

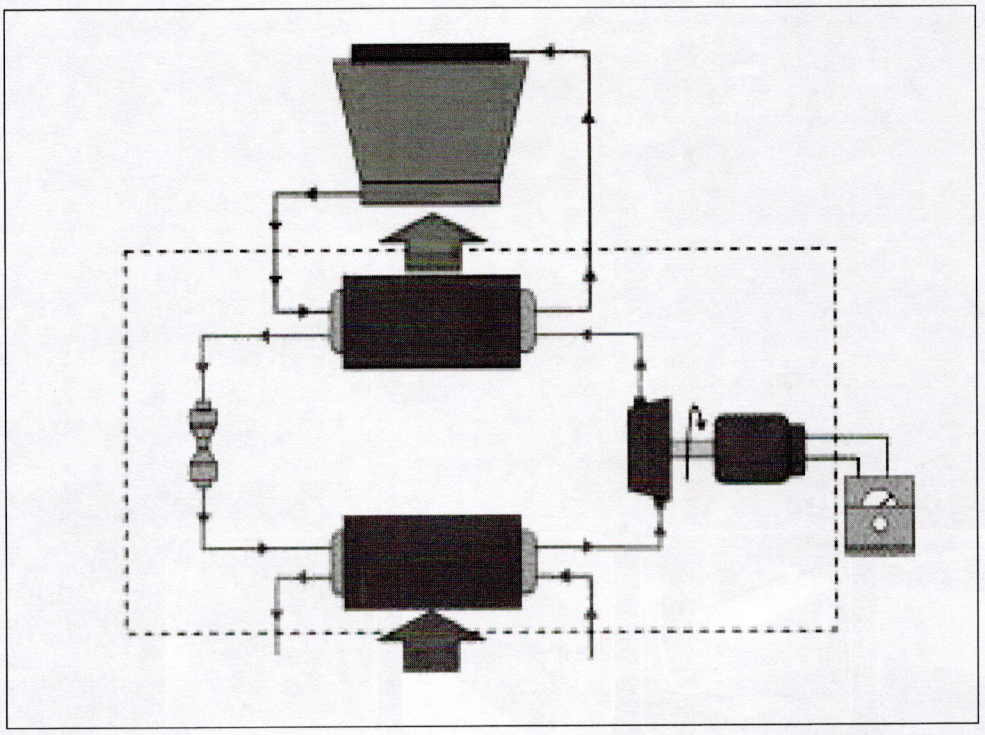
بررسی انواع کندانسورهای چرخه سردسازی (تبرید) و تهویه مطبوع و روش‌های کنترل ظرفیت در آن‌ها

محقق و گردآورنده: مهندس نجات شیخ پور
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

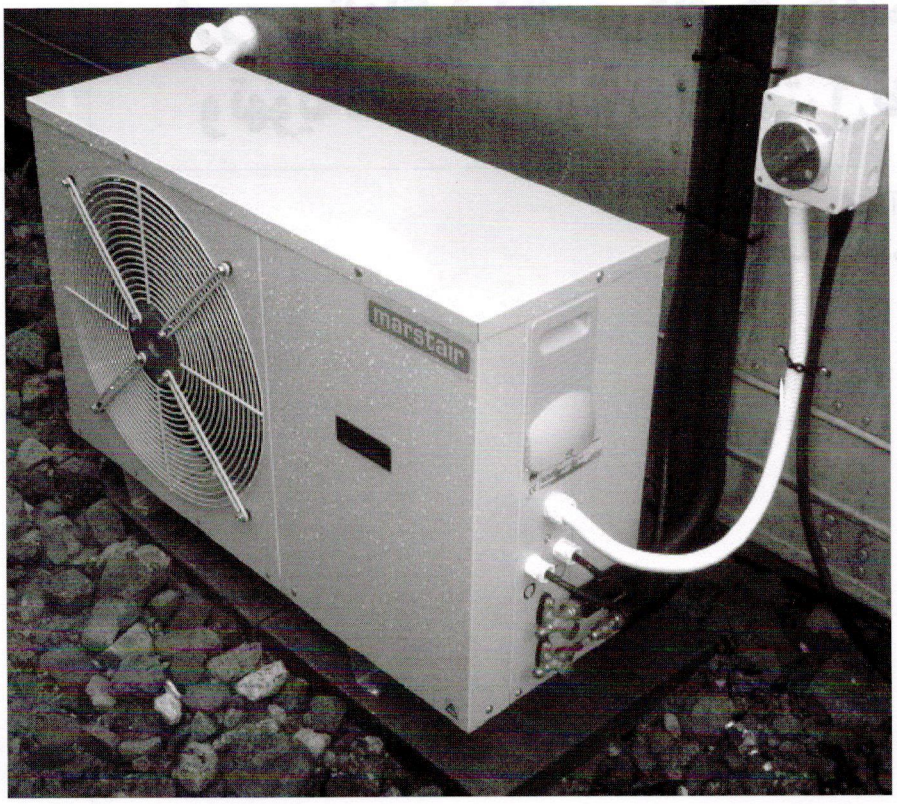
www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۲۲- شهریور ۹۳
www.hvacmag.ir

