

چیلرهای بخار



چیلر جت بخار (Steam jet chiller) برای اولین بار در سال ۱۹۰۱ میلادی به طور هم زمان در فرانسه توسط لی بلانک و در انگلستان توسط پارسونز طراحی و ساخته گردید. به دلیل ماهیت عملکرد و توانمندی های ذاتی این سیستم نسبت به سایر سیستم های تولید برودت، از آن تاریخ تا کنون ضمن گسترش روز افزون کاربردهای این سیستم، پیشرفت های قابل توجهی نیز در زمینه های طراحی، تولید و افزایش راندمان آن به دست آمده است. هم اکنون این سیستم سهم قابل توجهی از تولید برودت را در صنایع گوناگون مانند صنایع شیمیایی، غذایی، تهویه مطبوع و غیره به خود اختصاص داده است.

سرمايش به وسيله بخار

اساس کار بسیار ساده می باشد. افزایش فشار هوا در سطح آب باعث افزایش دمای جوش آب شده و کاهش فشار هوای سطح آب باعث کاهش دمای جوش آن می گردد. بر همین اساس در یک چیلر بخار، فشار درون چیلر توسط اجکتورهای بخار به میزان مورد نیاز کاهش یافته و گرمای آب ورودی به چیلر، به صورت بخار از آن خارج شده و آب سرد می گردد. از طرفی تبدیل هر کیلوگرم آب از حالت مایع به بخار ۶۰۰ کیلوکالری انرژی حرارتی جذب می نماید، با در نظر گرفتن تعریف تن برودت که معادل ۳۰۰۰ کیلو کالری انرژی می باشد با تبدیل ۵ کیلوگرم آب از حالت مایع به بخار یک تن، برودت تولید می گردد.

سادگی عملکرد چیلر بخار به همراهی توانمندی های ذاتی این سیستم باعث ایجاد امتیازات ذیل برای آن ها می گردد:

* عملکرد مطمئن و قابل اطمینان

* استفاده از آب به عنوان مبرد

* تعمیر و نگهداری ناچیز به همراه عمر طولانی

* کاهش هزینه‌های اولیه و جاری

* عدم نیاز به نیروی متخصص

* امکان کاهش دمای آب تا یک درجه سانتیگراد

* امکان استفاده از بخار با فشار پایین

* استفاده از بخار به جای انرژی برق

* سرمایه‌ش مستقیم و سریع

* امکان نصب در فضای آزاد

مزایای چیلرهای بخار

۱- عملکرد مطمئن و قابل اطمینان

اگر سرمایه‌ش مورد نیاز شما برای مدت ۲۴ ساعت و در تمام طول سال می‌باشد، بهترین انتخاب چیلر بخار می‌باشد. این سیستم با عملکردی مطمئن بدون نیاز به مراقبت و رسیدگی و نگرانی از هر گونه خرابی و یا توقف نیازهای کار شما را برآورده می‌سازد.

۲- استفاده از آب به عنوان مبرد

در چیلرهای تراکمی و جذبی از انواع گازهای فرئون، آمونیاک و لیتیم برماید به عنوان مبرد استفاده می‌شود. این مواد ضمن داشتن اثرات مخرب زیست محیطی بسیار گران قیمت بوده و معمولاً در اثر هرگونه نشتی و یا تعمیرات از درون چیلر تخلیه شده و به هنگام راه اندازی مجدد لازم است دوباره تهیه و درون سیستم تزریق شوند. این مسئله باعث افزایش چشمگیر هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌گردد. در چیلرهای بخار از آب به عنوان تنها مبرد استفاده می‌گردد، به این ترتیب ضمن حذف معضلات اثرات سوء مواد شیمیایی فوق در هر زمان که نیاز باشد و بدون هیچ گونه هزینه، می‌توان آب درون چیلر را تخلیه و یا مجدد آب گیری نمود.

۳- تعمیر و نگهداری ناچیز

با توجه به عدم وجود قطعات متحرک و مستهلک شونده هزینه های نگهداری سیستم تقریباً صفر می باشد و تنها هزینه های احتمالی از بابت تعویض واشرهای آب بندی آن هم هر چند سال می باشد.

