الکتریکی و ۲ هیتر فشار قوی تشکیل شده است.



همانطوری که در نمودار دیده میشود آب سیکل به کمک پمپ‌های تغذیه با فشار زیاد وارد هیترهای فشار قوی یا بای پس آنها شده و بالاخره وارد اکتونومایزر بویلر می‌شود.



آب پس از خروج از هیتر شماره ۴ در حالیکه درجه حرارت آن تا مقدار ۱۶۶ درجه سانتیگراد بالا رفته به تانک تغذیه که بزرگترین تانک نیروگاه (غیر از تانکهای سوخت) وارد میشود این تانک که در حدود ۲۵ متری نصب شده است دارای مشخصات زیر است:

مشخصات تانک	مشخصات بخار ورودی (برای حداکثر بار)
ظرفیت 244 متر مکعب	فشار بخار تانک $12/3 \frac{kg}{cm^2}$
طول ۲۵ m	فشار بخار ورودی $13/49 \frac{kg}{cm^2}$
ارتفاع ۳/۶ m	فلوی بخار ورودی $44/67 \frac{t}{h}$
حداکثر ارتفاع آب ۳ m	درجه حرارت بخار ورودی ۳۵۳
حداکثر فشار قابل تحمل ۱۶ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع	

تانک تغذیه برای تامین چهار هدف زیر پیش بینی شده است :

- ۱- عمل گرم کردن آب تغذیه
 - ۲- عمل هوا گیری و استخراج اکسیژن
 - ۳- عمل ذخیره سازی آب سیکل
 - ۴- تامین NPSH پمپ توربینی
- آب کندانسیت پس از ورود به داخل تانک تغذیه با بخاری که از طبقه توربین I P منشعب می شود تا ۱۹۲/۴ گرم میشود بر خلاف هیترهای دیگر از نوع هیتر باز می باشد.
- عمل اکسژن گیری به دو صورت مکانیکی و شیمیایی انجام می شود در حالت مکانیکی آب ورودی به تانک بصورت دوش در آن پاشیده میشود و مولکولهای آب در برخورد با بخار بالای تانک بصورت دوش در آن پاشیده می شود و مولکولهای آب در برخورد با بخار بالای تانک تغذیه منبسط شده و اکسیژن که سبکتر از آب است در بالا قرار می گیرد و ونت (خارج شدن) می شود . طریقه شیمیایی استخراج اکسیژن با ئیدرازین $N_3 H_2$ صورت می گیرد .
- در مورد ذخیره سازی تانک تغذیه باید اگر آب سیکل مستقیماً به پمپ های آب تغذیه داده می شد در هر زمانی که پمپهای کندانسیت (پمپهای کندانسور) تریپ می کردند پمپهای تغذیه نیز تریپ می کردند در حالیکه تانک تغذیه از این عمل جلوگیری کرده و در صورت چنین اتفاقی قادر خواهد بود که تا ۲۰ دقیقه آب سیکل را برای بارهای کم تامین کند.
- سه پمپ که یکی از آنها با ظرفیت ۱۰۰٪ بوده و به کمک یک توربین (۱۳/۲ مگاوات) کوچک می گردد و دو پمپ که هر کدام با یک موتور الکتریکی (۹ مگاواتی) می گردند و ظرفیت ۵۰٪ درصد را دارند آب تانک تغذیه را به بویلر پمپ میکنند هر کدام از این پمپها از دو قسمت



بویستر و اصلی تشکیل شده‌اند. پمپ‌های بویستر وظیفه تامین NPSH پمپ‌های اصلی را به عهده دارند N PSH پمپ‌های بویستر از فشار داخل تانک تغذیه که حدود ۱۳ اتمسفر است و همچنین از طریق ارتفاع نصب آن تامین می‌گردد. (توجه: پمپ‌های بویستر معمولاً برای جلوگیری از پدیده کاویتاسیون می‌باشند)

پمپ‌های الکتریکی موتورشان با دور ثابت ۱۵۰۰ RPM می‌گردد پمپ بویستر مستقیماً به موتور وصل است در حالیکه پمپ اصلی از طریق یک جعبه دنده هیدرولیکی به موتور اتصال دارد و بنابراین دور پمپ اصلی با میزان روغن داخل جعبه دنده تغییر می‌یابد.

توجه: پمپ توربینی (BFPT) مستقیماً به محرک متصل است و دور توربین آن با میزان بخار ورودی تغییر میکند.

مشخصات پمپ تغذیه توربینی:

دور پمپ RPM	فشار $\frac{kg}{cm^2}$	حداقل ظرفیت $\frac{t}{h}$	ظرفیت نرمال $\frac{t}{h}$	
۱۸۱۲	۲۲/۶	۴۲۰	۱۷۰۰-۳۷۰	پمپ بویستر
۵۲۰۰	۲۸۰	۴۲۰	۱۷۰۰-۳۷۰	پمپ اصلی

قدرت توربین: ۱۳/۲ MW

دور توربین: ۵۲۰۰-۲۱۵۰ RPM

دبی بخار ورودی: ۶۳/۹۸ t/h

فشار بخار ورودی: ۱۳/۶۴ kg/cm²

درجه حرارت بخار: ۳۵۹ C

مشخصات پمپ تغذیه الکتریکی::

دور پمپ RPM	فشار $\frac{kg}{cm^2}$	حداقل ظرفیت $\frac{t}{h}$	ظرفیت نرمال $\frac{t}{h}$	
۱۴۹۰	۲۰/۷	۱۹۰	۸۱۹	پمپ بویستر
۱۲۰۰ الی ۴۷۵۰	۲۶۸/۵	۱۹۰	۷۰۵	پمپ اصلی

قدرت موتور: ۹ MW

دور موتور: ۱۵۰۰ RPM

ولتاژ موتور: ۶ KV

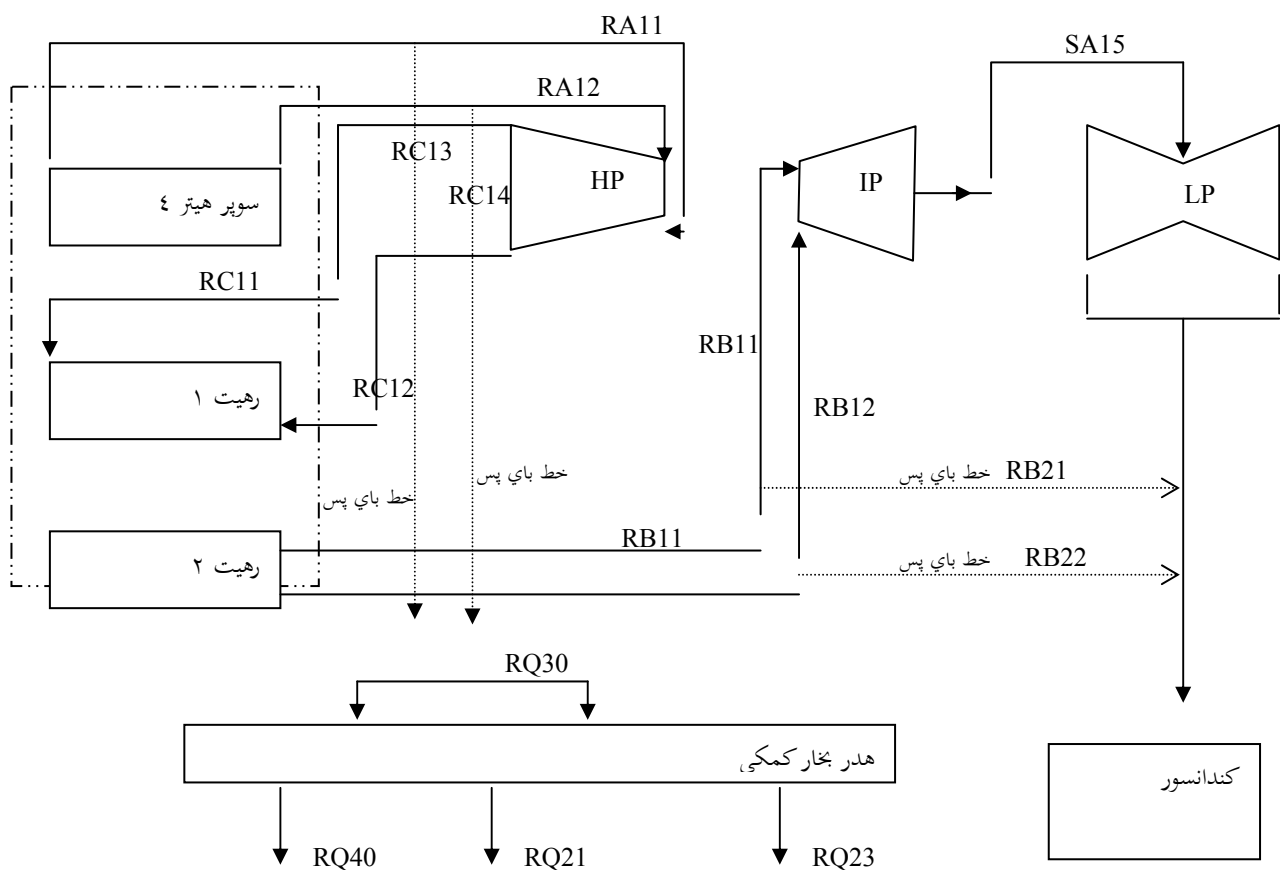
توجه: بعد از بویستر پمپ یک فیلتر وجود دارد که در صورت کثیف شدن آن اختلاف فشار سنج RL23P005 که فشار قبل و بعد از فیلتر را می‌سنجد اعلام خطر می‌کند.



فلوی خروجی از تانک تغذیه تعیین کننده بار توربین بود بنابراین با کنترل این فلو ما قادر خواهیم بود که بار توربین را کنترل کنیم و یا تغییر دهیم. تا زیر بار ۳۵ درصد کنترل آب تغذیه توسط والو RL40S002 صورت می گیرد ولی در بارهای بالاتر از ۵۰۰ تن بر ساعت که حداقل بار بویلر است عمل کنترل با سرعت پمپ های تغذیه و والو R L40S001 صورت می گیرد.

سیستم بخار توربین:

(نقشه مرجع ۲۳ Nek-050-023)





سیستم بخار از توربین‌های فشار قوی HP فشار متوسط IP، فشار ضعیف LP، بای پس های فشار قوی و ضعیف و سیستم بخار کمکی تشکیل شده است. بخار خروجی از سوپر هیترها با درجه حرارتی برابر با ۵۳۰ درجه و فشاری متناسب با بار توربین (۱۸۵ در ۴۰۰ مگاوات) وارد توربین HP می‌شود. خروجی توربین HP به بویلر فرستاده می‌شود تا در قسمت گرمایش مجدد سوپر هیت گردد بخار خارج شده از رهیت به توربین I P باز می‌گردد که پس از انجام کار در آن وارد توربین LP گشته و سرانجام وارد کندانسور می‌شود. بخار خروجی از سوپر هیترها از طریق ۲ لوله RA11/12 وارد توربین HP میشود و از دو طرف متقابل جانبی وارد توربین می‌گردد تا از عدم تعادل آن جلوگیری شود.

۴ کنترل والو هیدرولیکی SA11S026, SA11s036, SA11S046, SA11S016 قرار دارند در بارهای کمتر از ۳۵ درصد این کنترل والوها بخار ورودی به توربین H P را تنظیم می‌کنند. در بارهای بالاتر از ۳۵ درصد که این کنترل والوها کاملاً باز می‌شوند، کنترل بخار از طریق کنترل سوخت و متعاقب آن کنترل آب تغذیه صورت می‌گیرد قبل از استوپ ولوها (stop valve) دو ولو بای پس فشار قوی RA11/12S001 قرار دارند که هدف‌های زیر را تامین می‌کند.

۱- در موقع راه اندازی چون درجه حرارت و فشار بخار در حدی نیست که مجاز باشیم توربین را دور دهیم بخار موجود بوسیله این ولوها به کندانسور هدایت می‌گردند در نتیجه در تولید آب مقطر صرفه جویی می‌شود.

۲- وقتی توربین تریپ میکند بویلر در مدار باقی می‌ماند بخار موجود از طریق این دو والو به کندانسور هدایت میگردد در نتیجه راه اندازی مجدد تسریع میشود.

