چیلرها و پارامترهای موثر در انتخاب

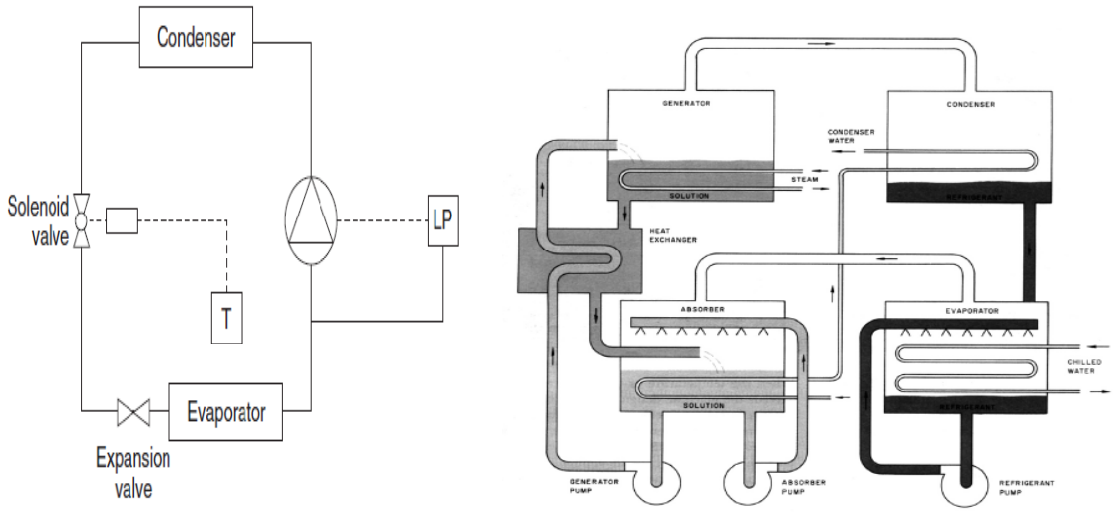
از چیلر ها برای تامین بار برودتی مورد نیاز در پروژه های ساختمانی به عنوان یک گزینه ارزشمند و اقتصادی به راحتی نمی توان چشم پوشید . چیلرهای تراکمی با استفاده از انرژی الکتریکی و چیلرهای جذبی با استفاده از انرژی حرارتی، تولید سرما می کنند، لذا با توجه به پارامترهای ذیل تنها استفاده از برخی از انواع چیلرها برای یک پروژه وجود خواهد داشت که عبارتند از :

- شرایط آب و هوایی
- منطقه جغرافیایی
- هزینه انرژی مصرفی و نوع انرژی موجود در منطقه و اولویت استفاده از انرژی مربوطه
- هزینه تامین آب مورد نیاز
- بار برودتی مورد نیاز
- نوع کاربری (محیط های مسکونی – تجاری – صنعتی)

یک فرانسوی بنام فردیناند کاره (Ferdinand carre) سیستم جذبی را اختراع و در سال 1860 در آمریکا به ثبت رسانید . این تصمیم را اولین بار در آمریکا کنفدراسیون ایالتی در طول جنگ و پس از قطع امکان تهیه یخ طبیعی از شمال به کار گرفت .در دستگاه تبرید جذبی، برای سرد کردن آب مستقیماً از حرارت استفاده میشود و به هیچ وسیله ی محرّک اولیه ای نیاز نیست و بنابراین در تمام طول سال می توان سرمایش داشت .از آنجا که این نوع دستگاهها لرزش نیز ندارند؛ می توان آنها را در هر مکانی که منبع حرارت در اختیار باشد، مورد استفاده قرار داد .همچنین بخار آب یا آب داغ ؛ حرارت مورد نیاز به عنوان نیروی محرکه دستگاههای جذبی می باشد و بنابراین از این دستگاهها میتوان در موارد زیر استفاده کرد:

- در مواردی که هزینه ی سوخت مصرفی ناچیز است و گاز طبیعی در دسترس است.
- هنگامی که استفاده از بخار یا گاز برای بارهای برودتی قابل قبول باشد.
- در مواردی که امکان استفاده از تبرید تراکمی وجود نداشته باشد.