۴- کاهش هزینه های اولیه و جاری

قیمت اولیه چیلرهای بخار با بالا رفتن ظرفیت آنها نسبت به سایر انواع چیلر به خصوص چیلرهای جذبی کاهش می یابد. همچنین هزینه های نگهداری آنها در مقایسه با چیلرهای جذبی و خصوصاً تراکمی تقریباً صفر می باشد.

۵- عدم نیاز به نیروی متخصص

از ویژگی های برجسته این سیستم نسبت به انواع چیلرهای تراکمی و جذبی عدم نیاز به نیروی متخصص جهت راهبری و تعمیرات می باشد. یکی از بزرگترین مشکلات چیلرهای تراکمی و جذبی نیاز به نیروی متخصص جهت نگهداری و به خصوص تعمیرات می باشد. این مسئله ضمن به همراه داشتن هزینه های بسیار بالا در مکان های که امکان دسترسی به نیروی متخصص نبوده، مشکل ساز شده و باعث ایجاد توقف های طولانی و پیش بینی نشده می گردد. سادگی عملکرد چیلرهای بخار به همراه عدم وجود قطعات مستهلک شونده احتمال هرگونه خرابی و توقف در چیلر را از بین برده و لذا وجود نیروی متخصص را منتفی می نماید.

۶- امکان کاهش دمای آب تا یک درجه سانتی گراد

در چیلرهای جذبی دمای خروجی آب سرد از چیلر بین ۶ و ۷ درجه سانتی گراد می باشد و در صورتی که دمای کمتر از ۶ درجه سانتی گراد موردنیاز باشد چیلرهای جذبی امکان تأمین آن را ندارد. چیلرهای بخار امکان کاهش دمای آب خروجی از چیلر را تا یک درجه سانتی گراد را دارا می باشند.

۷- استفاده از بخار به جای انرژی برق

با توجه به افزایش تصاعدی هزینه های انرژی الکتریکی مانند خرید اولیه امتیاز، آب ومان، تابلو برق، کنترل و انتقال آن به هر صورت که به توان تجهیزات مصرف کننده را کاهش داد و در نهایت تأثیرات قابل ملاحظه ای در کاهش هزینه های اولیه و جاری انرژی الکتریکی به وجود خواهد آمد. به همین علت استفاده از بخار که منبع تهیه آن سوخت های فسیلی می باشد و در مواردی نیز به صورت مازاد موجود می باشد، بسیار مقرون به صرفه و اقتصادی می باشد.

۸- امکان استفاده از بخار با فشار پایین

بوسترها (اجکتورهای اصلی چیلر) که تأمین کننده برودت می باشند قابلیت راه اندازی با بخار فشار ۵/۰ بار مطلق یا بخار دمای ۸۰ درجه سانتیگراد را دارا می باشند. معمولاً این چیلرها برای فشار بخار بین ۲ تا ۳ بار طراحی و استفاده می شوند که بدین ترتیب

امکان استفاده از بخارهای خروجی از توربین ها و یا مواد مشابه فراهم می گردد. هر چند بالا رفتن فشار بخار باعث کاهش میزان مصرف بخار می گردد ولی با توجه به هزینه تأمین بخار فشار بالا، فشار بخار مصرفی در چیلر، با توجه به مسائل اقتصادی و یا بخار موجود در محل مصرف تعیین می گردد. در مواردی که بخار از قبل موجود نبوده و برای این منظور تهیه می گردد، فشار بخار ۷ بار حالت بهینه بین حداقل مصرف و هزینه تأمین بخار می باشد.

۹- عمر طولانی

با توجه به وجود خلاء درون چیلر و در نتیجه عدم وجود هوا حین کار، هیچ گونه زنگ زدگی و خوردگی درون آن ایجاد نمی گردد. این مسئله به همراه عدم وجود قطعات متحرک و مستهلک شونده باعث شده این چیلرها نسبت به سایر انواع چیلر از عمر بسیار بیشتری برخوردار گردند. (عمری بیش از ۳۰ سال)

۱۰- امکان نصب در فضای آزاد

جهت نصب چیلرهای بخار نیاز به هیچ گونه فضای سرپوشیده و خاصی نمی باشد و می توان این سیستم را به راحتی در فضای باز نیز نصب نمود. این مسئله ضمن از بین بردن هزینه های مرتبط با موضوع فوق باعث می شود تا امکان نصب سیستم در بهترین موقعیت نسبت به برج خنک کن و مصرف کننده آب سرد میسر شده و در هزینه های بالای لوله کشی و پمپاژ آب نیز صرفه جویی گردد.