در شروع راه‌اندازی برای جلوگیری از تنشهای حرارتی لازم است که توربین به آرامی گرم شود این ولوها کاملاً باز بوده و مقدار کمی از بخار وارد توربین می‌گردد.

بخار خروجی از توربین HP از طریق دو لوله R C11/12 مجدداً وارد بویلر میشود علت این امر آن است که بخار خروجی پس از عبور از توربین H P درجه حرارت و فشارش را از دست می‌دهد و به حالت اشباع می‌رسد و اگر این بخار مستقیماً وارد توربین IP خطر تشکیل قطرات آب بر روی پره های توربین وجود دارد.

بخار هات رهیت با فشاری حدود ۴۹ اتمسفر و درجه حرارت ۵۳۰ درجه سانتیگراد یا وارد توربین IP می‌شود و یا از خط بای پس عبور می‌کند اگر از توربین IP عبور کند پس از انجام کار در توربین IP وارد توربین دو طرفه LP که ابعاد آن نسبت دو طبقه دیگر بزرگتر است میشود. و سرانجام وارد کندانسور می‌گردد علت دو طرفه بودن توربین LP بخاطر ایجاد



توازن و حذف نیروی محوری (تراست) است و در همین رابطه بخار ورودی به توربین‌های IP و HP نیز در خلاف هم می‌باشند علت اینکه در توربین LP احتیاج به گرم کردن بخار نمی‌باشد این است که چون فشار در توربین LP کم است نقطه جوش آب نیز پایین بوده و از حالت اشباع به اندازه کافی فاصله دارد.

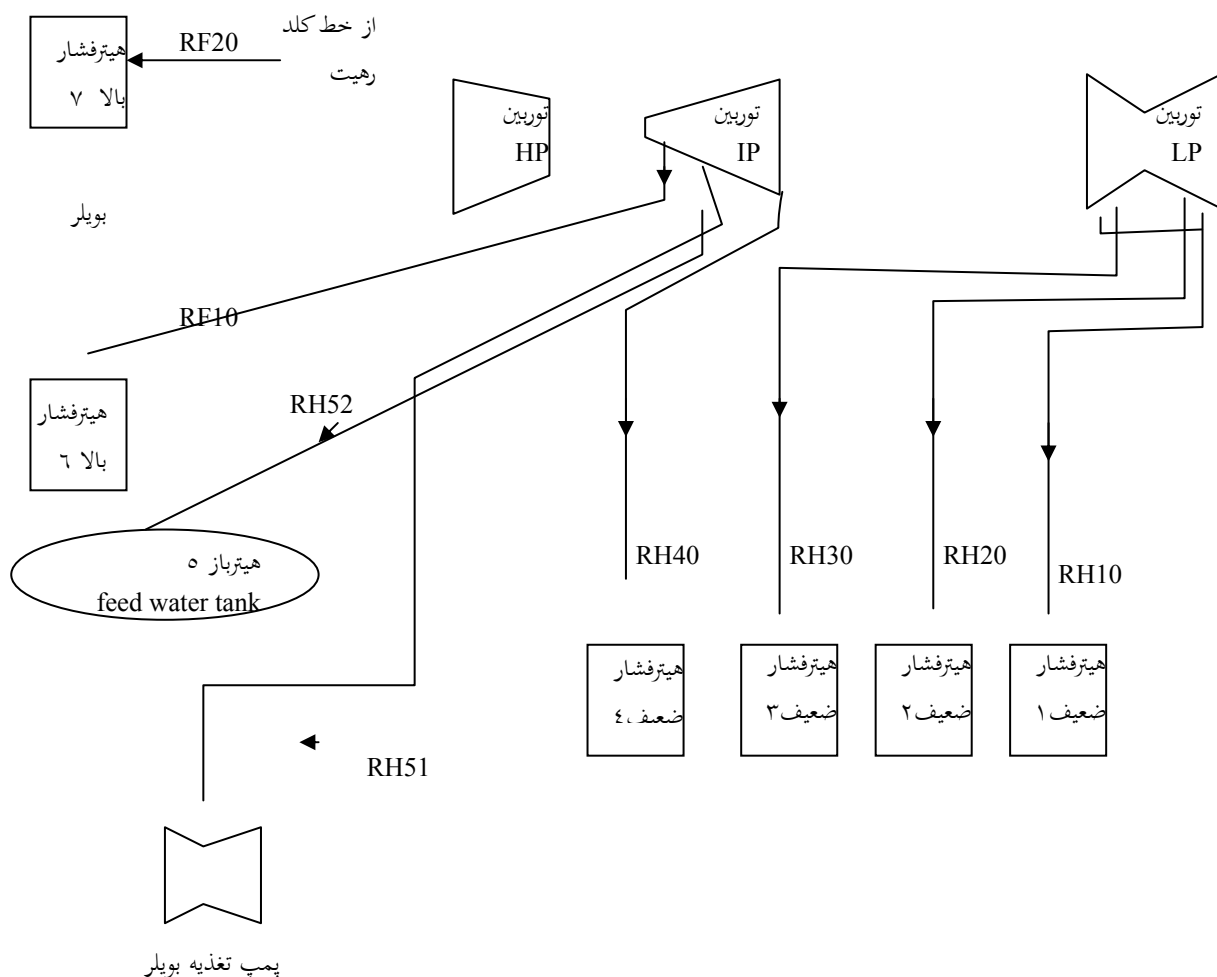
علاوه بر مسیرهای ذکر شده یک خط بخار کمکی در هر واحد وجود دارد که مصرف کننده‌های زیر را تغذیه می‌کند:

- ۱- پیش گرم کن های سوخت : برای گرم کردن مازوت بکار می‌روند تا قابل پمپ شدن باشد.
- ۲- بخار اتمیزه کننده مشعلهای سوخت مازوت: زمانی که سوخت نیروگاه مازوت می‌باشد بخار اتمیزه کننده باعث اشتعال بهتر آن می‌گردد.
- ۳- پیش گرمکن‌های بخاری هوا: هوای مورد نیاز احتراق باید درجه حرارتی حدود ۳۲۵ داشته باشد که پیش گرمکن های دوار که با دود خروجی از بویلر کار می‌کنند آنرا به این درجه حرارت می‌رسانند اما اگر هوای سرد به پیش گرمکنهای دوار برسد چون دود خروجی از بویلر مقداری بخار (بخار اتمیزه کننده) به همراه دارد در تماس با هوای سرد تبدیل به شبنم می‌شوند و بر اثر مواد گوگردی موجود در آب تشکیل اسید داده و باعث خوردگی پیش گرمکنهای دوار می‌گردد به این علت هنگامی که از سوخت مازوت استفاده می‌شود هوا را قبل از رسیدن به پیش گرم کن های دوار در چهار پیش گرم کن بخاری steam coil تا دمای ۹۰ درجه گرم می‌کنند در هنگام استفاده از سوخت گاز اگر درجه حرارت بیرون بالاتر از ۳۵ درجه باشد نه تنها این عمل لازم نیست بلکه بخار اتمیزه کننده نیز بکار نمی‌رود.
- ۴- تانک تغذیه
- ۵- توربین پمپ تغذیه توربینی
- ۶- تانک‌های سوخت مازوت (مخازن ذخیره): در این مورد نیز با وارد کردن بخار به کف تانک‌های سوخت و محل‌های خروجی سوخت، روانی لازم را برای پمپاژ آن تامین می‌کنند.
- ۷- سیستم گرم کننده نیروگاه (مشترک برای هر چهار واحد): برای گرم کردن اتاقها و تامین حرارت آنها
- ۸- واحد تصفیه خانه (مشترک برای هر چهار واحد)



در شروع راه اندازی بخار کمکی مورد نیاز باید از منابع دیگر تامین شود ، این منابع می توانند واحدهای دیگری که در حال کارند و یا بویلرهای کمکی باشند خط سراسری R Q10 همه واحدها را به هم وصل می کند.

سیستم بخارهای اکستراکشن:



هدف اساسی از تعبیه اکستراکشن ها پیش گرم کردن آب سیکل قبل از ورود به بویلر است بطوریکه به کمک آن می توان آب خروجی از کندانسور را با دمای حدود ۳۸/۲ به دمای ۲۶۴



درجه سانتیگراد در ورودی اکونومايز بالا برد قسمتی از بخار اکستراکشن نیز صرف آب بندی توربین LP و ولوها و همچنین جلوگیری از نفوذ اکسیژن و هوا در تانک تغذیه و تانک ذخیره سرد می‌گردد.

با پیش گرم کردن آب سیستم اولاً مقدار بخاری که از طبقات گوناگون توربین خارج می‌شود تقریباً تمام انرژی را به آب سیکل می‌دهد و در نتیجه کار بیشتری انجام می‌گیرد در حالیکه همین مقدار بخار اگر قرار بود در توربین کار انجام دهد فقط مقداری از انرژی آن تبدیل به کار مفید می‌شد و بقیه در کندانسور تلف می‌گشت، ثانیاً وجود اکسترکشن ها باعث می‌شود حجم بخاری که وارد طبقات گوناگون توربین و همچنین کندانسور می‌شود کمتر گشته و در نتیجه می‌توان این سیستم‌ها را کوچکتر طراحی نمود و هزینه ساخت آنها را کاهش داد. علیرغم این فواید، نمی‌توان تعداد اکسترکشن‌ها و هیترها را به طور نامحدود افزایش داد زیرا هزینه ساخت و نصب آنها از یک تعدادی به بالا بر مزایای فوق‌الذکر پیشی گرفت.

در مجموع هفت اکسترکشن از طبقات گوناگون توربین و یک اکسترکشن از خط کلد رهیت گرفته می‌شود که از این تعداد ۳ اکسترکشن از توربین فشار ضعیف برای هیت‌های ۱ تا ۳ و ۴ اکسترکشن از توربین فشار متوسط برای هیت شماره ۴، تانک تغذیه، توربین پمپ تغذیه و هیت فشار قوی ۶ می‌باشد اکسترکشن هیت فشار قوی ۷ از خط کلد رهیت تامین می‌شود و به همین علت درجه حرارت بخار آن از بخار هیت ۶ کمتر بوده و در صورت تریپ توربین نیز همچنان در مدار باقی خواهد ماند.

به هنگام تریپ توربین، بخار اکسترکشن به هیت‌ها قطع می‌گردد و چون توربین‌های LP و IP مستقیماً به کندانسور متصلند، فشار داخل آنها افت می‌کند حال اگر این افت فشار از طریق اکسترکشن‌ها به هیت‌ها انتقال یابد، آب کندانسه شده در کف هیت‌ها بر اثر آن تبخیر شده و در جهت فشار کم از طریق لوله‌های اکسترکشن‌ها وارد توربین‌های LP و IP گردیده و در آنها تبدیل به کار می‌شود و توربین را به چرخش ناخواسته‌ای وا می‌دارد که اگر هیچگونه کنترلی بر روی این بخار نداشته باشد باعث سرعت بیش از حد توربین گردیده و اثر نیروی گریز از مرکز بیش از حدی که در این حالت به پره‌ها وارد می‌شود ممکن است آنها را از محل (روتور توربین) بکند.

در هیت‌های شماره ۳ و ۴ و ۶ خطر معکوس شدن جریان بخار وجود دارد که برای جلوگیری از آن بر روی این اکسترکشن‌ها یک یا دو ولو یک طرفه از نوع پنوماتیکی نصب گشته که در صورت تریپ توربین ایمنی به آنها اعمال شده و سریعاً بسته می‌شوند.



علاوه بر این ولوها مزبور در صورت بالا آمدن سطح آب در هیترها نیز به عنوان یک حفاظت کننده ثانوی عمل می کنند البته بالا آمدن سطح آب هیترها بر اثر پاره شدن لوله های داخل آن و عمل نکردن سطح سنجها ممکن است اتفاق افتد بدیهی است که این حادثه برای هیترهای فشار قوی بسیار حاد می باشد چون سرعت بالا آمدن آب سطح هیتر زیاد بوده و احتمال ورود آب به داخل توربین و ایجاد شوک های حرارتی شدید در آن می رود در صورتیکه وجود این ولوهای یک طرفه جلوی نفوذ آب را در صورت بروز چنین حادثه ای خواهد گرفت.

