فهرست

فصل سوم: نیروگاه های بخاری
۳-۱-مقدمه.....۵
۳-۲-سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخاری.....۶
۳-۲-۱-مقدمه.....۶
۳-۲-۲-سیکل کارنو با استفاده از بخار آب.....۷
۳-۲-۳-سیکل رانکین.....۸
۳-۲-۴-سیکل رانکین با افزایش دمای سیال ورودی به توربین.....۹
۳-۲-۵-سیکل رانکین با افزایش دما و فشار سیال ورودی به توربین.....۱۰
۳-۲-۶-سیکل رانکین با کاهش فشار سیال خروجی از توربین.....۱۱
۳-۲-۷-سیکل رانکین با سوپرهیترو ری هیتر.....۱۲
۳-۲-۸-سیکل رانکین با تحول بازیاب.....۱۳
۳-۲-۹-سیکل عملی قدرت در نیروگاه های بخاری.....۱۴
۳-۳-دیگ بخار و تجهیزات جانبی آن.....۱۵
۳-۳-۱-مقدمه.....۱۶
۳-۳-۲-اکونومایزر.....۱۷
۳-۳-۳-درام.....۱۸
۳-۳-۴-لوله های دیواره های محفظه ی احتراق یا اواپراتور.....۱۹
۳-۳-۵-سوپرهیتر.....۲۰
۳-۳-۶-دی سوپرهیتر یا اتمپراتور.....۲۲
۳-۳-۷-ری هیترها.....۲۴
۳-۴-گرمکن های آب تغذیه و دی اریتور.....۲۵
۳-۴-۱-گرمکن های آب تغذیه.....۲۶
۳-۴-۲-دی اریتور.....۲۷

۳-۵-کوره یا محفظه ی احتراق ۲۸
۳-۵-۱-مشخصات سوخت مایع مصرفی در کوره ۲۹
۳-۵-۲-ساختمان مشعل ها و روش های پودر کردن سوخت در آنها ۳۰
۳-۶-تجهیزات جانبی دیگ بخار ۳۲
۳-۶-۱-گرمکن هوا ۳۲
۳-۶-۲-دریچه های کنترل هوا یا دمپرها ۳۴
۳-۶-۳-دودکش ۳۴
۳-۷-فن های نیروگاه ۳۵
۳-۸-والوها ۳۹
۳-۹-سیستم های کنترلی مرتبط با دیگ بخار ۴۱
۳-۹-۱-مقدمه ۴۱
۳-۹-۲-سیستم کنترل آب تغذیه ۴۲
۳-۹-۳-سسیتم کنترل درجه حرارت بخار ۴۴
۳-۹-۴-کنترل فشار بخار ۴۵
۳-۹-۵-کنترل سیستم احتراق ۴۵
۳-۱۰-کندانسور ۴۶
۳-۱۰-۱-مقدمه ۴۶
۳-۱۰-۲-اصول کار و وظایف کندانسور ۴۶
۳-۱۰-۳-دستگاه های تخلیه ی هوا ۴۷
۳-۱۰-۴-انواع کندانسور از نظر ساختمان قرار گرفتن آنها ۴۹
۳-۱۰-۵-انواع کندانسور از نظر خنک سازی بخار ۵۱
۳-۱۰-۶-وسایل حفاظتی کندانسور ۵۴
۳-۱۰-۷-تمیز کردن کندانسور ۵۵
۳-۱۱-سیستم های آب گردشی خنک کننده ی کندانسور ۵۶

۳-۱۱-۱-مقدمه ۵۶
۳-۱۱-۲-انواع سیستم های خنک کن ۵۷
۳-۱۱-۳-سیستم یکبار گذر ۵۸
۳-۱۱-۴-سیستم چرخشی ۶۰
۳-۱۱-۵-سیستم ترکیبی ۶۲
۳-۱۲-توربین و تجهیزات جانبی آن ۶۴
۳-۱۲-۱-مقدمه ۶۴
۳-۱۲-۲-طبقه بندی توربین های بخار ۶۸
۳-۱۲-۳-اجزای مختلف توربین ۶۸
۳-۱۲-۴-خنک کردن یاتاقان ها و روغن آنها ۷۳
۳-۱۲-۵-کوپلینگ ها ۷۴
۳-۱۲-۶-ترنینگ گیر ۷۶
۳-۱۲-۷-گلند های توربین ۷۷
۳-۱۳-پمپ های نیروگاه ۷۹

فصل سوم
نیروگاه های بخاری

۳-۱-مقدمه

نیروگاه های بخاری یکی از نیروگاه های حرارتی می باشند که در اکثر کشورها از جمله ایران سهم بسیار زیادی را در تولید انرژِی الکتریکی بر عهده دارند. بطوری که سهم تولید این نیروگاه ها در سال ۱۳۸۵ حدود ۳۴.۵ درصد کل انرژی تولیدی کشورمان میباشد.در این نیروگاهها از منابع انرژی فسیلی از قبیل نفت وگاز طبیعی ومازوت و... استفاده میشود. به این ترتیب که ازین سوخت ها جهت تبدیل انرژی حرارتی استفاده شده سپس این انرژی به انرژی مکانیکی و در مرحله ی بعد به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد.

۲-۳-سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخاری

۳-۲-۱ مقدمه

تقریبا تمام سیستم هایی که انرژی ذخیره شده در سوخت را به انرژی مکانیکی تبدیل میکنند دارای یک سیال درگردش سیکل هستند.این سیستمها را میتوان براساس نوع سیال در گردش به صورت زیر دسته بندی نمود:

الف)سیکل های قدرت گازی:سیستم های قدرتی هستند که در انها سیال در گردش به صورت گازی است وتغییر فازی در سیکل صورت نمیگیرد. از مهم ترین این سیستم ها میتوان به توربینهای گازی و موتورهای دیزلی و... اشاره نمود.

ب)سیکل های قدرت بخاری:سیستم های قدرتی هستند که در انها سیال در گردش ضمن طی کردن سیکل تغییر فاز می دهد و برخلاف سیکل های قدرت گازی یک سیکل ترمودینامیکی را طی میکنند. این سیکل هااز نظر ترمودینامیکی یک سیکل بسته را تشکیل میدهند که سیال در گردش همواره در سیستم جریان دارد.سیالی که معمولا مورد استفاده قرار میگیرد آب است که به صورت دو فاز مایع و بخار در سیکل جریان می یابد. سیکل قدرت بخاری که در نیروگاه های بخاری استفاده میشود سیکل رانکین است.

۳-۲-۲-سیکل کارنو با استفاده از بخار آب

همان طور که از مباحث ترمودینامیک میدانیم سیکل کارنو یک سیکل ایده آل است که بازده آن فقط به درجه حرارت های منابع گرم وسرد بستگی دارد و به سیال در گردش ارتباطی ندارد.

سیکل کارنو از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است:

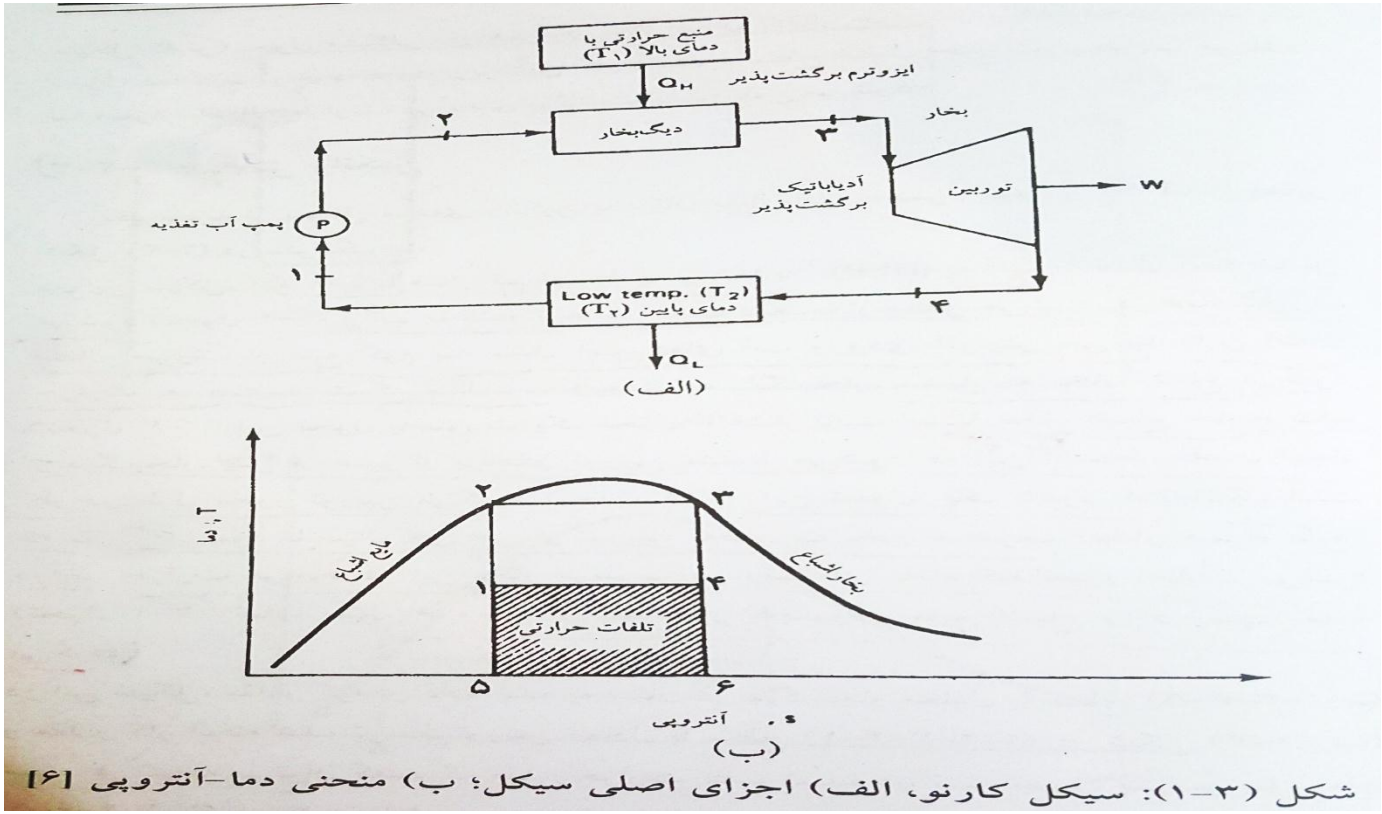
۱)یک فرآیند دما ثابت برگشت پذیر که گرما از یک منبع با دمای بالا به سیال منتقل می شود (تحول ۳-۲).

۲)یک فرآیند آدیاباتیک برگشت پذیر انبساطی که با انجام کار در توربین دمای سیال از دمای منبع گرم به دمای منبع سرد کاهش می یابد(تحول ۴-۳).

۳)یک فرآیند دما ثابت برگشت پذیر که گرما از سیال به منبع با دمای پایین منتقل می شود(تحول ۱-۴)

۴)یک فرآیند آدیاباتیک برگشت پذیر تراکمی که با انجام کار دمای سیال از دمای منبع سرد به دمای منبع گرم افزایش می یابد(تحول ۲-۱).

هریک از فرآیند های فوق به طور جداگانه برگشت پذیر هستند و از این رو سیکل به طور کامل برگشت پذیر است.اما کاربرد سیکل کارنو با استفاده از سیال آب عملی نمی باشد.



شکل (۳-۱): سیکل کارنو، الف) اجزای اصلی سیکل؛ ب) منحنی دما-آنتروپی [۶]

۳-۲-۳-سیکل رانکین

یک نمونه از سیکل ساده رانکین با سیال بخار آب به همراه نمودار(t-s) (را مطابق شکل (۲-۳)در نظر بگیرید.

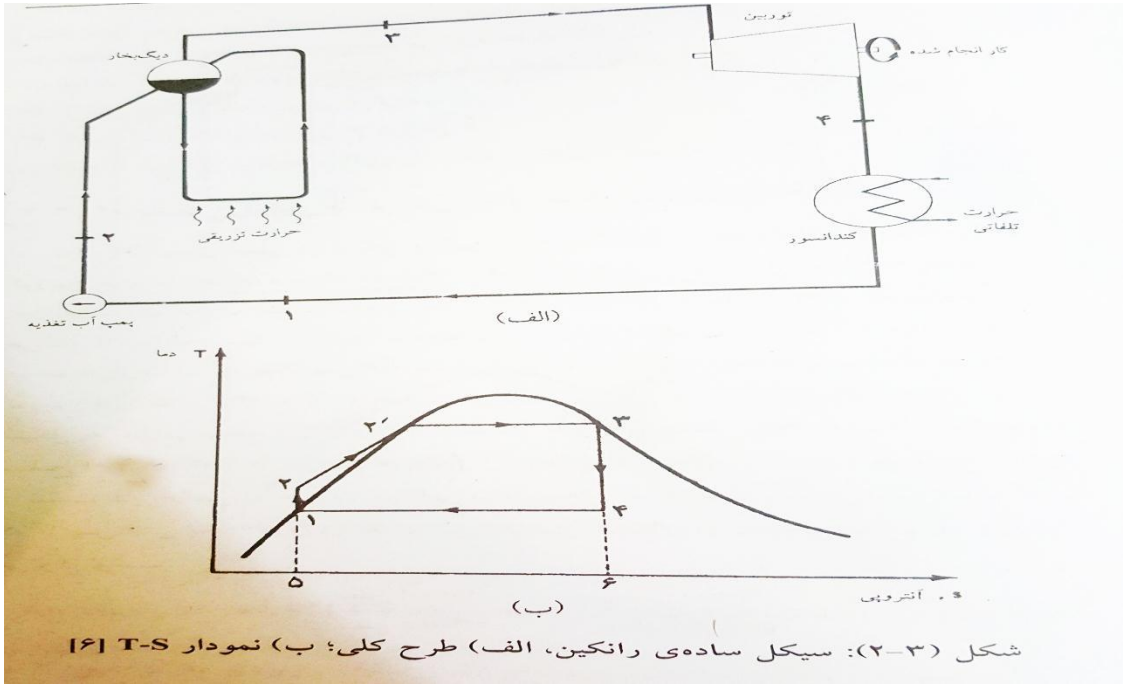
در این سیکل ابتدا آب با فشار کم توسط پمپ تغذیه به آب با فشار زیاد تبدیل می شود (تحول ۲-۱) و آب با فشار زیاد به سمت دیگ بخار منتقل میشود.در دیگ بخار با انتقال حرارت از منبع گرم به سیال آب دمای آب ورودی افزایش می یابد.این انتقال حرارت به حدی است که سیال آب ورودی به دیگ بخار تبدیل به بخار اشباع می شود (تحول ۳-۲). این تحول به صورت یک تحول با فشار ثابت است . بخار اشباع خارج شده از دیگ بخار پس از عبور از پره های توربین منبسط می شود که این انبساط باعث آدیاباتیک است که باعث می شود تا سیال خروجی از توربین به صورت بخار مرطوب (بخار همراه مایع)درآید.حرارت موجود در این بخار مرطوب در وسیله ای به نام کندانسور جذب می شود (تحول ۱-۴). نهایتا سیال خروجی از کندانسور به صورت مایع اشباع وارد پمپ تغذیه می گردد.

سیکل های عملی نیروگاه های بخاری به منظور افزایش بازده ی سیکل رانکین و رفع مشکلات مربوطه تمهیداتی صورت می گیرد که عبارتند از:

۱)افزایش دمای بخار ورودی به توربین به وسیله ی پس تافتن بخار.

۲)افزایش فشار سیال ورودی به توربین.

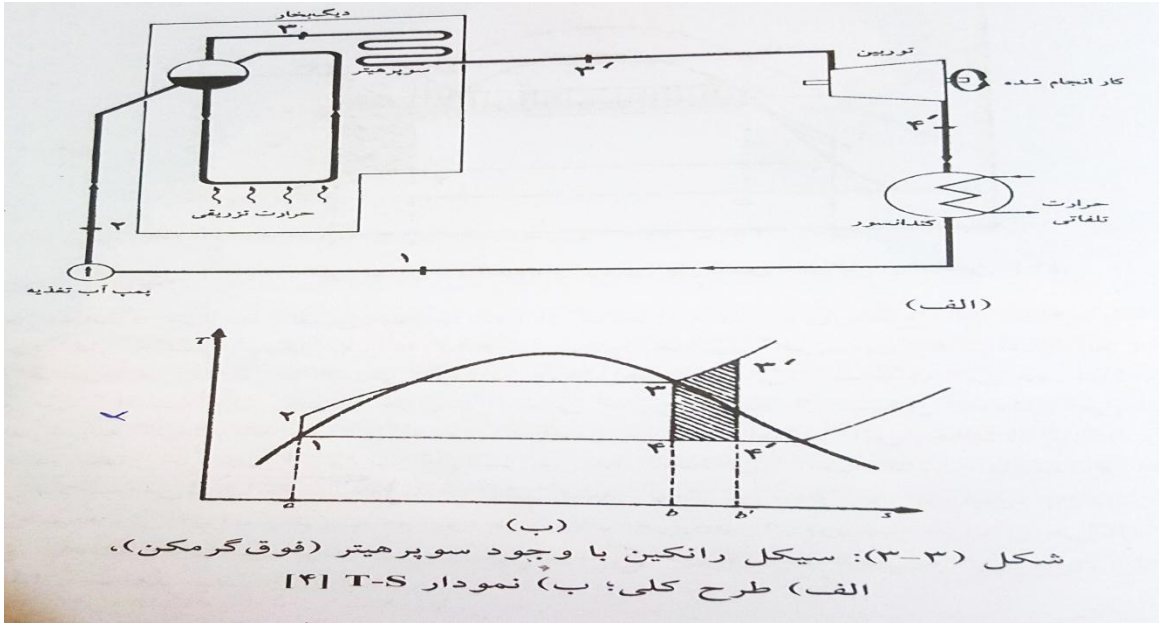
۳)کاهش فشار سیال خروجی از توربین.



شکل (۳-۲): سیکل ساده‌ی رانکین، الف) طرح کلی؛ ب) نمودار T-S [۶]

۳-۲-۴-سیکل رانکین با افزایش دمای سیال ورودی به توربین

اولین توسعه عملی در سیکل رانکین ساده بالا بردن درجه حرارت بخار ورودی به توربین می باشد.همان گونه در شکل (۳-۳)مشخص است قبل از اینکه بخار اشباع خارج شده از مخزن آب دیگ بخار وارد توربین شود از وسیله ای به نام سوپر هیتر عبور می کند تا این بخار با دریافت بیشتری (در تحول فشار ثابت)و افزایش درجه حرارت آنبه بخار پس تافته تبدیل شود.با این کار درجه حرارت بخار ورودی به توربین از نقطه ۳ به ۳افزایش می یابد.در این حالت مقدار کار اضافه شده به سیکل به اندازه ی سطح (۴-۴-۳-۳) است و حرارت انتقال یافته به بخار به اندازه ی سطح (b-3-3-b-b) افزایش می یابد.

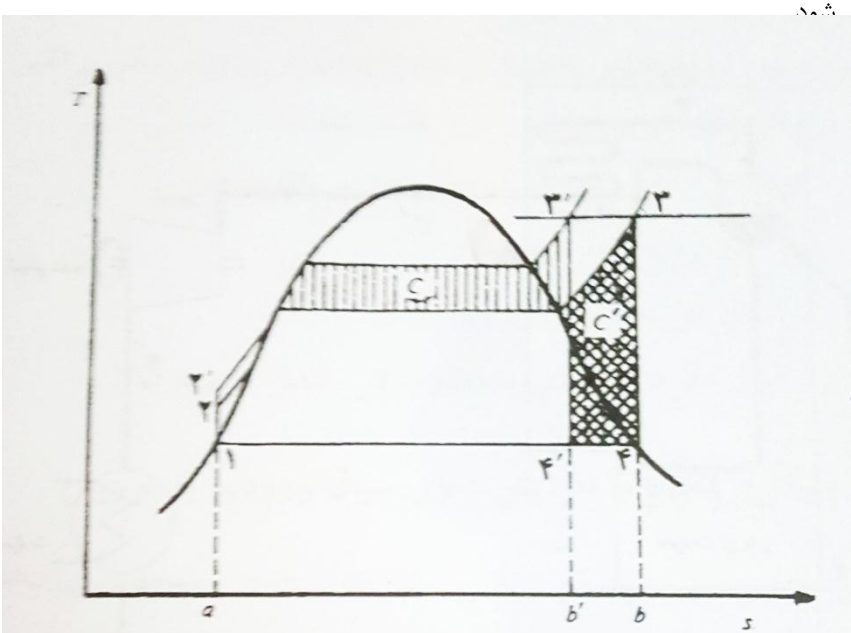


شکل (۳-۳): سیکل رانکین با وجود سوپرهیتر (فوق گرمکن)، الف) طرح کلی؛ ب) نمودار T-S [۴۱]

۳-۲-۵-سیکل رانکین با افزایش دما و فشار سیال ورودی به توربین

یکی دیگر از راه های افزایش بازده ی سیکل رانکین افزایش فشار بخار ورودی به توربین است.اگر فشار بخار ورودی به توربین با ثابت نگه داشتن فشار بخار خروجی از توربین و در جه حرارت ماکزیمم بخار ورودی به توربین همراه باشد سیکل رانکین (۱-۲-۳-۴-۱)مطابق با شکل (۴-۳) را خواهیم داشت.