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع



شکل۱: سامانه سردسازی با کندانسور آبی و برج خنک‌کن



چکیده

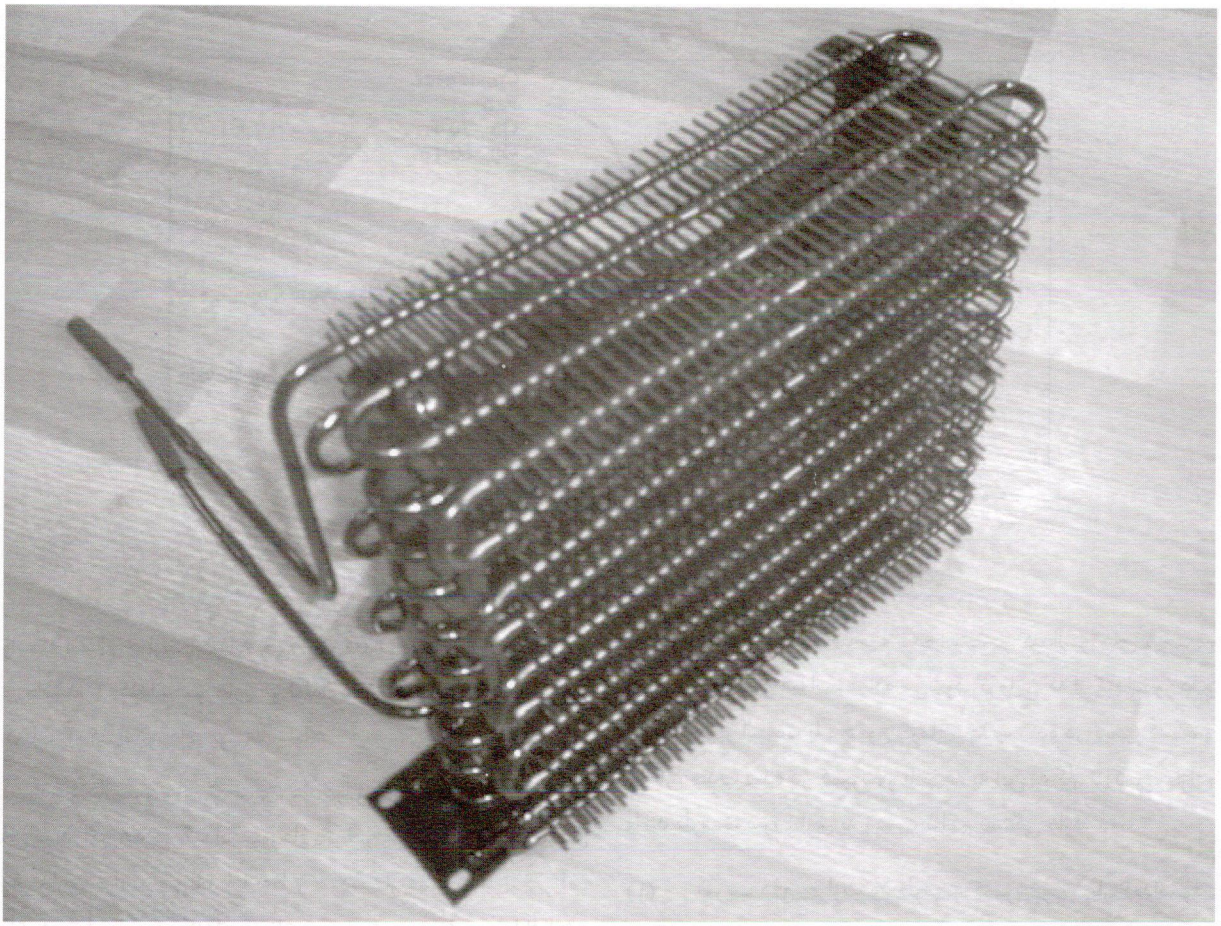
با توجه به این‌که کنترل در رونق و پیشرفت صنعت نقش ارزنده‌ای را ایفا می‌کند، لذا با استفاده از کنترل ظرفیت هر چرخه ترمودینامیکی می‌توان عملکرد سامانه را از لحاظ کمی و کیفی و صرفه‌جویی در انرژی و همچنین حفاظت و ایمنی بهینه‌سازی کرد.

چون در کندانسور کاهش ظرفیت تقطیر باعث افزایش غیر قابل قبول فشار سردساز (مبرد) می‌شود و همچنین افزایش ظرفیت تقطیر هم باعث کاهش فشار سردساز از میان شیر انبساط و عبور نامنظم آن نیز می‌شود؛

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۲۲- شهریور ۹۲
www.hvacmag.ir

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع



جهت جبران و رفع این مشـــکل ظرفیت کندانســـور باید با روش و تکنیک‌هایی کنترل شـــود، تا خســـارات و مشـــکلات برای ســـامانه سردسازی و کمپرسور ایجاد نکند.

هدف از این مقاله تالیفی، دســـتیابی بـــه کارکرد صحیح و موثر چرخه سردسازی باکنترل دمای تقطیر کندانسور می‌باشد. ابتدا انواع کندانسورهای چرخه سردسازی بررسی شده و سپس راه و روش‌های کنترل ظرفیت هر کدام بیان شده است.

کلید واژه: کندانسور، سردسازی، تهویه مطبوع، کنترل ظرفیت

۱- مقدمه

کندانســـور در چرخه سردســـازی بعد از کمپرسور قرار می‌گیرد و نقـــش تقطیرکننده را بر عهده دارد و بخار خروجی از کمپرســـور را که به صورت فراگرم[1] اســـت را دریافت می‌کند. کندانســـور مقدار زیادی از گرمای ماده سردســـاز خارج می‌شود و گاز سردساز به مایع سردســـاز تغییرفاز می‌دهد. به‌طورکلی کندانسورها با توجه به عامل انتقال حرارت بر ســـه نوع می‌باشند: ۱-کندانسور هوایی ۲-کندانسور آبی ۳-کندانسور تبخیری