کاربرد اصلی چیلرهای جذبی عموماً جهت بازیابی حرارت مازاد و پرت نیروگاه ها،سیکل های بازیابی انرژی ، کوره تولید سرمایش-گرمایش و CCHP های القایی و... ، جهت پروژه های برق توامان، سیکل های ترکیبی و یا استفاده از انرژهای تجدید پذیر مانند انرژی زمین گرمایی و خورشید می باشد و کمتر جهت راه اندازی این چیلرها ازانرژی حاصل از سوزاندن مستقیم گاز طبیعی استفاده می گردد .با توجه به قیمت پایین تر گاز نسبت به برق و عدم شناخت صحیح مهندسین از کاربرد اصلی چیلرهای جذبی، استفاده از چیلرهای گازسوز در کشور توسعه یافته است که این موضوع علاوه بر آلوده سازی هوای شهرها، سبب اتلاف انرژی و استفاده نامناسب از این انرژی ارزشمند شده است .در شکل ۱ سیکل کارکرد هر دو ماشین آورده شده است.



شکل -۱ سیکل کارکرد چیلر تراکمی و جذبی

در جدول ۱ ، انواع چیلرهای جذبی و تراکمی از نظر راندمان ، ظرفیت و قابلیت ذخیره انرژی مورد مقایسه قرار گرفته است . چیلرهای تراکمی دارای راه اندازی و راهبری ، نگهداری بسیار ساده تری دارند .به علت اینکه سیستم تراکم گاز مبرد ، الکتریکی است، لذا کنترل بیشتری می توان روی فرایند تراکم گاز مبرد داشت و می توان در حالت پاره بار با تمهیداتی، و شیوه های کنترل ظرفیت راندمان را افزایش داد.

در حالی که در چیلر های جذبی در حالت نیمه بار، راندمان افت می کند .راه اندازی چیلر های جذبی زمان و هزینه بیشتری دارد و علاوه بر آن نگهداری پیچیده تری را دارند .تنظیم مشعل به کمک آنالیزورگاز، بسیار وقت گیر و نیازمند فرد متخصص است و عدم تنظیم صحیح مشعل، باعث تولید گازهای نسوخته، کاهش راندمان احتراق، ایجاد آلودگی و مصرف سوخت بیشتر می شود . به دلیل اینکه چیلر های جذبی به کمک حرارت، تولید برودت می کنند، لذا حجم بسیار بالایی از حرارت در داخل چیلر موجود است که برای ادامه کارکرد دستگاه باید از سیستم آب خنک استفاده گردد برای تامین این آب، از برج های خنک کننده که بر مبنای سرمایش تبخیری کار می کنند استفاده می کنیم.

نوع چیلر	نوع عملکرد	COP	ظرفیت کاربردی چیلر (تن تبرید)
جذبی	یک مرحله ای LI-BR	۰.۵ تا ۰.۶	۵۰ تا ۸۰۰
	یک مرحله ای NH3	۰.۴ تا ۰.۵	۳ تا ۱۰۰
	دو مرحله ای	۰.۸۵ تا ۰.۹۵	۵۰ تا ۵۰۰۰
	سه مرحله ای	۱ تا ۱.۴	۵۰ تا ۵۰۰۰
تراکمی	سیلندر و پیستونی	۳ تا ۴.۲	< ۵۰۰
	اسکرال	۳.۲ تا ۴.۵	< ۴۰۰
	اسکرو	۴.۲ تا ۵	< ۶۰۰
	روتاری	۲.۸ تا ۳.۲	< ۵
	سانتریفیوژ	۵ تا ۷	۳۰۰ تا ۵۰۰۰