با توجه به شکل (۴-۳) با افزایش فشار بخار ورودی به توربین بازده سیکل زیاد می شود ولی میزان رطوبت موجود در سیال خروجی از توربین افزایش می یابد که این موضوع باعث خوردگی پره های توربین می

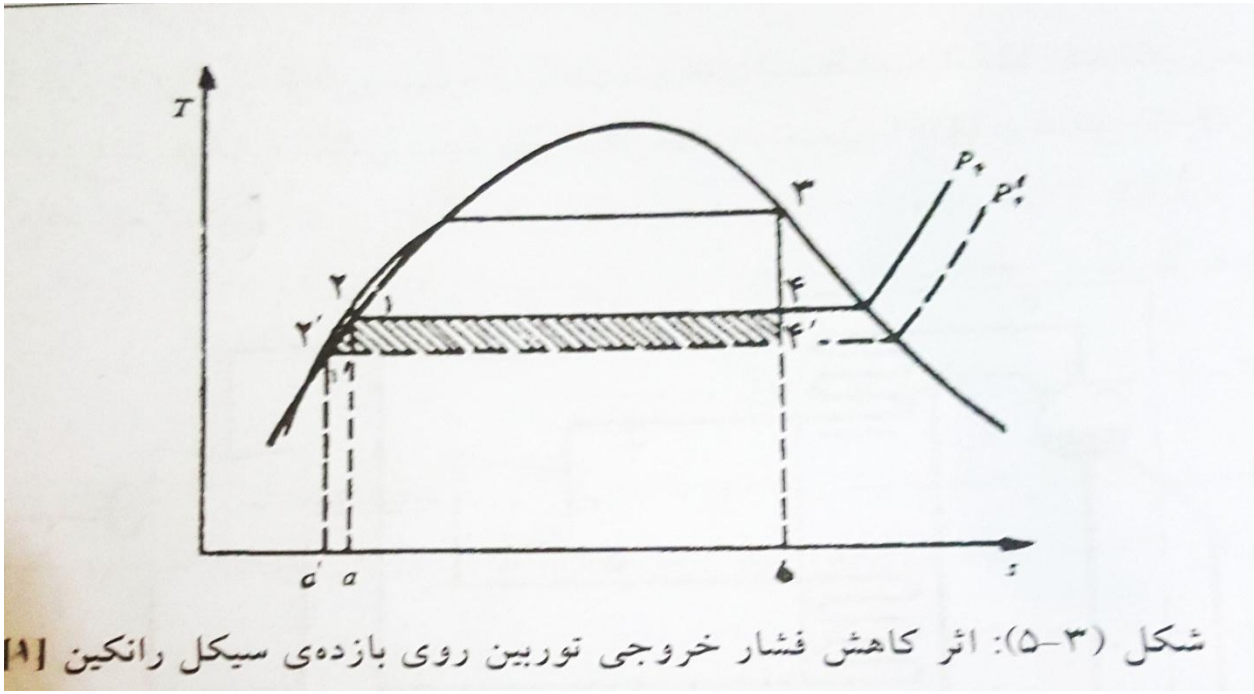


شکل (۳-۴): اثر فشار دیگ‌بخار روی بازده‌ی سیکل رانکین [۱]

۳-۲-۶-سیکل رانکین با کاهش فشار سیال خروجی از توربین

اثر کاهش فشار بخار خروجی از توربیندر نمودار t-sسیکل رانکین در شکل (۳-۵)نشان داده شده است.

اگر فشار خروجی از توربین از p4به p4کاهش یابد (که در نتیجه درجه حرارت آن نیز کاهش می یابد)کار خالص سیکل نسبت به حالت قبلی به مقدار سطح ۱-۲-۲-۱-۴-۴-۱ افزایش پیدا می کند . حرارت منتقل شده به سیکل نیز به اندازه ی سطحa-2-2-a افزایش می یابد. باتوجه به این که در سیکل های عملی مقدار این دو سطح(سطح کاراضافه شده و سطح حرارت اضافه شده به سیکل)تقریبا با هم برابر هستندلذا بازده ی سیکل دراثر کاهش فشار سیال خروجی از توربین افزایش می یابد.

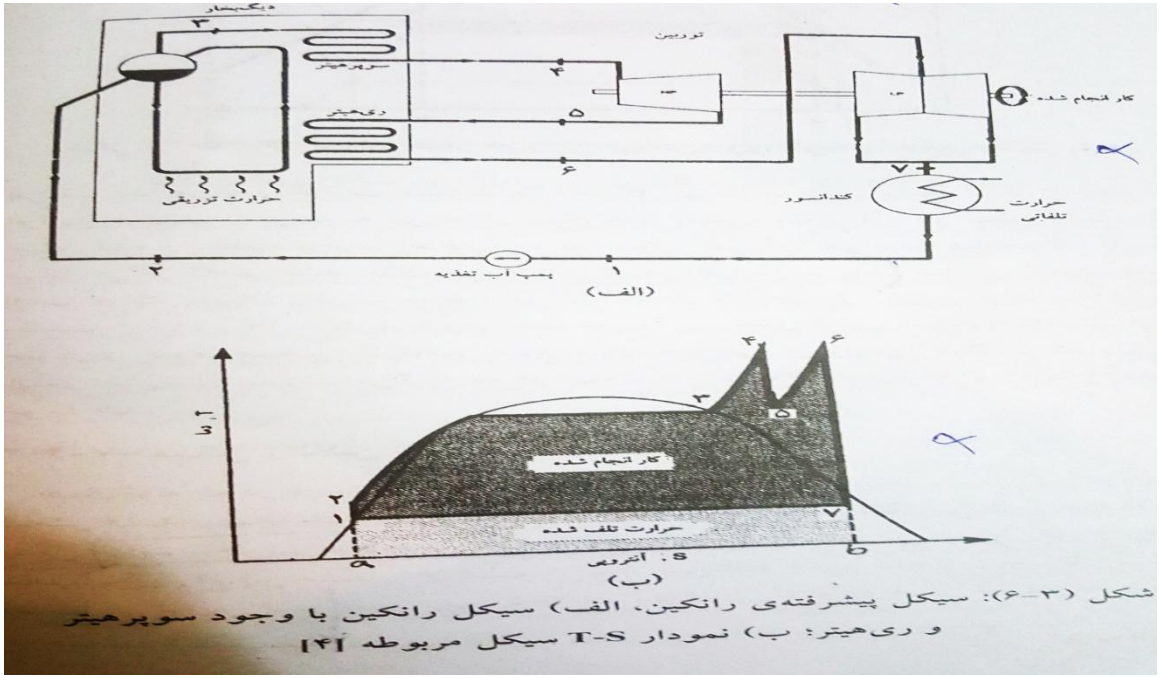


شکل (۳-۵): اثر کاهش فشار خروجی توربین روی بازده‌ی سیکل رانکین [۸]

۳-۲-۷-سیکل رانکین با سوپر هیتر و ری هیتر

یکی از راه های اساسی برای رفع افزایش رطوبت موجود در بخار خروجی از توربین آن است که بخار پس تافته خارج شده از سوپر هیتر پس از انبساط در توربین فشار قوی افزایش رطوبت موجود در بخار خروجی از توربین روند(۵-۴)در وسیله ای به نام ری هیتر تحت فشار ثابت دوباره گرم شود (روند ۶-۵)و سپس آن را جهت ادامه ی انبساط خود تا فشار کندانسور به توربین فشار ضعیف برگشت دهیم. این سیکل به همراه منحنی(t-s) در شکل (۳-۶) نشان داده شده است.

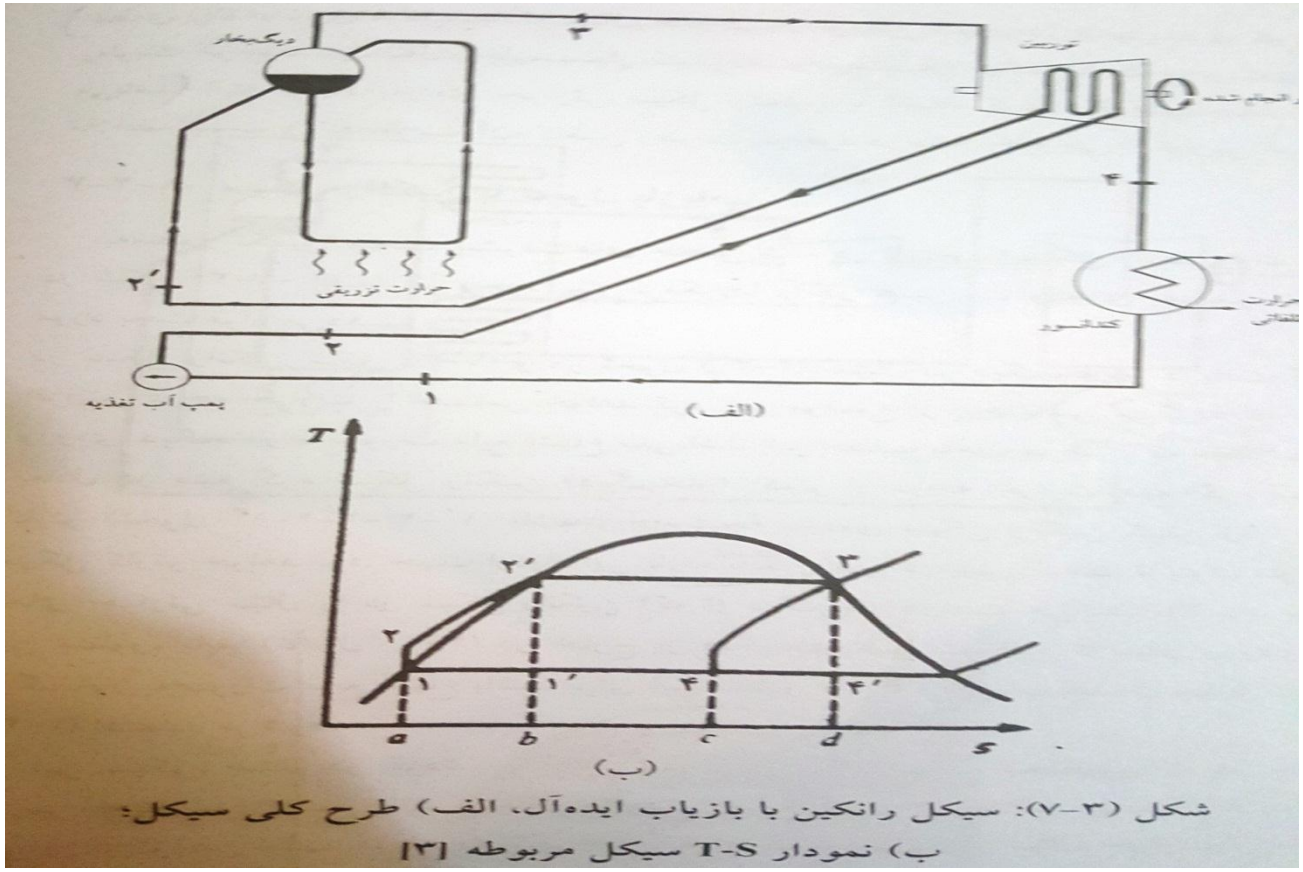
نقطه ۷ در روی شکل بیانگر سیال خروجی از توربین با وجود ری هیتر است که میزان رطبت موجود در سیال بخار بسیار کمتر از رطوبت در حالت بدون وجود ری هیتر می باشد.



شکل (۳-۶): سیکل پیشرفته‌ی رانکین، الف) سیکل رانکین با وجود سوپرهیتر و ری‌هیتر؛ ب) نمودار T-S سیکل مربوطه [۴]

۳-۲-۸- سیکل رانکین با تحول بازیاب:

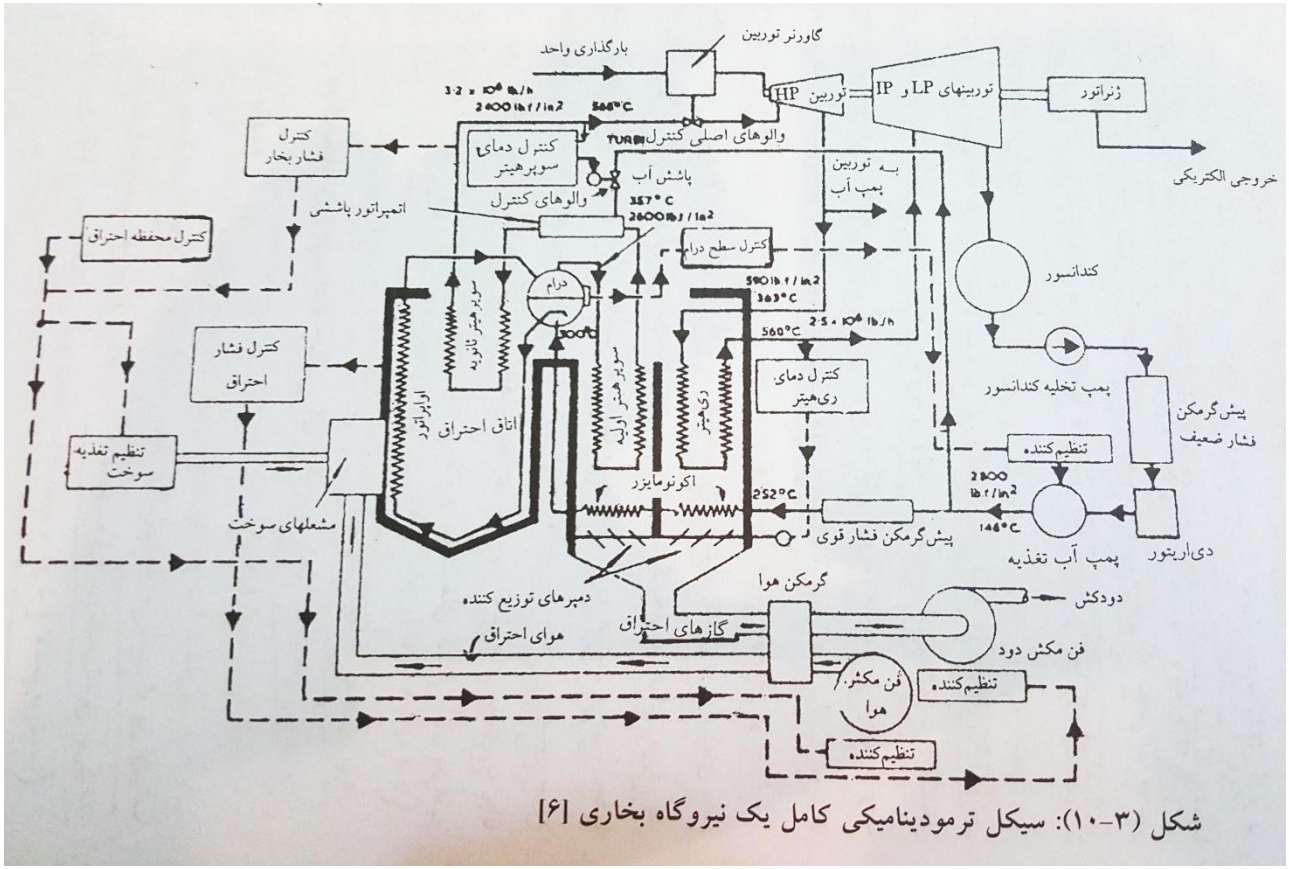
به منظور تکمیل مبحث های قبل در شکل (۳-۷-الف) اثر وجود پیشگرمکن ها را در مسیرآب ورودی به پمپ تغذیه مورد بحث قرار میدهیم.



شکل (۳-۷): سیکل رانکین با بازیاب ایده‌آل، الف) طرح کلی سیکل؛
ب) نمودار T-S سیکل مربوطه [۳]

۳-۲-۹-سیکل عملی قدرت در نیروگاه های بخاری:

نمای کلی سیکل ترمو دینامیکی یک نیرو گاه بخاری به همراه تجهیزات اساسی آن درشکل (۳-۱۰) نشان داده شده است.این شکل روند کلی را نسبت به سیکل و تجهیزات نیرو گاه به ما نشان می دهد.



شکل (۳-۱۰): سیکل ترمودینامیکی کامل یک نیروگاه بخاری [۶]

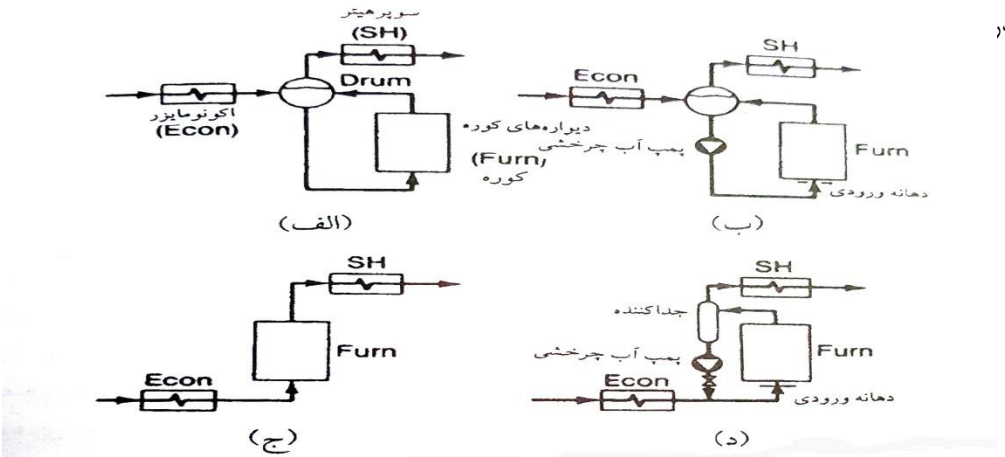
۳-۳-دیگ بخار و تجهیزات آن

۳-۳-۱-مقدمه

یکی از مهم ترین تجهیزات در نیروگاه های بخاری دیگ بخار می باشد که در آن آب تغذیه شده توسط پمپ تغذیه با جذب حرارت به بخار پس یافته تبدیل می گردد.دیگ بخار نیروگاه ها از نظر چگونگی گرم کردن آب ورودی به دو نوع تقسیم میشود:

الف)دیگ بخار درام دار:در این نوع دیگ بخار آب ورودی به آن پس از عبور از لوله های اکونومایزر(که در انتهای مسیر دود و گازهای داغ حاصل از احتراق نصب شده اند)وارد مخزن درام می شود.آب موجود در درام از طریق لوله هایی به پایین دیگ بخار منتقل می گردد و سپس توسط لوله های دیواره ای به نام اوپراتور به سمت بالا انتقال می یابد.این لوله ها در معرض شعله های حاصل از احتراق در کوره ها هستند . بدین ترتیب آب داخل لوله های اوپراتور به داخل بخار تبدیل شده و مجددا به درام برمی گردد. دراین درام قطرات آب از بخار خروجی اوپراتور جدا شده و بخار اشباع به سمت لوله هایی بنام سوپر هیتر هدایت می شود تادر آنجا به بخار پس یافته تبدیل شود . این نوع دیگ های بخار از نظر سیرکولاسیون آب و بخار در اوپراتور به دو صورت سیرکولاسیون طبیعی و اجباریطراحی و ساخته می شوند.

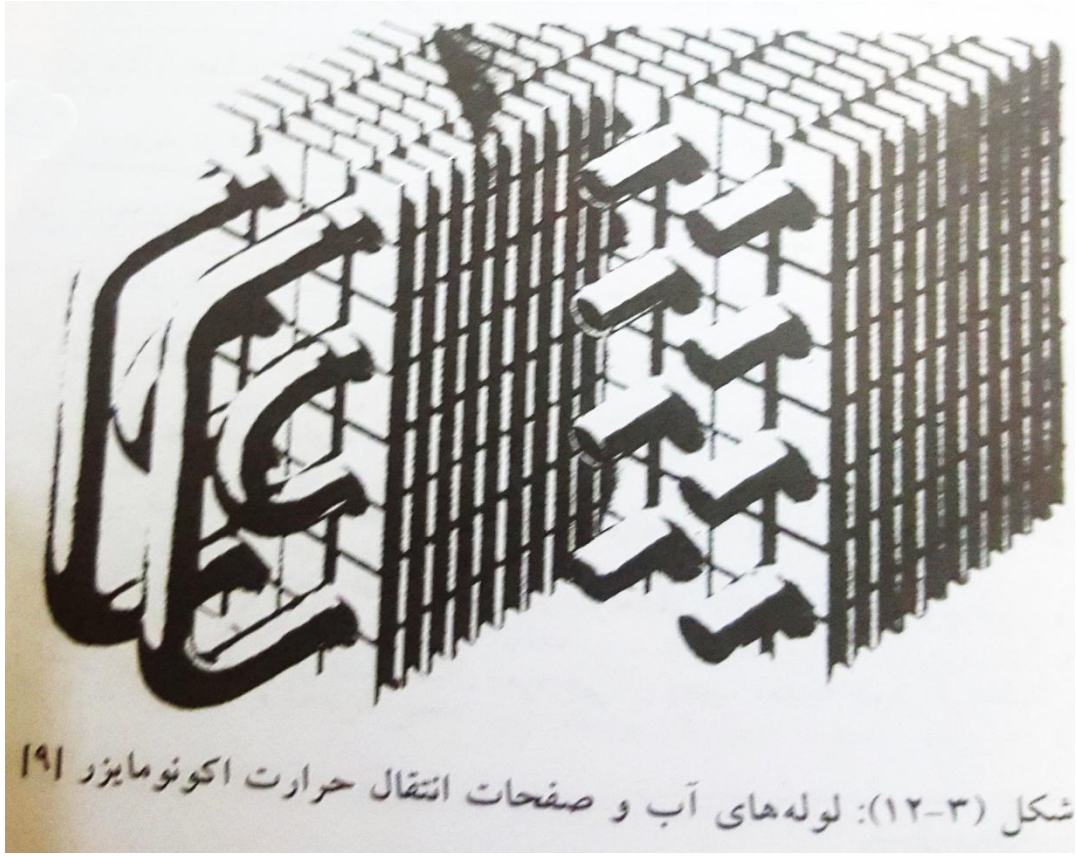
ب)دیگ های بخار یکبار گذر:در این دیگ های بخار آب ورودی به آن با یکبار عبور از داخل لوله های اوپراتور به بخار اشباع تبدیل می شود سپس بخار اشباع با عبور از سوپر هیتر به صورت بخار پس یافته در می آید. این نوع دیگ های بخار از نظر نوع سیرکولاسیون اجباری هستند. در نتیجه در این نوع دیگ های بخار دیگر نیازی به استفاده از در



شکل (۳-۱۱): طرحواره‌ی دیگ‌های بخار، الف) درام‌دار با گردش طبیعی؛ ب) درام‌دار با گردش اجباری؛ ج) بنسون؛ د) بنسون با پمپ گردشی [۹]

۳-۳-۲-اکونومایزر

اکونومایزر را می توان به عنوان گرم کننده ی آب تغذیه (بااستفاده از حرارت موجود در گازهای خروجی از دیگ بخار) نام برد. میزان افزایش درجه حرارت آب ورودی به اکونومایزر به طراحی دیگ بخار و حرارت موجود در گازهای خروجی از دیگ بخار دارد.



شکل (۳-۱۲): لوله‌های آب و صفحات انتقال حرارت اکونومایزر [۹]

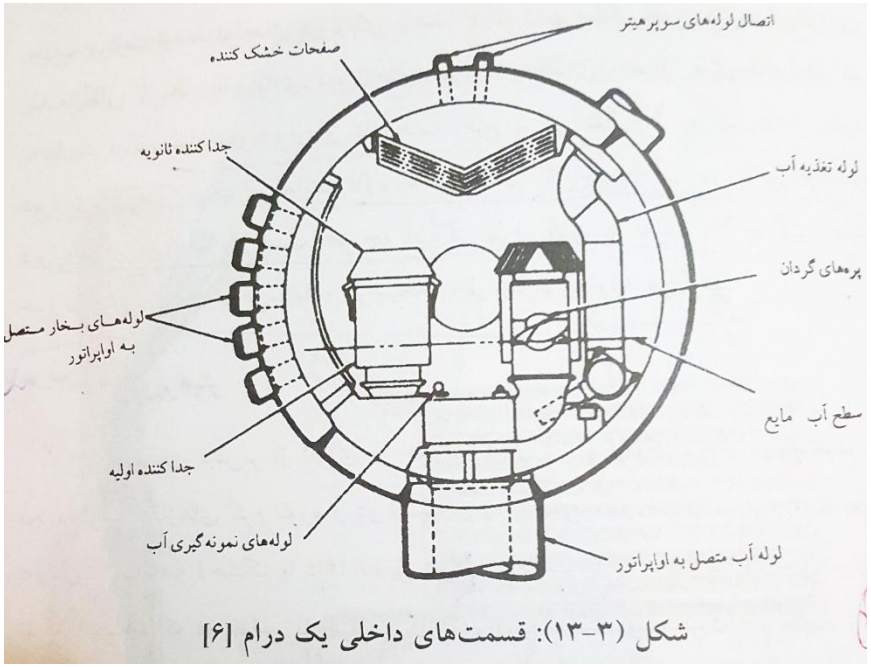
۳-۳-۳- درام

درام به عنوان مخزن در دیگ بخار عمل می کند که درصدی از آن را آب و درصد دیگری را بخار تشکیل می دهد. این درام دارای وظایف زیر می باشد:

الف)جدا کردن قطرات آب از بخار

ب)عمل نمودن به عنوان مخزن ذخیره ی آب

ج)با استفاده از سطح آب درام می توان مقدار آب تغذیه به سیکل را کنترل نمود.



شکل (۳-۱۳): قسمت‌های داخلی یک درام [۶]

۳-۳-۴-لوله های دیواره های محفظه ای احتراق یا اوپراتور

اطراف محفظه ی احتراق دیگ های بخار از تعداد زیادی لوله های موازی نزدیک به هم که به لوله های اوپراتور موسوم هستند پوشیده شده است.وظیفه این لوله ها از یک طرف آن است که بخشی از حرارت حاصل از احتراق را از طریق تشعشعی و جابجایی جذب نماید و از طرف دیگر حرارت جذب شده را بوسیله ی هدایت به آب داخل خود منتقل کند.

۳-۳-۵-سوپر هیتر

با استفاده ی بیشتر از انرژی و حرارت بخار در نیروگاه ها بخار اشباع شده را مجددا توسط گازهای گرم کوره و در وسیله ای به نام سوپر هیتر حرارت می دهند تا بخار به صورت پس یافته(خشک یا داغ)تبدیل می شود.

سوپر هیتر ها بر اساس تعداد زیاد لوله ها و محل هدر ها به سه دسته تقسیم میشوند:

الف)سوپر هیتر های آویزان:در این نوع سوپر هیترهالوله ها از هدرها آویزان می شوند و توسط آن نگه داری می شوند.

ب و ج)سوپر هیتر های افقی و L شکل:در این نوع سوپر هیتر ها تخلیه ی بار به صورت طبیعی انجام می شود.در شکل (۳-۱۴)طرح کلی سوپر هیترهای آویزان و افقی نشان داده شده است.

نوع دیگر تقسیم بندی سوپر هیتر ها بر اساس نوع جذب حرارت می باشند که عبارتند از:

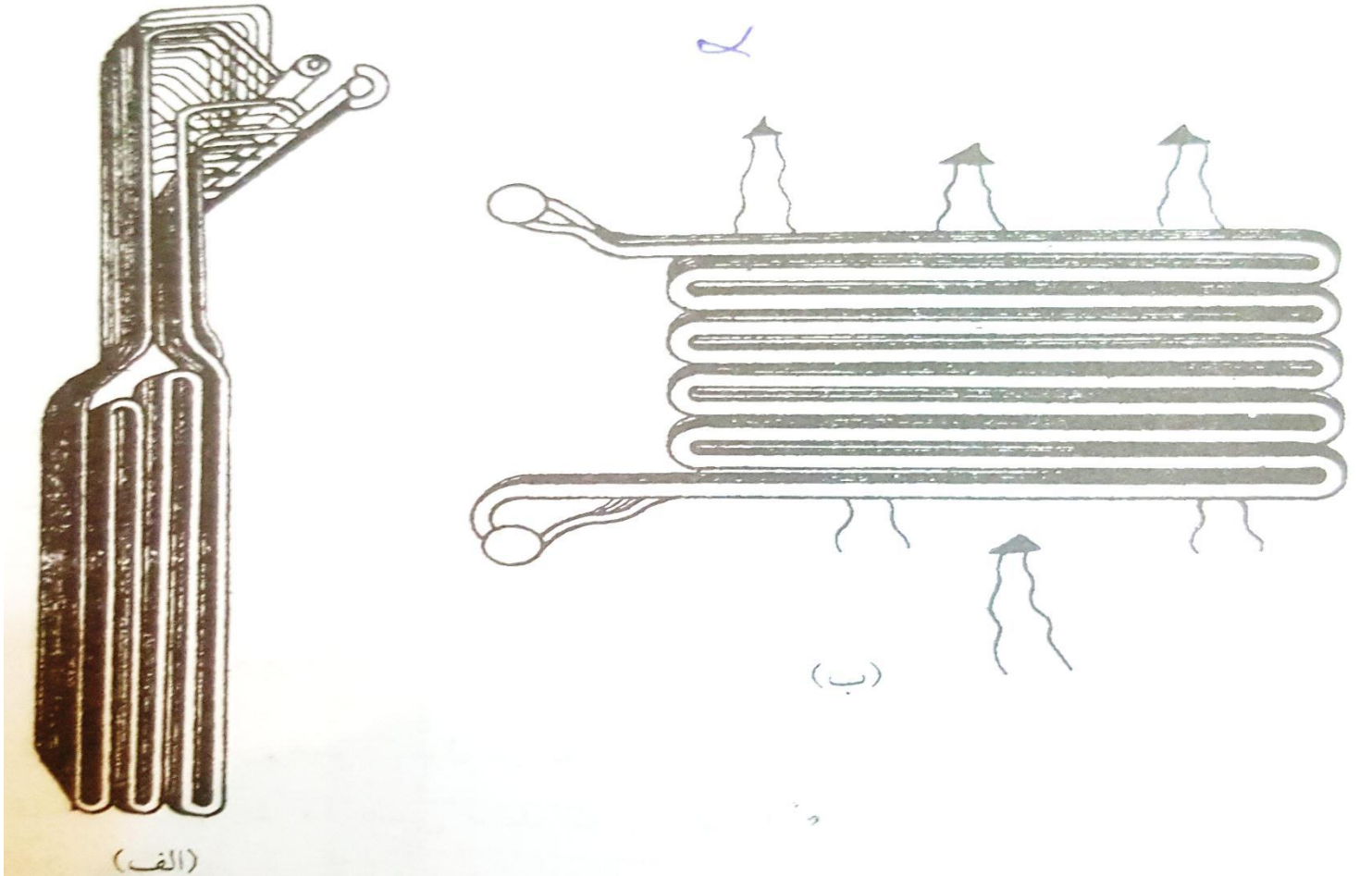
الف)سوپرهیترتشعشعی یا ثانویه

در صورتی که لوله های سوپر هیتر مستقیما در بالای محفظه ی احتراق قرار گرفته باشند قسمت اعظم حرارت این محوطه به صورت تشعشعی (و درصدی هم به صورت جابجایی)به سیال درون لوله ها منتقل می شود. به این نوع سوپرهیتر تشعشعی یا ثانویه گویند.

ب)سوپرهیتر جابجاییبا اولیه

این نوع سوپر هیترها معمولا در خارج از محفظه ی احتراق و در مسیر گازهای خروجی از کوره قرار میگیرند که قسمت اعظم حرارت خود را از طریق جابجایی گاز های سوخته شده دریافت می کنند.

۳-۳-۵-سوپر هیتر



شکل (۳-۱۴): انواع سوپرهیترها، الف) آویزان؛ ب) افقی ۱۹۱

۳-۳-۶- دی سوپر هیتر یا اتمپراتور

وظیفه ی دی سوپر هیتر کنترل درجه حرارت بخار است. بخار خروجی از دیگ بخار باید دارای درجه حرارت مشخصی باشد که در غیر اینصورت مشکلاتی را از قبیل آسیب رساندن به پره های توربین و کاهش بازده سیکل و ... را به همراه خواهد داشت. بدین منظور بین دو سوپر هیتر اولیه و ثانویه از وسیله ای به نام دی سوپر هیتر استفاده می شود که عموما وظیفه آن کاهش دمای بخار موجود در سوپر هیترها می باشد.

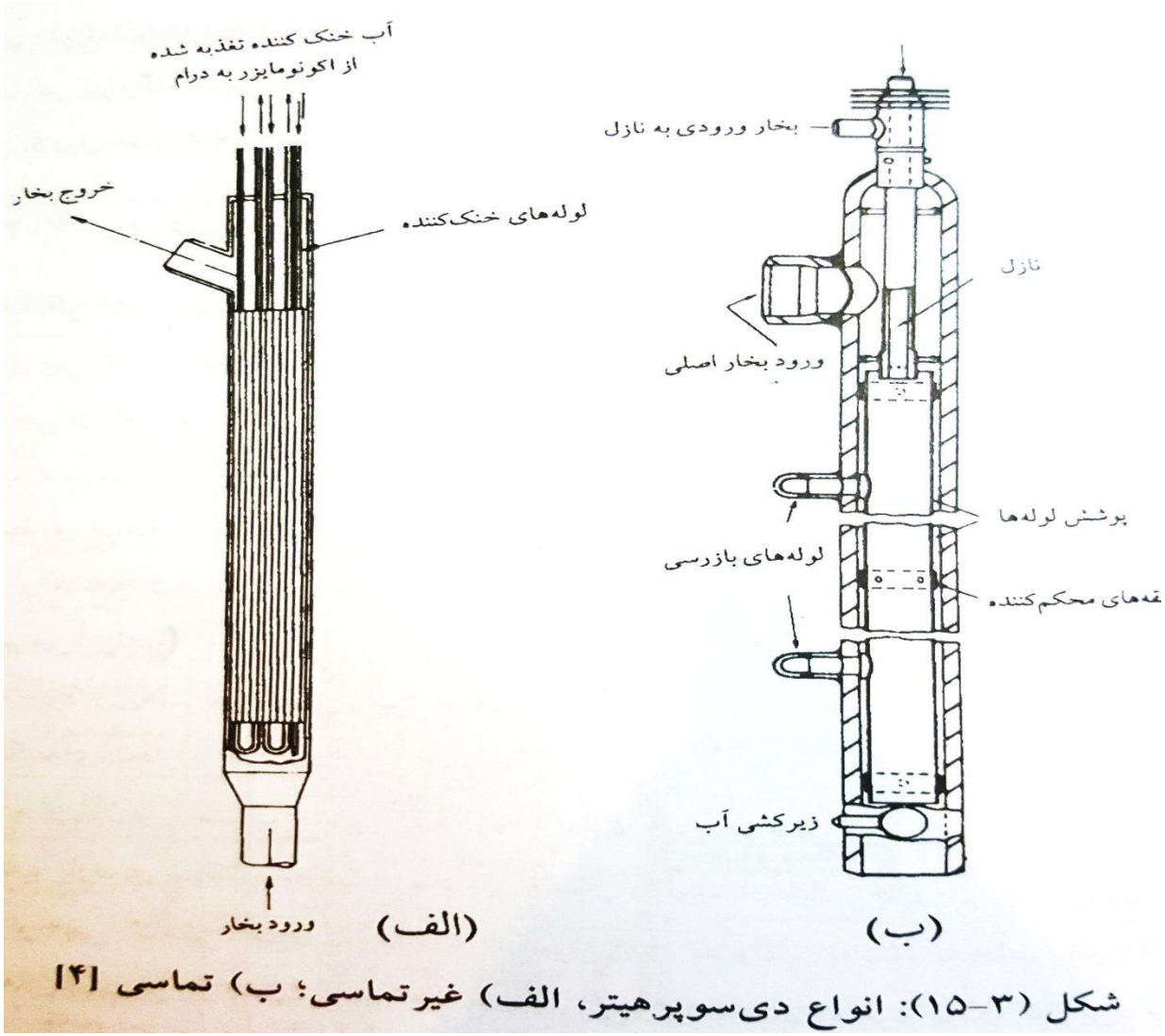
دی سوپر هیترها به دو شکل زیر ساخته می شوند:

الف- دی سوپر هیتر غیر تماسی: این نوع دی سوپر هیتر شبیه یک مبدل حرارتی است که آب تغذیه (که متصل به آب موجود در مخزن درام است). در دور بدنه آن جریان پیدا میکند و بخاری را که از لوله های تعبیه شده عبور میکند خنک میسازد.

شیر های کنترل موتوری مقدار جریان بخار به دی سوپر هیتر را طوری تنظیم میکند که درجه حرارت در خروجی سوپر هیتر ثانویه مطلوب باشد.

ب- دی سوپر هیتر تماسی یا پاششی: در دی سوپر هیتر تماسی آب تغذیه مستقیما به داخل بخار موجو (بخار خارج شده از سوپر هیتر اولیه) پاشیده میشود و درجه حرارت بخار را به مقدار مطلوب کاهش میدهد. همچنین شیر کنترل موتوری در مسیر آب وجود دارد که میتواند مقدار آب تزریقی را بسته به درجه حرارت تنظیم کند. با توجه به اینکه این سوپر هیتر قبل از سوپر هیتر ثانویه است در نتیجه کلیه ی قطرات آبی که در داخل بخار پاشیده میشود در ضمن گذشتن از سوپر هیتر ثانویه فرصت بخار شدن را خواهند داشت.

۳-۳-۶- دی سوپر هیتر یا اتمپراتور



شکل (۳-۱۵): انواع دی‌سوپرهیتر، الف) غیرتماسی؛ ب) تماسی [۴]

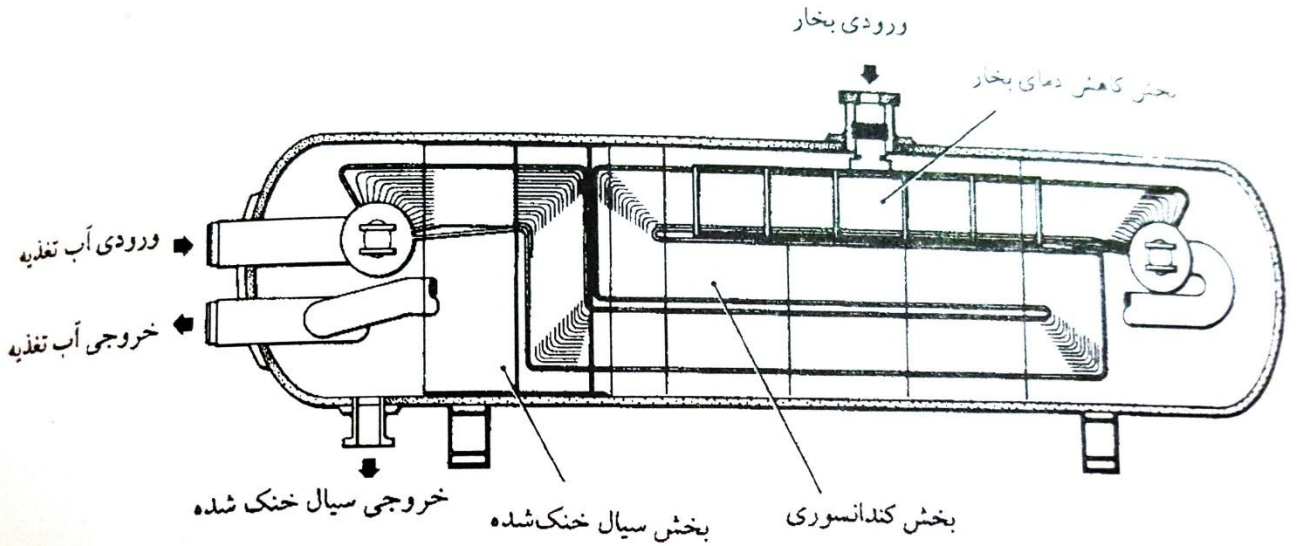
۳-۳-۷ ری هیترها

از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است تا جهت بالا بردن بازده سیکل از ری هیترهایی که در بین توربین های نیروگاه قرار دارد استفاده شود. در ری هیترها درجه حرارت بخار خروجی از توربین فشار قوی را تا درجه حرارت اولیه بخار بالا میبرند و سپس آن را به سمت توربین فشار متوسط هدایت میکنند. این عمل میتواند بین توربین های فشار متوسط و ضعیف هم صورت گیرد. ساختمان و طرز قرار گرفتن آنها شبیه سوپر هیترها است و مشابه آنها به دو بخش ری هیتر اولیه و ثانویه و در بعضی موارد به چندین بخش تقسیم می شوند.

۳-۴ گرمکن های آب تغذیه و دی اریتور

۳-۴-۱ گرمکن های آب تغذیه

همانگونه که در سیکل بازیاب بیان نمودیم به منظور افزایش بازده ی نیروگاههای بخاری باید آب ورودی به دیگ بخار گرم شود تا به صورت مایع اشباع وارد دیگ بخار شود. این کار توسط مبدل های حرارتی یا پیش گرمکن های آب تغذیه انجام میشود. روش گرم کردن آب از طریق زیرکشی های بخار گرفته شده از توربین می باشد. این گرمکن ها به دو نوع فشار ضعیف و فشار قوی تقسیم می شوند که نوع فشار ضعیف آن قبل از پمپ تغذیه و نوع فشار قوی آن پس از پمپ تغذیه قرار میگیرد. تعداد گرمکن های آب تغذیه و تقسیم بندی فشار ضعیف و قوی آن بستگی به ظرفیت تولید نیروگاه و مشخصات ترومودینامیکی سیکل دارد.

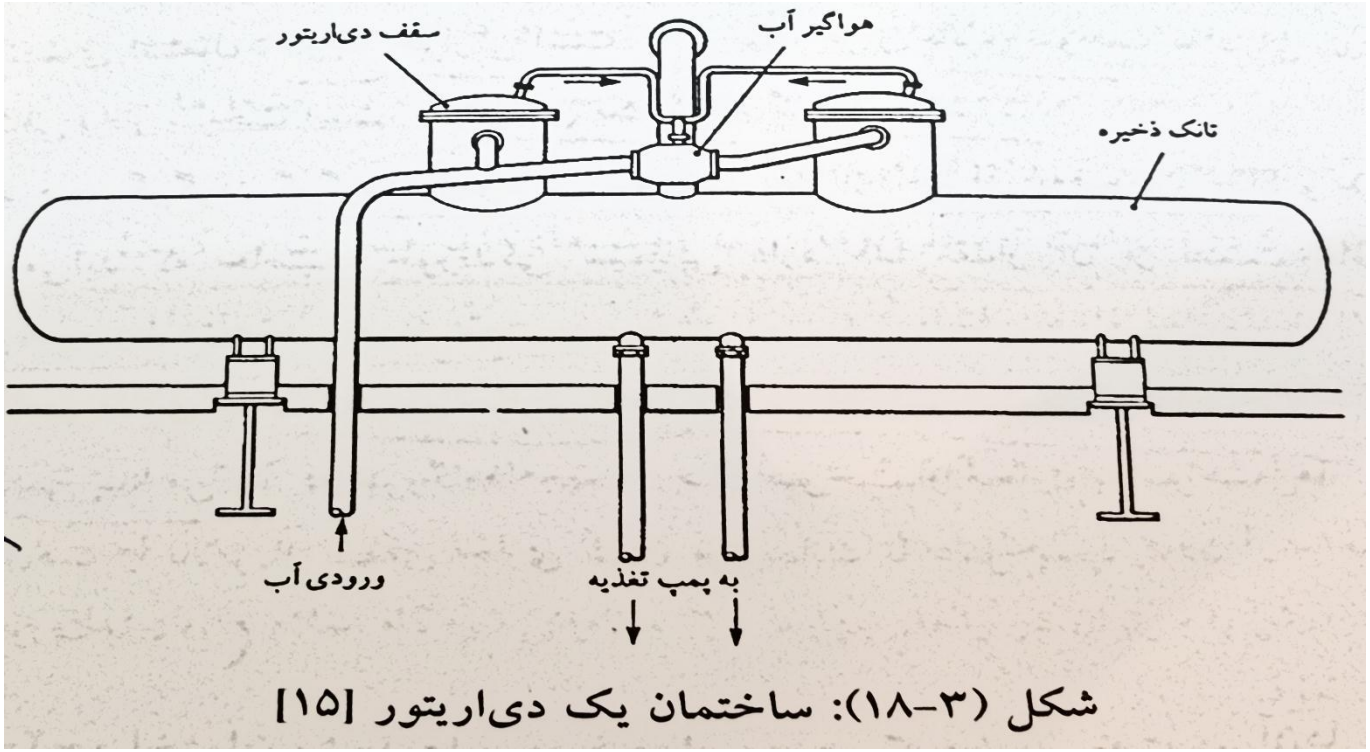


شکل (۳-۱۷): گرمکن آب تغذیه از نوع فشار قوی افقی [۳]

۳-۴-۲ دی اریتور

روش کار دی اریتور بر این اصل پایدار است که حلالیت گازها در آب با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد. به این طریق که اگر آب به مدت کافی در درجه حرارت جوش قرار گیرد تمام گازهای محلول در آن از آب خارج شده و به اتمسفر می رود. دی اریتور باید قادر باشد تا علاوه بر آنکه آب را تا درجه حرارت جوشش گرم کند آن را به قطرات بسیار ریز تبدیل نماید.

در شکل ۳-۱۸ ساختمان یک دی اریتور نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۸): ساختمان یک دی‌اریتور [۱۵]

۳-۵ کوره یا محفظه ی احتراق

فضایی است که احتراق در آن صورت میگیرد لذا برای احتراق کامل ضمن اینکه هوا و سوخت باید در تماس نزدیک با هم باشند نسبت هوا به سوخت نیز باید به مقدار مشخصی باشد. برای رسیدن به این منظور سه شرط زیر در کوره لازم است:

الف- زمان کافی جهت انجام فعل و انفعالات شیمیایی

ب- تلاطم کافی برای حصول اطمینان از مخلوط شدن کامل سوخت و هوا

ج- درجه حرارت کافی برای آتش گرفتن سوخت و پایداری شعله.

۳-۵-۱ مشخصات سوخت مایع مصرفی در کوره

الف- ویسکوزیته: که مشخص کننده ی روان بودن سوخت است و بستگی زیادی به درجه حرارت آن دارد.

ب- نقطه ی اشتعال: درجه حرارتی است که بر آن هوای بالای سوخت که دارای مقدار کافی بخار سوخت است به وسیله یک شعله مشتعل می شود.

ج- درصد گوگرد: گوگرد موجود در سوخت بعد از احتراق به صورت SO و$2SO$ در می آید که خاصیت خورندگی شیمیایی دارد. لذا مقدار آن از اهمیت خاصی برخوردار است.

د- نقطه جاری شدن : درجه حرارتی است که در آن سوخت بر اثر وزن خود جریان طبیعی پیدا میکند. در نیروگاهها جهت ارسال سوخت از مخازن به سر مشعل ها دمای سوخت را بالاتر از نقطه جاری شدن می رساند تا عمل پمپ کردن آن راحتر صورت پذیرد.

۳-۵-۲ ساختمان مشعل ها و روش های پودر کردن سوخت در آن ها

تعداد مشعل های موجود در هرواحد بخاری بستگی به قدرت نیروگاه ودبی بخار تولید شده دارد. همچنین از طریقه ی نصب این مشعل ها در محفظه ی احتراق در بین واحد های بخاری متفاوت می باشد.

مشعل های سوخت مایع در کوره از دو قسمت زیر تشکیل شده است:

الف- اتومایزر: در این قسمت سوخت وارد شده توسط بخار یا هوا و یا فشار خود سوخت به شکل پودر در می آید.

ب- رجیستر هوا: در این قسمت هوای لازم جهت احتراق سوخت تامین می شود. رجیسترهوا در دور تادور اتومایزر واقع شده است و دارای دمپر هایی است که میزان ورود هوا را تنظیم می کند.سوخت به وسیله ی پمپ هایی به سر مشعل ها جاری شده و در آن جا به صورت پودر در می آید.

پودر کردن سوخت توسط اتومایزر به روش های زیر صورت می گیرد:

۱-اتومایزر با تزریق فشار: در این روش سوخت در سر مشعل ها به علت عبور از نازل های خاص و دراثر فشار خود سوخت به شکل پودر در می آید.

۲- اتومایزر با مسیر برگشتی: این روش مانند روش اول است با این تفاوت که یک مسیر برگشت سوخت در سر مشعل ها در نظر گرفته می شود تا سوخت اضافی از آن طریق به مخزن برگردد.این کار موجب یکنواختی در پودر شدن سوخت در سر مشعل ها می شود.

۳- اتومایزر با بخار: در این روش مشعل ها از لوله ی دو جداره ساخته شده اند که از مسیر بیرونی سوخت واز مسیر مرکزی بخار با فشاری بیشتر از فشار سوخت جریان می یابند تا این که به سر مشعل ها می رسند. در سر مشعل ها بخار با فشار زیاد وارد سوخت می شود وپس از پودر کردن آن از نازل های سر مشعل به طرف کوره فرستاده می شود.

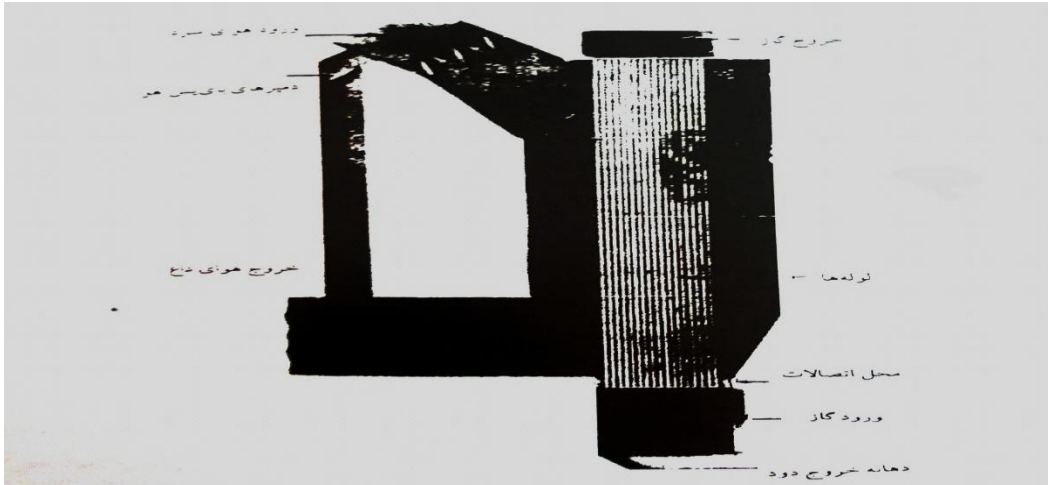
۴-اتومایزر با هوا: این روش مانند روش سوم است ولی به جای بخار از هوا (جهت پودر کردن سوخت) استفاده می شود.

۳-۶ تجهیزات جانبی دیگ بخار

۳-۶-۱ گرمکن هوا

معمولا گرمکن هوا بعد از اکونومایزر و درمسیر گاز های داغ حاصل از احتراقی که در حال خارج شدن از دیگ بخار هستند, قرار می گیرند. این گرمکن هوا قسمتی از حرارت با قی مانده در گازها را جذب کرده و به هوای مورد نیاز کوره منتقل میکند . این گرمکن ها را می توان از نظر چگونگی طراحی در سیستم انتقال حرارت به دو دسته تقسیم میشوند:

۱- گرمکن های برگرداننده:در این طرح گازهای گرم از یک طرف صفحه یا لوله وهوای تغذیه ی کوره از طرف دیگر عبور میکند. به عبارت دیگر واسطه ی انتقال حرارت لوله یا صفحه می باشد.این گرمکن ها دارای ساختمان ثابت هستند.

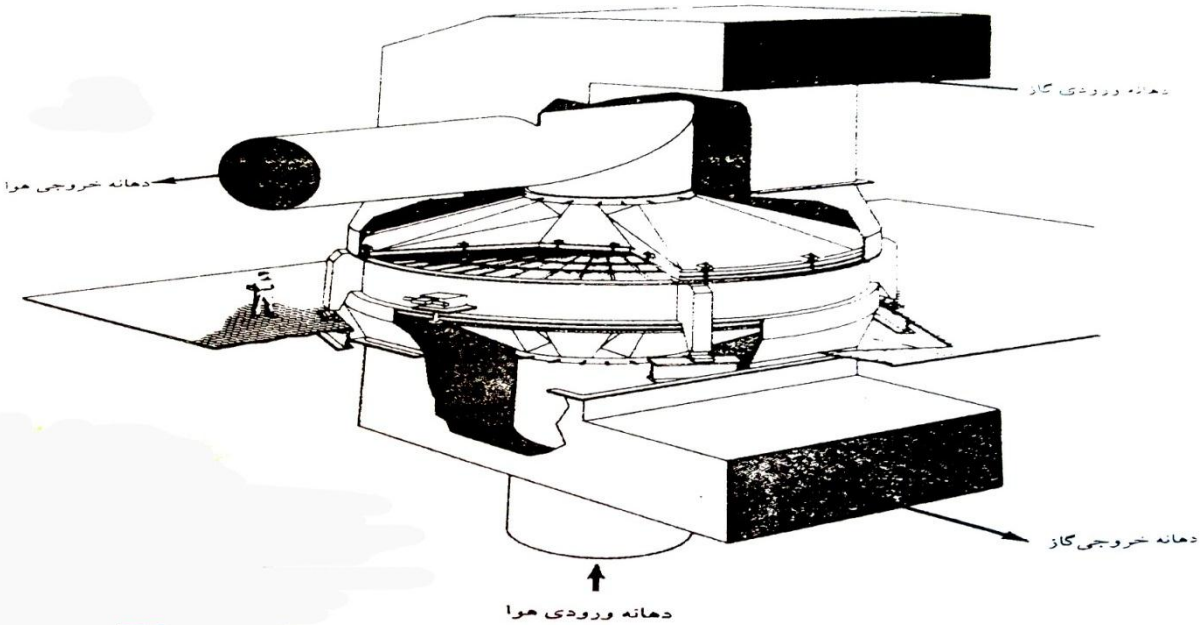


شکل (۳-۱۹): گرمکن‌های هوا از نوع برگردانده (لوله‌ای) [۶]

۳-۶-۱ گرمکن هوا

۲- گرمکن های بازتولید کننده: دراین طرح از گرمکن ها گاز های گرم از میان یک شبکه ی فلزی می گذرد و باعث گرم شدن شبکه می گردد. سپس از

میان همین شبکه می گذرد و گرما را از شبکه در یافت می کند و در نتیجه باعث گرم شدن هوا می شود.



شکل (۳-۲۰): گرمکن‌های هوا از نوع باز تولیدکننده [۶]

۳-۶-۲ دریچه های کنترل هوا یا دمپرها

به منظور کنترل مقدار هوای ورودی به کوره (و به منظور تنظیم حرارت مشعل های دیگ بخار)از دریچه های کنترل هوا استفاده می شود. این دریچه ها در ورودی فن مکش هوا ویا خروجی آن و همچنین در محل هوای ورودی به هر مشعل نصب میگردند.

۳-۶-۳ دوکش

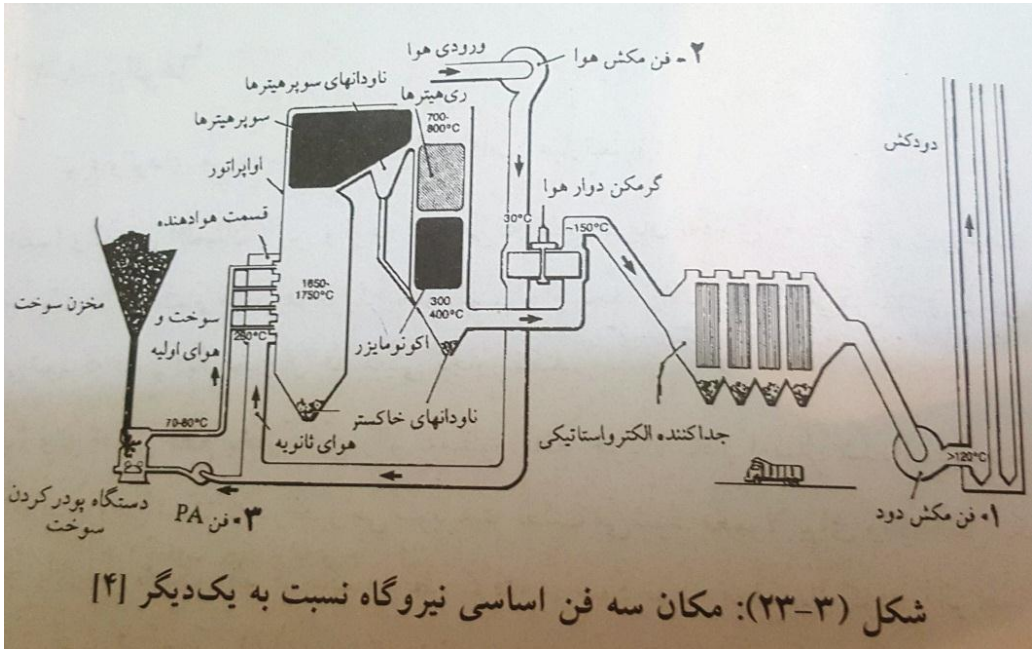
آخرین جز در مسیر گازها دودکش است که گازهای خروجی از دیگ بخار (دود) رابه محیط بیرون هدایت میکند.ارتفاع دودکش بستگی به مقدار فشار گازهای موجود در دیگ بخار و همچنین شرایط زیست محیطی دارد.طبیعی است که ارتفاع بیشتر دودکش نقش تعیین کننده ای در هدایت دود وبالطبع کاهش آلودگی محیط دارد.

۳-۷ فن های نیروگاه

از فن ها در دیگ بخار نیروگاه برای حمل هوای مورد نیاز مشعل ها یا گاز های گرم کوره استفاده می شود.این فن ها از نظر ساختمانی خود به دو دسته تقسیم میشوند:

الف-فن با جریان محوری:

در این نوع هوا از یک طرف در امتداد محور به پره ها می رسد و درهمان امتداد به طرف دیگر دمیده میشود.مزیت این فن ها کوچکی وارزان بودن آن نسبت به نوع دوم آن است.



شکل (۳-۲۳): مکان سه فن اساسی نیروگاه نسبت به یک‌دیگر [۴]

ب- فن با جریان شعاعی:

در این نوع فن ها هوا از یک طرف و یا از دو طرف در امتداد محور به پره ها می رسد وسپس در جهت شعاعی جریان پیدا می کند.البته در بیشتر نیروگاه ها از این نوع فن استفاده میشود. ولی درهر حال نوع فن بانظر طراح دیگ بخار طریقه بهره برداری و ملاحظات اقتصادی تعیین میگردد.

از طرف دیگر هر کدام از فن های مذکور ک ه استفاده شوند از نظر محل قرار گیری به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- فن دمنده هوا:

وظیفه اصلی این فن تامین هوای مورد نیاز احتراق است. این فن با توجه به مکشی که ایجاد میکند هوای محیط را مکش نموده ودر کانال هایی که نهایتا به محفظه ی احتراق ختم میشود به جریان می اندازد.

۲- فن مکش گاز (مکش دود از دیگ بخار):

وظیفه ی این فن مکش دود از دیگ بخار و هدایت آن به سمت دودکش می باشد.البته انتخاب این فن وابسته به ارتفاع دودکش و فار گازهای حاصل از احتراق است.

۳- فن گردش دهنده مجدد گاز:

این فن مقداری از گازهای خروجی ازدیگ بخار را (پس ازاکونومایزر)گرفته و مجددا در قسمت مشعل های کوره به جریان می اندازد.معمولا این کار جهت کنترل مقدار تبادل حرارتی در کوره (در فضای بالای آن) و همچنین برای کنترل درجه حرارت ری هیتر انجام میشود.

۴- فن هوای اولیه:

در نیروگاه هایی که از زغال سنگ به عنوان سوخت اصلی استفاده میشود لازم است تا زغال سنگ توسط جریان زیاد هوا خشک شود. بدین منظور از فن هایی به عنوان فن های هوای اولیه با فشار بالا استفاده می شود تا پس از خشک شدن زغال سنگ بتوان سوخت را از قسمت های آسیاب زغال سنگ به کوره (محفظه ی احتراق)یا به مخزن های ذخیره ی سوخت منتقل نمود. این فن ها عموما قبل یا بعد از تجهیزات انتقال سوخت مورد استفاده قرار می گیرند.

در شکل (۳-۲۳) مکان فن های مکش هوا مکش دود از دیگ بخار هوای اولیه برای خشک کردن سوخت جامد به همراه موقعیت گرمکن هوا وتصفیه کننده ی گازهای خروجی از دیگ بخار در یک نیروگاه بخاری نمونه با سوخت زغال سنگ نشان داده شده است.

۳-۸ والوها

انواع والوهای مورد استفاده در هر نیروگاهی عبارتند از:

الف- والوهای اطمینان:

این والوها هنگامی که هیچ جریان بخاری به طرف توربین نباشد و دیگ بخار با تمام مشعل ها تولید بخار کند تمام بخار را به بیرون می فرستد و موجب میشود که فشار دیگ بخار از حد معینی تجاوز نکند.

ب- والو اصلی دیگ بخار:

این والو به منظور قطع جریان بخار ارسال شده از دیگ بخار به طرف توربین است که در خروجی سوپر هیتر نصب میشود.معمولا برای والو اصلی یک مسیر بای پاس با یک والو کوچک در نظر گرفته می شود تا در موقع باز کردن والو اصلی ابتدا از طریق این مسیر فشار دو طرف والو متعادل شود و سپس والو اصلی باز گردد.

ج- والوهای تخلیه:

این نوع والوها در درام دیگ بخار هدرهای زیرین و نقاط مورد نیاز (به منظور خالی کردن مقداری آب که براثر تزریق مداوم موتد شیمیایی غلیظ شده است)نصب می شوند. همچنین برای تخلیه ی کامل آب از قسمت های مختلف دیگ بخار از قبیل واتروال و سوپر هیتر و ری هیتر و اکونومایزر از والوهای درین استفاده میشود.

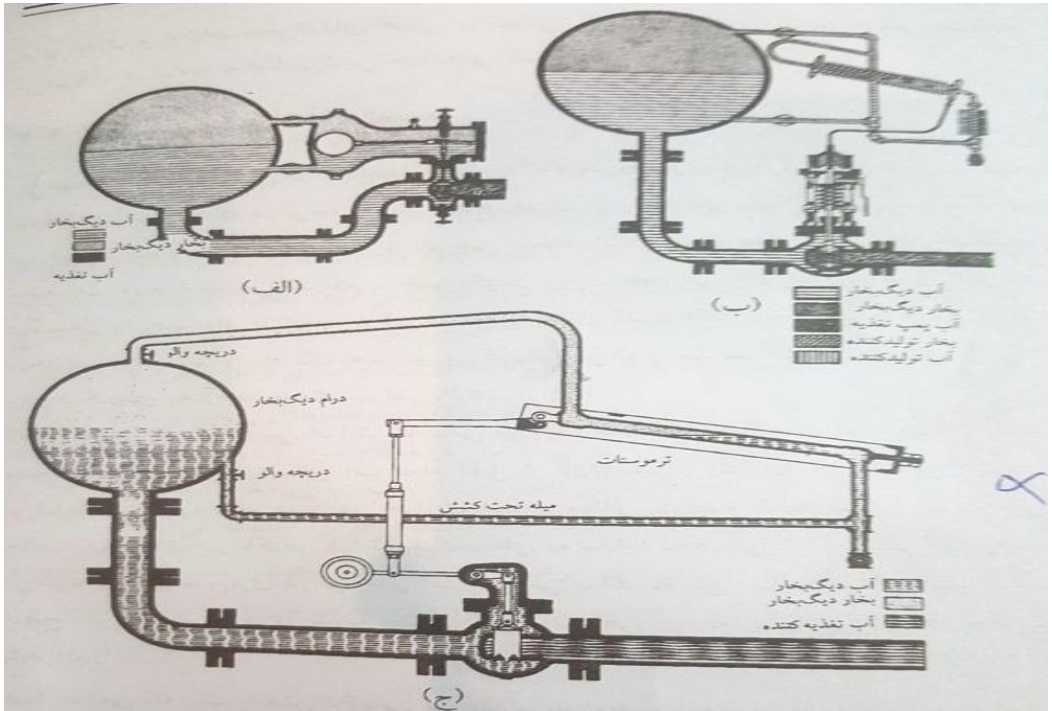
د- والوهای هواگیر یا ونت ها:

در مواقعی که دیگ بخار جهت تعمیر از مدار خارج میشود مقدار زیادی هوا در لوله ها و درام وجود دارد که در شروع راه اندازی توسط یک سری از والوهای هواگیر به بیرون رانده می شود.

۳-۹ سیستم های کنترل

۳-۹-۱ مقدمه

در نیروگاه های بخاری به منظور کنترل فرایندها و فراهم کردنیک سیستم منطقی وبرای کنترل و ارتباط محرک های اصلی و کمکی از سیستم های کنترل مختلفی استفاده می شود.



شکل (۳-۲۴): سیستم کنترل تک‌عنصری، الف) براساس یک سطح شناور؛ ب) براساس خواص ترمودینامیکی سیّالات؛ ج) براساس خواص ترمودینامیکی تیوب لاستیکی [۳]

۳-۹-۲ سیستم کنترل آب تغذیه

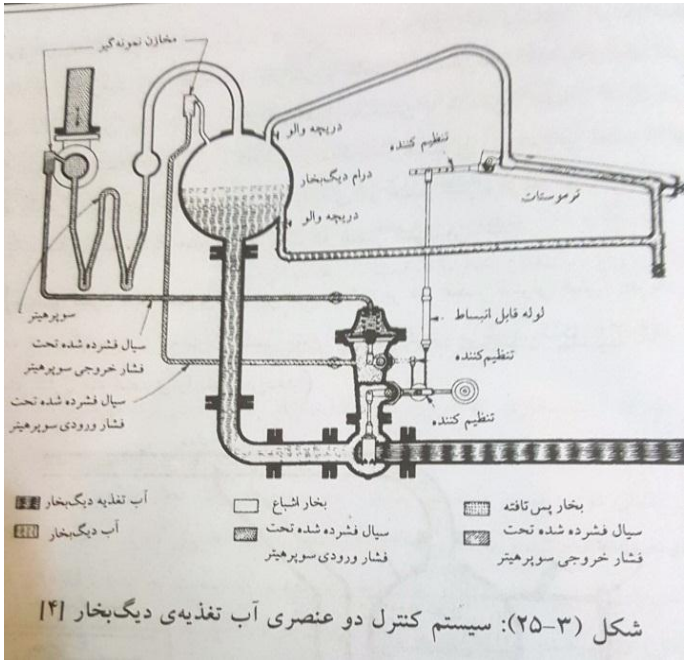
سیستم تک عنصری:

در سیستم تک عنصری از سطح آب موجود در درام نمونه گیری می شود که با توجه به این سطح میزان آب تغذیه ی سیکل کنترل میشود. در صورتی که تغییر نسبتا آرامی در بار توربین ایجاد شود . میزان بخار مورد نیاز و بالطبع سطح آب درام تغییر می کند که با حس کردن این سطح می توان میزان آب ورودی به دیگ بخار را تغییر داد. با توجه به این که عامل کنترل کننده فقط سطح آب درام است. در نتیجه به آن سیستم کنترل تکعنصری میگویند.

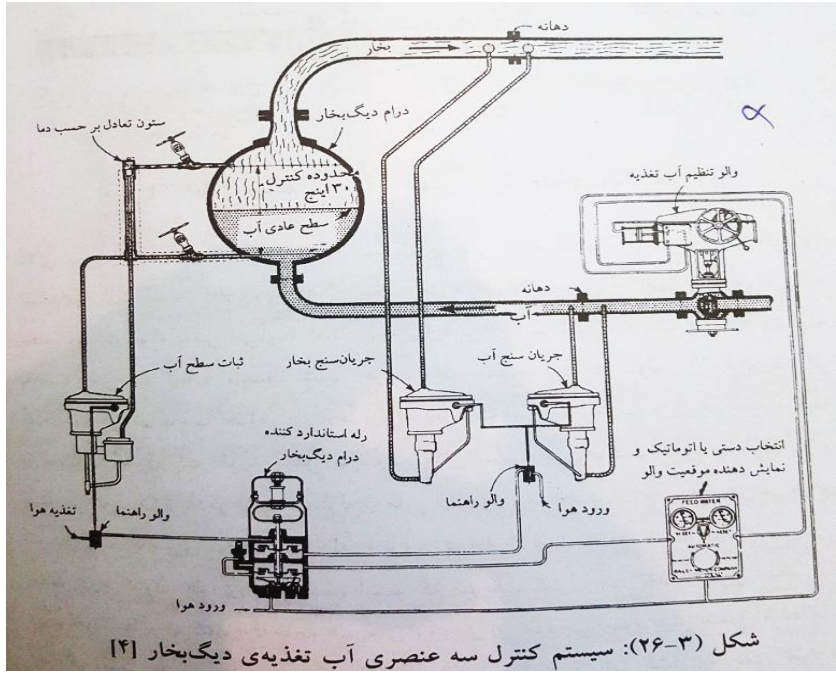
سیستم دو عنصری:

در این سیستم علاوه بر عنصر سطح آب دارم از عنصر ثانوی کنترلی دیگری که براساس جریان بخار دیگ است استفاده میشود.شکل (۳-۲۵) این نوع سیستم کنترل دو عنصری را که به نام فلوماتیک کوپیس است نشان می دهد.

سیستم کنترل سه عنصری: در این نوع علاوه بر دو عنصر کنترلی قبلی جریان آب تغذیه به دیگ بخار نیز به عنوان عنصر سوم در نظذ گرفته میشود. شکل (۳-۲۶) طرح سیستم کنترل سه عنصری را نشان می دهد.



شکل (۳-۲۵): سیستم کنترل دو عنصری آب تغذیه‌ی دیگ‌بخار [۴]



شکل (۳-۲۶): سیستم کنترل سه عنصری آب تغذیه‌ی دیگ‌بخار [۴]

۳-۹-۳ سیستم کنترل درجه حرارت بخار

به منظور کنترل درجه حرارت سوپرهیتر از راه های زیر استفاده می شود:

الف- منحرف کردن یا بای پس نمودن گازهای حاصل از احتراق

ب- استفاده از دی سوپرهیتر غیر تماسی

ج- استفاده از دی سوپر هیتر تماسی

د- تغییر میزان جریان دادن مجدد گازهای حاصل از احتراق

ه- تغییرات زاویه ی مشعل ها

و- خاموش وروشن کردن مشعل های ثانوی

ز- تقسیم کوره به دو قسمت مجزا

۳-۹-۵ کنترل سیستم احتراق

دراین سیستم کنترلی مقدار سوخت وهوای لازم برای احتراق بطور جداگانه کنترل و برای هر یک از مشعل ها فرستاده می شود.

به منظور کنترل سیستم احتراق باید کنترل های زیر صورت گیرد:

الف- کنترل هوای مشعل

ب- کنترل سوخت مشعل

ج- کنترل فشار محفظه ی احتراق

۳-۱۰ کندانسور

کندانسور بزرگ ترین مبدل حرارتی در یک نیروگاه به شمار می رود که در آن بخار خروجی از توربین به وسیله ی سیال خنک کننده تقطیر می شود.

۳-۱۰-۲ اصول کار و وظایف کندانسور

با توجه به حجم بسیار زیاد بخار خروجی از توربین امکان اینکه این بخار را توسط پمپ تغذیه به سمت دیگ بخار هدایت کنیم وجود ندارد.لذا لازم است تا بخار را در وسیله ای به نام

کندانسور تبدیل به مایع نمود تا حجم آن کاهش یابد که در این حالت پمپاژ کردن آنهم راحتر و با صرفه ی اقتصادی بیشتری صورت میگیرد.

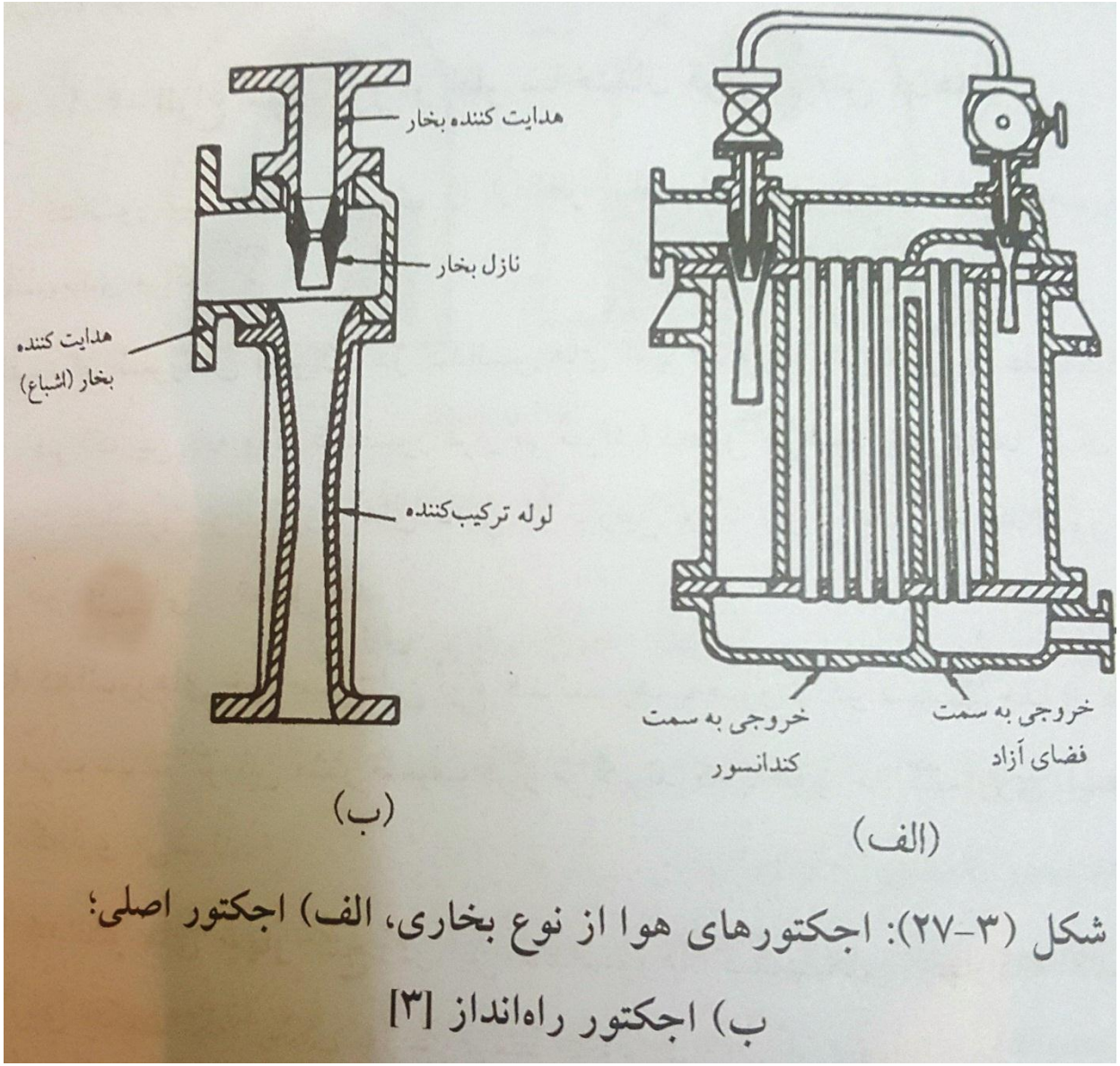
۳-۱۰-۳ دستگاه های تخلیه هوا

به منظور عملکرد مناسب کندانسور بایدهوای موجود در داخل کندانسور تخلیه شده تا فشار موجود در آن به فشار در حد خلا باقی بماند. بدین منظور در کندانسور تجهیزاتی بنام سیستم های تخلیه ی هوا منظور می شود.

الف- اجکتور هوا (خارج کننده ی هوا): در اجکتور هوا با استفاده از یک سیال مایع یا یک گاز پر فشار (به عنوان عامل اصلی) هوای کندانسور تخلیه می شود. ابتدا این عامل از میان یک شیپوره عبور می کند تا انرژی پتانسیل آن (انرژی فشاری) تبدیل به انرژی جنبشی (سرعت) شود. سپس این سیال با سرعت زیاد هوا و گازهای غیر قابل تقطیر را مکیده وبه همراه خود از طریق یک لوله ی پخش کننده خارج می سازد. در لوله ی پخش کننده مجددا انرژی سرعت تبدیل به انرژی فشاری می شود.

ب- پمپ تخلیه ی هوا: اجکتورهای هوا اا‌ز نوع بخاری برای واحدهای بزرگ(که باشرایط فشار و درجه حرارت بالای بخار کار میکنند)ایده ال نیستند.زیرا از نظر اقتصادی به صرفه نیست که برای مصارف کمکی بخار موجود در دیگ بخار اصلی را کاهش فشار و درجه ی حرارت داد.

این پمپ ها به سه نوع گردشی و رینگ مایع وهیدرولیک تقسیم می شوند.



شکل (۳-۲۷): اجکتورهای هوا از نوع بخاری، الف) اجکتور اصلی؛
ب) اجکتور راه‌انداز [۳]

۳-۱۰-۴ انواع کندانسور از نظر ساختمان قرار گرفتن آن ها

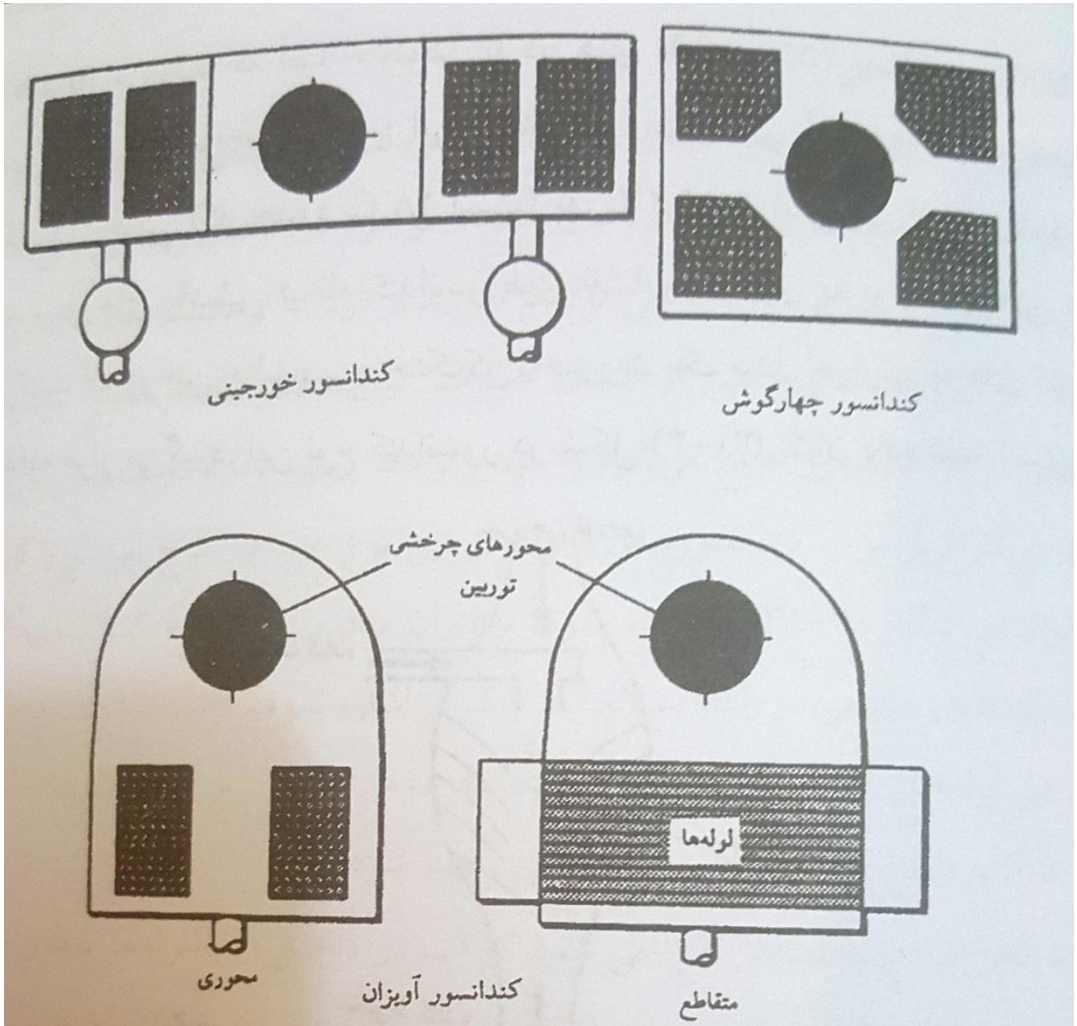
کندانسور نیروگاه های بخاری را از نظر ساختمان قرار گرفتن آنها به صورت زیر تقسیم بندی می کنند:

الف- کندانسورهای آویزان: در کندانسورهای آویزان وزن کندانسور توسط تعداد زیادی فنر(که بین پایه و ته کندانسور قرار میگیرند) تحمل می شود. این فنرها کمک می کنند تا کندانسور بتواند لرزش های ناشی از توربین و یا ورود بخار به کندانسور و تغییر طول احتمالی را تحمل کند.

ب- کندانسورهای خورجینی: این نوع کندانسورها به صورت دو قسمت جدا از هم در دو طرف سیلندر توربین فشار ضعیف قرار می گیرند که به طور جداگانه روی پایه های خود نگه داری می شوند.

ج- کندانسورهای چهار کنج: در این کندانسورها قسمت های چهار گانه کندانسور بر روی اسکلت نگه دارنده ی توربین توسط پایه هایشان سوار شده اند.

در دو نوع ب و ج چون بخار خروجی از توربین بلافاصله وارد کندانسور می شود.افت فشار کمتری در کانال بخار پیش می آید. در نتیجه در یک خلا معین تبادل حرارتی بهتری صورت می گیرد.شکل (۳-۲۸) موقعیت کندانسورهای فوق را در اتصال با توربین فشار ضعیف نشان می دهد.

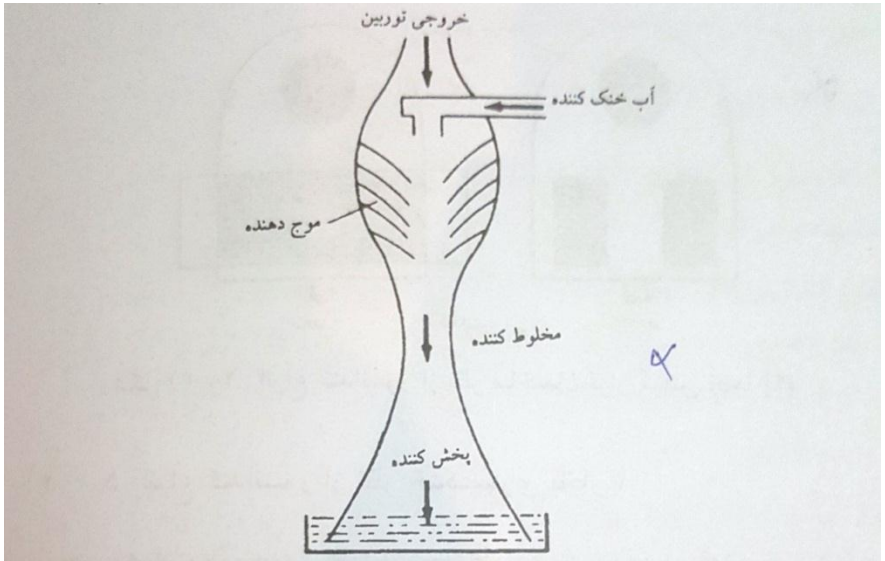


شکل (۳-۲۸): انواع کندانسور از نظر ساختمان قرار گرفتن آن‌ها [۹]

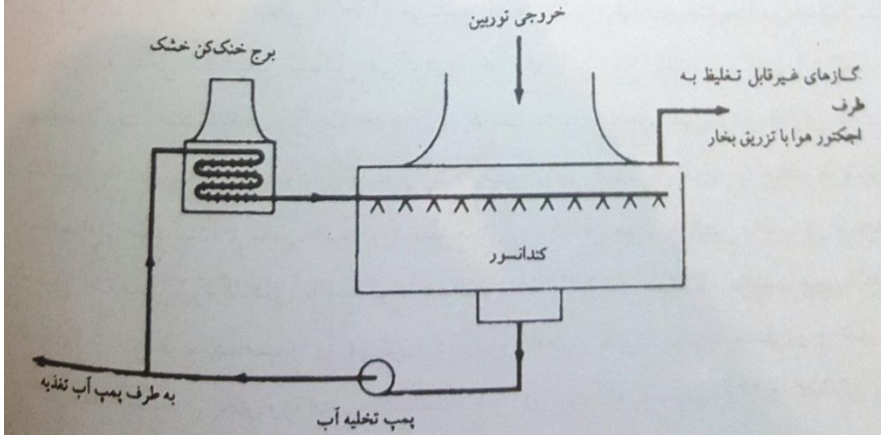
۳-۱۰-۵ انواع کندانسور از نظر خنک سازی بخار

الف)کندانسور پاششی (فواره ای)

این نوع کندانسور مطابق شکل(۳-۲۹) می باشد که از پاشیده شدن مستقیم آب خنک کننده و بخار به داخل یکدیگر تشکیل می گردد.بخار در این نوع کندانسور در اثر تماس مستقیم با آب خنک کننده حرارت خود را از دست داده و تقطیر می شود. بخاری که در کندانسور به آب تبدیل می شود مجددا وارد دیگ بخار می گردد.با توجه به مخلوط شدن مستقیم آب خنک کننده و بخار آب مورد نظر باید از نوع آب مقطر خالص باشد. در نتیجه مصرف آب مقطر نیروگاه های با این نوع کندانسور بسیار زیاد است که مناسب نمی باشد.



شکل (۳-۲۹): کندانسور پاششی (فواره‌ای) [۶]



شکل (۳-۳۰): کندانسور پاششی با سیستم خنک‌کنندگی خشک [۶]

ب)کندانسور سطحی

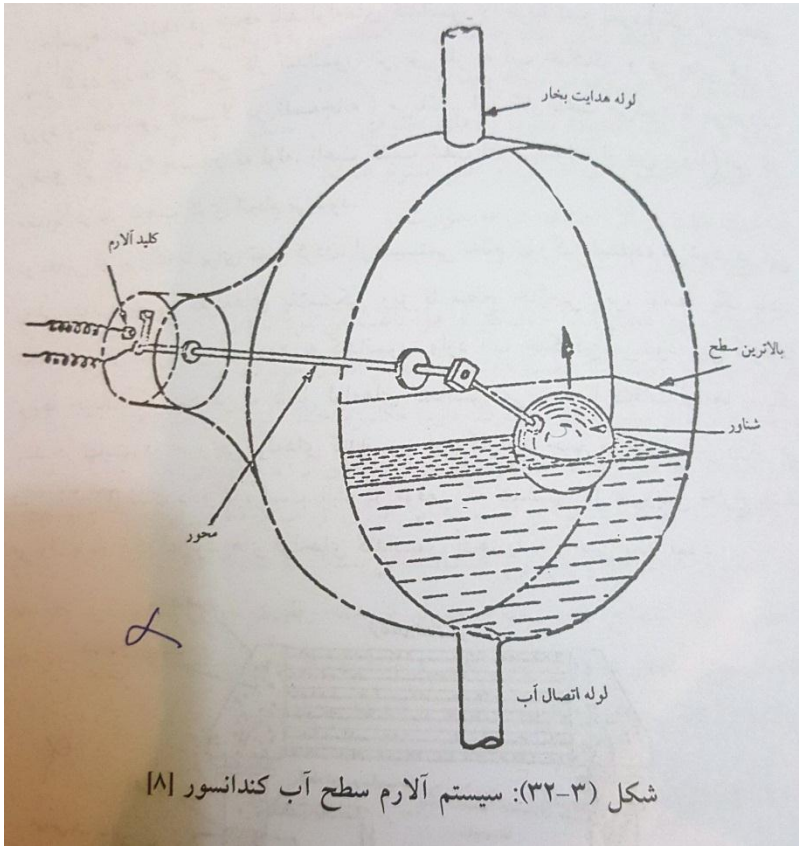
در این نوع کندانسورها انتقال حرارت به صورت غیر مستقیم است. این بدان معنی است که آب خنک کننده از درون لوله های متعدد موجود در کندانسور عبور می کند و بخار ورودی به کندانسور با برخورد به این لوله ها حرارت خود را از دست داده و تبدیل به مایع می شود. در این کندانسور پس از انتقال حرارت غیر مستقیم بخار تقطیر شده به صورت آب مقطر در ته کندانسور جمع می شود و سپس توسط پمپ تخلیه به سمت پیش گرمکن ها هدایت می گردد.

۳-۱۰-۶ وسایل حفاظتی کندانسور

۱- نشان دهنده ی ارتفاع آب

۲- اعلام خطر برای سطح بالا و پایین آب داخل کندانسور

۳- شیر اطمینان اتمسفری

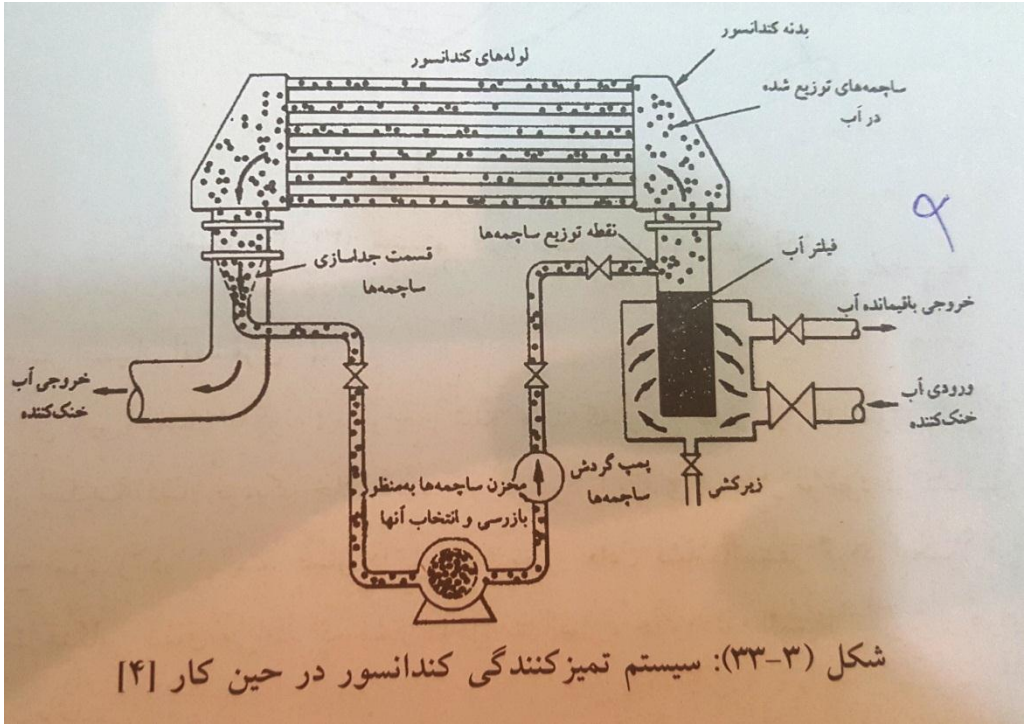


شکل (۳-۳۲): سیستم آلارم سطح آب کندانسور [۸]

۳-۱۰-۷ تمیز کردن کندانسور

یکی از راه های تمیز کردن لوله ها در حین کار کندانسور تزریق کلر به آب خنک کن و در جایی قبل از ورود به کندانسور (معمولا در تلمبه خانه) می باشد.

این کار باعث می شودتا موجودات زنده ی آلی که با چسبیدن به لوله باعث کثیف شدن آن می شوند از بین بروند.



شکل (۳-۳۳): سیستم تمیزکنندگی کندانسور در حین کار [۴]

۳-۱۱ سیستم های آب گردشی خنک کننده ی کندانسور

۳-۱۱-۱ مقدمه

با توجه به این که دمای سیال خنک کن در کندانسور با دریافت حرارت از بخار ورودی به کندانسور بالا می رود. درنتیجه باید به گونه ای دمای این آب خنک کن پایین آید تا بتوان دوباره از این آب استفاده نمود. راه های متنوعی برای خنک کردن این آب وجود دارد.بدین منظور خنک شدن آب بر دو اصل استوار است:

۱- خنک شدن در اثر اختلاف درجه حرارت.

۲- خنک شدن در اثر تبخیر.

۳-۱۱-۲ انواع سیستم های خنک کن

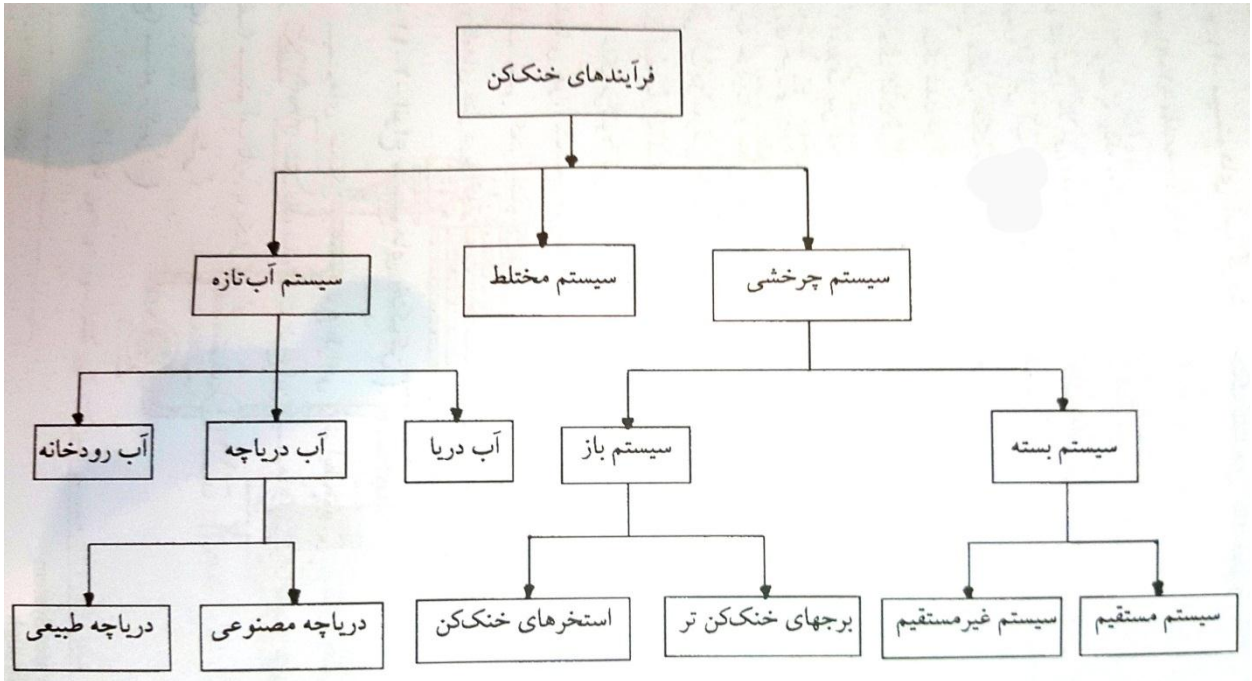
سیستم های خنک کن براساس نوع طراحی و شرایط محیطی اقسام مختلفی دارندکه در شکل (۳-۳۴) نشان داده شده است. انواع این سیستم هارا

می توان به صورت زیر نام برد:

الف)سیستم آب تازه یا یکبار گذر

ب)سیستم چرخشی

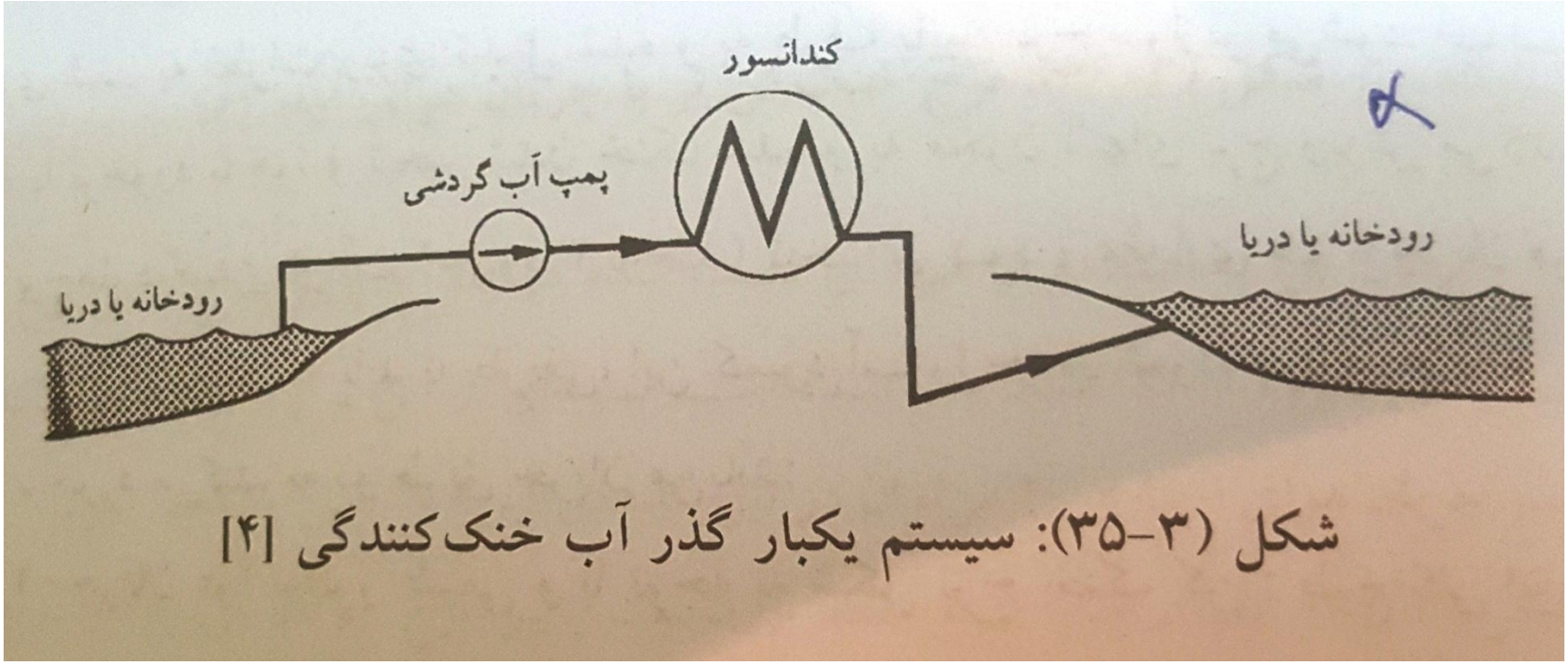
ج)سیستم ترکیبی



شکل (۳-۳۴): انواع مختلف سیستم‌های خنک‌کنندگی

۳-۱۱-۳ سیستم یکبار گذر

در این سیستم ها آب خنک کن از یک منبع طبیعی آب ,مثل دریا,دریاچه ی طبیعی یا مصنوعی,و یا رودخانه ها گرفته می شود و بوسیله ی پمپ های چرخش آب خنک کننده به درون لوله های کندانسور جریان می یابد. این آب ضمن عبور از این لوله ها گرم شده ودوباره به همان منبع تخلیه می شود. فاصله ی تخلیه ی آب از مکان برداشت آن باید زیاد باشد تا دمای آب برگشتی به منبع تاثیری بر دمای آب برداشتی از منبع نداشته باشد.همچنین طراحی سیستم خنک کن باید به گونه ای باشد که دمای آب برگشتی به منبع مسایل زیست محیطی را برای آبزیان به همراه نداشته باشد.طراحی این سیستم ها در شکل (۳-۳۵) نشان داده شده است.



شکل (۳-۳۵): سیستم یکبار گذر آب خنک‌کنندگی [۴]

۳-۱۱-۴ سیستم چرخشی

الف)سیستم باز یا فرآیند خنک کن تر

ب) سیستم بسته یا فرآیند خنک کن خشک

الف) سیستم باز یا خنک کن تر: در این سیستم از دو روش برای خنک کردن سیال آب استفاده میشود.

الف-۱-استخر های خنک کن

الف-۲-برج های خنک کن تر

ب)سیستم بسته با برج خنک کن خشک: در این نوع برج خنک کن هوا با آب درتماس نیست. بلکه با یک سلسله مبدل های حرارتی (که حرارت آب یا بخار را به بیرون منتقل می کند)در تماس است. در نتیجه همه گرمای دفع شده از آب گردشی در کندانسور به صورت گرمای محسوس به هوای خنک کن داده می شود. در سال های اخیر با وجود پایین بودن بازده ی این برج ها نسبت به برج های خنک کن تر از آنها استفاده ی زیادی می شود.زیر ا دارای مزایای بسیار زیادی است. این مزایا عبارتند از:

۱-با ساتفاده از این برج ها محل نیروگاه را می توان بدون توجه به منابع بزرگ آب انتخاب نمود. این موضوع باعث کاهش هزینه ی نیروگاه ها می شود.زیرا در این حالت می توان نیروگاه هارا نزدیک منابع سوخت (به منظور کاهش هزینه ی انتقال انرژی الکتریکی)ایجاد نمود.

۲-توسعه ی نیروگاه های احداث شده بدون توجه به منابع آب کافی

۳-هزینه ی نگه داری کمتر نسبت به برج های تر.به خاطر عدم نیاز به مواد شیمیایی و تمیز کننده های برج.

۴-عدم آلودگی محیط زیست

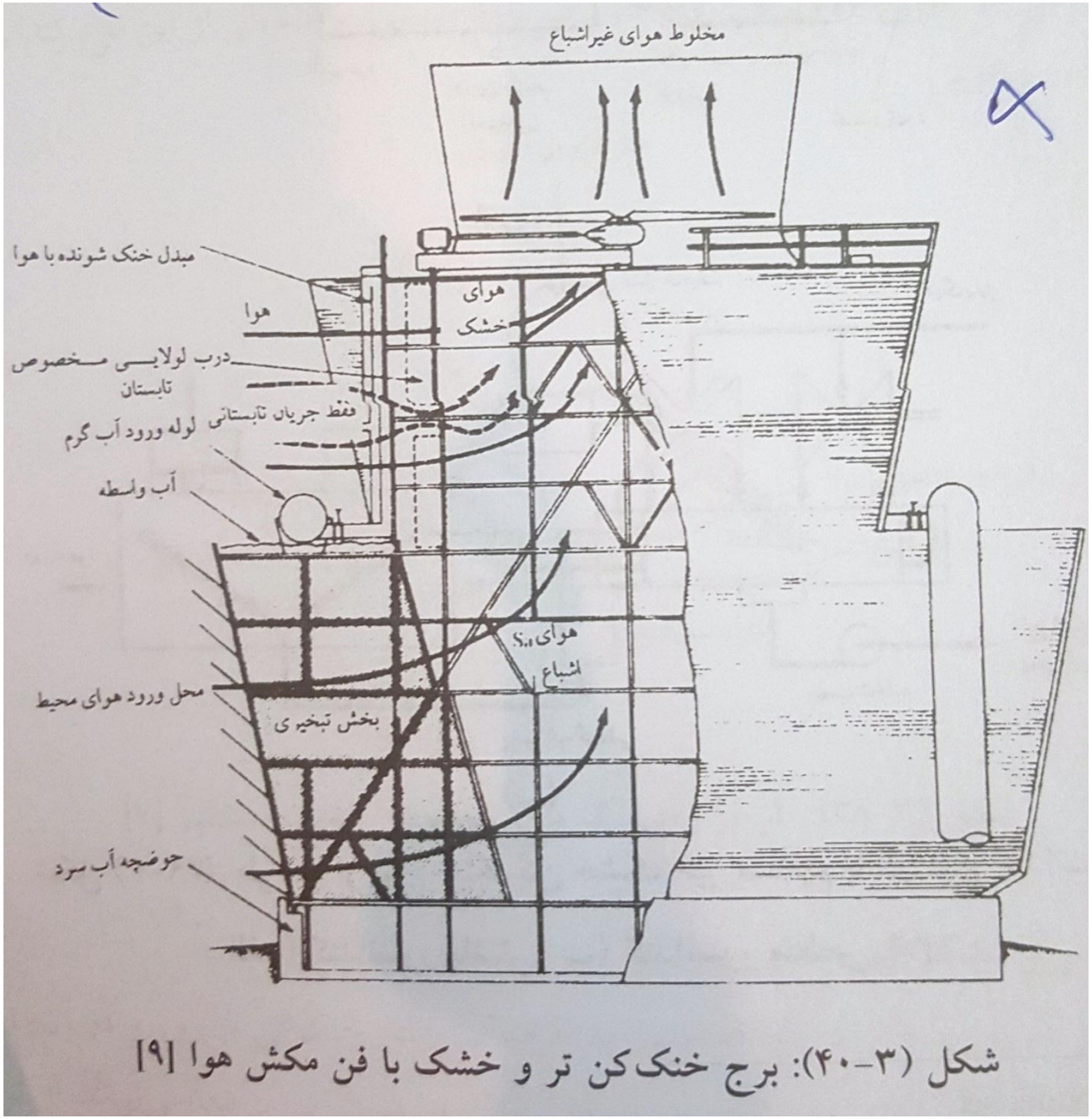
برج های خنک کن خشک به دو دسته تقسیم میشوند:

ب-۱- برج خشک مستقیم

ب-۲-برج خشک غیر مستقیم

۳-۱۱-۵ سیستم ترکیبی

با تتوجه به نیاز به آب در برج های خنک کن تر و به منظور افزایش بازده ی سیستم های خنک کن استفاده از سیستم های ترکیبی خنک کن کاربرد زیادی پیدا کرده است.یکی از مهم ترین سیستم های ترکیبی سیستم برج خنک کن تر و خشک است. در برج های تر مقداری از آب خنک کن تلف می شود (این موضوع ناشی از تبخیر, انتقال به همراه هوا, وتخلیه صورت می گیرد)و همچنین ستون بخار بالای برج ایجاد می شود. به علاوه در برج های خشک عملکرد نیروگاه در هوای گرم افت پیدا می کند.با استفتده از برج خنک کن تر و خشک اثرات سو مذکور کاهش می یابد.در این نوع برج دو مسیر موازی برای جریان هوا و آب وجود دارد که در شکل (۳-۴۰) نشان داده شده است.



شکل (۳-۴۰): برج خنک‌کن تر و خشک با فن مکش هوا [۹]

۳-۱۲ توربین و تجهیزات جانبی آن

۳-۱۲-۱ مقدمه

توربین نیروگاه های بخاری انرژی حرارتی موجود در بخار را به انرژی مکانیکی چرخشی تبدیل می کند.

۳-۱۲-۲ طبقه بندی توربین های بخار

۱-از نظر کاربرد صنعتی

توربین های بخار از نظر کاربرد در صنعت به دو نوع توربین های مولد قدرت و توربین های صنعتی تقسیم میشوند. در توربین های مولد قدرت با استفادهاز کندانسور

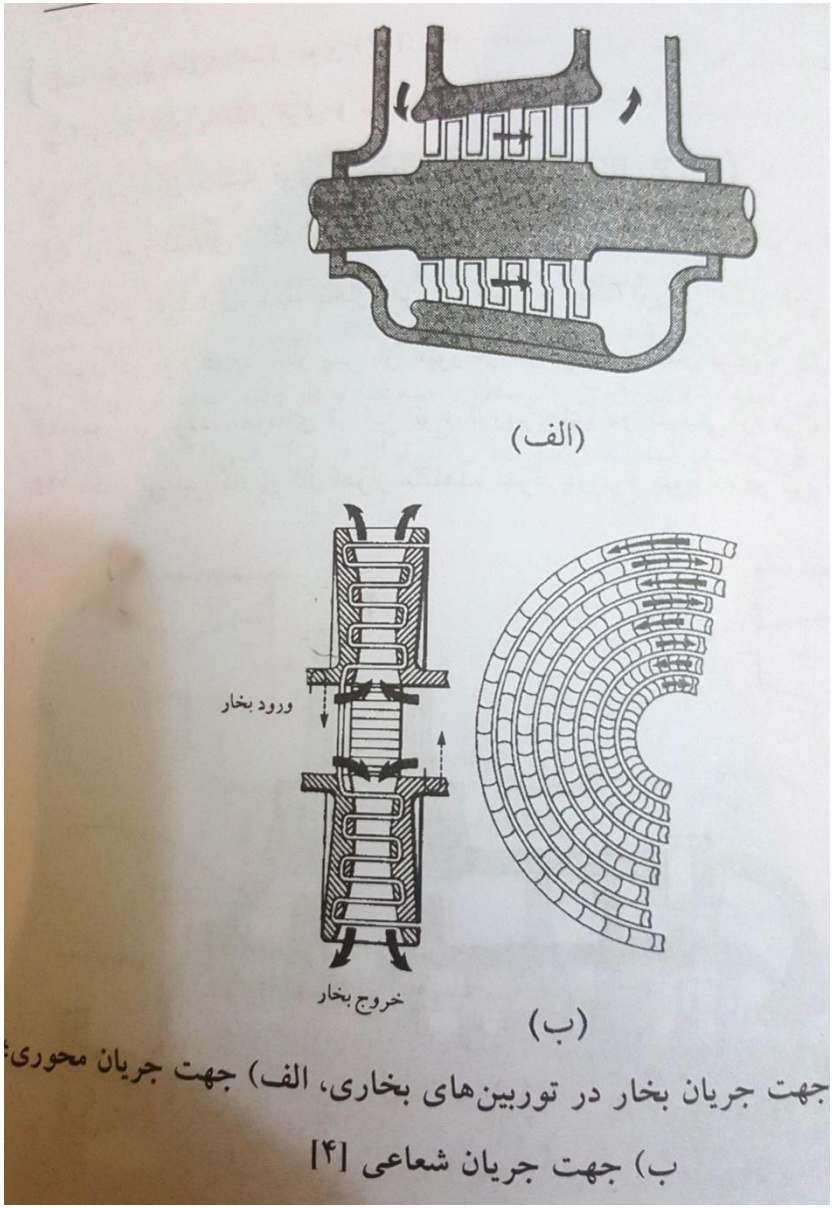
بخار با فشار کم از توربین خارج شده تبدیل به آب اشباع می شود.فشار عملکرد کندانسور کمتر از فشار جو است.

۲-از نظر جهت انبساط بخار در توربین

الف- توربین هایی که جهت جریان بخار در میان پره های آن به صورت جریان محوری است. از این نوع توربین های در نیروگاه های جدید و بزرگ استفاده ی زیادی می شود که در آنها جریان بخار به موازات محور روتور است و دراین مسیر بخار منبسط میشود. درشکل (۳-۴۱-الف)جهت جریان بخار این نوع توربین ها نشان داده شده است.

ب- توربین هایی که جهت انبساط آنها به صورت شعاعی است. این نوع توربین ها کمی قدیمی تر از نوع اول است که در آنها بخار از مرکز پره ها به بیرون(در امتداد شعاع)و به طرف بدنه ی خارجی توربین جریان پیدا می کند.این توربین ها دارای بازده ی خوبی هستند.ولی در محدوده های با قدرت کم طراحی می شوند. جهت جریان بخار این توربین ها در شکل (۳-۴۱-ب)نشان داده شده است.

ج)توربین های با جهت مماسی : در این نوع توربین ها بخار بوسیله ی نازل های متعددی تحت زوایای معینی نسبت به محور روتور و به صورت مماسی به پره های توربین برخورد می کند. این توربین ها دارای قدرت بالایی هستند. ولی بازده ی مناسبی ندارند و به همین جهت از آنها در نیروگاه ها استفاده ی چندانی نمیشود.



جهت جریان بخار در توربین‌های بخاری، الف) جهت جریان محوری؛
ب) جهت جریان شعاعی [۴]

۳- از نظر فشار کارکرد

توربین های بخار از نظر فشار بخار عملکرد به سه دسته تقسیم می شوند:

الف- توربین های با فشار قوی ((hp

ب- توربین های با فشار قوی و متوسط((hp,ip

ج- توربین های بافشار قوی , متوسط و ضعیف((hp,ip.lp

۴- ازنظر پوسته ی توربین

با توجه به اختلاف بسیار زیاد فشار در ابتداو انتهای توربین پوسته ی آن باید به اندازه ی کافی مقاوم و ضخیم ساخته شود.این موضوع مشکلاتی را از قبیل دیر گرم شدن پوسته در زمان راه اندازی ایجاد تنش های حرارتی ناشی از عدم یکنواختی در گرم شدن پوسته و حجم زیادآن و.... فراهم می آورد.برای رفع این مشکلاتدر توربین های با قدرت زیاد از دو پوسته ی داخلی و خارجی استفاده می کنند.پوسته ی داخلی ضخیم تر و مقاوم تر از پوسته ی خارجی است تا فشار زیادتری را تحمل کند.این دو پوسته کاملا از هم مجزا هستند که در شکل ها مشخص شده است.

۳-۱۲-۳ اجزای مختلف توربین

الف- فونداسیون توربین

توربین های بخار از دو قسمت ثابت و متحرک تشکیل شده است که به قسمت ثابت توربین بدنه ی ثابت و به قسمت متحرک آن روتور گویند.به منظور ثبات توربین و ژنراتور لازم است تا قسمت های ثابت توربو ژنراتور بر روی یک صفحه ی فلزی بنام صفحه ی فونداسیون نصب شوند. این صفحه به نوبه ی خود بر روی یک پایه ی بتونی مناسب قرار میگیرد.

ب- پوسته

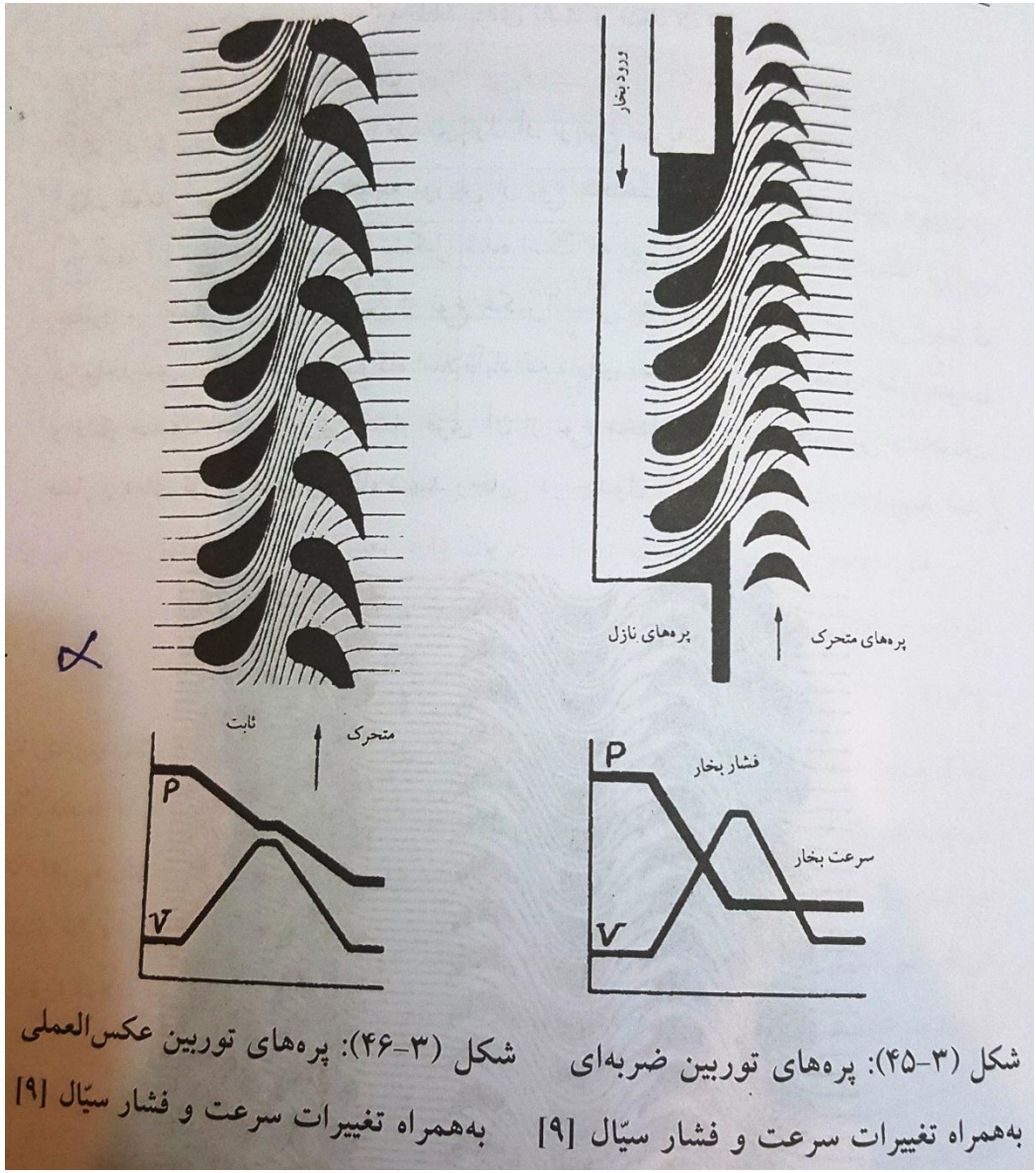
پوسته توربین به عنوان یک مخزن تحت فشار است که وزن آن توسط پایه های یاتاقان هاحمل می شود.جنی این پوسته ها از نوع چدن (برای توربین های با دمای بخار کم) و یا فولاد مخصوص (برای توربین های با دمای بخار زیاد)است. بر روی پوسته ی توربین ها پره های ثابت که بر روی حامل های متعدد نصب شده اند قرار می گیرند. علاوه بر این در محل های تقاطع روتور با پوسته از تجهیزاتی جهت آب بندی پوسته به نام گلند استفاده می شود.

ج- روتور

روتور توربین محوری است که توسط یاتاقان های توربین نگه داری می شود و بر روی آن تعدادی دیسک به همراه پره های متحرک نصب شده است.انرژی مکانیکی ایجاد شده (توسط انبساط بخار) موجب چرخش روتور می شود.از نظر ساختمان روتورتوربین های مختلف به روتورهای استوانه ای روتورهای دیسکی , روتورهای یکپارچه, و روتورهای جوش داده شده, تقسیم می شوند. جنس این روتورها عموما از فولاد است.

د- پره های توربین

پره های توربین به دونوع پره های ثابت و متحرک تقسیم می شوند. در پره های ثابت (که بر روی پوسته ی توربین نصب می شوند)بخار منبسط می شود تا به فشار لازم برسد.به عبارتی این پره ها حکم یک نازل کوچک را برای آماده سازی برخورد بخار به پره های متحرک به صورت افزایش سرعت و کاهش فشار دارند.با توجه به انبساط بخار در طول توربین و در طبقات متوالی حجم آن افزایش می یابدو در نتیجه ارتفاع پره هانیز در جهت محور افزایش می یابد. پره های متحرک که بر روی دیسک های روتور نصب می شوند به دو نوع پره های عکس العملی و ضربه ای تقسیم میشوند. باتوجه به اهمیت پره های متحرک توربین ها با نام پره های متحرک آنها(یعنی توربین های عکس العملی وضربه ای)شناخته می شوند. در پره های نوع ضربه ای فشار بخار در پره های متحرک تقریبا ثابت می ماند وتغییر فشار تنها در پره های ثابت مجاور آن انجام می گیرد. به عبارت دیگردر پره های ثابت تبدیل فشار به سرعت (انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی)صورت می گیرد.ولی درپره های متحرک ضربه ای فشار ثابت و سرعت کم می شود.بنابراین افت فشار فقط در پره های ثابت اتفاق می افتد و لذا اختلاف فشار در دو طرف پره های متحرک احساس نمی شود. در شکل (۳-۴۵)پره های متحرک ضربه ای به همراه پره های ثابت و نحوه ی تغییرات فشار و سرعت سیال بخار در برخورد با پره ها نشان داده شده است.



شکل (۳-۴۵): پره‌های توربین ضربه‌ای به‌همراه تغییرات سرعت و فشار سیّال [۹]

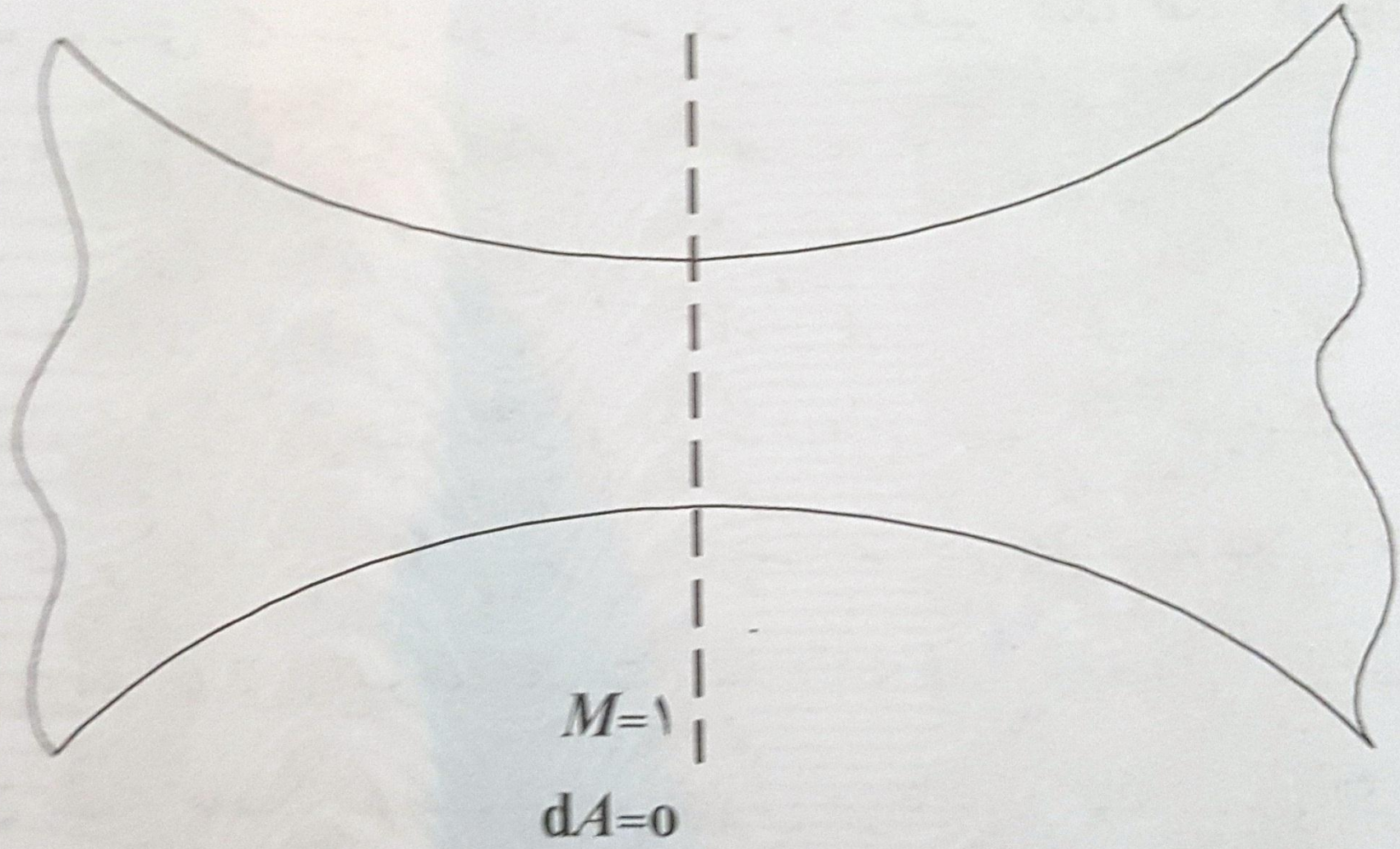
شکل (۳-۴۶): پره‌های توربین عکس‌العملی به‌همراه تغییرات سرعت و فشار سیّال [۹]

ه- شیپوره ها

مجراهایی که سرعت سیال در آنها افزایش می یابد شیپوره نام دارد. اگر سرعت سیال در طول مجرا کاهش یابد آن را پخش کننده می نامند. از شیپوره ها در دهانه ی ورودی و از پخش کننده ها در دهانه ی خروجی توربین های بخاری استفاده می شود.دیگر کاربرد پخش کننده ها در دهانه ی خروجی کمپرسور نیروگاه های گازی می باشد که در قسمت نیروگاه گازی بیان خواهد شد. در ابتدای توربین نیروگاه هااز شیپوره ی لاوال (شیپوره ی همگرا-واگرا)به صورت شکل (۳-۴۹)استفاده می شود.

و- یاتاقان های توربین

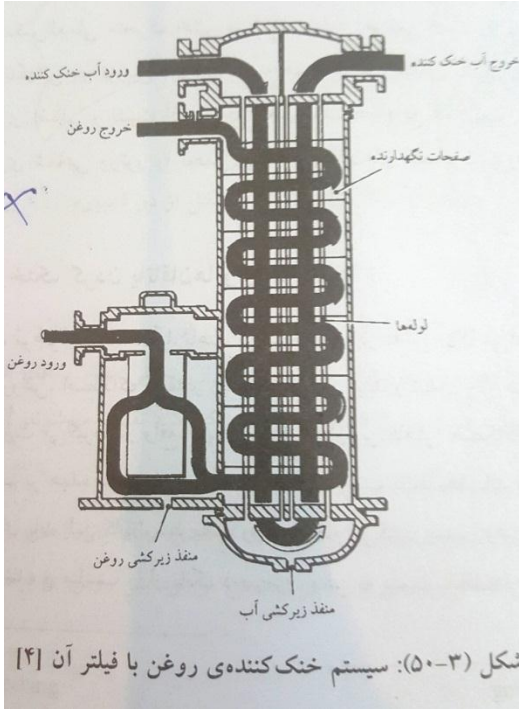
به منظور تحمل وزن محور توربین و جلوگیری از خم شدن محور وحرکت های نا مناسب محور روتور در جهت های نا مطلوب باید از وسایلی به نام یاتاقان استفاده نمود. یاتاقان های توربین به دو دسته یاتاقان های ژورنال و کف گرد تقسیم می شوند.



شکل (۳-۴۹): نازل لاوال، متشکل از دو شیپوره

۳-۱۲-۴ خنک کردن یاتاقان ها و روغن آنها

اصطکاک موجود در یاتاقان ها باعث تولید حرارت در داخل آنها می شود که با ایجاد لایه ی نازک روغن اصطکاک به مقدار زیادی کاهش می یابد و انتقال حرارت هم از یاتاقان به روغن صورت می گیرد. در واقع لایه ی روغن علاوه بر کاهش اصطکاک خنک کنندگی یاتاقان ها را هم برعهده دارد. به منظور خنک کردن مناسب یاتاقان ها باید روغن در داخل یاتاقان ها جریان یابد.این کار توسط پمپ روغن انجام میگیرد .پمپ روغن وظیفه دارد که روغن تصفیه شده و مناسب را از تانک ذخیره ی روغن به سمت یاتاقان ها پمپاژ کند.



شکل (۳-۵۰): سیستم خنک‌کننده‌ی روغن با فیلتر آن [۴]

۳-۱۲-۵ کوپلینگ ها

در توربین ها با پوسته های متعدد باید محور این توربین ها به هم متصل شوند. علاوه بر این محور توربین هم به ژنراتور متصل می شود تا یک محور کامل تشکیل شود. به این منظور از کوپلینگ ها برای اتصال محورها به هم استفاده می شوند.

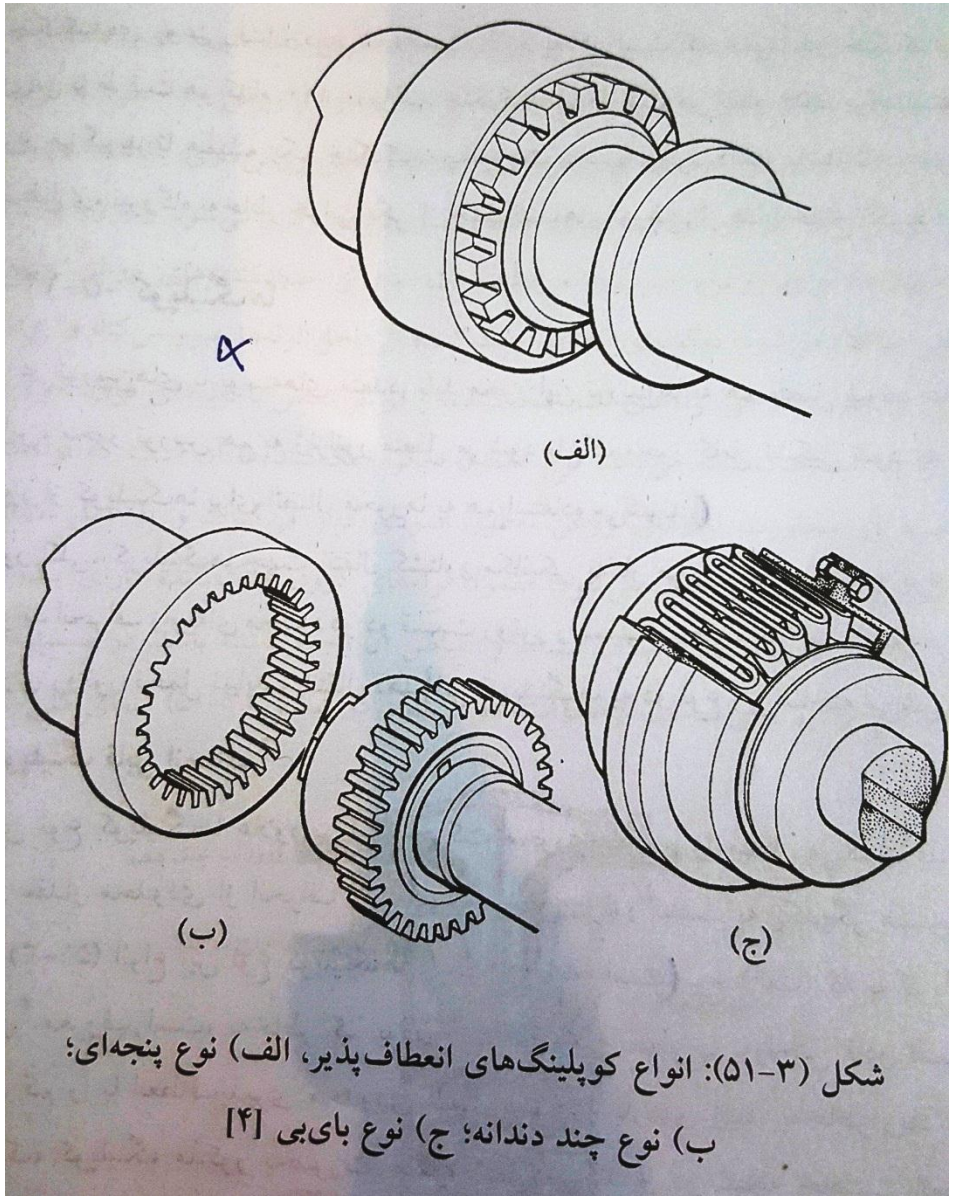
این کوپلینگ ها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- کوپلینگ قابل انعطاف

این نوع کوپلینگ ها علاوه بر آنکه حرکت محوری روتور را منتقل می کنند.قادر به تحمل مقدار محدودی از انحراف زاویه ای دو بخش روتور نسبت به یکدیگر هستند. در شکل(۳-۵۱) انواع این نوع کوپلینگ ها نشان داده شده است.

۲- کوپلینگ صلب

در مواردی که حرکات محور لازم نباشد کوپلینگ صلب به کار می رود. در این حالت دو محور روتور به وسیله ی پیچ هایی به هم محکم می شوند واتصال کاملا صلبی را ایجاد می کنند. در توربین های بزرگ استفاده از کوپلینگ های قابل انعطاف عملی نیست. زیرا باید گشتاور زیادی توسط آنها انتقال یابد. لذا از کوپلینگ های صلب استفاده می شود.معمولا در این حالت یک یاتاقان محوری نیز بین سیلندرهای فشار قوی ((hpو متوسط((ipبه کار می رود.



شکل (۳-۵۱): انواع کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر، الف) نوع پنجه‌ای؛
ب) نوع چند دندانه؛ ج) نوع بای‌بی [۴]

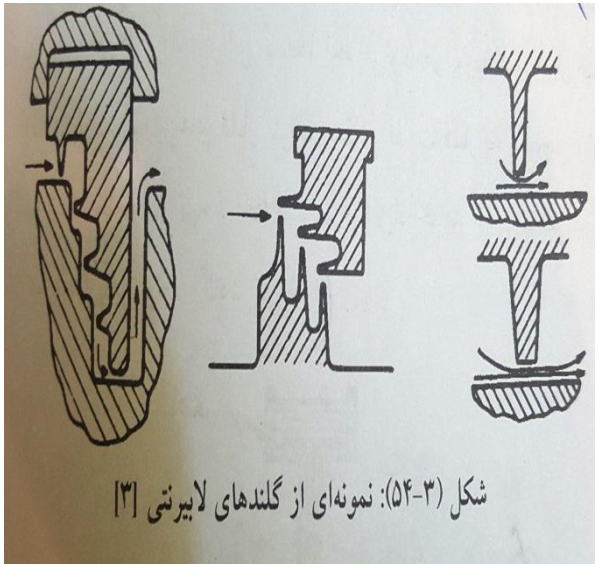
۳-۱۲-۶-ترنینگ گیر

با توجه به جرم بسیار زیاد روتور توربین ها هدایت حرارتی یکنواخت در جهات طولی و شعاعی روتور مساله ای است که باید به آن توجه زیادی مبذول داشت.عدم یکنواختی در گرم و یا سرد شدن روتور سبب تولید تنش های حرارتی و درنتیجه پیچش و تغییر شکل آن می گردد. برای جلوگیری از این امر در موقعی که توربین دچار خاموشی موقت می شود روتور هنوز گرم است و به همین علت نباید روتور سریعا متوقف می شود.بدین منظور هنگامی که دور روتور تا حد معینی تقلیل یافت یک موتور الکتریکی که در انتهای آن چرخ دنده است استارت می شود و این چرخ دنده با درگیری روی چرخ دنده ی واقه بر روتور آن را به آرامی (با دوری در حدود ۳ دور بر دقیقه) به گردش در می آورد. به این ترتیب با چرخاندن آرام روتور بتدریج دمای آن را به طور یکنواخت تقلیل می دهد تا سرد شود. در موقع راه اندازی نیز با استفاده از این شیوه روتور را بتدریج گرم می کنند.مجموعه ی این موتور الکتریکی و جعبه دنده ی آن را ترنینگ گیر می نامند.

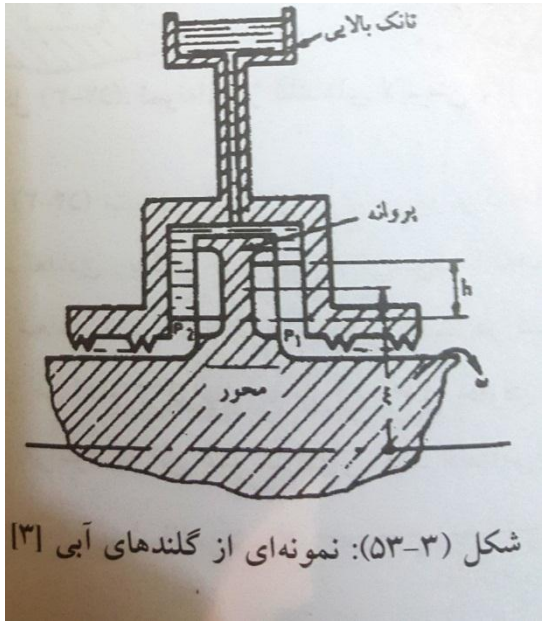
۳-۱۲-۷ گلندهای توربین

برای جلوگیری از برخورد قطعات متحرک توربین (روتور) و قسمت ثابت آن (پوسته)مقداری لقی بین آنها وجود دارد. از طرف دیگر لقی مذکور, نشت بخار از پوسته های hpو ipبه بیرون و نیز در پوسته ی lpنفوذ هوای بیرون به داخل توربین را مسیر می سازد. نفوذ هوا در توربین های lpبه این علت است که فشار بخار در داخل کمتر از فشار اتمسفر است. بنابراین چنان چه لقی مذکور از حدی تجاوز نماید پدیده ی نشتی تشدید خواهد شد. لذا در محل تقاطع روتور با پوسته هااز مجموعه های خاص بنام گلند (به منظور آب بندی پوسته ها)استفاده می شود.

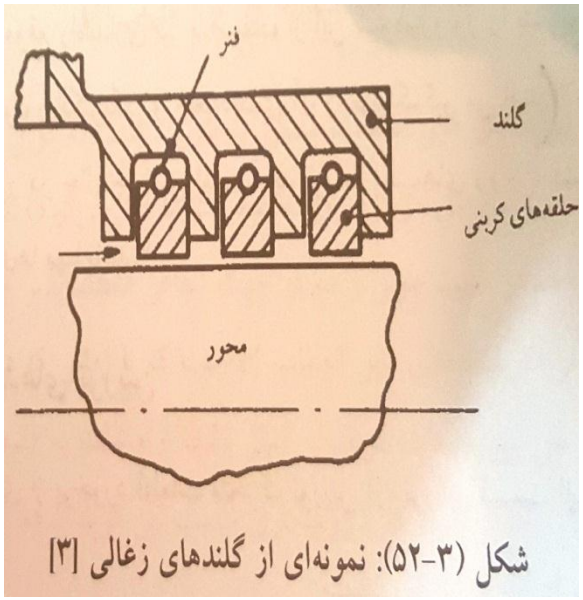
از نظر ساختمان و کاربرد گلند های توربین را می توان به سه دسته تقسیم نمود:



شکل (۳-۵۴): نمونه‌ای از گلندهای لابیرنتی [۳]



شکل (۳-۵۳): نمونه‌ای از گلندهای آبی [۳]



شکل (۳-۵۲): نمونه‌ای از گلندهای زغالی [۳]

الف- گلند زغالی

این نوع گلند ها در شکل (۳-۵۲) نشان داده شده است. از چندین حلقه با جنس زغال تشکیل شده است. هر کدام از این حلقه ها از چندین تکه تشکیل می شود که این تکه ها بوسیله ی رینگ و فنر به هم متصل شده , یک حلقه ی زغالی را تشکیل می دهند.این حلقه هادر داخل شیارهایی در پوسته ی گلند جاسازی می شوند. به گونه ای که در اطراف روتور با لقی کمی همراه خواهند بود.برای جلوگیری از چرخش حلقه در داخل شیار از یک خار شعاعی استفاده می شود. با توجه به امکان ساییدن زغال ها به راحتی می توان میزان لقی را کنترل نمود. همچنین به وسیله ی فنر نصب شده در داخل رینگ هانیز می توان نیروی فشاری پشت قطعات را کم و زیاد نمود.

ب- گلند آبی

همان گونه که در شکل (۳-۵۳)مشخص است یک گلند آبی از یک پروانه ی دوبل تشکیل شده است که بر روی روتور نصب می شود. این پروانه در داخل محفظه ی خود مشابه یک پمپ گریز از مرکز عمل می کند. آب از مجرایی که بر روی پوسته ی توربین ایجاد شده به محفظه ی بالای پوسته ی پروانه تزریق می شود و با چرخش پروانه (که به محور روتور متصل است)آب موجود در این محفظه به صورت یک رینگ ضخیم نفوذ ناپذیر در می آید که در نتیجه مانع ورود هوای محیط به داخل پوسته ی توربین می شود. به عبارت دیگر توربین آب بندی می گردد.با توجه به اینکه این پروانه از یک طرف با هوای محیط و از طرف دیگر با بخار پره های انتهایی توربین ارتباط دارد وبا در نظر گرفتن تفاوت فشار هوای محیط و فشار بخار توربین ارتفاع آب در دو طرف پروانه متفاوت است که بالطبع اختلاف ارتفاعی به مقدار hبوجود می آید. با توجه به محدودیت فشار تولید شده توسط پروانه از این گلندها فقط می توان در توربین های فشار ضعیف استفاده نمود. زیرا در توربین های فشار متوسط و قوی تفاوت فشار بخار توربین و فشار هوا بسیار زیاد است و در نتیجه اختلاف ارتفاع hزیاد خواهد شد.همچنین بازده ی توربین هم به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد.

ج- گلند لابیرنتی

با توجه به اینکه گلندهای زغالی برای توربین های با فشار و درجه حرارت زیادمناسب نیستند. لذا امروزه از گلند های لابیرنتی استفاده می شود. این نوع گلند از یک رینگ تشکیل شده است که در جداره های داخلی آن تعدادی نوارهای فلزی دایره ای شکل تعبیه شده است. با توجه به اینکه لبه ی این نوارها نازک می باشد در نتیجه با قرار گرفتن در پوسته ی گلند به همراه برجستگی های مشابهی که بر روی روتور ایجاد می شود حفره های متعددی شکل می گیرند. در شکل (۳-۵۴)نمونه هایی از این گلندها نشان داده شده است .

۱۳-۳ پمپ های نیروگاه

۱- پمپ تخلیه ی هوای کندانسور

همان گونه که در مباحث قبل هم بیان شد تخلیه ی هوای موجود در کندانسور به منظور رسیدن به عملکرد مطلوب خنک کنندگی بخار خروجی از توربین اجتناب ناپذیر است.روند تخلیه ی هوای کندانسور با دو هدف انجام می شود:

الف- خارج کردن هوای نشتی ورودی به کندانسور از طریق فلنج ها و لوازم آب بندی

ب- خارج کردن گازهای غیر قابل حل موجود در بخار خروجی از توربین

۲- پمپ در گردش آب خنک کنندگی

در بحث برج های خنک کن بیان نمودیم که در بعضی از روش ها برای تبدیل بخار خروجی از توربین ها به مایع اشباع نیاز به آب خنک کننده می باشد.دمای این آب در برج هایی بنام برج های خنک کن پایین می آید. با توجه به تفاوت سطح لوله های کندانسور و برج های خنک کن نیاز به پمپ هایی بنام پمپ در گردش آب خنک کننده می باشد تا آب را با فشار مناسب از برج های خنک کن به سمت لوله های کندانسور تزریق (پمپاژ)کند.

۳- پمپ تخلیه ی آب کندانسور

این پمپ ها به منظور تخلیه ی آب خنک شده از کندانسور به طرف پیش گرمکن ها به کار می رود. در این نوع پمپ ها باید دقت شود که در زمان تخلیه ی آب خنک شده از کندانسور هیچ گونه اکسیژنی در داخل آب سیکل نباشد. البته در نیروگاه های با قدرت زیاد از دو پمپ تخلیه ی آب استفاده می شود تا در شرایط اضطراری بتوان از هر دو پمپ استفاده نمود. همچنین در شرایط عادی یکی از آنها را به عنوان ذخیره مورد استفاده قرار می دهند.

۴- پمپ های تغذیه ی آب دیگ بخار

این پمپ ها به عنوان بزرگترین و پر قدرت ترین پمپ نیروگاه های بخاری قلمداد می شوند. درنتیجه طرح مناسب این گونه پمپ ها بر قابلیت بهره برداری کل واحد تاثیر چشم گیری خواهد داشت. در تعیین طرح مطلوب سیستم آب تغذیه ی دیگ بخار و به منظور ارزیابی اقتصادی به محاسبه ی هزینه های سرمایه گذاری برای شرایط راه اندازی هزینه های تعمیر و نگه داری و تاثیرات احتمالی اتلاف قابلیت بهره برداری نیاز می باشد.

۵- پمپ روغن

پمپ های روغن نیروگاه وظیفه ی تامین روغن را برای تجهیزات مورد نیاز بر عهده دارند.عموما این پمپ اصلی به سه دسته پمپ اصلی روغن , پمپ کمکی, پمپ روغن اضطراری و پمپ روغنی بلند کننده تقسیم می شوند . پمپ اصلی روغن پمپی است که مستقیما به محور توربین متصل می شود که به تعداد دور توربین می چرخد و عمل روغن کاری توربین را به طور دایمی و در حال کار توربین انجام می دهد.

۶- پمپ های متفرقه

۶-۱ پمپ چاه عمیق: در بعضی از نیروگاه ها که آب مصرفی را توسط ایجاد چاه های عمیقی در محل نیروگاه بدست می آورند لازم است تا از پمپ های فشار قوی برای بیرون آوردن آب مصرفی از چاه نیروگاه استفاده شود.

۶-۲ پمپ های آب مصرفی نیروگاه: در هر نیروگاهی تعدادی پمپ وجود دارد که وظیفه ی تامین آب مصرفی نیروگاه در سیستم های اصلی و کمکی نیروگاه از قبیل سیستم تصفیه ی آب را به عهده دارند.

۶-۳ پمپ های چرخش آب اواپراتور:در بعضی از نیروگاه های بخاری که لازم باشد چرخش آب در اواپراتور با نیروی اجباری انجام گیرد از پمپ چرخش آب اواپراتور استفاده می شود.

۶-۴ پمپ های آب خنک کننده: وظیفه ی این گونه پمپ ها تزریق آب به خنک کننده های هیدروژن مصرفی نیروگاه, خنک کننده های روغن مصرفی , خنک کننده تجهیزات پمپ ها, کمپرسور هوا , یاتاقان ها و .... می باشد. در همه ی نیروگاه ها تعدادی از این پمپ ها به همراه فیلترهای مناسب وجود دارند تا با تصفیه نمودن آب خارج شده از خنک کننده ها بتوان دوباره از این آب به نحو مطلوب استفاده نمود.

۶-۵ پمپ های تزریق مواد شیمیایی: این گونه پمپ ها به منظور تزریق مقدار معینی از مواد شیمیایی به داخل آب سیکل نیروگاه به کار می روند.

۶-۶ پمپ های آتش نشانی: این پمپ ها دارای ساختمان ساده ای هستند که باید قابلیت اعتماد بسیار بالایی را برای کار در شرایط اضطراری داشته باشند. محرک این پمپ ها دارای سیستم مستقلی است که بوسیله ی موتورهای دیزلی راه اندازی می شود.