توجه: در صورت بالا آمدن غیر عادی سطح هیترها بای پس آنها سریعاً عمل خواهد کرد. خط SG17 که از خط هات رهیت (گرمایش گرم) منشعب شده بای تامین بخار آب بندی قسمتهای گوناگون توربین و بعضی از والوها است.

بخار نشدی از گلندها به خط S G 12 می گردند که در کندانسور مخصوص به خود هواگیری و کندانسه می شوند و به سیستم آب کنداسیت تزریق می شوند تناژ بخار گلند حدود ۰/۸ تن بر ساعت است.

سیستم تخلیه و درین ها:

(نقشه شماره ۲۷ Nek-050-027)

آبهای کندانسه شده قسمت های گوناگون سیستم مثل هیترها و کندانسور پمپ توربینی نباید به هدر روند بلکه باید جمع آوری و بنابر شرایطی که هر کدام از نظر فشار و درجه حرارت دارند به نقاط مختلف سیکل اضافه شوند.

همه هیترها دارای یک مسیر تخلیه عادی و یک مسیر تخلیه اضطراری می باشند و هر دو هیتر به طور سری با هم تخلیه می شوند. بدین ترتیب آب هیتر شماره ۲ از طریق خط R N20 به هیتر شماره ۱ می ریزد و در آنجا جمع می شود. در صورتی که سطح از حد نرمال بالاتر رود از طریق خط اضطراری آب را مستقیماً به کندانسور تخلیه می نمایند، اگر افزایش سطح باز هم ادامه داشته باشد (مثلاً بر اثر ترک برداشتن لوله ها داخل هیتر) ولو اصلی آب کنداسیت به هیتر شماره ۱ و ۲ را می بندد و مسیر بای پس آنها را باز می کند. در مورد هیتر شماره ۱ نیز چنین کنترلی وجود دارد و تخلیه عادی و اضطراری آن به کندانسور اصلی صورت می گیرد آب



کندانسیت هیتر شماره ۴ به هیتر شماره ۳ تخلیه می‌گردد و از آنجا به کمک یک پمپ به بعد از هیتر شماره ۳ به سیستم کندانسیت اصلی اضافه می‌شود.

قطر لوله های هیتر شماره ۱ مساوی ۱۱ میلیمتر، هیتر شماره ۲ برابر با ۱۳ میلیمتر، هیتر شماره ۳ برابر با ۱۷ میلیمتر و هیتر شماره ۴ برابر با ۱۹ میلیمتر میباشد.

در هیتر ها فشار قوی ۶ و ۷ مسئله کنترل سطح به طور جدی تر مطرح می‌شود.

آب هیتر شماره ۷ به هیتر شماره ۶ و از آنجا به کمک یک پمپ به تانک تغذیه تخلیه می‌شود، علت اینکه آب را به بعد از هیتر ۷ تخلیه نمی‌کنیم بخاطر فشار زیاد این نقطه بوده که برای انجام تخلیه احتیاج به پمپ بزرگی دارد.

پمپ تخلیه هیتر ۶ ظرفیتی برابر با ۲۴۷ مترمکعب بر ساعت دارد و فشار ۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ایجاد می‌کند و دارای یک خط حداقل فلو است که با ولو یک طرفه RP10s002 کار می‌کند و همواره پمپ را در مدار نگه می‌دارد، در بارهای بالا فشار هیتر شماره ۶ بزرگتر از تانک تغذیه است و عمل تخلیه بدون کمک پمپ هم می‌تواند صورت گیرد اما کماکان پمپ تخلیه در مدار قرار دارد تا در بارهای کم و یا تریپ توربین که فشار هیتر برای تخلیه کافی نمی‌باشد بتواند عمل کند ضمن آنکه با ایجاد فشار برای تخلیه از تبخیر آن در لوله‌ها نیز جلوگیری نماید.

در شروع راه اندازی و نیز تا بارهای کمتر از ۳۵ درصد در اواپراتور مخلوط آب و بخار با هم وجود دارند که آب در سپری تور (separator) از بخار جدا شده و مجدداً به سیکل بر می‌گردد و بخار نیز به قسمت سوپر هیتر ها می‌رود. آب جدا شده در سپری تور در استارت آپ وضل (start up vessel) جمع شده و از آنجا از طریق دو کنترل ولو NB10S01 و NB10S011 وارد فلاش تانک می‌شود و در این تانک که به هوای آزاد راه دارد فشار آن تا مقدار اتمسفر تنزل می‌نماید و در نتیجه مقداری از آن تبخیر می‌شود. - توجه: بخاری که از نیروگاه در بارهای کم دیده می‌شود بر اثر همین تبخیر است. - و با کاهش درجه حرارت به شرایط مطلوبی می‌رسد که بتواند به تانک راه اندازی (start up condensate tank) وارد شود. آب تانک راه اندازی به نوبه خود از طریق سه پمپ که یکی از آنها با ظرفیت ۵۸۰ تن بر ساعت و دو تای دیگر هر کدام با ظرفیت ۸۰ تن بر ساعت می‌باشد یا به بعد از هیتر ۴ اضافه می‌گردد و یا اگر کیفیت آن خوب نباشد همراه آب خنک کننده کندانسور به دریا می‌ریزد بنابراین می‌توان گفت که تانک راه اندازی و فلاش تانک که بطور عمود بر هم قرار دارند موجب چرخش آب در بویلر می‌شوند که این چرخش را آب راه اندازی می‌نامیم.



آب‌های کندانسه شده بویلر و سوپرهیتر و درین تاسیسات عمومی مثل پیش‌گرم کن هوا و پیش‌گرم کن سوخت به تانک راه‌اندازی و یا فلاش تانک می‌ریزد، البته درین تاسیسات عمومی و بویلرهای کمکی همگی به هم وصل بوده و در صورت لزوم برای ایجاد تعادل حرارتی و جبران کمبود مقدار آب می‌توان آنها را به محل‌های مورد نیاز تخلیه نمود، درین لوله‌ها و والوها یا از طریق درین داغ (Hot Drain) به دریا تخلیه می‌شوند و یا در صورت دارا بودن کیفیت مطلوب به سیستم اصلی افزوده می‌گردند که با بررسی نقشه می‌توان دید.

بویلر:

بویلرهای نیروگاهی:

بویلرهای نیروگاهی لوله آبی با لوله‌های فولادی و خمیده ساخته می‌شوند و ممکن است سیرکولاسیون سیال بصورت طبیعی یا بصورت اجباری (تحت فشار) باشد، آب بعد از گرفتن حرارت دیگ گرم شده چگالی آن پایین می‌رود، کاهش دانسیته نیرویی پدید می‌آورد که بنام نیروی ترموسیفون مشهود است.

اگر بخواهیم راندمان واحد بخار ساز را بالا ببریم الزامی است که طبق قانون ترمودینامیک دو کار را تجربه کنیم، یا دمای منبع سرد پایین آید، یا دمای منبع گرم را بالا ببریم، افزایش دمای منبع گرم میسر بوده اما بستگی تامی به فشار دارد یعنی در فشارهای بالا می‌توان منبع گرم را بیشتر بالا برد لذا برای بارگیری بیشتر از دیگ بخار الزامی است آنرا به سمت فشارهای بالا (نقطه بحرانی آب) سوق داد، که در آن صورت باید از سیرکولاسیون اجباری استفاده کرد و سیرکولاسیون طبیعی در فشارهای بالا بدلیل اینکه اختلاف ارتفاع استاتیکی برای رانش سیال خیلی کم می‌شود به همین دلیل سیرکولاسیون طبیعی مختل می‌شود.



بعضی از سازندگان واحدهای بخار ساز سیکل‌های اجباری از $\frac{lb}{in^2}$ ۱۸۰۰ به بالا پیشنهاد می‌کنند اما بعضی دیگر سیکل‌های طبیعی را تا حوالی فشار $\frac{lb}{in^2}$ ۲۷۰۰ عملی و اقتصادی می‌دانند. اما دسته سوی هستند که مرز سیرکولاسیون طبیعی و اجباری را به $\frac{lb}{in^2}$ ۵۰۰ تقسیم کرده‌اند. در این بخش به معرفی چند نوع بویلر می‌پردازیم:

۱- بویلرهای مخرنی

۲- بویلرهای فایر تیوپ

۳- بویلر با لوله‌های دیواره‌ای

۱: این نوع بویلر شامل یک مخزن سربسته می‌باشد که انتقال حرارت در خارج از آنها صورت گرفته و آب داخل مخزن را به بخار تبدیل می‌کند و راندمان بویلرهای مخزنی بسیار کم بوده و در حدود ۳۰٪ می‌باشد و فقط در مصارف صنعتی با میزان بخار کم استفاده می‌شود.

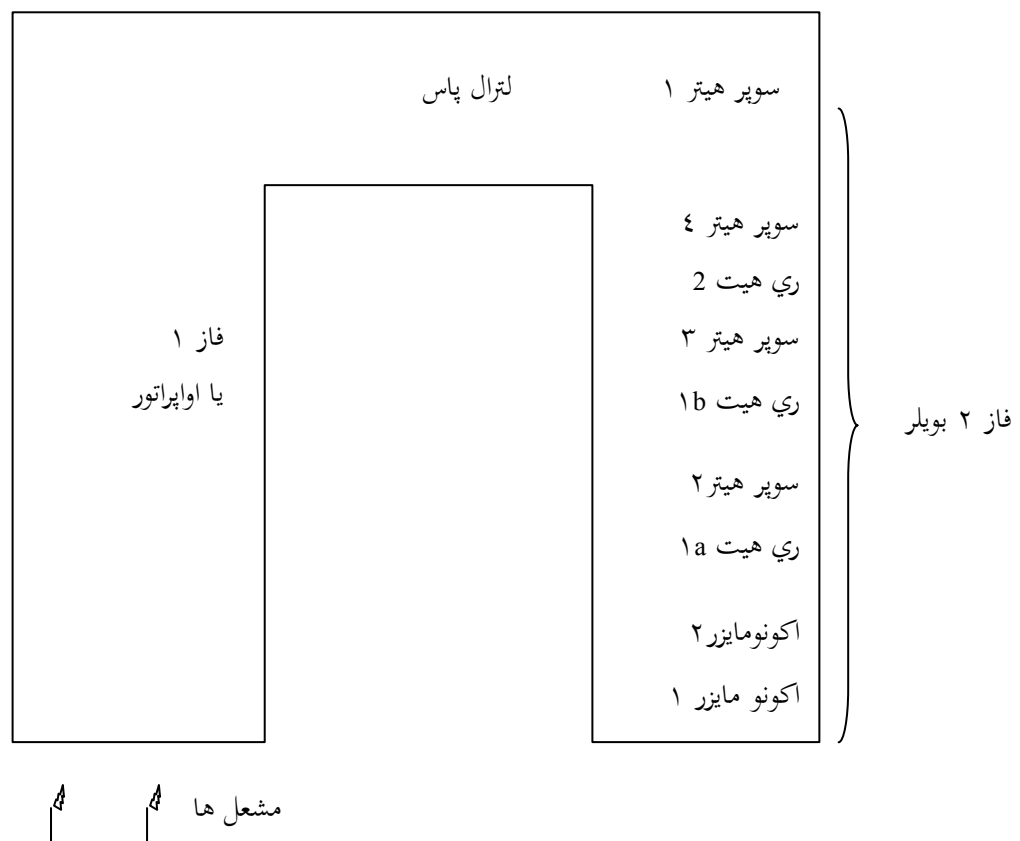
۲: بویلرهای فایر تیوپ: در این نوع بویلر اطراف لوله‌ها از آب پوشانده شده است و گازهای حاصل از احتراق از داخل لوله‌ها عبور کرده و انتقال حرارت مابین آب و محصولات احتراق انجام می‌گیرد. محفظه احتراق می‌تواند در داخل و یا خارج از بویلر باشد.