در سیستم های تبخیری، به علت حجم بسیار بالای تبخیر آب، هزینه بسیار بالایی برای تامین آب ازدست رفته به مصرف کننده اعمال می شود. لازم به ذکر است که تبخیر آب باعث به جا گذاشتن رسوبات در داخل برج خنک کن و کندانسور چیلر می شود که منجر به تغییر دائمی کیفیت و افزایش سختی آب در حین کارکرد می شود .مضافا که هزینه های تامین آب نرم و جداسازی رسوبات، تاسیسات جداگانه ای را می طلبد که هزینه های نصب و بهره برداری را به شدت افزایش می دهد .در حالی که در چیلرهای تراکمی به علت ماهیت مکانیکی عمل فشرده سازی (تراکم) ، حجم بسیار کمتری از حرارت تولید میشود که منجر به کاهش سایز برج خنک کننده ، پمپها و تاسیسات نرم سازی آب می شود .تفاوت اصلی چیلرهای تراکمی درکمپرسور مورد استفاده در آنها است .کندانسور چیلرهای تراکمی به دو صورت هوا خنک و آب خنک ساخته می شوند .نوع کندانسور تاثیر اساسی در طراحی چیلر دارد .کندانسور های هوا خنک، حرارت مبرد در گردش در داخل کویل را به هوا منتقل می کنند . ضریب انتقال حرارت جابجایی روی کویل به دبی هوای درحال گذر از روی کویل و دمای خشک منطقه بستگی دارد .به دلیل تغییر دمای خشک در طول روز، میزان حرارت قابل انتقال، تغییر می کند که باعث کاهش COP چیلر در طول روز می شود. در کندانسورهای آب خنک به دلیل اینکه در سمت بیرون آب جریان دارد، ضریب انتقال حرارت بالاتر است و لذا در ظرفیت یکسان چیلر، اندازه کندانسور آب خنک کوچکتر است و یا با در نظر گرفتن اندازه اولیه کندانسور، به دلیل کاهش دبی جرمی مورد نیاز در کندانسور، سایز کمپرسور کوچکتر می شود .به دلیل اینکه می توان به کمک کندانسور آب خنک به دمای پایین تری رسید، لذا فشارتخلیه کمپرسور کمتر می شود که این مسئله منجر به کوچکتر شدن کمپرسور، کاهش مصرف برق، بالا رفتن COP سیکل، افزایش عمر کمپرسور و افزایش قابلیت اعتماد سیستم می شود .

به طور معمول دو عامل طراح را ملزم به انتخاب کندانسور هوا خنک می کند .هزینه های تهیه آب نرم و دمای مرطوب منطقه که امکان کارکرد برج خنک کن را نمی دهد .البته باید در نظر داشت که دمای خشک بالای منطقه، امکان استفاده از کندانسور هواخنک را نیز سلب می کند .در جدول ۲ مزایا و معایب این دو کندانسور بیان شده است .

همچنین باید یادآوری نماییم که چیلرهای تراکمی به دو صورت آبی یا هوایی ساخته میشوند .در چیلرهای آبی سیالی که بخار مبرد فوق گرم در کندانسور با آن انتقال حرارت انجام میدهد، آب است، در حالیکه در چیلرهای هوایی این سیال هواست .به طور کلی راندمان چیلرهای آبی ظرفیت بالای ۸۰ تن تبرید بسیار بالاتر از چیلرهای هوایی است و این بدان علت است که آب قدرت انتقال حرارت بالاتری نسبت به هوا دارد، ولی در عین حال قیمت چیلرهای آبی از چیلرهای هوایی کمتر است .ولی استفاده از چیلرهای آبی محدود به اقلیمی است که پروژه در آن قرار دارد .به طور کلی از آنجا که آب گرم شده در کندانسور چیلر آبی باید از طریق سرمایش تبخیری در برج خنک کننده مجدداً خنک شود ، تا سیکل تبرید ادامه یابد؛ بنابراین در اقلیم هایی که درجه حرارت مرطوب هوای خارج آنها بالاست و به عبارتی رطوبت نسبی منطقه زیاد است، نمیتوان از این سیستم آبی استفاده نمود، ولی استفاده از چیلرهای هو ا یی محدودیتی ندارد .از آنجا که در سرمایش تبخیری هر چقدر هوای محیط خشکتر بوده و در مقابل بالا بودن درجه حرارت خشک محیط؛ درجه حرارت مرطوب محیط پایی نتر باشد، آنگاه راندمان سیستم بالاتر خواهد بود ، بنابراین هر چه اقلیم از نظر شرایط آب و هوایی خشک تر باشد، راندمان چیلر آبی نیز در آن اقلیم بالاتر خواهد بود، ولی چیلر آبی در مناطق مرطوب این راندمان را نخواهد داشت ولی به طور کلی نمی توان کارکرد چیلرهای آبی در نقاط مرطوب را رد نمود .

