

# ماهنامه مهندسی

شماره دوم، بهمن ماه ۹۶

## اکنون مایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

### پیش گفتار

شرکت مشاوران بهسازی نوسازی انرژی (مبنا) در نظر دارد در راستای ارتقای دانش مهندسی، ماهنامه پیش رو را در موضوعات روز مهندسی تاسیسات کشور از جمله تجهیزات و سیکل‌های سرمایش و گرمایش، تهویه مطبوع و انواع مختلف آپشن‌های موجود بر روی دستگاهها و اثرات هریک بر روی کارکرد سیستم، منتشر نماید. اطلاعات منتشر شده در این ماهنامه حاصل سالها تجربه متخصصان و مهندسان این شرکت است که جهت اشتراک با جامعه مهندسی تاسیسات کشور در این قالب منتشر می شود. شرکت مبنا از هرگونه نظر و پیشنهاد از سمت متخصصان و صاحب نظران این رشته صمیمانه استقبال می نماید.

### هیات تحریریه

سردبیر: امین ذوالفقاری

اعضای هیات تحریریه: دکتر رامین قربانی، دکتر پیام اسدالله‌زاده

همکاران این شماره: محسن محمدی

ایمیل: [fani@mabnaco.net](mailto:fani@mabnaco.net)

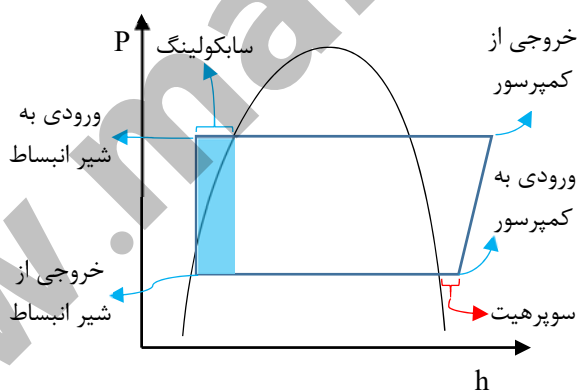
# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

## مقدمه

چیلر به عنوان تامین کننده اصلی سرمایش مجتمع‌های مسکونی، اداری، تجاری و فرآیندهای صنعتی به صورت گسترده در زمینه‌های مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع گوناگونی از چیلرها برحسب نیازهای مختلف، ساخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند که بسته به ظرفیت واحد، دمای کاری و نوع انتقال حرارت، دسته بندی می‌شوند. در سیستم تهویه مطبوع ساختمان‌ها مصرف اصلی انرژی الکتریکی (حدود ۴۰ درصد) مربوط به این تجهیزات است. برای بهبود عملکرد و بهینه‌سازی مصرف انرژی انواع چیلرها از رویکردها و تجهیزات مختلفی استفاده می‌شود که به شرایط عملکردی، نوع چیلر و نوع سیستم تهویه مطبوع وابسته است. یکی از رویکردهای موثری که در تمامی چیلرها به این منظور قابل استفاده است، کنترل و افزایش میزان سابکولینگ<sup>۱</sup> مایع مبرد قبل از ورود به شیر انبساط می‌باشد. این رویکرد، یک رویه جهت افزایش بهره‌وری سیستم، کنترل بهتر و بهبود عملکرد چیلر است. جهت استفاده از این رهیافت لازم است که تمهیدات مختلفی در نظر گرفته، تاثیرات آن بر اجزای مختلف سیستم بررسی شده، ابزار مناسب برای رسیدن به آن مد نظر قرار گیرد و میزان مناسب آن انتخاب گردد. در این شماره به بررسی چگونگی اعمال این رویکرد، تجهیزات مناسب برای رسیدن به این هدف و نحوه اعمال آن پرداخته می‌شود.

## سابکولینگ

به سرد کردن بیشتر مایع مبرد، پس از کندانسور در فشار ثابت، به زیر دمای اشباع، سابکولینگ گفته می‌شود. دو هدف اصلی در استفاده از این رویکرد وجود دارد که یکی افزایش ظرفیت سرمایشی سیستم بوده و دیگری کنترل بهتر شیر انبساط و جلوگیری از فلشینگ<sup>۲</sup> قبل از آن است [۱]. در شکل ۱ سابکولینگ و میزان افزایش آنتالپی که به بهبود ظرفیت سیستم می‌انجامد، نشان داده شده است، معمولاً چیلرهایی که برای تهویه ساختمان‌ها استفاده می‌شوند، در حدود ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد سابکولینگ دارند.