راندمان بویلرهای فایر تیوپ حدود ۷۰٪ می‌باشد که جهت تولید بخار در واحدهای با ظرفیت و فشار کم و بیشتر در سیستم‌های تهویه یا واحدهای صنعتی کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد برای واحدهای بزرگتر قطر بویلر باید بیشتر گردد در نتیجه ضخامت دیواره باید زیاد باشد. بخاطر همین مسئله این نوع بویلر فقط در ابعاد کوچک ساخته می‌شود ماکزیمم فشار حدود ۱۸ اتمسفر و ماکزیمم بخار تولیدی ۱۱۳۴ کیلوگرم بر ساعت است.

۳: بویلرهای لوله دیواره‌ای بالای فشار بحرانی: بویلرهای بدون درام که دارای فشار بحرانی یا فوق بحرانی می‌باشند به بویلر بنسون (Benson) معروفند در این نوع بویلر طراحی مجموعه محوطه احتراق و لوله‌های دیواره‌ای به نحوی است که کلیه آب تغذیه موجود در لوله‌های دیواره‌ای پس از طی محوطه احتراق و لوله‌های دیواره‌ای به بخار تبدیل شده و مستقیماً به سمت سوپرهیترها هدایت می‌گردند لذا این نوع بویلرها بدون درام هستند از آنجا که بویلرهای بنسون دارای فشار بالایی هستند، تکنولوژی بالایی برای ساخت آنها مورد نیاز است ولی بعلاوه عدم وجود درام، وزن کمتری نسبت به بویلرهای زیر فشار بحرانی دارند، در بویلرهای بنسون حجم مشخصی از آب تغذیه با یک بار گردش در بویلر باید به بخار تبدیل شود، بعبارتی دیگر عدد سیرکولاسیون یک می‌باشد



شکل ساده بویلر نیروگاه نکا:



قسمت های متفاوت بویلر نیروگاه نکا به صورت شکل بالا می باشد که در صفحه بعد بر روی شکل اصلی آن نمایش داده شده است.

بویلر نیروگاه نکا از نوع بنسون و بدون درام می باشد و بصورت U وارونه که فاز یک و فاز دو را تشکیل می دهد.



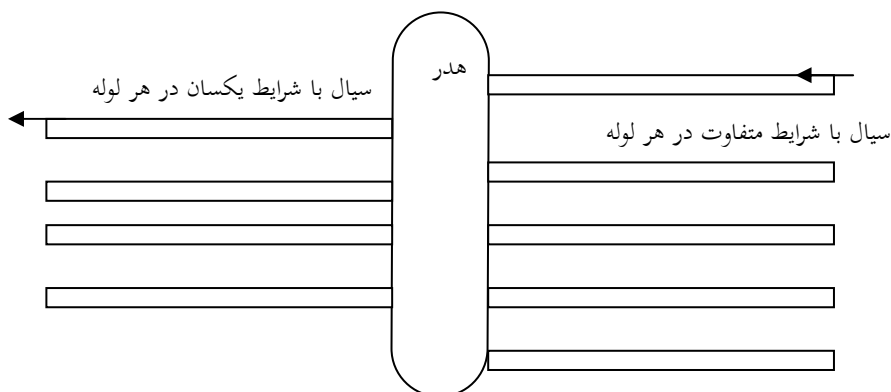
بویلر نیروگاه برای استفاده از سوخت گاز طبیعی و همچنین سوخت مایع ساخته شده است . بویلر نیروگاه دارای ۱۴ مشعل می‌باشد که در دو ردیف ۷ تایی قرار گرفته‌اند و روی کف بویلر نصب شده‌اند و حداکثر مصرفی در هر مشعل ۷ تن بر ساعت مازوت می‌باشد باید توجه داشت که عمق کوره باید به اندازه‌ای باشد که شعله نتواند به دیواره مقابل صدمه زند و در این بویلرها عمق کوره حدود ۳۶ متر در نظر گرفته شده و ارتفاع مشعل مازوت ۴متر و ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع شعله گاز ۸ متر می‌باشد بنابراین صدمه‌ای به دیوار بالایی نخواهد زد.

بررسی ساختمان بویلر نیروگاه :

۱: Eco (اکونومایزر):

اولین قسمتی که آب تغذیه بویلر به آنجا می‌رود اکونومایزر می‌باشد . آب تغذیه وارد هدر ورودی اکونومایزر که بصورت محوری در قسمت تحتانی و وسط دیواره فاز ۲ قرار گرفته است می‌شود، سطوح گرم شونده اکونومایزر در قسمت تحتانی فاز ۲ قرار گرفته و آب تغذیه در آن بصورت دو شاخه و به شیوه جریان مقابل جریان می‌یابد، از آنجاییکه هدر خروجی اکونومایزر از وسط به دو نیم شده است این نیمه ها توسط دو اتصال لوله هدر ورودی اواپراتور را تغذیه میکند.

توجه: هدر نام وسیله ای است که در آن چندین جریان آب با فشار و دماهای کمی متفاوت وارد آن می‌شود و در آن که بصورت منبع می‌باشد با یکدیگر مخلوط می‌شود و تبادل انرژی مینمایند و خروجی آن سیال با فشار و دمای یکسان می‌باشد . هدر در بویلر نیروگاه به تعداد زیادی بکار رفته است،



۲: اواپراتور نیروگاه (EVAP) :



آب بعد از اکونو مایزر و گرم شدن اولیه از هدر ورودی ۱۸۲ لوله منشعب شده است برای هر مشعل ۱۳ انشعاب گرفته شده است ، بعد از عبور از قسمت شکل داده شده مشعل ها ، سیال از طریق هر ۹۱ لوله به دیواره های Front و Rear در قسمت زیرین هدر ورودی محفظه احتراق کوره می رود این لوله ها در بخش زیرین تشکیل یک COIL اواپراتور متشکل از ۹۱*۲ لوله می باشد.

۳: لترال پس (Lateral pass) :

سیال پس از عبور از فاز ۱ وارد لترال پس بویلر می شود ، نیمه های راست و چپ لترال پس هر یک از ۱۹۲ لوله تشکیل شده اند که تحت زاویه قائمه نسبت به جریان دود خروجی قرار گرفته اند ، از هدر خروجی لترال پس که اختلاط سیالات دیواره ها در آن انجام می شود به هر یک از دو سپرایتور داده میشود.

سپرایتور (seprator) :

همانطو که از نام آن مشخص است وظیفه جدا کردن آب و بخار را بر اساس نیروی گریز از مرکز بر عهده دارد این وسیله در کنار بویلر نصب می باشد و در شکل بویلر داده شده نشان داده شده است .

استارت آپ وزل سپری تور (s tart up vessel seperator) :

آب جدا شده در سپری تور وارد وزل میشود و از آنجا وارد فلش تانک میشود.

۴: سوپرهیتر یک بویلر نیروگاه:

بخار پس از خروج از سپری تور وارد سوپرهیتر ۱ میشود و بخار بصورت محوری و از طرفین هدر خروجی با سوپر هیتر یک را ترک نموده و از طریق لوله های اتصال دهنده به هدر ورودی سوپرهیتر ۲ که هدر دو تکه می باشد هدایت می گردد.

۵: سوپر هیتر دو بویلر نیروگاه:

سوپر هیتر دو دارای ورودی دوبله می باشد و خروجی آن در چهار قسمت در هدرهای خروجی انجام می گیرد. هدر خروجی سوپر هیتر در قسمت خارجی به هدر ورودی سوپر هیتر ۳ اتصال می یابد. خطوط اتصال خروجی های سوپر هیتر ۲ را به اسپری از نوع A ttem perator اتصال می دهند و سپس بوسیله خطوط اتصال به هدر ورودی سوپر هیتر ۳ هدایت می گردند.



۶: سوپر هیتر ۳ نیروگاه نکا:

بخار از هدر ورودی سوپر هیتر سه و از طریق ۴ مسیر از میان لوله‌های سوپر هیتر ۳ عبور نموده و به هدرهای خروجی سوپر هیتر سه جریان می‌یابد. سپس از طریق لوله‌های اتصال دهنده وارد هدرهای دو تکه ورودی سوپر هیتر ۴ که در طرفین واقع شده اند می‌گردد.

۷: سوپر هیتر چهار نیروگاه نکا:

بخار ورودی به هدرهای ورودی سوپر هیتر ۴ پس از عبور از لوله‌ها وارد هدرهای دو تکه می‌گردد که این بخار، بخار زنده و آماده برای انجام کار در توربین H P می‌باشد.

۸: ری هیت (reheat):

بخار خروجی از توربین H P پس از تولید کار در توربین وارد ری‌هیت‌ها می‌گردد تا انرژی آن افزایش یابد و برای ورود به توربین L P آماده گردد.

توجه: پس از اینکه گازهای کوره قسمتی از حرارت خود را به لوله‌های آب و سوپر هیترها می‌دهند هنوز دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای حرارت می‌باشند اگر این حرارت همراه گازها و بدون استفاده از دودکش خارج شود راندمان دستگاه پایین می‌آید. لذا با استفاده از یک اکونومایزر از این حرارت باقی مانده استفاده می‌کنند.

اکونومایزر را می‌توان بعنوان هیتر آب تغذیه به حساب آورد که آخرین مرحله است که آب خروجی از کندانسور توربین در آن گرم شده و سپس وارد فاز یک می‌گردد.

دی سوپر هیترها: (spary attem perator)

دی سوپر هیترها جهت کنترل سریع درجه حرارت که بصورت شاخه‌های ترکیب کننده ساخته شده و بوسیله نازل‌های آب فیدواتر به شکل پودر در آن تزریق می‌شود و موجب کاهش درجه حرارت بخار می‌گردد، به منظور جلوگیری از تماس آب با دیواره هدر یک لوله حفاظ در داخل هدر برای اینکار نصب شده که بنام کولر اسپری (spary attem perator) نامیده می‌شود که آب مورد نیاز از شاخه اصلی فیدپمپ گرفته می‌شود و آب تزریقی در این مرحله بصورت اسپری پودر شده و درجه حرارت سوپر هیترها را کنترل می‌کنند.



طرح مشعل‌های نیروگاه نکا:

طرح مشعل‌ها بگونه‌ای است که می‌تواند با سوخت مازوت و یا گاز مشتعل گردد، مازوت از لوله واقع در مرکز بخار اتمایزینگ تامین می‌گردد و بر روی پاشنده Y شکل بصورت پودر در می‌آید، بخار مازوت را به ذرات کوچکی متلاشی خواهد کرد، زاویه باز شدگی مخروط پاشنده سوخت حدودا ۱۰۰ درجه است.

گاز از طریق (Spud) هایی که در اطراف گلوئی مشعل Care توزیع شده‌اند تامین می‌گردد. خروجی اوریفیس های (spud) گاز بطریقی طرح شده است که اجازه می‌دهد سوخت با هوا تا آنجائیکه ممکن است، مخروط گردد و تعداد نازل‌های گاز ۱۲ عدد می‌باشد. برای اینکه پایداری شعله بهتر گردد و از ارتعاش شعله ممانعت بعمل آوریم، هسته مشعل از نازل های متعددی از گاز در مرکز مشعل تشکیل شده است.

صفحه مشبک و دو توری هوا، ما را مطمئن می‌نماید که هوای یک دست به مشعل ها می‌رسد و از ارتعاش هوا در قسمت باد جلوگیری می‌کند. بدین ترتیب هوا در جهت محوری بدخل مشعل جریان می‌یابد و با سوخت ترکیب می‌گردد.

جرقه زن الکتریکی؛

شعله بوسیله جرقه زن الکتریکی با و لتاژ بسیار زیاد روشن می‌گردد، در حین عملیات جرقه زنی بوسیله یک سیلندر الکتریکی، هوایی به قسمت مخروط پاشنده سوخت و یا قسمت سوخت گازی تغییر مکان داده می‌شود زمان جرقه زنی حداکثر ۶۰ ثانیه می‌باشد.

فتوسل یا مراقبت کننده مشعل (Photocell):

در ضمن بهره برداری بویلر شعله بوسیله یک سلول فتوالکتریک مراقبت می‌شود. هنگامی که سیگنال شعله از بین می‌رود سلول فتوالکتریک قسمت تامین سوخت مشعل مربوطه را تریپ خواهد داد و همزمان سیگنال (شعله خاموش است) را به اتاق کنترل ارسال می‌دارد، هرگونه اشکال داخلی مانند اشکال ولتاژ سبب ارسال هیچ شعله‌ای وجود ندارد می‌شود، در نتیجه مشعل مربوطه از کار می‌افتد.