۱۱- طراحی طبق سفارش و شرایط موجود

کلیه بخش های اصلی چیلرهای بخار مانند بوسترها، کندانسور، اواپراتور و غیره را می توان برحسب نیاز به صورت های عمودی افقی و یا مایل نصب نمود. این امکان باعث می شود بتوان از فضاهای غیر قابل مصرف و مکان های موجود مانند روی پشت بام ها و یا طبقات استفاده نمود.

اجزاء چیلر بخار

۱- بوستر.....Booster

بوستر مهم ترین قسمت چیلر بوده و نقش کمپرسور را در این سیستم به عهده دارد. وظیفه آن مکش بخار ایجاد شده در اثر جوشش آب از اواپراتور و افزایش فشار و تخلیه آن به کندانسور می باشد. (مشابه کمپرسور) عملکرد چیلر و راندمان آن به عملکرد بوستر بستگی داشته، لذا طراحی و محاسبه دقیق آن از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. نازل های اصلی بوستر از جنس استنلس استیل بوده و حداقل فشار بخار قابل طراحی آن نیز ۵/۰ بار مطلق می باشد. در چیلر های ظرفیت بالا از ۲ تا ۳ عدد بوستر به طور موازی استفاده می گردد. در این حالت ضمن کنترل ظرفیت چیلر به وسیله قطع و وصل بخار هر بوستر، مصرف بخار و ظرفیت برج

خنک کن نیز بین ۲۵ تا ۳۵ درصد کاهش می یابد. در این حالت مخازن اوپراتور و کندانسور نیز به صورت ۲ یا ۳ مرحله ساخته می شوند. به عنوان مثال برای کاهش دمای آب ورودی اوپراتور به میزان ۶ درجه سانتی گراد می توان به جای استفاده از یک بوستر که به تنهایی این عمل را انجام دهد، از ۲ یا ۳ عدد بوستر به نحوی استفاده نمود که هر کدام باعث کاهش ۲ یا ۳ درجه سانتی گراد از دمای آب گردند.

۲- اوپراتور.....Evaporator

اوپراتور مخزنی است که در آن عمل سرد شدن آب در اثر ایجاد خلاء و کاهش فشار و در نتیجه تبخیر ناگهانی آب انجام می پذیرد. تبخیر هر یک درصد از آب ورودی به اوپراتور باعث کاهش ۵ درجه سانتی گراد از دمای آب می گردد. خلاء موجود در اوپراتور ابتدا توسط اجکتورهای هوا ایجاد گردیده و سپس به وسیله بوستر نصب شده بر روی آن تا حد مورد نیاز (متناسب با دمای آب سرد مورد نیاز و نقطه جوش آن) کاهش می یابد، لذا زمانی که آب وارد آن می گردد گرمای خود را در اثر جوشش و تبخیر از دست داده و سرد می شود. مخزن تبخیر کننده به صورت یک، دو یا سه مرحله ای ساخته می شود.

۳- کندانسور.....Condenser

بخار ایجاد شده در اوپراتور به وسیله بوسترها مکیده شده و به کندانسور تخلیه می گردد. کندانسور وظیفه بازپس گیری گرما از مجموعه بخارهای ورودی و تبدیل مجدد آن ها به مایع را برعهده دارد. به عبارت دیگر گرمایی که در اوپراتور در اثر تبخیر از آب گرفته شده از طریق کندانسور به آب برج خنک کن منتقل شده و از طریق برج خنک کن به محیط منتقل می گردد. در چیلرهای بخار، برحسب سفارش از سه نوع کندانسور تماس مستقیم، سطحی و تبخیری می توان استفاده نمود.