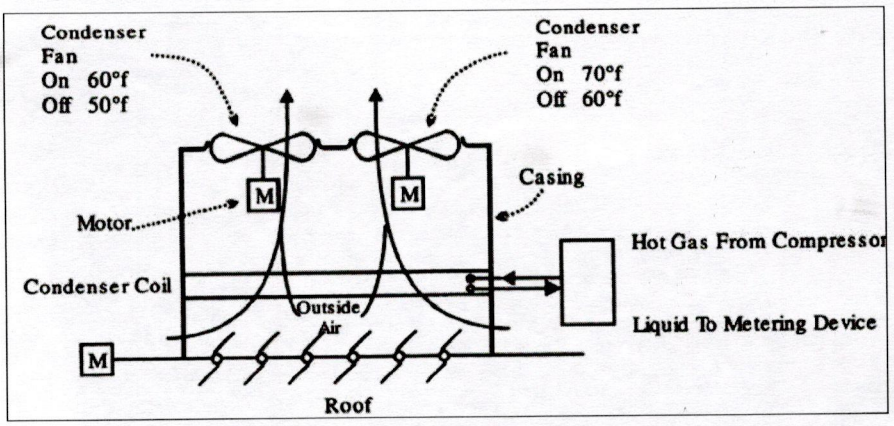
در کندانســـور هوایی برای تقطیر گاز سردســـاز از هوا استفاده می‌کنند. جریان هوا در یک کندانســـور هوایی ممکن است به صورت طبیعی یا به وسیله فن یا دمنده انجام شود، درصورتی‌که جریان هوا طبیعی باشد، مقدار هوای جریان یافته در کندانسور کم بوده و سطح تقطیر نسبتا بیشتری لازم اســـت. این کندانسورها به دلیل ظرفیت پایینی که دارند فقط در کاربردهای کوچک و بیشـــتر در یخچال‌ها و فریزرهـــای خانگی مورد اســـتفاده قرار می‌گیرند. کندانســـورهای با جریـــان طبیعی هوا کـــه در یخچال‌های خانگی بـــه کار می‌روند معمولا از نوع صفحه‌ای یا لوله‌ای پره‌دار هســـتند. در کندانسور های هوایی از هوا به‌عنوان عامل تقطیر اســـتفاده می‌کنند؛ درحالی‌که در کندانسورهای آبی برای تقطیر سردساز از آب استفاده می‌شود. در هر دو کندانسور حرارت دفع شده به وسیله سردساز، دمای عامل تقطیر را افزایش می‌دهد.

در کندانسورهای آبی از آب ۱۵ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان

1- Super Heat

www.iranjahesh.com
ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
تاسیسات hvac guide book
هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲ تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۲۳ - شهریور ۹۳
www.hvacmag.ir



شکل۲: کندانسور هوایی با کنترل خفه‌کن تدریجی هوای ورودی

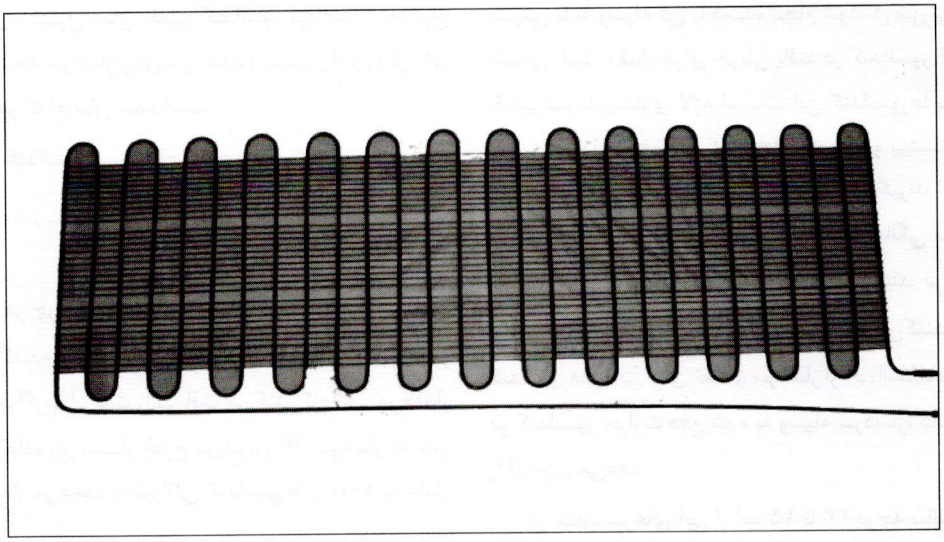
واسطه انتقال حرارت استفاده می‌شود. کندانسورهای آبی بر سه نوع می‌باشند: ۱-کندانسورهای دو لوله‌ای، ۲- کندانسورهای پوسته و کویل، ۳-کندانسورهای پوسته و لوله

در کندانسورهای تبخیری، هم هوا و هم آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر چه در کندانسورهای تبخیری دمای هوای عبوری مقداری افزایش می‌یابد اما تقطیر سردساز عمدتا از تبخیر آب پاشیده شده بر روی کندانسور ناشی می‌شود و وظیفه هوا افزایش شدت تبخیر با دفع بخار آب حاصل از تحول تبخیر می‌باشد. یک کندانسور تبخیری در اصل وسیله‌ای برای صرفه‌جویی در مصرف آب است و در واقع ترکیبی از کندانسور آبی و برج خنک‌کن می‌باشد که به‌صورت یک دستگاه ساخته شده است. در کندانسورهای تبخیری هم از آب و هم از هوا استفاده می‌شود. گرمایی که از کندانسور دفع می‌شود برابر است با مجموع گرمای جذب شده در تبخیرکننده و گرمای جذب شده در کمپرسور با توجه به این‌که کار تراکمی به‌ازای واحد ظرفیت سردسازی به نسبت تراکم بستگی دارد.