تقسیم بندی صدمات در لوله‌های بویلر:



هزینه‌های وارده از صدمات در خارج شدن واحدها از مدار و تعمیرات آنها خیلی زیاد بوده که این صدمات تقریباً ۴۰٪ آن مربوط به لوله‌های واتر وال و ۳۰٪ آن مربوط به لوله‌های سوپر هیتور و ۱۵٪ آن مربوط به لوله‌های مشعل تخمین زده شده است.

بطور کلی صدمات اصلی وارده به لوله‌های بویلر تقریباً تحت ۲۲ مکانیزم مختلفی صورت می‌گیرد که در تقسیم‌بندی زیر دیده می‌شود، شرایط ایجاد هر یک از مکانیزم‌های یاد شده بایستی ریشه‌یابی گشته و عوامل موثر در ایجاد آنها را پیدا نمود زیرا که فرضاً ممکن است بهره‌برداری نادرست یا پایین بودن کیفیت سوخت و یا اشکال در تجهیزات و غیره در ایجاد یک مکانیزم مشخص دخالت داشته باشند، در زیر نمونه‌هایی از صدمات فقط نام برده شده ولی توضیح مفصل در این مورد نیاز به بررسی جداگانه دارد:

صدمات بویلر:

۱- شکستگی تحت تنش	۱۵- پخش خاکستر (سایش ناشی از نرمة خاکستر)
۲- اورهیت کوتاه مدت	۱۶- ریزش سرباره
۳- خزش درجه حرارت بالا	۱۷- سایش ناشی از دود زده‌ها
۴- جوش‌های فلزات غیر همجنس	۱۸- وزش در دودکش سوت بلوئر
۵- خوردگی در سمت آب	۱۹- خستگی‌ها
۶- خوردگی قلبایی	۲۰- خستگی ارتعاش
۷- صدمات هیدروژنی	۲۱- خستگی حرارتی
۸- خوردگی موضعی	۲۲- خستگی خوردگی
۹- خوردگی تنشی	۲۳- فقدان کنترل کیفی
۱۰- خوردگی سمت کوره	۲۴- صدمات تعمیراتی و تمیز کاری
۱۱- خوردگی در حرارت پایین	۲۵- صدمات کنترل شیمیایی
۱۲- خوردگی در لوله‌های واتروال	۲۶- نقص مواد
۱۳- خوردگی‌های داغ ناشی از مازوت یا سوخت مایع	۲۷- نقص جوشکاری
۱۴- سایش‌ها	

همانطور که میدانید بویلر نیروگاه نکا بدون درام می‌باشد اما در نیروگاههایی که درام وجود دارد وظایف درام به شرح زیر است:

- ۱- بعنوان مخزن ذخیره برای دیگ بخار
- ۲- عمل جداسازی آب و بخار از یکدیگر
- ۳- ایجاد Carray over بوسیله تزریق مواد شیمیایی (در نیروگاه نکا این عمل توسط مواد شیمیایی آمونیاک و هیدرازین انجام می‌شود).



نگاه اجمالی به معایب و مزایای بویلرهای بدون درام (once through) نسبت به درام دار:

بویلر درام دار	بویلر بدون درام (once through)
۱- حداکثر فشار $\frac{kg}{cm^2}$ ۱۸۰ را تحمل می‌کند.	۱- بیش از فشار $\frac{kg}{cm^2}$ ۱۸۰ را تحمل می‌کند.
۲- $\frac{1}{2}$ آب در اواپراتور به سمت سوپر هیترو و توربین روان می‌شود.	۲- تمام آب تبدیل به بخار می‌شود.
۳- وظیفه شیمی چندان حساس نیست	۳- وظیفه شیمی بمراتب سنگینتر و پر اهمیت تر است چونکه تمام آب تبدیل به بخار می‌شود و روانه توربین می‌گردد.
۴- میزان جریان آب در اواپراتور از طریق سطح درام کنترل می‌شود.	۴- به درام نیازی نیست و میزان جریان آب در اواپراتور را بوسیله فیدواتر پمپ می‌توان کنترل نمود.
۵- در نیروگاه درام دار از نظر کنترل آب تغذیه سه عامل را در نظر می‌گیرند. مقدار بخار مقدار تناژ آب سطح درام	۵- در نیروگاه های بدون درام دو عامل را میتوان در نظر گرفت: مقدار تناژ بخار مقدار تناژ آب
۶- هر چه نیروگاه بزرگتر باشد درام کوچکتر است (بدلیل فشار زیاد)	۶- بویلرهایی که درام ندارند مزیت آن این است که سریع راه اندازی میشوند.
۷- در بویلرهایی که درام ندارند باید بخاطر درام کم کم فشار گرفت و درجه حرارت را کم کم بالا برد	۷- در نیروگاه های بدون درام ۳۰٪ آب مصرفی را ابتدای راه اندازی در بویلر وارد می‌کنند در نظر می‌گیرند.
۸- معایب درام: اگر سطح درام بالا رود ممکن است داخل توربین آب برود. - اگر سطح درام پایین بیاید ممکن بخار داخل دان کامرو و اتروال را در معرض سوختن قرار بگیرد.	۸- برای ساختن نیروگاههای بدون درام بخاطر این درام ندارند که فشار زیاد است و حجم آب و بخار تقریباً یکی است در ضمن از نظر سوخت مقرون بصرفه است چون مقدار حرارتی که صرف نهان تبخیر می‌کنیم در نیروگاه های بدون درام نداریم.
۹- در بویلرهای درام دار هر ذره آب پس از نه بار گردش در سیکل اواپراتور از آن خارج می‌شود و به سمت سوپر هیترو جاری می‌گردد.	۹- جنس لوله های اکونومايزر - سوپرهیترو هیترو بدلیل تماس زیاد با حرارت فرق می‌کند .
	۱۰- بخاطر فشار زیاد پمپ تغذیه پر قدرت نیاز می‌باشد.



گرمکن های هوا:

گرم کن هوا معمولاً بعد از اکونومایزر در مسیر گاز های حاصل از احتراق بطرف دودکش قرار می گیرند و قسمتی از حرارت باقی مانده در این گازها را کسب می کنند این حرارت جهت هوای تغذیه کوره برای احتراق سوخت مورد استفاده قرار می گیرد ، گرمکن های هوا سه نوع می باشند:

۱- لوله ای

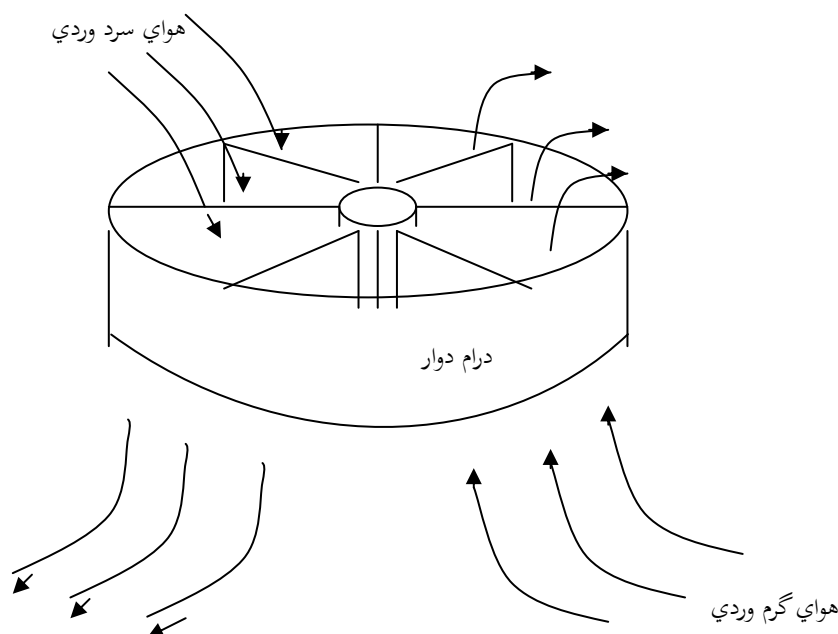
۲- صفحه ای

۳- دورانی

۱- در گرمکن هوای نوع لوله ای معمولاً هوا از سطح خارجی لوله ها عبور می کند و لوله ها را در بر می گیرد و جریان گازها از داخل لوله ها عبور می کنند و حرارت از طریق دیواره لوله به هواییکه از درو لوله خارج آن عبور می کند منتقل می شود ، در بعضی از حالت ها برعکس هوای گرم شونده از داخل لوله ها عبور کرده و گازهای کوره از سطح خارجی لوله ها عبور میکند.

۲- گرم کن هوای نوع صفحه ای شامل تعدادی پوشش یا ورقه فولادی می باشد که به بدنه ای نصب شده اند . هوای احتراق از داخل این پوشش ها می گذرد و گازهای کوره را در امتداد جریان هوا بر عکس آن از سطح خارجی پوشش عبور می کنند و حرارت گازها از طریق ورقه های فولادی به هوای داخل پوشش ها هدایت می شود .

۳- در این نوع گرمکن صفحاتی که حول محوری به چرخش در می آیند ابتدا در نیمه ای از دایره چرخش در معرض هوای گرم قرار می گیرند و سپس بدلیل چرخش ، در مسیر هوای سرد ورودی قرار می گیرند و این صفحات باعث انتقال حرارت می شوند.



برای دوران دادن به قسمت چرخان گرمکن از یک موتور کوچک استفاده می شود. سرعت دورانی درام یک تا دو دور در دقیقه است درام شامل یک سری عناصر چین دار و موجی



می‌باشد که مابین صفحات شعاعی قرار می‌گیرد این صفحات شعاعی درام را به قسمت‌های مجزا تقسیم میکنند، گازها از میان عناصر یک طرف درام و هوا از میان عناصر طرف دیگر عبور می‌کنند.

آب بندی شعاعی جهت جلوگیری از نشست به صفحات جداکننده اضافه می‌شوند و نیز آب بندی محوری و محیطی برای جدا کردن طرف گاز از طرف هوا بکار برده میشود.

مزیت این گرمکن بر دو نوع دیگر این است که ساختمان آن دارای حجم کمتری است و جای کمتری را می‌گیرد و عیب آن این است که آب بندی کردنش مشکل است با افزایش اندازه دیگ بخار استفاده از گرمکن دورانی بدلیل حجم کم آن اقتصادی تر است.

توجه: گرفتن گرما از دود خروجی باعث بالا رفتن راندمان نیروگاه می‌شود. با این وجود محدودیتی وجود دارد بطوریکه اگر درجه حرارت پایین تر از نقطه شبنم گازها شود باعث خوردگی سطح فلزات می‌شود برای جلوگیری از این عمل مقداری از هوای گرم شده را مجدداً از گرمکن عبور می‌دهند یا اجازه می‌دهند که قسمتی از هوای سرد بدون اینکه از گرمکن عبور کند از بای پس عبور کند.

مزیت پیش گرم کردن هوا:

۱- پس گرفتن مقداری از حرارت از دودها و پایین آمدن اتلافات .

۲- افزایش درجه حرارت شعله

۳- افزایش درجه حرارت شعله و کاهش هوای ورودی

۴- قابل استفاده شدن سوخت ها با ارزش حرارتی کم

دودکش‌ها:

قطر فندانسیون	۲۱ متر
ارتفاع دودکش	۱۳۴ متر
قطر داخلی پایین دودکش	۸ متر
ضخامت بدنه	۸۰ سانتیمتر
قطر بالای دودکش	۶ متر
ضخامت بالای دودکش	۴۰ سانتیمتر
ارتفاع قسمت وردی دود به دودکش	۸/۹۰ متر
عرض قسمت وردی دود به دودکش	۳/۳۰ متر
فاصله مرکز تا زمین	۳۲/۳۰ متر



فن ها:

معرفی دو نوع فن:

فن گریز از مرکز یا جریان مرکزی یا شعاعی یا رادیال فلو:

این فن ها دارای یک چرخ دوار هستند که درون محفظه حلزونی شکل حرکت می کنند، هوا در جهت محوری وارد چرخ دوار شده و در جهت مماس بر چرخ دوار تخلیه می شود چرخ دوار در جهت خروجی محفظه قرار دارد. کار انجام شده روی هوا برای افزایش فشار فن ، اساسا به زاویه پره های چرخ دوار نسبت به جهت چرخش آن بستگی دارد.