۴- اجکتورهای هوا.....Air Ejectors

وظیفه آن ها تخلیه گازهای غیرقابل تقطیر (مانند هوا و سایر گازهای مشابه) از سیستم و ایجاد خلاء در زمان راه اندازی چیلر و حفظ آن خلاء در هنگام کار می باشد. مجموعه اجکتورهای هوا پس از کندانسور اصلی نصب می گردند. حداقل فشار بخار قابل طراحی برای اجکتورهای هوا ۸/۱ بار می باشد. در صورتی که فشار بخار فوق در دسترس نباشد با توجه به این که بوسترهای اصلی از فشار ۵/۰ بار مطلق به بالا قابل طراحی و ساخت می باشند و بیش از ۹۰ درصد مصرف بخار نیز مربوط به آن ها می باشد، می توان به جای اجکتورهای فوق از پمپ وکیوم استفاده نمود و کل مجموعه را با فشار ۵/۰ بار مطلق به بالا راه اندازی نمود.

کنترل ظرفیت چیلر بخار

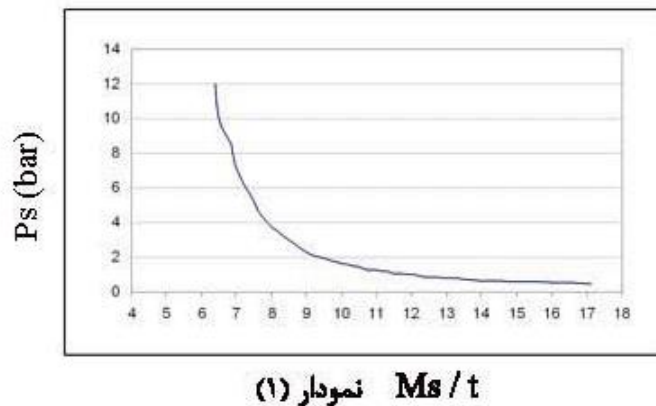
برای کاهش مصرف بخار و توانایی کنترل ظرفیت در چیلرهای بخار می توان از دو یا سه عدد بوستر استفاده نمود. هم چنین مخازن اوپراتور و کندانسور نیز به صورت چند مرحله ساخته می شوند. بدین ترتیب در زمان کاهش مصرف برودت می توان بخار ورودی یک یا دو بوستر را قطع نموده و از مصرف بخار اضافی جلوگیری نمود. از طرفی کاهش دمای آب ورودی به کندانسور تأثیر

مهمی در کاهش مصرف بخار دارد به طوری که در ازاء هر ۱ درجه سانتی گراد کاهش آب ورودی به کندانسور میزان بخار مصرفی ۷ درصد کاهش خواهد یافت. از طرفی با توجه به اختلاف دمای محیط در روز و شب و هم چنین در فصول مختلف و تأثیر آن در عملکرد برج خنک کن و دمای آب خروجی از آن را می توان با کم نمودن فشار بخار مصرفی در زمان کاهش دمای آب ورودی به کندانسور، مصرف بخار را نیز کاهش داد و تا ۵۰ درصد به طور متوسط در طول سال در مصرف بخار صرفه جویی می گردد.

در زمان طراحی چیلر بخار حداکثر دمای آب ورودی به کندانسور در تابستان در نظر گرفته می شود. در صورتی که با توجه به تغییرات دمای محیط طی ماه های مختلف و حتی در طی شبانه روز و اثر آن بر دمای آب ورودی به کندانسور، میانگین واقعی مصرف بخار عموماً کمتر از ۵۰ درصد، مقدار ماکزیمم آن می باشد.

تأثیر فشار بخار بر ظرفیت و مصرف بخار در چیلر های بخار

افزایش فشار بخار، باعث کاهش بخار مصرفی در چیلر بخار می شود. نمودار شماره ۱ تأثیر فشار بخار را نسبت به مصرف بخار و پرودت تولید شده (Ms/t) نشان می دهد.



انواع کندانسورهای قابل استفاده در چیلرهای بخار

کندانسور تماس مستقیم..... Direct Condenser

در این نوع کندانسور، بخار مستقیماً با آب سردی که از برج خنک کن وارد کندانسور گردیده برخورد نموده و گرمای خود را به آب انتقال می دهد. این عمل سبب تقطیر بخار (تبدیل بخار به مایع) و افزایش دمای آب می گردد. مخلوط بخار تقطیر شده و آب گرم شده از انتهای کندانسور خارج گردیده و جهت سرد شدن و استفاده مجدد در کندانسور بارومتریک بخارهای تقطیر شده با آب درون کندانسور مخلوط گردیده و به حجم آب برج خنک کن اضافه می شوند و تبخیر برج را جبران می نمایند. به عبارت دیگر آب

تقطیر شده در برج خنک کن مورد استفاده قرار می گیرد. حداقل ارتفاع نصب این مدل کندانسور با توجه به خلاء موجود در آن ها جهت خروج طبیعی آب در حال سیر کوله ۱۱ متر می باشد. در مجموع با توجه به عدم نیاز کندانسور بارومتریک به تعمیر و نگهداری، عمر طولانی، قیمت اولیه مناسب، کاهش مصرف بخار چیلر و افزایش راندمان آن درصد عمده چیلرهای جت بخار با این مدل کندانسور تولید می گردد.

کندانسور سطحی..... Surface Condenser

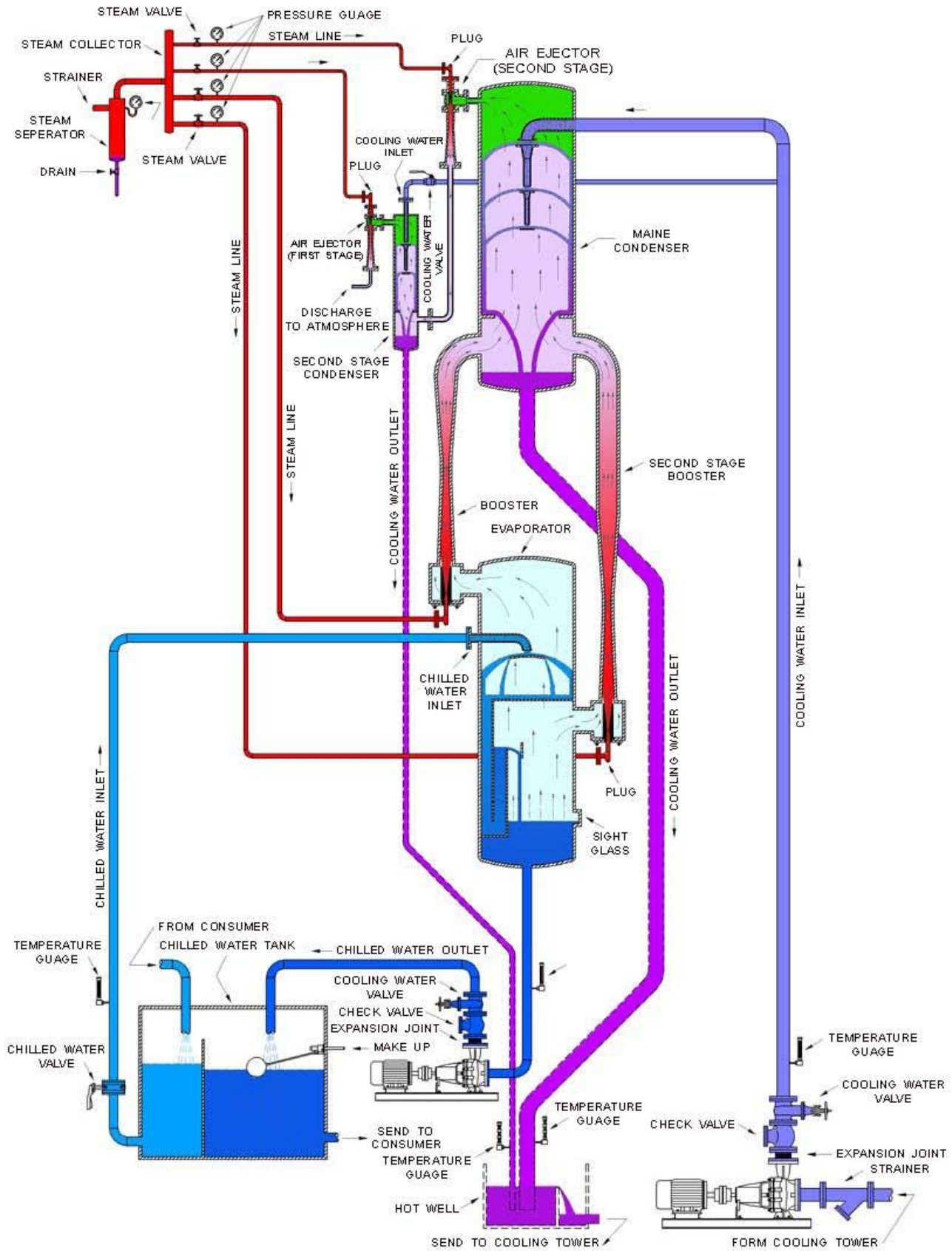
این کندانسور از نوع مبدل (پوسته-لوله) می باشد. آب در درون لوله های مبدل جریان داشته و بخار نیز در داخل پوسته و در پشت لوله ها قرار دارد. د ر اثر تماس بخار با سطح خارجی لوله ها، بخار گرمای خود را به آب درون لوله ها منتقل نموده و تبدیل به مایع می گردد. آب درون لوله ها پس از گرم شدن به سمت برج خنک کن رفته تا برای استفاده مجدد سرد گردد. بخار تقطیر شده نیز برای استفاده در دیگ بخار از داخل پیوسته کندانسور خارج می شود. مصرف بخار در چیلرهای با کندانسور سطحی نسبت به چیلر با کندانسور بارومتریک در ظرفیت و شرایط کاری یکسان حدوداً ۲۵ درصد افزایش می یابد. به همین علت معمولاً چیلرهای با کندانسور سطحی برای ظرفیت های پایین حداکثر تا ۱۲۰ تن برودت مورد استفاده قرار می گیرند.