کندانسور هواخنک	کندانسور آب خنک
محدودیت اقلیم کمتر	مصرف برق کمتر
نگهداری ساده تر	هزینه اولیه کمتر در ظرفیت های بالای ۱۰۰ تن تبرید
امکان یکپارچه بودن با چیلر	کنترل دقیقتر روی دمای کندانسور
نصب درفضای باز	وابسته به دمای مرطوب محیط
ابعاد بزرگتر	بالا بردن COP سیکل سرمایی

جدول ۲ - مزایا و معایب کندانسور هوا خنک و آب خنک

در حالت کلی برای انتخاب یک نوع چیلر پارامترهای متعددی تاثیر گذار است که عبارتند از :

- قیمت انرژی
- هزینه تعمیر و نگهداری
- عمر مفید تجهیزات
- نوع کنترل ظرفیت
- ارتباط بین سرمایش و گرمایش در سیستم
- بار برودتی مورد نیاز
- تجهیزات جانبی (پمپ ها ، بویلرها ، سختی گیرها و .....)
- هزینه نصب و راه اندازی
- هزینه تامین آب برج خنک کننده و آب در گردش در سیستم
- هزینه های سختی گیری از آب

به دلیل اینکه در اکثر ساعات روز ، بار ساختمان کمتر از بار زمان پیک می باشد، لذا نحوه کارکرد چیلر در حالت پاره بار، در هنگام انتخاب نوع چیلر، باید درنظرگرفته شود .در کمپرسور هایی که بار را به طور منقطع دنبال می کنند مانند کمپرسورهای رفت و برگشتی، برای هماهنگی بین چیلر و بار، مجبوربه استفاده از کنارگذر هستیم .کنارگذر باعث تلف شدن انرژی درسیستم میشود و لذا COP این سیستم ها در حالت پاره بار کاهش می یابد.

کمپرسورهای رفت وبرگشتی ، روتاری از این دسته اند .در کمپرسور هایی که بار را به طور پیوسته می توانند دنبال کنند، در حالت پاره بار، به دلیل کاهش دبی در گردش مبرد در سیکل، کار مصرفی کمپرسور کاهش می یابد و لذا COP افزایش می یابد.کمپرسورهای سانتریفیوژ و اسکرو از این دسته اند .در کمپرسورهای سانتریفیوژ از طریق کاهش دبی ورودی کمپرسور و درکمپرسورهای اسکرو از طریق اسلاید ولو اینکار را انجام میدهند.

هم چنین در جدول ذیل که از مجله تخصصی تهویه مطبوع جهان JARN استخراج شده است می توان میزان تولیدات چیلر از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ را مشاهده نمود :

نوع چیلر		حجم تولید در سال۲۰۰۹ (واحد)	حجم تولید در سال۲۰۱۰ (واحد)	حجم تولید در سال۲۰۱۱ (واحد)	حجم تولید در سال۲۰۱۲ (واحد)
سیلندر و پیستونی	کندانسور آبی	۳۰۷	۲۴۵۶	۲۵۰۸	۲۷۰۰
	کندانسورهوایی	۱۵۲۰			
اسکرو	کندانسور آبی	۲۰۹۶۰	۲۴۸۹۴	۲۹۲۶۰	۳۹۰۰۰
	کندانسورهوایی	۸۳۳۳	۷۸۳۲	۸۷۵۶	
اسکرال	کندانسور آبی	۸۳۳۵	۱۶۰۸۸	۱۹۳۵۰	۹۵۰۰۰
	کندانسورهوایی	۳۹۹۱۵	۶۱۲۵۰	۷۶۶۱۸	
سانتریفیوژ		۲۹۱۹	۴۲۷۵	۶۰۴۹	۶۳۰۰
جذبی	آب داغ / بخار	۱۲۵۹	۱۵۱۷	۱۸۵۸	۲۴۰۰
	شعله مستقیم	۱۷۰۰	۱۶۶۲	۱۷۲۰	۱۵۰۰