فن با جریان محوری یا اکسیال فلو:

در این نوع فن ها جریان هوا اساسا موازی محور چرخ دوار است ، در ساده ترین شکل دستگاه ، هوا در جهت محوری وارد چرخ شده و بر اساس کار انجام شده ، توسط گشتاور چرخ های دوار با یک مولفه چرخشی ، پروانه را ترک می کند بنابراین سرعت مطلق هوای خروجی بیشتر از سرعت محوری خواهد بود و لذا قسمتی از افزایش فشار کل توسط چرخ دوار ، جز فشار کل مفید فن محسوب نمی شود، در اغلب طرح های پیشرفته در پایین دست چرخ دوار از پره های هادی استفاده می شود که جایگزین مولفه چرخشی می شوند بنابراین سرعت هوا کاهش یافته و مازاد فشار سرعت به فشار استاتیک مفید تبدیل می شود ، روش دوم دستیابی به ماکزیمم فشار مفید ، استفاده از پره هایی بمنظور ایجاد پیش چرخش در بالادست چرخ دوار است که سبب چرخش هوا در خلاف جهت چرخش چرخ دوار می شود.

راندمان فن های بدون استفاده از پره هادی معمولا ۷۵٪ و در مورد فن های دارای پره هادی در پایین دست ۸۷٪ می باشد.

در نیروگاه نکا برای ایجاد جریان هوا از این نوع فن استفاده می کنند.

توجه: برای استفاده از فن گریز از مرکز ما با توجه به دبی فن باید یک فشار اولیه در ورودی داشته باشیم در غیر اینصورت نمی توانیم جریان زیادی را داشته باشیم.



مزایای فن محوری نسبت به فن شعاعی:

- ۱- جمع و جور ساخته می شود.
- ۲- در داخل دودکش بطور مطلوب در مسیر دودکش ها و تونلها و معدن بطور عمودی قابل نصب است.
- ۳- با وزن کم
- ۴- دارای فندانسیون کوچک و ارزان می باشد.
- ۵- بدلیل داشتن سرعت های بالا دارای موتور ارزان می باشد
- ۶- در بارهای مختلف دارای راندمان خیلی بالا و با بهره برداری ارزان می باشد.
- ۷- دارای اینرسی پایین (کمک زیادی در جهت راه اندازی دستگاه می شود)
- ۸- با کاهش سر و صدا بوسیله سایلنسر ، در فرکانس های بالا است.

فن های بویلر نیروگاه : (F.D.Fan)

هوای اتمسفر توسط دو عدد فن مکیده و پس از عبور از دو مرحله F.F.D.Fan فشار و دبی لازم جهت مصارف بویلر و .. تامین می نماید.

در ورودی هوا به این فن ها تعدادی سایلنسر عمودی نصب شده است . جریان هوا در این فن ها محوری می باشد . هر یک از این فن ها دارای چهار عدد یاتاقان هستند که دو عدد از این یاتاقان ها بلبرینگ و دو عدد رولبرینگ می باشد.

تنظیم دبی و فشار هوای خروجی از F.D.fan بوسیله تغییر زاویه پره ها که توسط روغن هیدرولیک صورت می گیرد ، امکان پذیر است . دامنه تغییرات زاویه پره های فن بین ۲۷+ تا ۲۷- می باشد.

مشخصات فن :

۲۳۰ متر مکعب بر ساعت	دبی فن :
۳۵	درجه حرارت
۱۵۸۹ mm/ws	فشار:
۲ مرحله	تعداد مراحل
۱۶ مرحله	تعداد پره ها در هر مرحله:
۳۹۶۰ کیلو وات	توان ورودی
۱۴۸۰	دور



توربین بخار:

توربین بخار وسیله‌ای است که انرژی حرارتی موجود در بخار، با فشار و درجه حرارت بالا را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند، به عبارت دیگر انرژی پتانسیل بخار را به انرژی سینتیک تبدیل می‌نماید. بخار با عبور از نازل و شیپورها منبسط شده و بخار دارای انرژی جنبشی می‌گردد و سپس این بخار را که دارای سرعت زیاد گردیده بر روی پره‌هایی که به محور توربین چسبیده‌اند هدایت می‌کنند و توربین را بحرکت در می‌آورد، در جدار داخلی (پوسته) بدنه ثابت توربین نیز به فواصل معینی پره‌های ثابت توربین نصب شده‌اند.

بخار داغ ابتدا از لابه‌لای پره‌های ثابت عبور کرده، فشار آن تبدیل به سرعت می‌گردد، در واقع پره‌های ثابت انرژی پتانسیل یا فشار بخار را به انرژی سینتیک یا جنبشی که دارای سرعت می‌باشد تبدیل می‌نماید سپس بخار جدید که فشارش تبدیل به سرعت گردیده با پره‌های متحرک توربین برخورد کرده و انرژی جنبشی خود را به پره‌ها منتقل و موجب گردش پره‌ها و بالنتیجه محور گردیده و در طی این مراحل انرژی حرارتی بخار به انرژی مکانیکی تبدیل می‌گردد این تبدیلات را توربین بخار انجام می‌دهد.

توربین‌های بخار بر اساس طرح و شکل پره‌ها به دو نوع ضربه‌ای و عکس‌العملی تقسیم می‌شوند.

افت‌ها و برگشت ناپذیرها در توربین‌های بخار:

کلیه افت‌هایی که در توربین بخار باعث کاهش بازدهی (راندمان) توربین می‌شوند و از افت در شیر کنترل بخار ورودی توربین تا افت در ورودی کندانسور را در بر می‌گیرند شامل دو گروه می‌باشد.

گروه اول: تلفات داخلی:

تلفاتی که مستقیماً به عبور بخار از طبقات مختلف توربین بستگی دارد.



گروه دوم: تلفات خارجی:

آن قسمت از تلفاتی که با شرایط بخار بستگی ندارد مانند تلفات ناشی از اصطکاک در یاتاقان‌ها و تلفات مکانیکی که می‌توان توسط روغنکاری این تلفات را به حداقل رساند.

انواع افت:

۱- **افت در ورود:** این تلفات در شیر قطع کننده و شیر کنترل توربین ظاهر می‌گردد با انتخاب سطح مقطع بزرگتر شیر و در نتیجه جریان بخار کمتر و انتخاب شکل مناسب ساختمانی این تلفات به حداقل می‌رسد و نیز با انتخاب سطوح داخلی صافتر و صیقل شده تلفات کمتر خواهد شد همچنین تلفات در لوله‌های ورودی بخار جز این تلفات محسوب می‌شوند.

۲- **افت در پره‌ها:** بازده پره‌های ثابت و متحرک ناشی از تلفات در پره‌های ثابت و متحرک می‌باشد که قسمت عمده این افت‌ها عبارتند از الف: تلفات دیواره ب: تلفات پروفیل پره

ج: تلفات اضافی: که در برخی مواقع به خاطر شکل خاص پره‌ها بوجود می‌آید

۳- **افت در بخار تر:** تبدیل فاز و تر شدن بخار و پیدایش رطوبت در بخار اشباع عامل ایجاد افت‌هایی در انرژی بخار گشته و بازدهی طبقات توربین کم فشار $L P$ را که با بخار تر کار می‌کند پایین می‌آورد و این افت‌ها بر ۳ دسته‌اند:

الف: افت‌های گاز دینامیکی: غیر متجانس بودن جریان بخار و وجود قطرات آب در بخار با سرعت و دانسیته متفاوت باعث افت‌های گاز دینامیکی می‌شود.

ب: افت‌های ترمودینامیکی: افت‌های ترمودینامیکی بدلیل انتقال حرارت بین دو فاز (مایع - بخار) پدید می‌آید.

ج: افت‌های کند شوندگی: در اثر اختلاف اینرسی و دانسیته مایع و بخار در هر طبقه توربین قطرات کمتر از سرعت بخار می‌باشد و در نتیجه بخار در اثر سرعت بخشیدن به قطرات سرعتش کاهش می‌یابد و در این عمل بخشی از انرژی صرف شده بخار به قطرات منتقل می‌گردد و بقیه به هدر می‌رود که افت‌های کند شوندگی را تشکیل می‌دهند.

۴- **افت در سیستم آب بندی شافت توربین:** شافت توربین نسبت به پوسته توربین باید آب‌بندی شود لذا تلفاتی در این قسمت‌ها بوجود می‌آید که بستگی به اختلاف فشار در دو طرف آب‌بند و سطح موثر عمود بر حرکت بخار در آب‌بند دارد و این افت‌ها باعث می‌شود که



مقداری بخار بدون انجام کار مفید از نوک پره‌ها نشت کرده و افت نشتی در $H-P$ را ایجاد نماید. در توربین‌های عکس‌العملی بدلیل طویل بودن پره‌ها سطح نشتی و مقدار نشتی بخار بخصوص در طبقات فشار بالا زیاد می‌باشد که این مقدار نشتی علی‌رغم اختلاف فشار کم طرفین ردیف پره‌های عکس‌العملی نسبت به اختلاف فشار ردیف پره‌های ضربه‌ای بدلیل سطح نشت زیاد در طبقات عکس‌العملی بیشتر است.

۵- افت ناشی از انتقال حرارت : انتقال حرارت از طریق هدایت- جابجایی تشعشع به محیط بیرون از توربین و به فندانسیون آن می‌باشد در نقاط گرم توربین مانند قسمت $H-P$ این افت بیشتر است.

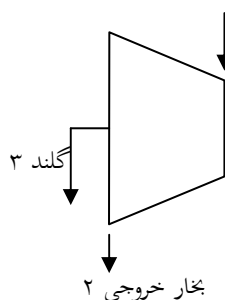
۶- افت در چرخ: بخار در اثر اصطکاک و ماشین با چرخ توربین افت در چرخ را پدید می‌آورد.

۷- افت در خروج: در هر طبقه توربین سرعت خروجی بخار دوباره بعنوان بخشی از انرژی در طبقه بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد مگر در آخرین طبقه که این انرژی صرف جریان یافتن بخار به کندانسور می‌گردد و بصورت اصطکاک ظاهر می‌شود حداقل این سرعت بستگی به دانسیته بخار و مشخصات کندانسور - سطح مقطع کانال‌های ارتباطی دارد و حداکثر آن روشن آشکار است که نمی‌تواند از سرعت صوت بیشتر شود. (تقریباً ۲ تا ۳ درصد افت توربین را شامل می‌شود).