کندانسور تبخیری..... Evaporative Condenser

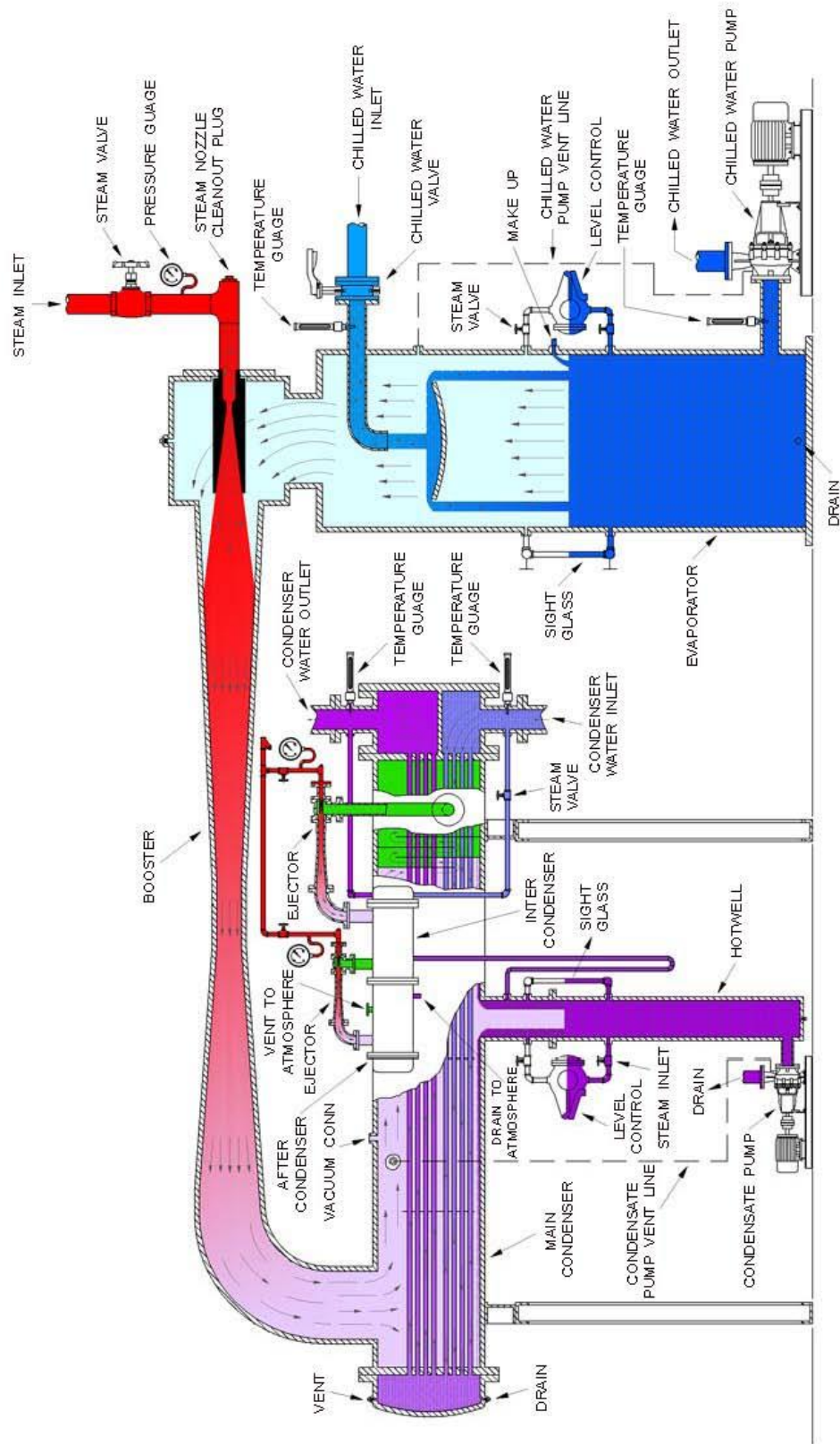
ترکیب کندانسور سطحی و برج خنک کن را کندانسور تبخیری می نامند. در این کندانسور بخار داخل لوله هایی قرار داشته که از پشت به وسیله پاشش مستقیم آب و عبور جریان هوای ایجاد شده توسط فن های مربوطه از روی آن ها به طور مستقیم سرد می شوند. بدین ترتیب بخار درون لوله ها با تبادل حرارت با سطح خارجی، ضمن از دست دادن گرما، تقطیر شده و برای استفاده در دیگ بخار از داخل آن ها خارج می شود. در این مدل با حذف برج خنک کن، کلیه پمپ ها و لوله کشی های بین کندانسور و برج خنک کن نیز حذف می گردد. از طرفی مصرف بخار در چیلرهای با کندانسور تبخیری نسبت به چیلر با کندانسور بارومتریک در ظرفیت و شرایط کاری یکسان حدوداً ۱۵ درصد افزایش می یابد، هم چنین با توجه به تبخیر مستقیم آب پاشیده شده بر روی لوله های کندانسور و امکان ایجاد رسوب بر روی آن ها، کیفیت آب مهم بوده و سطوح خارجی لوله ها نیز بایستی همواره تمیز نگاه داشته شوند.