شکل ۱: نمودار فشار-آنتالپی مبرد در چرخه چیلر و تاثیر سابکولینگ روی آن

<sup>1</sup> Sub cooling

<sup>2</sup> Gas flashing

# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

در عمل چندین روش وجود دارد که می‌توان به وسیله آن سابکولینگ را فراهم نمود که یکی از آنها سایز کردن کندانسور به صورتی است که علاوه بر کندانس کردن مبرد مایع اشباع، بتواند سابکولینگ موثری را نیز فراهم کند. بدین جهت، دو روش ممکن است، یکی اینکه ابعاد و لوله‌های کندانسور به گونه‌ای سایز شود که بتواند سابکولینگ را نیز انجام دهد، که معمولاً این روش در کندانسورهای هوایی به دلیل اینکه باعث افت فشار مبرد می‌گردد، توصیه نمی‌شود. روش دیگر استفاده از فن‌هایی با قدرت بالاتر و توان بیشتر است که در این صورت، توان مصرفی دستگاه بالا رفته و نویز و سر و صدای آن نیز افزایش می‌یابد. به همین دلیل معمولاً از روش‌های دیگری جهت رسیدن به این مقصود استفاده می‌شود:

- استفاده از مبدل خارجی که مبرد اصلی قبل از شیر انبساط به وسیله مبردی دیگر مثل آب سرد شود.
- استفاده از لوله‌کشی اضافه و نصب رسیور جهت استفاده از سابکولینگ به صورت فصلی.
- استفاده از اکونومایزر

در چیلرهای هواخنک، استفاده از اکونومایزر بسیار مرسوم‌تر از انواع دیگر رویکردها جهت رسیدن به سابکولینگ اضافه برای غلبه کردن به شرایط محیطی مثل دمای بالای هوای بیرون و جلوگیری از افزایش بیش از حد ابعاد دستگاه است. به همین جهت پس از بررسی اثرات سابکولینگ، این روش بررسی می‌گردد.

## اثر سابکولینگ بر تک‌تک اجزای سیستم

همانطور که گفته شد، اثری که سابکولینگ روی چرخه مبرد می‌گذارد به صورت شکل ۱ است. میزان پتانسیل جذب حرارت در اوپراتور افزایش می‌یابد، چرا که اختلاف آنتالپی بیشتری در دسترس می‌باشد. دمای مبرد قبل از ورود به شیر انبساط نیز کاهش می‌یابد که این اثر باعث می‌شود که بتوان از عدم ایجاد فلشینگ قبل از شیر انبساط تا میزان خوبی اطمینان حاصل نمود. در صورتی که فلشینگ قبل از شیر انبساط رخ دهد به دلیل اینکه حجم مبرد افزایش چشمگیری دارد و میزان بازشدگی دهانه شیر به اندازه مشخصی است، ظرفیت شیر به شدت افت کرده و به ناپایداری سیستم می‌انجامد. بدین منظور و برای جلوگیری از این اتفاق از میزان مناسبی سابکولینگ استفاده می‌شود.

سابکولینگ به صورت کلی ظرفیت سرمایشی سیستم را افزایش می‌دهد اما فقط در صورتی این اتفاق می‌افتد که اجزای مختلف سیستم برای همان سابکولینگ انتخاب و سایز شده باشند. نکته‌ی بسیار با اهمیت این است که هر مبدل اوپراتور برای ظرفیت خاصی طراحی شده است و در صورتی که امکان استفاده از سابکولینگ مورد نظر برای اوپراتور فراهم نباشد، یعنی در واقع اوپراتور برای آن ظرفیت طراحی نشده باشد، به کم شدن میزان سوپر هیت و ناپایداری سیستم ممکن است بیانجامد. در صورتی که این مسائل و محدودیت اوپراتور در نظر گرفته شود، سابکولینگ باعث افزایش ظرفیت سرمایش سیستم می‌شود و شیر انبساط با همان اختلاف فشار قبلی می‌تواند سرمایش بیشتری را فراهم کند. علاوه بر این، به دلیل اینکه در دمای پایین‌تر حجم مخصوص مبرد کمتر است، ظرفیت عبوری مبرد توسط شیر نیز افزایش می‌یابد. برای کمپرسور نیز می‌توان همین استدلال را به کار برد و دید که در دبی عبوری یکسان و با اختلاف فشارهای یکسان در مکش و دمش کمپرسور، ظرفیت سرمایش آن افزایش می‌یابد. از آنجایی که ظرفیت

# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

سرمایشی اوپراتور توسط پارامترهای طراحی تعیین می‌گردد، افزایش سابکولینگ روی ظرفیت اوپراتوری که از قبل ساین شده است، تاثیری نمی‌گذارد.