(۱) ضریب دفع حرارت × ظرفیت کمپرسور = بار کندانسور

با توجه به این‌که انتقال حرارت از سطوح کندانسور به‌وسیله هدایت انجام می‌شود، ظرفیت کندانسور تابعی از معادله انتقال حرارت می‌باشد:

$$Q_C = A\ U\ TD$$

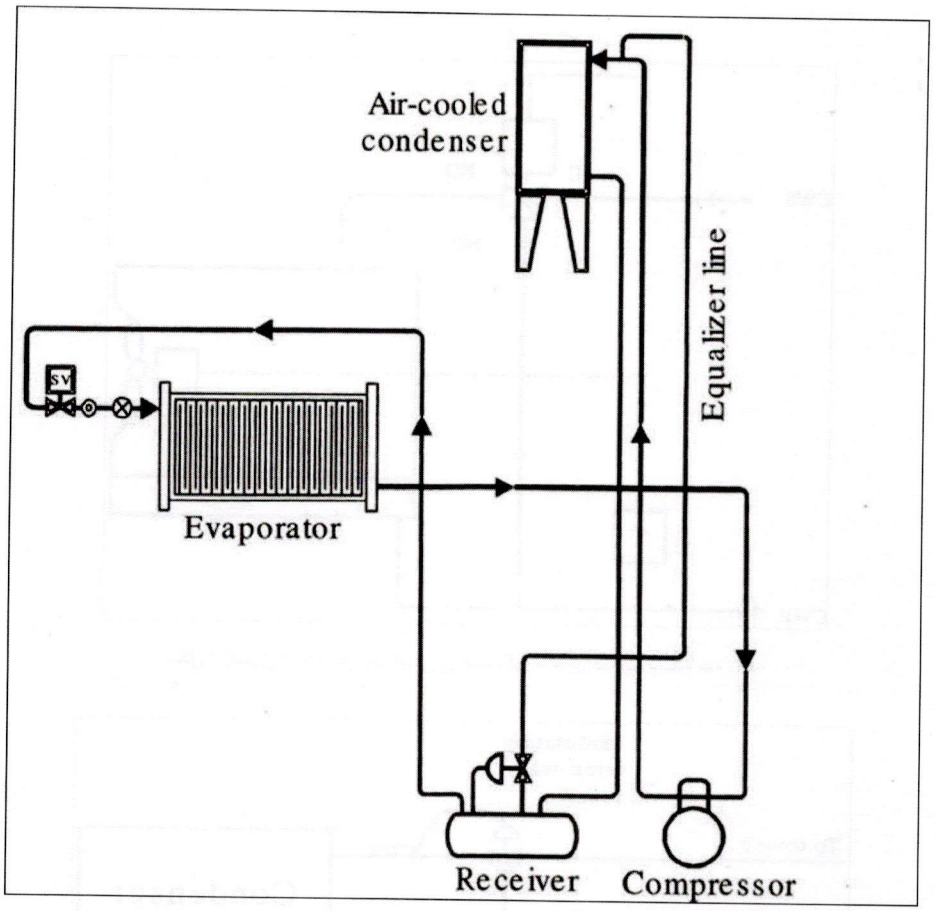


www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
تکبان کنترل انرژی
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع



شکل۳: مدار مکانیکی سردخانه با کندانسور هوایی و خط متعادل‌کننده فشار (Equalizer Line)

که Q_C ظرفیت کندانسور بر حسب کیلووات، A مساحت سطوح کندانسور بر حسب متر مربع، U ضریب کلی انتقال حرارت بر حسب کیلووات بر متر مربع برکلوین و TD اختلاف دمای متوسط لگاریتمی بین سردســاز تقطیرشــونده و عامل تقطیر برحســب درجه کلوین می‌باشد، با ثابت بودن مقدارU، ظرفیت کندانسور با مساحت سطوح آن و اختلاف دمای بین سردساز و عامل تقطیر نسبت مستقیم دارد و در یک کندانسور به‌خصوص که مساحت سطوح و ضریب U مشخص اســت ظرفیت با اختلاف دمای بین سردســاز و عامل تقطیر نسبت مستقیم خواهد داشت. به‌علاوه با ثابت نگهداشتن دمای متوسط

۱-۱- مشکلات به وجود آمده از افزایش فشار کندانسور

افزایش فشار در کندانسور توان مصرفی کمپرسور را بالا می‌برد و باعث می‌شود که سیم‌پیچ‌های کمپرسور جریان بیشتری مصرف کند و آســیب ببیند. همچنین گرم شــدن بیش از حد کندانسور موجب افزایش دمای تقطیر شــده که در نتیجه باعث افت ظرفیت برودتی و کاهش بازده حجمی کمپرسور می‌گردد.

افزایش فشــار یا درجه حرارت در کندانســور باعث می‌شود که درجه حرارت قطعات مکانیکی کمپرسور نیز بالا رود و باعث افزایش اصطکاک باعث آسیب‌دیدگی این قطعات گردد.

۱-۲- مشکلات بوجود آمده از کاهش فشار کندانسور

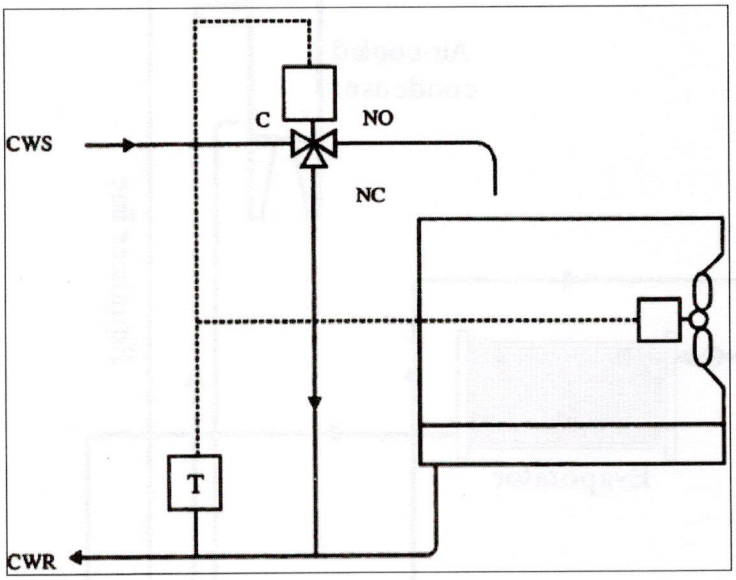
کاهش دما و فشــار تقطیر در کندانسور باعث ایجاد فشار کم در ورودی و خروجی شیر انبساط شده، در نتیجه مقدار سردساز کمتری به تبخیرکننده تزریق می‌گردد و ظرفیت سامانه کاهش می‌یابد زیرا:

$$\dot{Q} = m\dot{\Delta}h \qquad (۳)$$

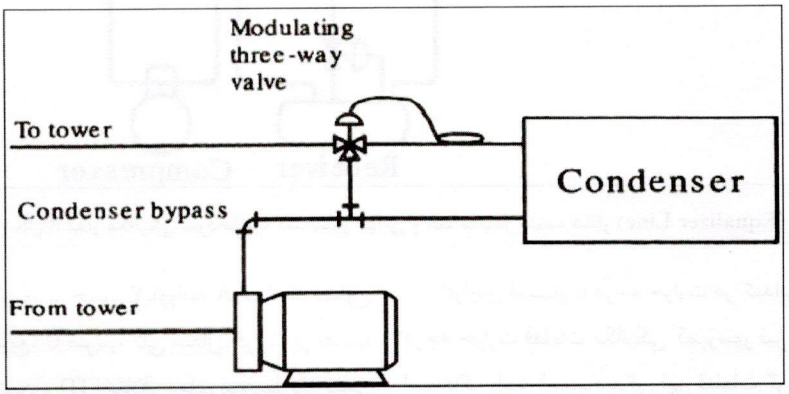
اختلاف انتالپی × دبی سردساز جریانی = ظرفیت برودتی

کاهش فشــار در کندانسور باعث می‌شــود که دبی سردساز در ســامانه کاهش یابد و روغن کمپرسور به حالت فوم درآید و از کارتر کمپرســور خارج گردد و از طرف دیگر ســرعت کافی برای برگشت روغن از چرخه به کمپرسور به وجود نمی‌آید و کمپرسور بدون روغن مانده، عملیات روغن کاری مختل می‌گردد.

www.iranjahesh.com
ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
تاسیسات کتاب سال hvac guide book
هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا ببابید!
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲



شکل۴: کنترل درجه حرارت آب برج خنک‌کن با شیر تقسیم‌کننده سه راهه



شکل ۵: محل نصب شیر سه راهه رگولاتوری برای کنترل دبی آب کندانسور

همچنین کاهش بیش از حد دما و فشار تقطیر در کندانسور باعث می‌شود که فشار و دمای سردساز در ورودی به کمپرسور پایین آید و امکان ورود مایع سردساز به کمپرسور زیاد شود و به‌علت عدم تراکم‌پذیری مایعات، به قطعات مکانیکی کمپرسور آسیب رساند.

۲- کنترل ظرفیت کندانسور

طراحی یک سامانه سردسازی برای بدترین شرایط کاری انجام می‌گیرد. زمانی که دمای هوای بیرون در فصل سرد سال (فصل زمستان) افت می‌کند ظرفیت دفع گرما در کندانسور به بیش از حد رسیده و لازم است به نسبت بار، کاهش و کنترل ظرفیت گردد.

۲-۱- روش‌های کنترل ظرفیت در کندانسورهای هوایی

در ادامه روش‌های کنترل ظرفیت و فشار کندانسورهای آبی به‌صورت خلاصه بیان شده است و راجع به هر کدام توضیحاتی کوتاه آورده شده است:

استفاده از دمنده کندانسور با سرعت متغیر

تغییر دور موتور باعث کاهش مقدار هوای عبوری از روی کویل کندانسور شده و در نتیجه انتقال حرارت جابه‌جایی نیز کاهش می‌یابد که این روش یکی از روش‌های اصلی و بهینه در کاهش و کنترل ظرفیت در چرخه سردسازی است.