Steam Jet Chiller



Steam Jet Chiller



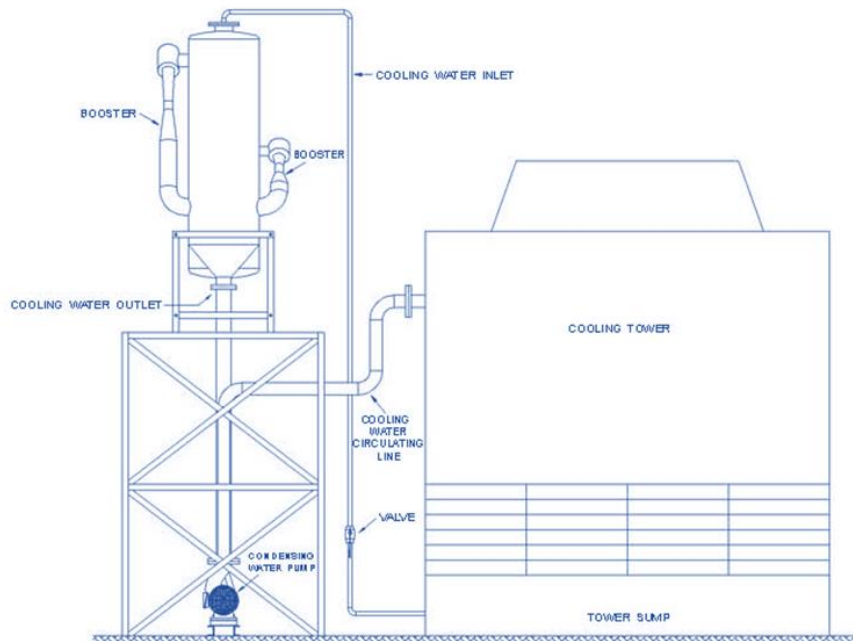
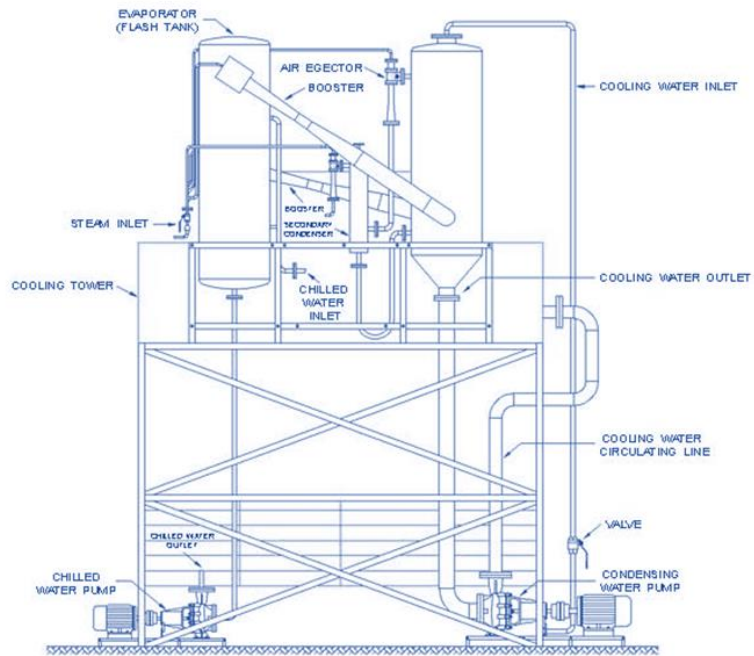
حالت های خاص ترکیب چیلر با کندانسور بارومتريک و برج خنک کن

در این حالت چیلر بر روی یک سکو با ارتفاع ۳ متر از سطح زمین قرار گرفته و برج خنک کن نیز در روی زمین و در کنار مجموعه فوق قرار می گیرد. در این حالت آب از برج خنک کن بدون نیاز به پمپ و بوسیله خلاء موجود در چیلر به کندانسور منتقل می گردد. آب درون کندانسور توسط یک پمپ که زیر آن قرار گرفته، از درون کندانسور تخلیه و به بالای برج خنک کن انتقال می یابد. در این روش با کوتاه شدن فاصله افقی و عمودی کندانسور نسبت به برج خنک کن میزان لوله کشی های مابین آن ها کاهش یافته و با توجه به مکش طبیعی آب از برج خنک کن پمپ ارسال آب کندانسور نیز حذف می گردد. کاهش میزان لوله کشی و حذف پمپ فوق، ضمن کاهش هزینه های اولیه، هزینه انرژی الکتریکی را نیز کاهش می دهد.

از طرفی با کوتاه شدن ارتفاع نصب چیلر، هزینه های فونداسیون کاهش یافته و امکان نصب آن در بسیاری از مکان ها و یا بعضی مکان های موجود مانند پشت بام فراهم می گردد.



Steam Jet Chiller



اطلاعات مورد نیاز جهت سفارش چیلر بخار

چیلرهای بخار در صورت وجود امکانات اولیه، براساس تجهیزات موجود و مشخصات آن ها محاسبه و طراحی می گردند. لذا در زمان سفارش چیلر لازم است اطلاعات مربوط به تجهیزات فوق ارائه گردد. در صورت عدم وجود امکانات اولیه، بهترین شرایط جهت حداقل مصرف انرژی پیشنهاد می گردد.

برای سفارش، ارائه اطلاعات ذیل لازم می باشد:

۱- سیالی که بایستی سرد گردد:

(به طور معمول آب می باشد. در صورتی که غیراز آب باشد حتماً ذکر گردد.)

۲- مقدار آب سرد مورد نیاز بر حسب متر مکعب در ساعت (M3/H)

۳- دمای آب سرد خروجی به چیلر: (°C)

۴- دمای آب سرد ورودی از چیلر: (°C)

۵- حداقل فشاردیگ بخار: (Bar)

۶- حداکثر دمای آب برج خنک کن: (°C)

۷- میزان برودت مورد نیاز: (Ton) (در صورت مشخص بودن)

۸- نوع کندانسور: بارومتریک سطحی