## اثر سابکولینگ بر کنترل سیستم

با توجه به اینکه سابکولینگ بر روی سیستم به صورت کلی تاثیرگذار است و برهمکنش بین اجزای مختلف سیستم با تغییر میزان سابکولینگ رخ می‌دهد، بایستی این اثرات به صورت کلی بر روی سیستم بررسی شود و کنترل سیستم به صورت کلی مد نظر قرار گیرد. افزایش سابکولینگ، در واقع به معنی افزایش ظرفیت مبرد در جذب حرارت است. این قابلیت می‌بایست به نحوی فراهم گردد تا سیستم در شرایط پایا و پایدار کار کند. افزایش قابلیت مبرد در جذب حرارت در اوپراتور، بایستی به یکی از روش‌های: افزایش دمای میانگین لگاریتمی مبدل یا افزایش سطح آن مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که این امکان فراهم نشود، دمای خروجی کاهش خواهد یافت، چرا که امکان دفع حرارت بیشتر توسط اوپراتور ممکن نیست. نتیجتاً میزان سوپرهیتی که برای سیستم اولیه طراحی شده است قابل دستیابی نیست، این روند ممکن است به ناپایایی سیستم و ورود مایع به کمپرسور بیانجامد. از این رو اهمیت انتخاب اوپراتور متناسب با میزان سابکولینگ مورد نظر بسیار مهم است. معمولاً میزان کیفیت مبرد ورودی به اوپراتور توسط سازنده بین  $0.2$  تا  $0.3$  برای کنترل بهتر شیر انبساط تعیین شده است. بدین منظور می‌بایست میزان سابکولینگ به صورتی تعیین شود که این میزان از مبرد در خروجی شیر انبساط تامین شود و از این محدوده خارج نشود.

## اکونومایزر

در تعریف، به واحدی که باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان سیستم در چیلر می‌شود، اکونومایزر می‌گویند. این تجهیز با تغییر سیستم چیلر یا خود چیلر صرفه جویی را انجام می‌دهد، به نحوی که هزینه اولیه آن در برابر صرفه جویی که در دوره کارکرد چیلر می‌شود، کاملاً جبران می‌گردد. معمولاً، هنگامی که از این تجهیزات استفاده می‌شود، اندازه دستگاه کوچکتر شده و از هزینه دیگر وسایل کاسته می‌شود. به طور کلی استفاده از اکونومایزر هزینه اضافی خاصی بر سرمایه‌گذاری اولیه تحمیل نمی‌کند.

به صورت کلی دو نوع اکونومایزر وجود دارد که اگر خود چیلر، جهت بهره‌وری بهتر انرژی مورد تغییر قرار گیرد، به آن اکونومایزر داخلی و در صورتی که سیستم گردش آب خنک و سیستم کلی چیلر مورد تغییر واقع شود به آن اکونومایزر خارجی می‌گویند. تغییراتی که در چیدمان سیستم چیلر، جهت استفاده از هوای بیرون برای کاهش انرژی صورت می‌گیرد اکونومایزر خارجی می‌گویند. به صورت مرسوم در صنعت سرمایش به اکونومایزر خارجی فریکولینگ و به اکونومایزر داخلی همان اکونومایزر اطلاق می‌شود. در ادامه به انواع مختلف سیستم‌های اکونومایزر داخلی پرداخته می‌شود.

در سیستم‌های ساده، مایع اصلی از خط جدا نشده و تمام مبرد در سیکل در مسیر یکسانی جابجا می‌گردد. در سیستم‌های با اکونومایزر مقداری از مبرد جهت افزایش بهره‌وری و کاهش انرژی مصرفی از مدار اصلی خارج می‌گردد. به صورت کلی سه نوع سیستم اکونومایزر اصلی وجود دارد: یکی با فلش تانک، دیگری با مبدل انتقال حرارت

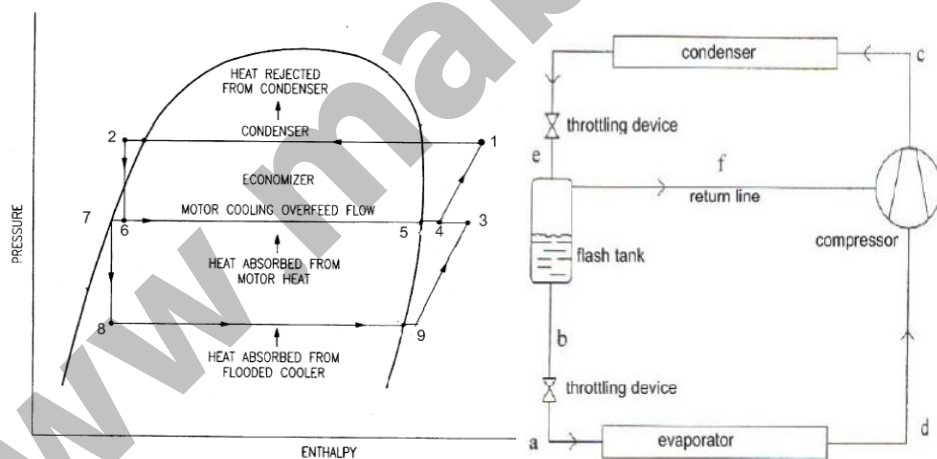
# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