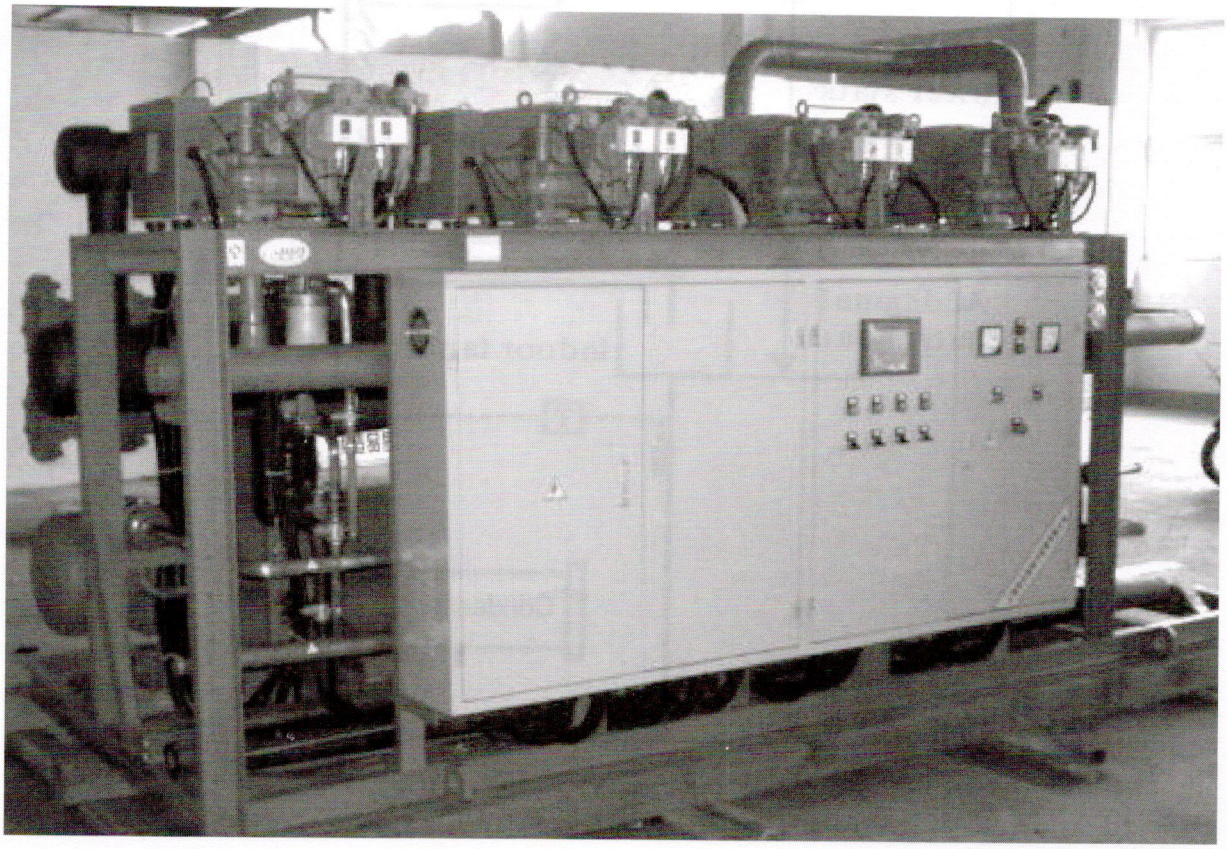
استفاده از خفه‌کن در مسیر هوای ورودی به کندانسور

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۲۳ - شهریور ۹۳
www.hvacmag.ir



یکـــی از ســـاده‌ترین روش‌ها برای کنترل ظرفیت و فشـــار کندانســـورها استفاده از خفه‌کن است.

قرار دادن گرم‌کن الکتریکی در درون دریافت‌کننده

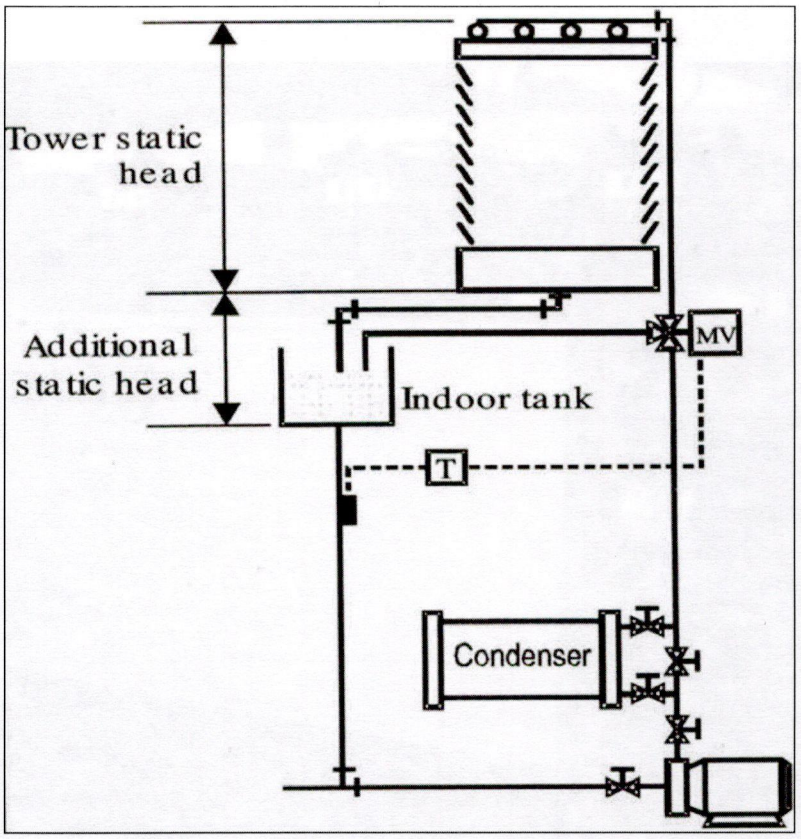
جهـــت افزایـــش درجـــه حرارت سردســـاز و فشار تقطیر از یک گرمکن برقی در درون دریافت‌کننده استفاده می‌کننـــد. زمانـــی که فشـــار یا دمای مایـــع دریافت‌کننده بـــه مقدار تنظیم شـــده بـــر روی کلید کنترل فشـــارپر یا ترموستات رســـید گرم‌کن را وصل می‌کند و به سردســـاز حرارت می‌دهد و با افزایش دما یا فشـــار مدار آن قطع می‌گردد.

کنارگـــذر نمـــودن مقداری از گاز خروجـــی از کمپرســـور به دریافت‌کننده

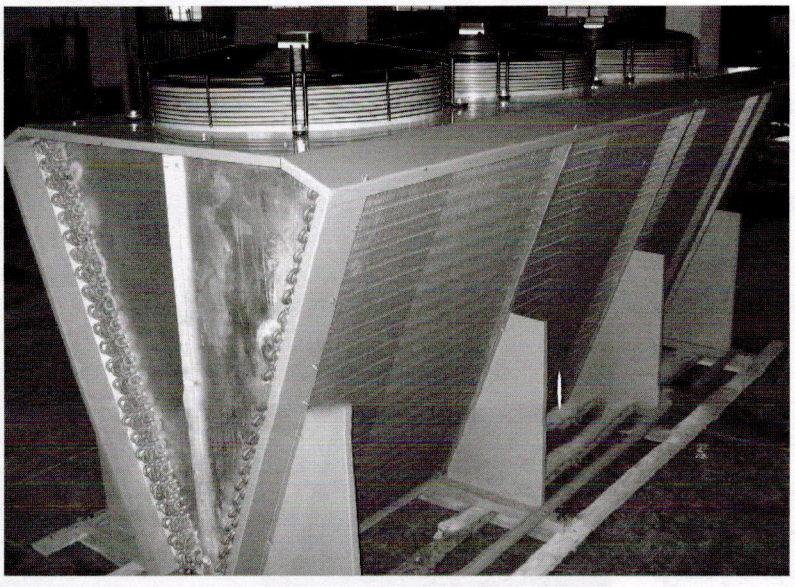


www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.iranjahesh.com
ایران جهش
Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تاسیسات
کتاب سال ۵۵ کشور
hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲



شکل۶: برای جلوگیری از یخ زدن آب مخزن برج خنک کن شیر سه راهه در مدار قرار گرفته است



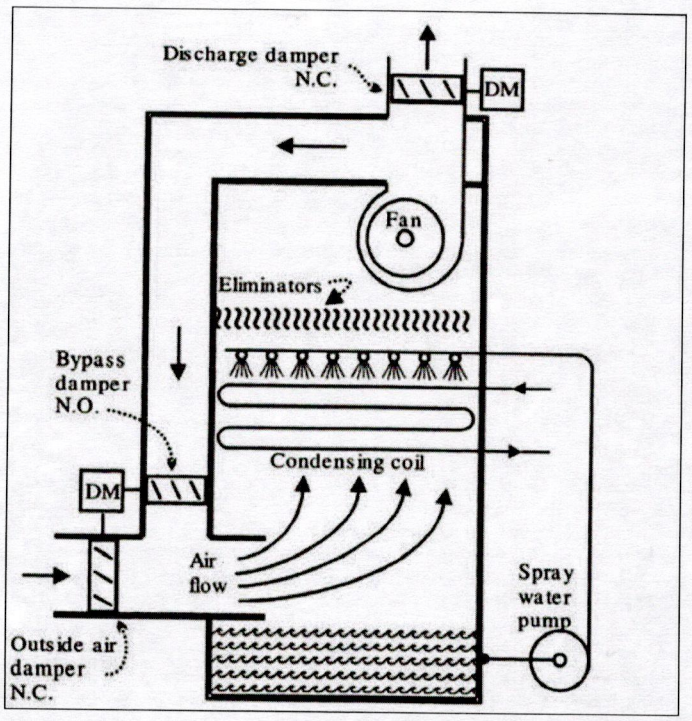
با میان‌بر (بای پاس)کردن مقداری از گاز خروجی از کمپرسور به درون دریافت‌کننده ضمن کنترل فشار کندانسور، کار کندانسور نیز کاهش می‌یابد. همان‌طوری‌که در شکل ۳ نشان داده شده است یک خط متعادل‌کننده از محل ورودی به کندانسور گرفته شده و به دریافت‌کننده متصل گردیده است. همچنین یک شیر کنترل‌کننده فشـــار اتوماتیک نیز در مســـیر این خط (متعادل‌کننده فشار) نصب می‌شـــود تا به این ترتیب فشار تقطیر در داخل دریافت‌کننده کنترل گردد.

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
نگبان کنترل اخوری
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۳۳ - شهریور ۹۳
www.hvacmag.ir



شکل۷: کنترل ظرفیت کندانسور تبخیری با تنظیم دمای مرطوب هوای ورودی

عامل تقطیر، ظرفیت کندانسور تنها با افزایش یا کاهش دمای تقطیر، تغییر پیدا می‌کند. ظرفیت کندانسورهای هوایی و آبی به‌ویژه در سایزهای کوچک‌تر را می‌توان بر اساس ورودی به محرک کمپرسور تعیین نمود، زیرا توان لازم کمپرسور با نسبت بار تبخیرکننده و نسبت تراکم تغییر می‌کند و می‌تواند شاخص خوبی در تعیین بار کندانسور در تمام شرایط کاری باشد.

خاموش کردن دمنده یا تعدادی از دمنده‌های کندانسور

این روش از لحاظ اقتصادی یک روش مقرون‌به‌صرفه می‌باشد. برای کنترل فشار کندانسور به تعداد دمنده‌ها، کلیدهای کنترل فشار روی خط مایع خروجی از کندانسور نصب می‌کنند و نقاط قطع آن‌ها را طوری تنظیم می‌کنند که از حداقل فشار مجاز تقطیر شروع و به حداکثر مجاز تقطیر ختم شود.

۲-۲- روش‌های کنترل ظرفیت در کندانسورهای آبی

روش‌های متداول و عملی برای کنترل فشار در کندانسورهای آبی وجود دارد که عبارتند از:

خاموش و روشن کردن دمنده برج خنک‌کن با استفاده از دمنده‌های دور متغیر

کنترل دمای آب برج خنک‌کن یکی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های کنترل فشار کندانسور می‌باشد که با خاموش و روشن کردن دمنده تا حدود زیادی دمای آب برج را می‌توان کنترل نمود.

استفاده از شیر موتوری سه راهه (مخلوط‌کننده یا تقسیم‌کننده)

مناسب‌ترین و بهترین روش برای رسیدن به فشار و درجه حرارت ثابت آب ورودی به کندانسور استفاده از شیر موتوری سه راهه می‌باشد. شیرهای موتوری در سامانه های سردسازی جذبی که نیاز به دمای ثابتی در کندانسور می‌باشد مفید خواهد بود.