محاسبه توان توربین های نیروگاه نکا:

توربین فشار قوی HP :

توربین فشار قوی دارای شرایط زیر است :



شرایط ورودی:

$$\dot{m} = 1408 \text{ ton/h}$$

$$h = 803 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 181 \text{ bar}$$

$$t = 530$$

شرایط خروجی: ۲



$$\dot{m} = 1400.84 \text{ ton} / h$$

$$h = 732.2 \text{ kcal} / \text{kg}$$

$$p = 53.7 \text{ bar}$$

$$t = 350^\circ \text{C}$$

گلند: ۳

$$\dot{m} = 7.16 \text{ ton} / h$$

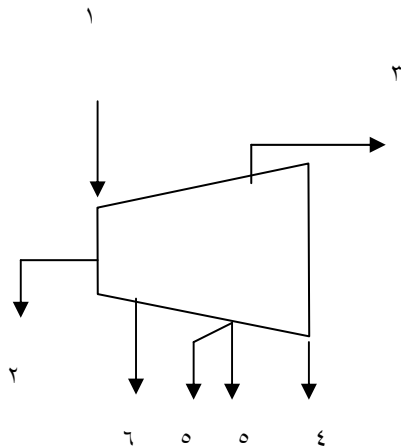
$$h = 731.5$$

$$\dot{W} = m_1 h_1 - m_2 h_2 - m_3 h_3 = (1408 \times 803 \times 1000 - (1400.84 \times 732.2 + 7.16 \times 731.5) \times 1000) \frac{4.18}{3600} = 115.75 \text{ MW}$$

درصد توان:

$$W_{HP} \% = \frac{115.75 \times 100}{440} = 26.3\%$$

توان توربین فشار متوسط IP :



ورودی ۱:

$$\dot{m} = 1266.34 \text{ ton} / h$$

$$h = 837.3 \text{ kcal} / \text{kg}$$

$$p = 48.3 \text{ bar}$$

$$T = 530$$

خروجی ۲:

$$\dot{m} = 1.36 \text{ ton} / h$$

$$h = 724.9 \text{ kcal} / \text{kg}$$

$$p =$$

$$t =$$

خروجی بخار ۳:



$$\dot{m} = 998.72 \text{ ton/h}$$

$$h = 724.9 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 8.30 \text{ bar}$$

$$t = 289.7$$

اکستراکشن هیتر شماره ۴:

$$\dot{m} = 81.52 \text{ ton/h}$$

$$h = 724.9 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 8.30 \text{ bar}$$

$$t = 289.1$$

اکستراکشن فید پمپ توربینی:

$$\dot{m} = 63.98 \text{ ton/h}$$

$$h = 757.5 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 4.66 \text{ bar}$$

$$t = 359$$

اکستراکشن فید واتر تانک:

$$\dot{m} = 44.67 \text{ ton/h}$$

$$h = 754.7 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 14.66 \text{ bar}$$

$$t = 353.5$$

اکستراکشن هیتر شماره ۶:

$$\dot{m} = 76.09 \text{ ton/h}$$

$$h = 803 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 29.45 \text{ bar}$$

$$t = 456.6$$

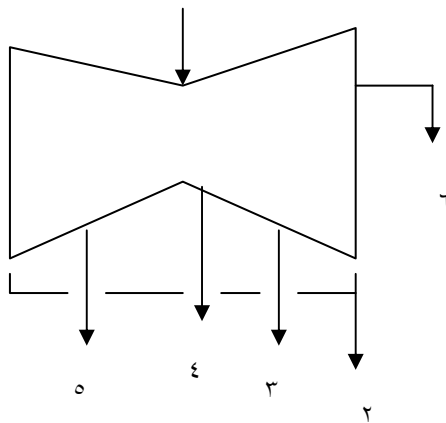
توان توربین:

$$\dot{W} = (1266.34 \times 837.3 \times 1000 - (1.36 \times 724.9 + 998.72 \times 724.9 + 81.52 \times 724.9 + 63.98 \times 757.5 + 44.67 \times 754.7 + 76.09 \times 803.2) \times 1000) \frac{4.18}{3600} = 154.39 \text{ MW}$$

$$W_{IP} \% = \frac{154.39 \times 100}{440} = 35$$



توان توربین فشار ضعیف LP :



بخار ورودی به توربین (۱):

$$\dot{m} = 1021.2 \text{ ton/h}$$

$$h = 724.9 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 8.30 \text{ bar}$$

$$T = 289.7$$

بخار خروجی از LP (۲):

$$\dot{m} = 855.88 \text{ ton/h}$$

$$h = 561.3 \text{ kcal/kg}$$

$$p = .068 \text{ bar}$$

$$T = 38.2$$

اکستراکشن هیتر شماره ۱: (۳)

$$\dot{m} = 67.58 \text{ ton/h}$$

$$h = 610.8 \text{ kcal/kg}$$

$$p = -$$

$$T = -$$

اکستراکشن هیتر شماره ۲: (۴)

$$\dot{m} = 53.66 \text{ ton/h}$$

$$h = 644.1 \text{ kcal/kg}$$

$$p = .459 \text{ bar}$$

$$T = 77.5$$

اکستراکشن هیتر ۳: (۵)



$$\dot{m} = 45.16 \text{ ton/h}$$

$$h = 676.1 \text{ kcal/kg}$$

$$p = 3.01 \text{ bar}$$

$$T = 111.2$$

گلند: (۶)

$$\dot{m} = .46 \text{ ton/h}$$

$$h = 677.3 \text{ kcal/kg}$$

$$T = 182.7$$

$$\dot{W}_{LP} = (1021.2 \times 724.9 \times 1000 - (855.88 \times 561.3 + 67.58 \times 610.8 + 53.66 \times 644.1 + 45.16 \times 676.1 + .46 \times 677.3) \times 1000) \frac{4.18}{3600} = 177.85 \text{ MW}$$

$$W_{LP} \% = \frac{177.85 \times 100}{440} = 40\%$$

درصد توان

برخی دیگر از مشخصات توربین‌های نیروگاه شهید سلیمی نکا:

توربین فشار قوی:

۱- تک جریانی (یکطرفه)

۲- پره‌های توربین فشار قوی عکس‌العملی است .

۳- محور توربین توخالی و از قطعات آهن‌گری شده که به یکدیگر جوش داده شده‌اند.

۴- پوسته آن دو جداره ، شامل جدار خارجی و جدار داخلی

۵- وزن پوسته توربین فشار قوی با روتور ۶۰ تن

۶- وزن روتور ۱۲ تن

۷- پیستون متعادل کننده جهت خنثی کردن حرکت محوری HP بکار می‌رود

توربین فشار متوسط:

۱- پره‌های آن عکس‌العملی است.

۲- محور توربین از سه بخش که به یکدیگر جوش داده شده‌اند تشکیل شده است .

۳- پوسته توربین فشار متوسط ۲ جداره‌ای شامل یک جدار خارجی و یک جدار داخلی

۴- وزن پوسته توربین فشار متوسط با روتور ۷۰ تن



۵- وزن روتور توربین ۱۶ تن

توربین فشار ضعیف:

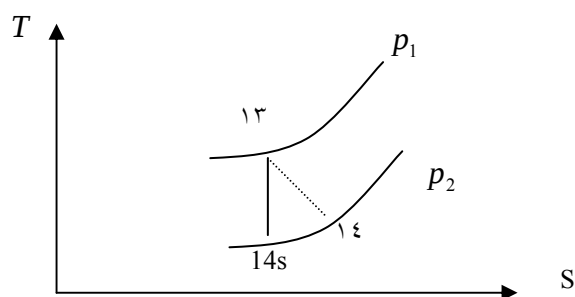
- ۱- پره ها از نوع عکس‌العملی است.
- ۲- جریان بخار در توربین LP دو طرفه است .
- ۳- محور توربین فشار ضعیف جوشی داده شده و دو طرفه بوده و شامل ۶ دیسک حامل پره‌های توربین می‌باشد.
- ۴- وزن روتور ۶۸ تن
- ۵- فشار بخار خروجی ۰/۶۸

توربین بخار نیروگاه از نوع فشار متغیر بوده تا ۳۵٪ بار از طریق باز نمودن کنترل ولوهای توربین تغییر بار صورت می‌گیرد ، وقتی تولیدی ژنراتور به ۱۵۴ مگاوات رسیده کنترل ولوهای توربینی کاملاً باز می‌شوند و افزایش بار بیشتر از طریق بویلر با افزایش آب و سوخت و هوا که در نهایت باعث ازدیاد تناژ بخار می‌شود، صورت می‌گیرد . از ۱۵۴ مگاوات الی ۴۴۰ مگاوات فشار لایواستیم از ۷۰ تا ۱۸۱ بار تغییر می‌کند.

توربین فشار قوی دو پوسته‌ای است که دارای ۱۹ طبقه و توربین فشار متوسط نیز دو پوسته‌ای و دارای ۱۳ طبقه می‌باشد. توربین فشار ضعیف به صورت جریان متقارن بوده و هر طرف دارای ۵ طبقه می‌باشد.

راندمان توربین‌ها:

محاسبه راندمان توربین HP:





$$P_1 = 181 \text{ bar}$$

$$T = 530^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow h_{13} = 803 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$P_2 = 53.7 \text{ bar}$$

$$T_{14} = 350.3^\circ \text{C}$$

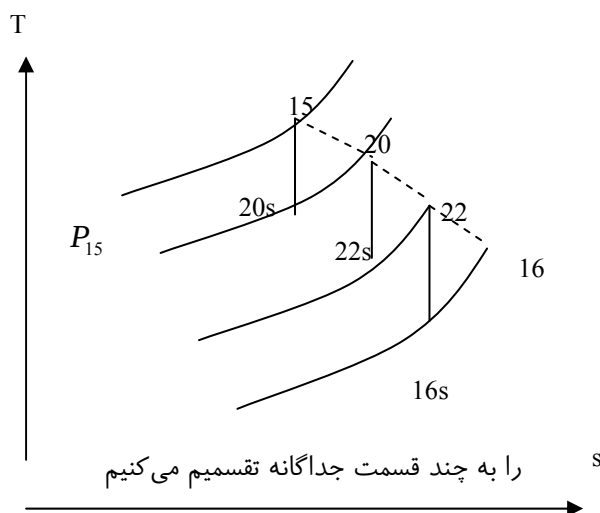
$$\Rightarrow h_{13} = 732.2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$P_{14s} = 53.7 \text{ bar}$$

$$s_{14s} = s_{13}$$

$$\Rightarrow h_{14s} = 718.75 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\text{راندمان} \quad \eta = \frac{\text{کار واقعی}}{\text{ایزنتروپیک کار}} = \frac{h_{13} - h_{14}}{h_{13} - h_{14s}} = \frac{803 - 732.2}{803 - 718.75} = 0.84035 = 84.035\%$$



محاسبه راندمان توربین فشار متوسط:

توجه: با در نظر گرفتن ۳ زیرکش توربین IP توربین و محاسبات را انجام می‌دهیم.

$$P_{15} = 48.3 \text{ bar}$$

$$T_{15} = 530^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow h_{15} = 837.3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$



$$P_{20} = 29.45 \text{ bar}$$

$$T = 456.6^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow h_{20} = 803.2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$S_{15} = S_{20s}$$

$$P_{20s} = 29.45 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow h_{20s} = 797.5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

راندمان قسمت اول

$$\text{راندمان} \quad \eta = \frac{\text{کار واقعی}}{\text{ایزنتروپیک کار}} = \frac{h_{15} - h_{20}}{h_{15} - h_{20s}} = \frac{837.3 - 803.2}{837.3 - 797.5} = 85.678\%$$

$$S_{20} = S_{22}$$

$$P_{22s} = 14.66 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow h_{22s} = 747.5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

راندمان قسمت دوم

$$\text{راندمان} \quad \eta = \frac{\text{کار واقعی}}{\text{ایزنتروپیک کار}} = \frac{h_{20} - h_{22}}{h_{20} - h_{22s}} = \frac{803.2 - 754.7}{803.2 - 747.5} = 86.93\%$$

$$P_{16} = 8.3 \text{ bar}$$

$$T_{16} = 289.1^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow h_{16} = 724.9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$S_{16s} = S_{22}$$

$$P_{16s} = 8.35 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow h_{16s} = 720 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

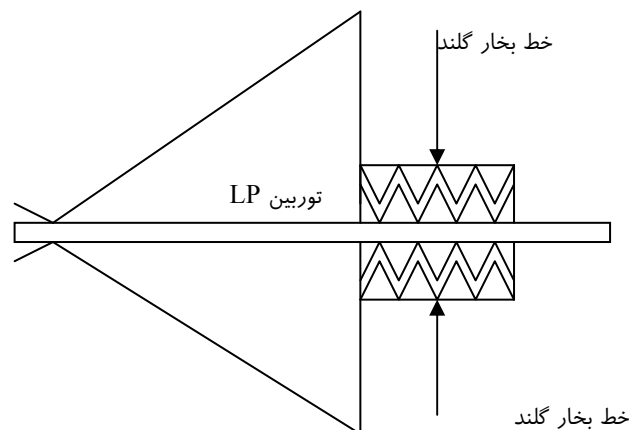
راندمان قسمت سوم

$$\text{راندمان} \quad \eta = \frac{\text{کار واقعی}}{\text{ایزنتروپیک کار}} = \frac{h_{22} - h_{16}}{h_{22} - h_{16s}} = \frac{754.7 - 724.9}{754.7 - 720} = 86.93\%$$

گلند استیم:

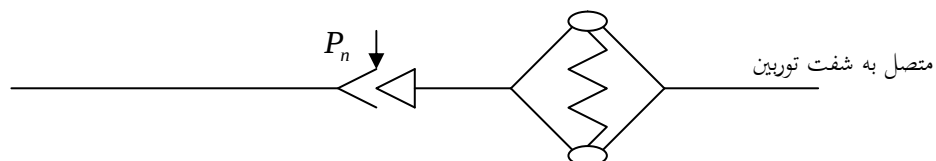


این سیستم برای جاهایی که نیاز به آب بندی دارد مورد استفاده قرار می گیرد و نحوه عملکرد بدین صورت می باشد که ما چون در خروجی LP فشار کمتر از فشار اتمسفر داریم این امر باعث مکش هوا به داخل توربین LP و از آنجا به کندانسور و این باعث از بین رفتن خلا کندانسور و همچنین باعث از بین رفتن خلوص آب می شود. به همین دلیل در این حالت از یک آب بندی مکانیکی استفاده می شود اما این نوع آب بندی چون نمی تواند جوابگوی نیاز ما باشد با اعمال یک خط فشار دار بخار به سیستم آب بندی جلوی ورود هوا را به سیستم می گیریم.



گاورِ نر: (تنظیم دور توربین)

برای کنترل دور توربین از گاورِ نر استفاده می کنیم که محدوده های که گاورِ نر می تواند کنترل دور را انجام دهد بین ۲۸۵۰ تا ۳۱۵۰ دور بر دقیقه است و نحوه عملکرد همانطور که در شکل



دیده می شود با افزایش دور توربین و افزایش نیروی گریز از مرکز فنر بین دور اتصال باز می شود و باعث باز شدن روغن P_n میشود و این خود باعث عکس العمل هایی در قسمت های دیگر توربین می شود و جلوی افزایش دور را می گیرد و برای افزایش دور توربین عکس این عمل انجام می شود. (P_n : فشار روغن کنترل می باشد)



کندانسور:

قبل از اینکه بخار پس از انجام کار دوباره به بویلر برگردد باید آن را به آب تبدیل کرد این عمل بوسیله دستگاه کندانسور انجام می‌شود حرارت از بخار خارج لوله‌های کندانسور به آب داخل لوله‌ها منتقل می‌شود و عمل کندانسه شدن انجام می‌شود و آب تقطیر شده به محفظه در ته کندانسور بنام Hot well جمع و به سیستم آب تغذیه بویلر منتقل می‌شود و فشار داخل کندانسور تا پایین تر از فشار اتمسفر کاهش می‌یابد و بدین ترتیب در داخل کندانسور خلا ایجاد می‌گردد. برای حفظ خلا کندانسور لازم است هوا یا سایر گازهای غیر قابل کندانسه شدن که همراه با بخار وارد کندانسور می‌شوند به طور پیوسته جدا و خارج شود این عمل به وسیله Ejector یا پمپ مکش هوا از کندانسور انجام می‌شود بنابراین کندانسورها از اجزا حساس نیروگاه های بخاری می‌باشند.

دستگاه کندانسور نیروگاه نکا:

کندانسور نیروگاه نکا از نوع کندانسور سطحی می‌باشد در این کندانسور از آب دریا برای خنک کردن استفاده می‌شود آب دریا عموماً ناخالصی زیادی دارد و لذا نبایستی در جریان آب مقطر کندانسور وارد مدار گردد، عمل انتقال آب دریا به وسیله پمپ‌های آب تغذیه که هر یک ۲۶۰۰۰ مترمکعب دبی دارند به کندانسور وارد می‌گردد (نوع این پمپ‌ها از نوع مرکب می‌باشد) و عمل تبادل حرارت بین دو سیال انجام می‌گردد و حرارت سیال با درجه حرارت بیشتر به سیال با درجه حرارت کمتر منتقل می‌گردد در این نوع کندانسور سعی شده که بخار



خروجی از توربین فقط تا حد اشباع سرد شود نه بیشتر از آن، در نیروگاه نکا دو کندانسور اصلی و دیگری کندانسور پمپ توربینی آب تغذیه (B.F.P.T) وجود دارد دو کندانسور بزرگترین مبادله کننده‌های حرارتی در کل مدارند. برای اینکه سطح تماس آب دریا با سطح داخلی لوله های کندانسور که بر اثر ماسه ساینده موجود در آب دریا در خطر سایش قرار نگیرد از یک ماده ممانعت کننده بنام سولفات فرو استفاده می‌شود.

تزریق سولفات فرو به کندانسور:

خوردگی در سمت آب خنک کن مبادله کننده‌های حرارتی ساخته شده از آلیاژهای مس با مواد ساینده موجود در آب شروع می‌شود و با لایه محافظی شامل اکسیدهای آهن می‌توان از آن جلوگیری نمود.

یک روش ساده جهت اطمینان از توزیع یکنواخت، استحکام کافی مواد چسبنده شده و یک توازن مداوم، تزریق سولفات فرو و همزمان با آن تزریق Ta progge می‌باشد، محلول غلیظی از سولفات فرو به آب خنک کن قبل از ورود آن به لوله‌های مبادله کننده حرارتی اضافه می‌شود در حین رقیق شدن ذرات معلق و پراکنده‌ای از اکسیدهای آهن بوجود می‌آید، واکنش‌هایی که انجام می‌شود کم و بیش پیچیده است، بنابراین در مورد جزئیات آن اینجا بحث نمی‌شود این ذرات ریز روی سطح لوله‌ها نشسته و با Ta progge محکم می‌شوند.

سیستم Taprogge:

این سیستم تشکیل شده از یک پمپ تغذیه که آب به همراه گلوله‌های اسفنجی از خروجی از کندانسور گرفته و به محفظه Ta progge (محفظه جمع آوری گلوله‌های اسفنجی) هدایت می‌کند و در زمان تزریق سولفات فرو بمدت سه و نیم ساعت در مدار می‌باشد (یک ساعت و نیم قبل از تزریق و یک ساعت بعد از تزریق سولفات فرو) تعداد گلوله‌های اسفنجی داخل محفظه جمع آوری حدوداً ۸۰۰ عدد گلوله‌های اسفنجی شماره ۲۴ میلیمتر برای کندانسور اصلی و ۴۰۰ عدد گلوله اسفنجی شماره ۲۳ میلیمتر برای کندانسور پمپ تغذیه توربینی می‌باشد که با باز کردن اهرم سبد و بمدار آوردن پمپ تغذیه Taprogge گلوله‌های اسفنجی به هشت نقطه کندانسور اصلی و به دو نقطه کندانسور پمپ آب تغذیه به ورودی آب



خنک کن تزریق می‌شود گلوله‌های اسفنجی پس از عبور از لوله‌های کندانسور توسط توریهای جمع کننده جمع شده مکش پمپ تغذیه به محفظه سبد هدایت می‌شد.

توجه: شکل صفحه بعد شامل سیستم آب خنک کن کندانسور می‌باشد که آب توسط ۸ پمپ از دریا گرفته می‌شود و به نیروگاه داده می‌شود، هر واحد ۲ پمپ دارد.

تلفات در نیروگاه:

در نیروگاه بخاری با راندمان ۳۵ درصد از هر واحد انرژی ۱۰۰ واحد انرژی ورودی تنها ۳۵ واحد آن به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و ۶۵ واحد دیگر به صورت های زیر تلف می‌شود.

الف: ۱۲ واحد در دیگ بخار بر اثر عوامل زیر:

- حرارت انتقال یافته به محیط خارج توسط دودکشاها
 - حرارت تلف شده بر اثر رطوبت موجود در سوخت
 - اتلاف حرارت در اثر محصولات احتراق هیدروژن موجود در سوخت
 - اتلاف حرارت در اثر مواد قابل سوخت موجود در خاکستر
 - اتلاف حرارت در اثر تشعشع از دیواره بویلر و افت‌های دیگر
- ب: ۴ واحد از تلفات انرژی مربوط به ژنراتور و توربین است که به صورت تلفات مسی و آهنی و تلفات مکانیکی و غیره به هدر می‌رود.
- پ: ۴۹ واحد دیگر تلفات در کندانسور صورت می‌گیرد که همراه آب خنک کننده به محیط خارج انتقال می‌یابد.

انواع پمپهایی که در نیروگاه شهید سلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند:

نوع پمپ	نمونه‌ای از استفاده آن
۱- گریز از مرکز	برای پمپاژ آب
۲- پیچشی	برای پمپاژ سوخت

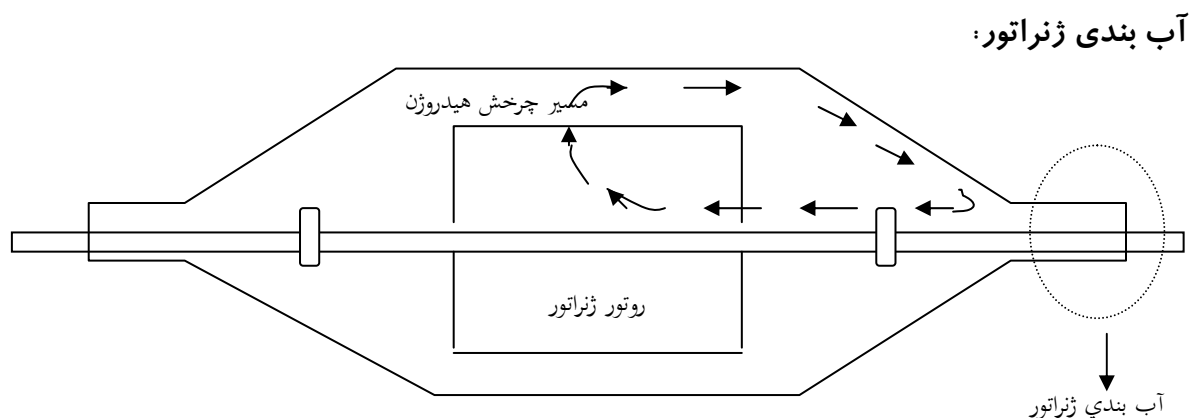


۳- دنده‌ای	برای روغن کاری قسمت های گردان
۴- پیستونی	برای تزریق مواد شیمیایی
۵- اژکتوری (Ejectors)	هواگیری کندانسور
۶- دیافراگمی	تزریق کلر

توجه: در سیستم هایی که دو پمپ بصورت موازی داریم از چک ولو (شیر یکطرفه) استفاده می کنیم بدین صورت که بعد از هر کدام از پمپ ها یک چک ولو قرار می دهیم تا در صورت خارج شدن یک از پمپ ها از مدار فشار سیال بعد از پمپ دیگر باعث ایجاد جریان در پمپ اول نشود زیرا بر عکس چرخیدن یک پمپ ممکن است باعث زودتر خراب شدن آب بندی پمپ شود (البته در بعضی از پمپ ها) همچنین در حین برعکس چرخیدن اگر پمپ روشن شود ممکن است باعث بریدن شفت شود .

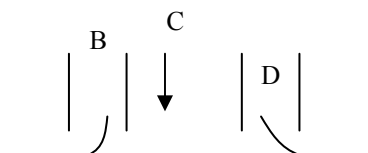


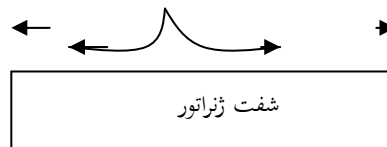
علامت شیر یکطرفه:



همانطور که در شکل دیده میشود برای خنک کاری ژنراتور از هیدروژن استفاده می شود بنابراین باید در آب بندی ژنراتور دقت زیادی کرد چون نشت هیدروژن بسیار خطرناک خواهد بود و از نظر اقتصادی نیز مقرون بصره نیست. در شکل نحوه آب بندی ژنراتور دیده میشود.

مسیر های روغن آبندی





همانطور که در شکل دیده می‌شود بر روی محور ژنراتور ۳ مسیر روغن وارد می‌شود مسیر C که فشار آن بیشتر از دو مسیر دیگر است با وارد شدن به لقی یا تاقان به سمت خارج و داخل ژنراتور جریان می‌یابد و مسیر B نیز که دارای کمترین فشار است روغن آن به سمت بیرون ژنراتور است و مسیر D نیز به سمت داخل ژنراتور می‌باشد و این جریان روغن توسط پمپ وجود دارد و از خروج مبرد ما که همان هیدروژن است جلوگیری می‌کند.

توجه: برخی از نقشه ها در این فایل ضمیمه نشده اند.