داخلی و سومی استفاده از هر دو به صورت همزمان. در ادامه هریک توصیف شده و تاثیر آن بر روی سیکل نمایش داده می شود.

## سیستم اکونومایزر با فلش تانک

این سیستم یکی از سه نوع اصلی اکونومایزرها می باشد. برای اولین بار، به وسیله شرکت کریر در سال ۱۹۹۷ طراحی گردید. سپس، شرکت یورک برخی بهبودها را بر روی این سیستم اعمال نمود. این دو شرکت به صورت فعال این گونه سیستمها را بر روی چیلرهای خود مورد استفاده قرار می دهند.

هدف استفاده از این سیستم، افزایش ظرفیت سرمایش چیلر و همچنین افزایش بهره‌وری و کارایی آن می باشد. با توجه به طراحی این سیستم، یک شیر انبساط و فلش تانک به آن، پس از کندانسور اضافه شده و خطی برای برگشت مبرد به کمپرسور اضافه می گردد. این سیستم باعث افزایش بهره‌وری ترمودینامیکی چیلر بدون افزایش سایز و همچنین بدون تغییر فشار کاری کمپرسور می شود. به صورت شماتیک در شکل ۲، سمت راست این سیستم نمایش داده شده است. چرخه ترمودینامیکی این سیستم در شکل ۲ سمت چپ مشاهده می شود. مبرد مایع خارج شده از کندانسور (نقطه ۲) پس از عبور از شیر انبساط و کاهش فشار و دما وارد فلش تانک می گردد (نقطه ۶). از دو فاز موجود، مایع اشباع (نقطه ۷) وارد شیر انبساط و دچار کاهش فشار شده و به اوپراتور می رود (نقطه ۸). بخار اشباع (نقطه ۵) نیز توسط مراحل میانی کمپرسور مکش شده و به کمپرسور می رود. در این مرحله از کمپرسور، بخار فوق گرم متراکم شده (نقطه ۳) در کمپرسور با بخار اشباع ورودی از فلش تانک مخلوط شده و دمای کمپرسور و بخار موجود در آن کاهش می یابد (نقطه ۴). همانطور که در نمودار فشار-آنتالپی مشاهده می گردد، میزان جذب حرارت به وسیله مبرد در اوپراتور افزایش می یابد و کار کمپرسور به دلیل اینکه مایع موجود در آن خنک می شود کاهش می یابد. در کل این ویژگیها باعث افزایش بازده سیستم می گردد. در این سیستم، اجزای کنترلی بسیاری وجود دارد که کارکرد شیر و دبی جریان در



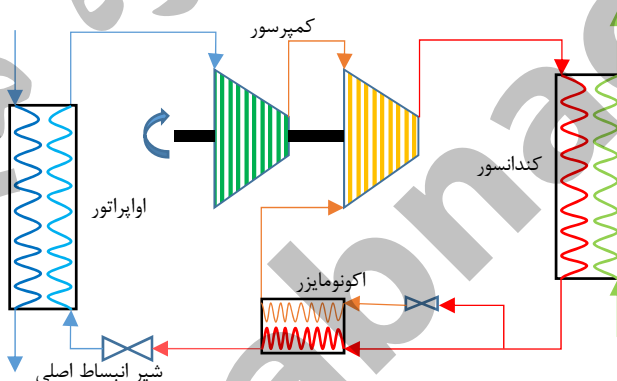
شکل ۲: سمت راست- شماتیک سیستم اکونومایزر با فلش تانک و سمت چپ- نمودار فشار-آنتالپی چرخه چیلر همراه با اکونومایزر با فلش تانک

# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

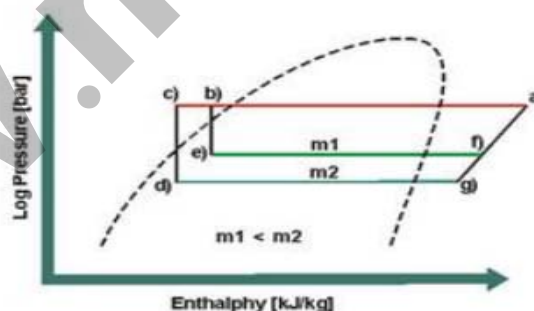
خطوط مختلف وابسته به شرایط کارکردی چیلر است. کنترلر، پارامترهای مختلف را از نقاط مختلف با استفاده از حسگرها، بدست آورده و متناسب با آن نقطه و پارامترهای بهینه را بدست آورده و کارکرد چیلر را تنظیم می نماید. تزریق گاز سرد به کمپرسور باعث افزایش راندمان کمپرسور بدون افزایش اختلاف فشار آن می گردد. تحقیقات نشان داده است که توان کمپرسور در این نوع انبساط‌های دو مرحله‌ای حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می یابد. اما در عوض به صورت کلی، در حدود ۵ تا ۱۰ درصد باعث افزایش بازده سیستم می گردد [۳].

## اکونومایزر با مبدل حرارتی

نوع دیگر اکونومایزر، به جای فلش تانک با مبدل حرارتی عمل می نماید. در این نوع اکونومایزرها بین انواع فازها تفاوتی نیست و جریان اصلی به دو قسمت تقسیم شده و جریان اصلی با استفاده از قسمتی از جریان که پس از عبور از شیر انبساط خنک شده، مادون سرد می گردد. به این صورت کارایی سیکل با استفاده از افزایش سابکولینگ بهبود می یابد. روش انتقال حرارت در این سیکل در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می گردد، سیستم از دو جریان اولیه و ثانویه تشکیل شده است و قسمت پرفشار پس از عبور از کندانسور، مایع شده و به دو بخش تقسیم می گردد. قسمت اصلی به وسیله قسمت فرعی خنک شده و قسمت فرعی پس از تبخیر،



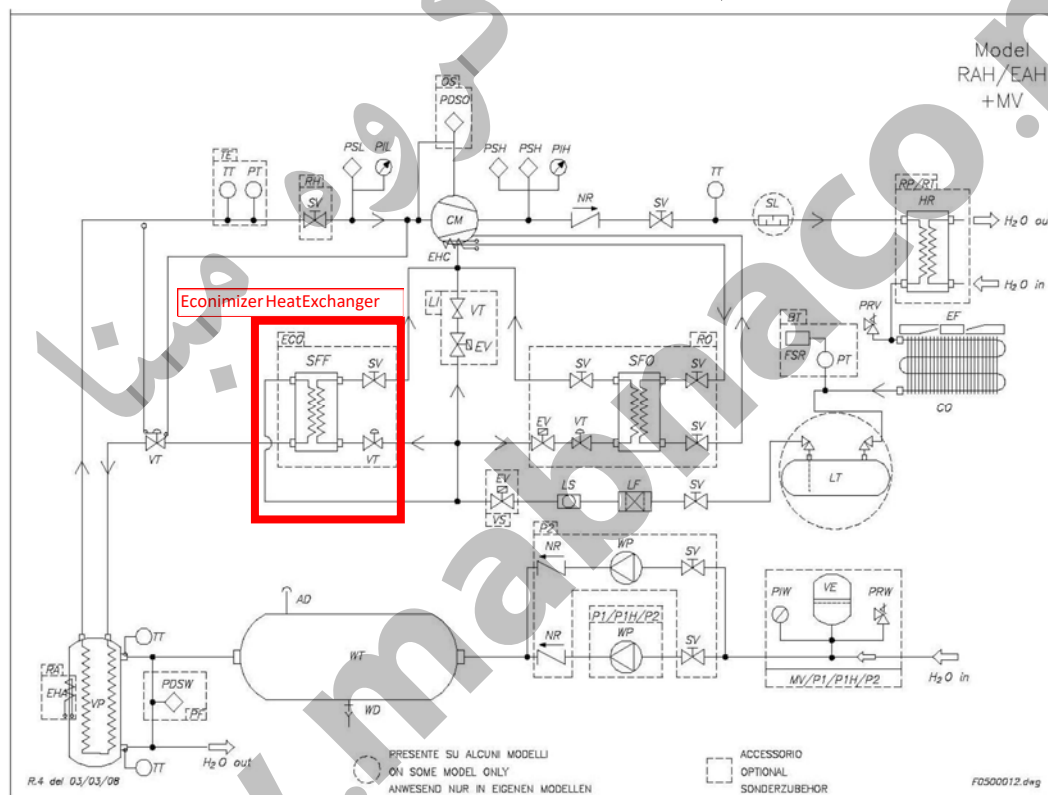
شکل ۳: اجزای مختلف سیستم چیلر با اکونومایزر همراه با مبدل حرارتی



شکل ۴: دیاگرام ترمودینامیکی اکونومایزر با مبدل حرارتی

## اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

وارد کمپرسور می‌گردد. از طرفی بخش اصلی پس از عبور از مبدل حرارتی و از دست دادن حرارت، از شیر انبساط عبور کرده و به اواپراتور وارد می‌گردد. به دلیل اینکه سابکولینگ صورت گرفته است، ظرفیت سرمایشی سیستم افزایش می‌یابد. همانطور که در شکل ۴ نیز مشاهده می‌گردد، در سیستم اکونومایزر با مبدل حرارتی، مقداری از مبرد از خط اصلی در نقطه **b** از دیاگرام فشار-آنتالپی جدا شده و با عبور از شیر انبساط به نقطه **e** می‌رسد. مبرد در مبدل حرارتی گرم شده و از نقطه **e** به نقطه **f** می‌رسد، در طرف دیگر، مبرد اصلی از نقطه **b** به **c** رسیده و سابکولینگ رخ می‌دهد. این سابکولینگ باعث افزایش توانایی مبرد در جذب حرارت معادل **d** تا **g** می‌گردد. در واقع برای ظرفیت سرمایشی یکسان کار کمتری صرف شده و ضریب عملکرد سیستم افزایش می‌یابد. این سیستم‌های اکونومایزر به دلیل اینکه نیازمند لوله کشی و تجهیزات اضافه‌ای هستند فقط در سیستم‌های تهویه مطبوع بزرگ استفاده می‌گردند. برای درک بهتر فرآیند و ارائه مثال صنعتی، دیاگرام فرآیندی یکی از چیلرهای شرکت EMICON در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵: نمودار فرآیندی اکونومایزر چیلرهای مدل RAH/EAH شرکت EMICON

### اکونومایزر با فلش تانک و مبدل حرارتی

نوع دیگر اکونومایزر، ترکیبی از دو سیستم گفته شده در قبل است. این نوع سیستم برای استفاده در چیلرهایی با کمپرسورهای سه مرحله‌ای طراحی شده‌اند. به این صورت دو سیستم اکونومایزر استفاده می‌شود، یکی برای فشار بالا و دیگری برای فشار پایین، شمایی از این سیستم در شکل ۶، سمت راست مشاهده می‌شود. استفاده از دو اکونومایزر باعث می‌شود که کمپرسور در فشار پایین تر گاز کمتری را متراکم کرده و کار آن کاهش یابد. استفاده از این سیستم به

# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

میزان بیشتری کارایی را افزایش می‌دهد اما فقط در حالتی استفاده از آن بهینه است که اندازه سیستم و نتیجتاً مصرف انرژی آن زیاد باشد [۴].

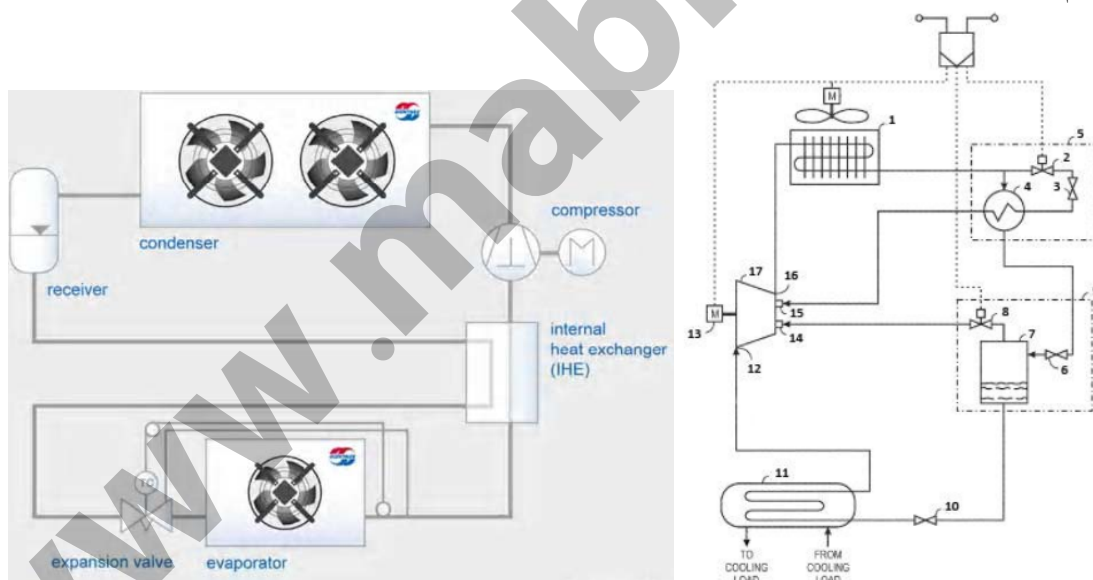
## سیستم اکونومایزر با مبدل حرارتی داخلی

نام دیگر این سیستم‌ها، سیستم‌های مبدل مایع-مکش است. این گونه سیستم‌ها باعث افزایش قابلیت اطمینان سیستم و ضریب کارایی سیستم می‌گردند. در این نوع اکونومایزر، جریان تقسیم نمی‌شود و فقط انتقال حرارت بین دو جزء سیستم صورت می‌گیرد. مبدل حرارتی داخلی یکی از روش‌های ایجاد سابکولینگ است. نوع مبرد در کارایی این نوع سیستم بسیار موثر است. در شکل ۶، سمت چپ شمایی از این سیستم نشان داده شده است. انتقال حرارت بین مبرد عبوری پس از کندانسور با مبرد خروجی از اواپراتور صورت می‌گیرد [۵].

میزان سوپرهیت مکش کمپرسور افزایش یافته و سابکولینگ مبرد عبوری پس از کندانسور رخ می‌دهد. به این ترتیب قابلیت اطمینان سیستم به دلیل کاهش احتمال ورود مایع به کمپرسور افزایش یافته و ظرفیت سیستم به دلیل افزایش سابکولینگ افزایش می‌یابد.

به صورت کلی این سیستم‌های اکونومایزر شرایط ویژه‌ای دارند و می‌توانند اثرات منفی و یا مثبتی بر روی کل سیستم داشته باشند. فواید استفاده از این نوع اکونومایزر به صورت زیر است:

- ۱- به صورت کلی ضریب کارایی سیستم افزایش می‌یابد. ۲- افزایش سابکولینگ به افزایش کارکرد شیر انبساط کمک کرده و از فلشینگ قبل از شیر انبساط جلوگیری می‌کند. ۳- مبدل حرارتی باعث تبخیر کامل مبرد قبل از کمپرسور شده و از کمپرسور در مقابل ورود مایع تبخیر نشده و آسیب محافظت می‌کند. ۴- هزینه تجهیزات جانبی مورد نیاز آن کم است.



شکل ۶ سمت راست- شمایی از سیستم با مبدل حرارتی و فلش‌تانک به صورت توامان و سمت چپ- سیستم چیلر با اکونومایزر مبدل حرارتی داخلی



# اکونومایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

معایب این اکونومایزر:

۱- باعث افت فشار می‌گردد. ۲- وابسته به کیفیت مبدل حرارتی مورد استفاده است. ۳- استفاده از مبدل حرارتی داخلی باعث افزایش دما و کاهش فشار ورودی کمپرسور می‌گردد. در واقع باعث کاهش چگالی و کارایی حجمی کمپرسور شده و جریان جرمی آن کاهش می‌یابد. این پدیده به طور خاص برای سیستم‌های سرمایش با دمای پایین رخ می‌دهد. به همین دلیل است که سیستم‌های با دماهای بالا بهترین نتیجه را با این نوع اکونومایزر می‌دهند.

## مثال؛ استفاده از اکونومایزر در چیلر

برای یک چیلر هوا خنک، استفاده از اکونومایزر، باعث افزایش ظرفیت سرمایش شده و در مقایسه با چیلری که در همین ظرفیت کار می‌کند دارای فن‌های کوچکتر، ابعاد کمتر و کارایی انرژی و ضریب عملکرد بالاتر است. چرا که ظرفیت سرمایش افزایش یافته، کار فن کم می‌شود و افزایش کار کمپرسور به این دلیل که دبی اکونومایزر کم بوده و در مرحله میانی وارد کمپرسور می‌گردد، کم است. از این رو استفاده از اکونومایزر برای این سیستم بسیار به صرفه و بهینه است و برای مناطق حاره‌ای که دمای متوسط در تابستان بالا بوده و انتقال حرارت به محیط بیرون نیازمند فن‌های بزرگتری است، توصیه می‌گردد.

برای تشریح بهتر استفاده از اکونومایزر و اثر آن بر روی ظرفیت و ضریب عملکرد سیستم، مثالی از استفاده از این سیستم ارائه می‌گردد. مشخصات چرخه‌ی سرمایشی با کمپرسور مدل CSH95113-320Y-40D شرکت Bitzer در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که در این جدول بیان شده است، با افزایش اکونومایزر به سیستم و افزایش سابکولینگ به اندازه ۵ درجه، افزایش ۰/۰۵ در ضریب عملکرد چیلر رخ داده و ظرفیت سرمایش به میزان ۳۲ kW افزایش یافته است.

## خلاصه نتایج تئوری و عملی

سابکولینگ می‌بایست از تشکیل فلشینگ مبرد قبل از شیر انبساط جلوگیری کند و از کارکرد درست شیر، اطمینان حاصل شود.

سابکولینگ بسیار کم، باعث تشکیل بخار در ورودی شیر انبساط و نتیجتاً باعث افت شدید ظرفیت می‌گردد.

سابکولینگ بیش از حد، می‌تواند باعث کاهش میزان سوپرهیت شده و باعث روشن و خاموش شدن سیگنال سوپرهیت و کاهش ظرفیت گردد.

در برخی مواقع، عمر کمپرسور به دلیل افزایش احتمال ورود مایع و عدم تبخیر قبل از ورود به کمپرسور، دچار کاهش و کم شدن کارایی می‌گردد.

در سیستم‌هایی که کنترل فشار اوپراتور ندارند، هر چه سابکولینگ افزایش یابد، دمای تبخیر نیز افزایش می‌یابد.

به دلیل افزایش فاصله بین فشار اوپورتینگ و کاندنسینگ، ظرفیت سیستم و نتیجتاً ظرفیت کلی سیستم ممکن است کاهش یابد که نتیجتاً به افزایش زمان کارکرد سیستم می‌انجامد.

# اکنونمایزر، کنترل سابکولینگ و افزایش بازده چیلر

جدول ۱: مقایسه کمپرسور مدل CSH95113-320Y-40D با مدل بدون اکنونمایزر

پارامتر	بدون اکنونمایزر	با اکنونمایزر
دمای خروجی اوپراتور (°C)	۲	۲
دمای خروجی کندانسور (°C)	۵۰	۵۰
ظرفیت سرمایش چیلر (kW)	۵۶۹	۶۰۱
توان ورودی چیلر (kW)	۱۸۴/۴	۱۹۱/۳
شدت جریان کاری چیلر (A)	۳۰۹	۳۱۹
ظرفیت کندانسور (kW)	۷۵۴	۷۹۳
ضریب عملکرد چیلر	۳/۰۹	۳/۱۴
دبی جرمی فشار پایین (kg/h)	۱۵۰۲۶	۱۵۰۲۶
دبی جرمی فشار بالا (kg/h)	۱۵۰۲۶	۱۵۸۱۰
دمای سابکولینگ (°C)	۰	۵
دمای سوپر هیت قبل کمپرسور (°C)	۱۰	۱۰
دمای خروجی کمپرسور (°C)	۷۴/۵	۷۴/۸

تجربه نشان داده است که اجزای مختلف سیستم طوری سایز شوند که نقطه‌ی شروع اوپوریتینگ حدود  $0.2 < x < 0.3$  باشد که توصیه‌های سازندگان نیز همینگونه است.

بسته به نوع سرمایش، سابکولینگ کمتر یا بیشتر ممکن است نیاز شود. بزرگ سایز زدن کمپرسور می‌تواند به سابکولینگ و سوپر هیتینگ بیش از حد بیانجامد که تاثیر منفی روی محدوده خاصی از کارکرد کمپرسور داشته باشد. سابکولینگ فقط در شرایط خاصی می‌تواند به افزایش ظرفیت سیستم بیانجامد و آن هم فقط به حداکثر مقداری که سازنده اوپوراتور اجازه داده است.

تلاش برای بهبود اجزای کوچک سایز شده به وسیله افزایش سابکولینگ ممکن است به کاهش کیفیت کنترل سیستم بیانجامد. بنابراین سابکولینگ می‌بایست به عنوان ابزاری برای رسیدن به مقادیری که سازنده اجزا توصیه کرده است، استفاده شود.

## منابع

- Bernd Kätow, M.Sc. Mech. Eng, "The influence of subcooling on refrigeration control quality", Danfoss A/S (Nordborg, Denmark), 2009.
- Richard G. Lord, Mark R. Rabbia, Kevin J. Glover. Flash tank economizer. U.S.patent 5,692,389. 1997.
- Application Management Department. A Technical Handbook for Refrigerant Application. Landskrona, Sweden. SWEP International. 2002.
- Alexander Lifson, Yan tang. Refrigeration system employing multiple eco-nomizer circuits. U.S.patent 6,684,750. 2004.
- S. A. Klein, D. T. Reindl, K. Brownell. Refrigeration System Performance us-ing Liquid-Suction Heat Exchangers. International Journal of Refrigeration. Vol. 23, Part 8, pp. 588-596. 2000.