استفاده از گرمکن‌های الکتریکی در طشت برج خنک‌کن در فصل زمستان

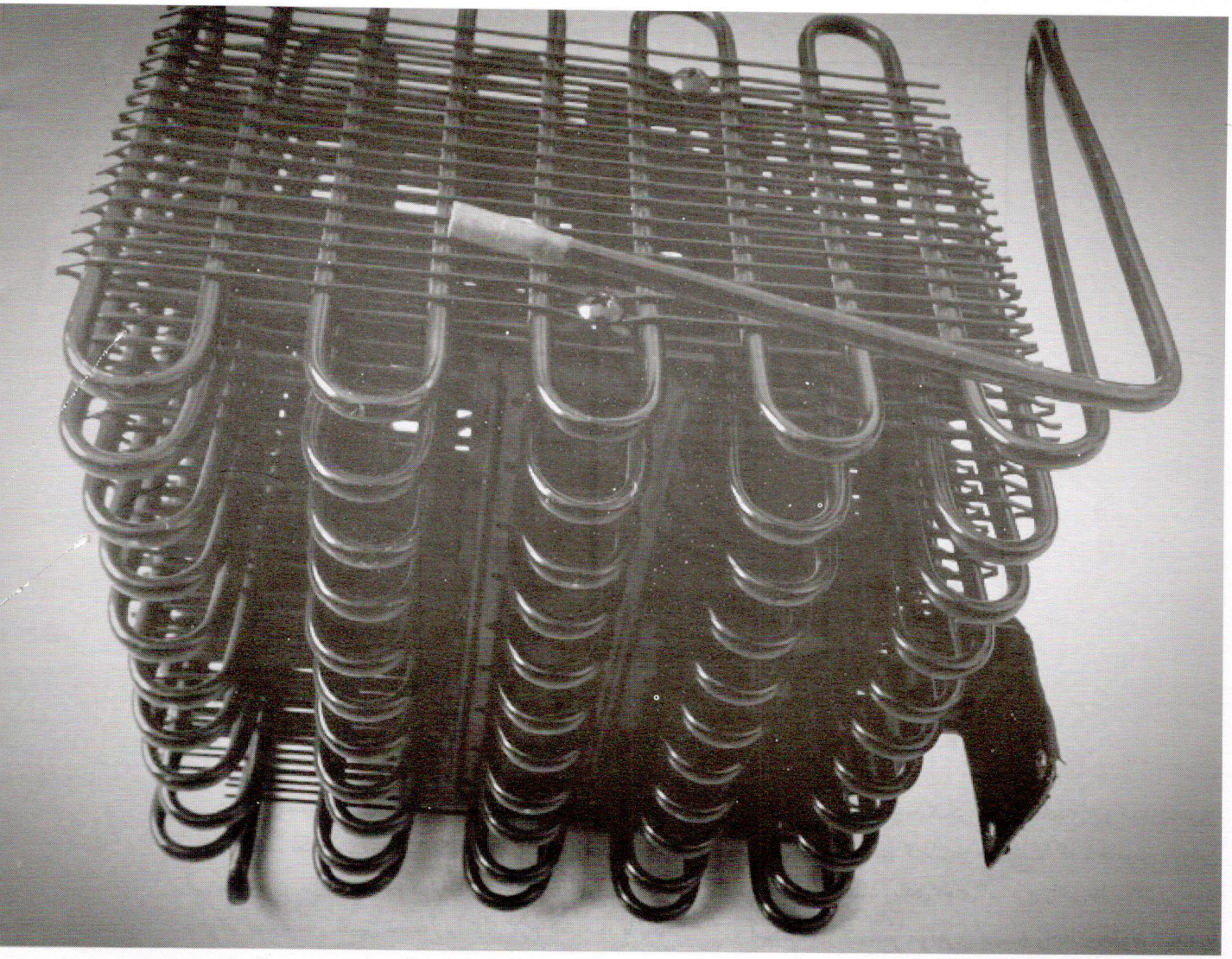
برای جلوگیری از انجماد آب برج خنک‌کن در زمستان از این روش استفاده می‌شود که این روش خود یک کنترل ایمنی سامانه می‌باشد.

۲-۳- روش‌های کنترل ظرفیت در کندانسورهای تبخیری

در ادامه روش‌های کنترل ظرفیت و فشار کندانسورهای تبخیری به‌صورت خلاصه بیان شده است و راجع به هر کدام

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع
www.iranjahesh.com
ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تاسیسات کتاب سال hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۲۳، شهریور ۹۲
www.hvacmag.ir



www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

توضیحاتی کوتاه آورده شده است.:

خاموش و روشن کردن دمنده برج خنک کن با استفاده از دمنده‌های دور متغیر

این روش همانند روش کنترل فشـار در کندانسورهای هوایی است.

قرار دادن خفه‌کن اتوماتیک در مسـیر هوای ورودی به کندانسور

در مسـیر هوای ورودی به کندانسـور خفه‌کن اتوماتیک قرار می‌گیرد تا ظرفیت حرارتی کندانسور متعادل گردد

تنظیم درجه حرارت مرطوب با استفاده از هوای خروجی از کندانسور

هـوای خروجی از کندانسـور گرم و دارای رطوبت نسـبی بالایی می‌باشـد اگر این هوا با هوای ورودی به کندانسور مخلوط گـردد تبخیر آب کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش ظرفیت می‌گردد.

۳- نتیجه‌گیری

با اسـتفاده از کنترل فشـار در کندانسـور که منجر به کنترل ظرفیت در سـامانه کندانسـور می‌شـود می‌توان عملکرد سامانه سردسـازی و تهویه را از لحاظ کمی، کیفی، صرفه‌جویی در انرژی و همچنین حفاظت و ایمنی بهینه‌سـازی کرد. انتخاب روش مناسب برای کنترل ظرفیت در سامانه‌ها و اجزا، موضوع مهمی است که باید مد نظر قرار گیرد.

www.takban.com
TAKBAN
نگیان
کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک زادیاتور و گازی در ایران

www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص