



دانشگاه تبریز
دانشکده فنی و مهندسی مکانیک
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

عنوان:

تحلیل ترمودینامیکی سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی

استاد راهنما:

دکتر سید محمد سید محمودی

استاد مشاور:

دکتر سید فرامرز رنجبر

پژوهشگر:

عمید شفقت لنبر

شهریور ۹۲

رسالة محمد

تقدیم به :

تقدیم به پدر و مادر عزیزتر از جانم، پدری پرتلاش و زحمتکش و مادری

دلسوز و از خود گذشته که توان جبران قطره ای از دریای احساسشان را ندارم.

سپاسگزاری :

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت، هر نفسی که فرود می رود ممد حیات است و چون بر می آید مفرح ذات، پس در هر نفس دو نعمت موجود است و بر هر نعمت شکری واجب.

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به درآید

با تقدیر از خانواده عزیز، دلسوز و فداکارم که پیوسته جرعه نوش تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آنها بوده ام و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی ها و مشکلات بوده است.

بر خود وظیفه می دانم که از اساتید گرانقدر، جناب آقای دکتر سید محمد سید محمودی به عنوان استاد راهنما، جناب آقای دکتر سید فرامرز رنجبر به عنوان استاد مشاور و تمامی اساتیدی که در دوران تحصیل افتخار شاگردی آنها را داشتم سپاسگزاری نمایم.

باشد که این یادآوری سپاس بی پایان من از این عزیزان باشد.

نام خانوادگی : شفقت لنبر	نام : عمید
عنوان پایان نامه : تحلیل ترمودینامیکی سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی	
استاد راهنما : دکتر سید محمد سید محمودی	
استاد مشاور : دکتر سید فرامرز رنجبر	
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد	رشته : مهندسی مکانیک
گرایش : تبدیل انرژی	دانشگاه : تبریز
دانشکده : مهندسی مکانیک	تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۲/۶/
تعداد صفحات : ۹۶	
کلید واژه : آگزرژی، ضریب عملکرد، بازده آگزرژیکی، تبرید آبشاری، جذبی-تراکمی	
<p>چکیده : امروزه در صنعت تبرید عمدتاً دو نوع سیکل به کار گرفته می شود : سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی بخار. چندین مزایا و معایب برای هر دو سیستم می توان ذکر نمود. سیستم تبرید جذبی دوستاندار محیط زیست بوده و می تواند منابع گرمایی دما پایین را به کار گیرد در حالیکه کارایی آن پایین است. سیستم تبرید تراکمی با کارایی بالاتری کار می کند، زمان راه اندازی آن کمتر است ولی نیاز به انرژی الکتریسیته دارد. حال اگر اوپراتور قسمت جذبی را با کندانسور قسمت تراکمی کوپل نماییم یک سیستم تبرید آبشاری جذبی-تراکمی به وجود می آید که قادر به تولید برودت در دماهای پایین است.</p> <p>در این پایان نامه ضمن تشریح ادبیات فن سیستم های تبرید جذبی و تراکمی بخار، سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی مورد نظر با زوج میرد/جاذب آب-لیتیوم بروماید در قسمت جذبی و میرد R134a در قسمت تراکمی، از لحاظ قانون اول و دوم ترمودینامیک مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهایی مانند کار، انرژی حرارتی مصرفی یا دفع شده در هر یک از اجزا، ضریب عملکرد (COP) کل سیکل و هر یک از قسمت های جذبی و تراکمی، تخریب آگزرژی در سیکل، بازده آگزرژیکی کل سیکل و هر یک از قسمت های جذبی و تراکمی با تغییر برخی از داده های ورودی به سیکل مورد تحلیل قرار گرفته است و راه کارهایی جهت بهبود عملکرد سیستم ارائه شده است.</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و پیشینه پژوهش
۲	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ تاریخچه سیستم های تبرید
۵	۳-۱ مزایای سیستم های تبرید جذبی، تراکمی و آبشاری جذبی-تراکمی
۶	۴-۱ اساس عملکرد سیستم تبرید جذبی و تراکمی
۶	۱-۴-۱ اساس عملکرد سیستم تبرید جذبی
۱۱	۲-۴-۱ اساس عملکرد سیستم تراکمی
۱۲	۵-۱ تشابه بین اجزای سیستم های تبرید جذبی و تراکمی
۱۳	۶-۱ مبردها
۱۵	۱-۶-۱ ایمنی مبردها و سازگاری با محیط زیست
۱۷	۲-۶-۱ خصوصیات زوج مبرد/جاذب
۱۹	۷-۱ کریستالیزاسیون
۲۱	۸-۱ کمپرسورها
۲۲	۹-۱ انواع دیگر سیستم تبرید جذبی
۲۲	۱-۹-۱ سیستم تبرید چند اثره
۲۳	۲-۹-۱ سیستم تبرید جذبی نیم اثره
۲۴	۳-۹-۱ سیستم تبرید جذبی خود گردش
۲۵	۴-۹-۱ سیستم تبرید جذبی با استفاده از GAX

۲۷	۱۰-۱ پیشینه پژوهش
۳۶	فصل دوم: مواد و روش ها
۳۷	۱-۲ قانون اول ترمودینامیک
۳۸	۲-۲ قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی
۳۹	۳-۲ بازگشت ناپذیری و عوامل آن
۴۱	۴-۲ اگزرژی
۴۱	۱-۴-۲ مفهوم اگزرژی
۴۲	۱-۴-۲ ویژگی های اگزرژی
۴۳	۳-۴-۲ مقایسه انرژی و اگزرژی
۴۴	۴-۴-۲ معادلات اگزرژی
۴۵	۵-۲ فرآیند اختناق و ضریب ژول تامسون
۴۶	۶-۲ بازده قانون اول و دوم ترمودینامیک
۴۷	۷-۲ بازده آیزنتروپیک کمپرسور
۴۹	۸-۲ محاسبات مربوط به خواص محلول آب-لیتیوم بروماید
۵۱	۹-۲ فرض های حاکم بر مساله
۵۱	۱۰-۲ ورودی های مساله
۵۳	۱۱-۲ تحلیل سیکل مورد مطالعه از نظر قانون اول ترمودینامیک
۵۷	۱۲-۲ تحلیل سیکل مورد مطالعه از نظر قانون دوم ترمودینامیک
۶۲	فصل سوم: نتایج و بحث ها
۶۳	۱-۳ مقدمه

۶۳	۲-۳ تاثیر دمای اوپراتور بر ضریب عملکرد سیکل
۶۶	۳-۳ تاثیر اختلاف دمای مبدل حرارتی آبشاری بر ضریب عملکرد سیکل
۶۹	۴-۳ تاثیر دمای کندانسور قسمت جذبی بر ضریب عملکرد سیکل
۷۱	۵-۳ تاثیر دمای جاذب بر ضریب عملکرد سیکل
۷۳	۶-۳ تاثیر دمای ژنراتور بر ضریب عملکرد سیکل
۷۵	۷-۳ تاثیر مبدل حرارتی محلول بر ضریب عملکرد سیکل
۷۷	۸-۳ تاثیر دمای اوپراتور تراکمی بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۷۹	۹-۳ تاثیر اختلاف دمای مبدل حرارتی آبشاری بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۸۱	۱۰-۳ تاثیر دمای کندانسور قسمت جذبی بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۸۴	۱۱-۳ تاثیر دمای ابزوربر بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۸۶	۱۲-۳ تاثیر دمای ژنراتور بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۸۸	۱۳-۳ تاثیر مبدل حرارتی بر عملکرد اگزورژیتیکی سیکل
۹۰	نتیجه گیری
۹۲	پیشنهادات
۹۴	مراجع و منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵	جدول ۱-۱) برخی از میردهای صنعتی معروف
۴۳	جدول ۱-۲) مقایسه بین انرژی و آگزرژی
۶۳	جدول ۱-۳) ۱ مقایسه بین نتایج حاصل از آنالیز انرژی مطالعه حاضر و مرجع [۲]

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳	شکل (۱-۱) سیستم تبرید آبشاری تراکمی-تراکمی
۳	شکل (۲-۱) سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی آب-آمونیاک
۶	شکل (۳-۱) فرآیند جذب و جدایش مبرد
۷	شکل (۴-۱) سیکل تبرید جذبی، تشکیل شده از دو فرآیند جذب و جدایش
۸	شکل (۵-۱) تبخیر مبرد در اوپراتور
۹	شکل (۶-۱) فرآیند جذب در ابزوربر
۹	شکل (۷-۱) تولید بخار مبرد در ژنراتور
۱۰	شکل (۸-۱) تکمیل فرآیند با چگالش مبرد در کندانسور
۱۱	شکل (۹-۱) ایجاد اثر تبرید با تبخیر مبرد
۱۲	شکل (۱۰-۱) سیستم تبرید تراکمی
۱۳	شکل (۱۱-۱) مقایسه بین سیستم تبرید تراکمی و جذبی
۱۵	شکل (۱۲-۱) یک مخلوط زئوتروپیک ایده آل از مبردهای A و B
۲۱	شکل (۱۳-۱) دیاگرام P-T-X و خط کریستالیزاسیون در سیستم تبرید جذبی
۲۱	شکل (۱۴-۱) نمودار تغییرات COP با خط کریستالیزاسیون
۲۳	شکل (۱۵-۱) سیستم تبرید جذبی دو اثره
۲۴	شکل (۱۶-۱) سیستم تبرید جذبی نیم اثره
۲۵	شکل (۱۷-۱) سیستم تبرید جذبی خودگردش
۲۶	شکل (۱۸-۱) سیستم تبرید جذبی با استفاده از GAX

- ۲۸ شکل (۱۹-۱) سیستم تبرید آبشاری جذبی دو مرحله ای
- ۲۸ شکل (۲۰-۱) پمپ حرارتی جذبی تراکمی
- ۳۰ شکل (۲۱-۱) سیکل مورد مطالعه R.Ayala و همکاران
- ۳۱ شکل (۲۲-۱) سیکل تبرید آبشاری جذبی/تراکمی
- ۳۲ شکل (۲۳-۱) سیستم تبرید جذبی آبشاری خودکار
- ۳۴ شکل (۲۴-۱) سیستم تبرید آبشاری جذبی مورد مطالعه S.Garimella و همکاران
- ۳۵ شکل (۲۵-۱) سیستم تبرید آبشاری ترکیبی جذبی-تراکمی
- ۴۶ شکل (۱-۲) تغییرات ضریب ژول تامسون با دما و فشار
- ۴۸ شکل (۲-۲) تغییرات بازده آیزنتروپیک کمپرسور با نسبت فشار در کمپرسور های رفت و برگشتی
- ۴۹ شکل (۳-۲) تغییرات بازده آیزنتروپیک کمپرسور با نسبت فشار در کمپرسور های دورانی
- ۵۲ شکل (۴-۲) سیستم تبرید آبشاری جذبی-تراکمی مورد نظر در این پروژه
- ۶۴ شکل (۱-۳) -تاثیر دمای اوراتور قسمت تراکمی بر دبی مبردها
- ۶۵ شکل (۲-۳) -تاثیر دمای اوراتور قسمت تراکمی بر انتقال حرارت
- ۶۵ شکل (۳-۳) -تاثیر دمای اوراتور قسمت تراکمی بر ضریب عملکرد
- ۶۶ شکل (۴-۳) -تاثیر دمای اوراتور قسمت تراکمی بر ضریب عملکرد با تغییر مبرد قسمت تراکمی
- ۶۷ شکل (۵-۳) -تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر غلظت محلول در جاذب
- ۶۷ شکل (۶-۳) -تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر نسبت چرخش
- ۶۸ شکل (۷-۳) -تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر انتقال حرارت
- ۶۸ شکل (۸-۳) -تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر ضریب عملکرد
- ۶۹ شکل (۹-۳) -تاثیر دمای کندانسور جذبی بر غلظت خروجی از ژنراتور

- ۷۰ شکل (۳-۱۰) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر نسبت چرخش
- ۷۰ شکل (۳-۱۱) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر انتقال حرارت
- ۷۱ شکل (۳-۱۲) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر ضریب عملکرد
- ۷۲ شکل (۳-۱۳) - تاثیر دمای جاذب بر نسبت چرخش
- ۷۲ شکل (۳-۱۴) - تاثیر دمای جاذب بر انتقال حرارت
- ۷۳ شکل (۳-۱۵) - تاثیر دمای جاذب بر ضریب عملکرد
- ۷۴ شکل (۳-۱۶) - تاثیر دمای ژنراتور بر نسبت چرخش
- ۷۴ شکل (۳-۱۷) - تاثیر دمای ژنراتور بر انتقال حرارت
- ۷۵ شکل (۳-۱۸) - تاثیر دمای ژنراتور بر ضریب عملکرد
- ۷۶ شکل (۳-۱۹) - تاثیر ضریب تاثیرمبدل حرارتی بر انتقال حرارت
- ۷۶ شکل (۳-۲۰) - تاثیر ضریب تاثیرمبدل حرارتی بر ضریب عملکرد
- ۷۷ شکل (۳-۲۱) - تاثیر دمای اوپراتور قسمت تراکمی بر تخریب اگزورژی سیکل
- ۷۸ شکل (۳-۲۲) - تاثیر دمای اوپراتور قسمت تراکمی بر اگزورژی ورودی و خروجی به سیکل
- ۷۸ شکل (۳-۲۳) - تاثیر دمای اوپراتور قسمت تراکمی بر بازده اگزورژیکی سیکل
- ۸۰ شکل (۳-۲۴) - تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر اگزورژی ورودی و خروجی
- ۸۰ شکل (۳-۲۵) - تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر تخریب اگزورژی
- ۸۱ شکل (۳-۲۶) - تاثیر اختلاف دمای کندانسور آبشاری بر بازده اگزورژیکی
- ۸۲ شکل (۳-۲۷) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر تخریب اگزورژی سیکل
- ۸۳ شکل (۳-۲۸) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر اگزورژی ورودی و خروجی
- ۸۳ شکل (۳-۲۹) - تاثیر دمای کندانسور جذبی بر بازده اگزورژیکی

- ۸۵ شکل ۳-۳۰) تاثیر دمای ابزوربر بر تخریب اگزرژی سیکل
- ۸۵ شکل ۳-۳۱) تاثیر دمای ابزوربر بر بازده اگزرژیتیکی
- ۸۶ شکل ۳-۳۲) تاثیر دمای ژنراتور بر اگزرژی ورودی و خروجی
- ۸۷ شکل ۳-۳۳) تاثیر دمای ژنراتور بر تخریب اگزرژی سیکل
- ۸۷ شکل ۳-۳۴) تاثیر دمای ژنراتور بر بازده اگزرژیتیکی
- ۸۸ شکل ۳-۳۵) تاثیر ضریب تاثیر مبدل حرارتی محلول بر تخریب اگزرژی و اگزرژی ورودی
- ۸۹ شکل ۳-۳۶) تاثیر ضریب تاثیر مبدل حرارتی محلول بر بازده اگزرژی
- ۹۱ شکل ۳-۳۷) دیاگرام سنکی سیکل مورد نظر

فهرست علائم و اختصارات

تولید آنتروپی	$\dot{\sigma}$	انتقال حرارت	Q, \dot{Q}
جرم کنترل	$c.m$	کار	W, \dot{W}
محیط	$surr$	انرژی	E
سرعت	V	انرژی داخلی	U, u
زمان	t	انرژی پتانسیل	PE
شتاب گرانشی	g	انرژی جنبشی	KE
نرخ بازگشت ناپذیری	\dot{i}	ورودی	in
حقیقی	act	خروجی	out
ضریب عملکرد	COP	فشار	P
انرژی	e, E	حجم مخصوص	v
انرژی شیمیایی	μ_0	ارتفاع	Z
تخریب انرژی	ED	حالت نهایی	f
ضریب ژول تامسون	μ_{JT}	حالت اولیه	i
بازده انرژی	η_{energy}	آنتالپی	h, H
بازده انرژی	η_{ex}	دبی جرمی	\dot{m}
بازده آیزنتروپیک	η_{is}	حجم کنترل	cv
کمپرسور	com	آنتروپی	s, S
ابزوربر	abs	دما	T
ژنراتور	gen	برگشت پذیر	rev

غلظت محلول، کیفیت مبرد	X
مبدل حرارتی آبشاری	$h.c$
اوپراتور	$evap$
ظرفیت حرارتی فشار ثابت	C_p
لیتیوم بروماید	$libr$
ضریب تاثیر مبدل حرارتی	ε
مبدل حرارتی محلول	$h.e$
حالت اشباع	sat
نسبت چرخش	f
بازده اگزرژیتهکی قسمت تراکمی	$\eta_{ex.v-c}$
بازده اگزرژیتهکی قسمت جذبی	$\eta_{ex.abs}$

فصل اول

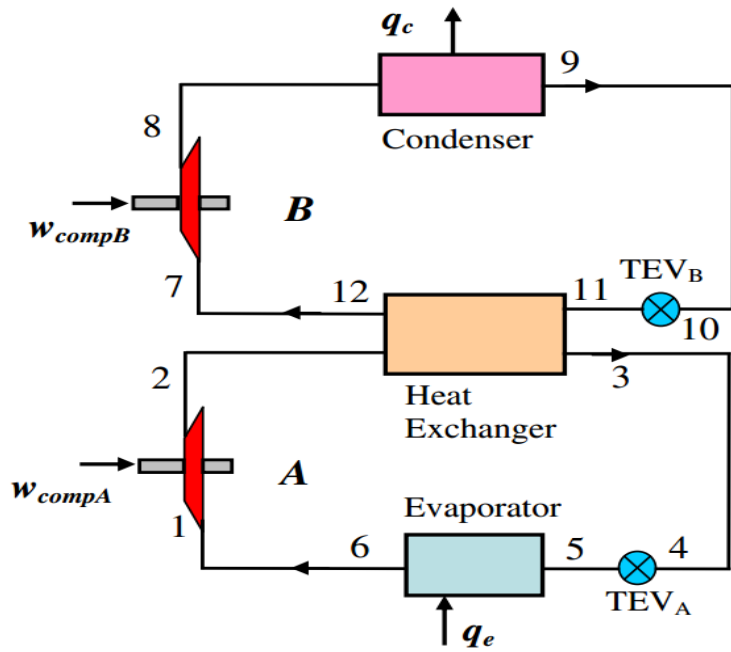
مقدمه و پیشینه پژوهش

۱-۱ مقدمه

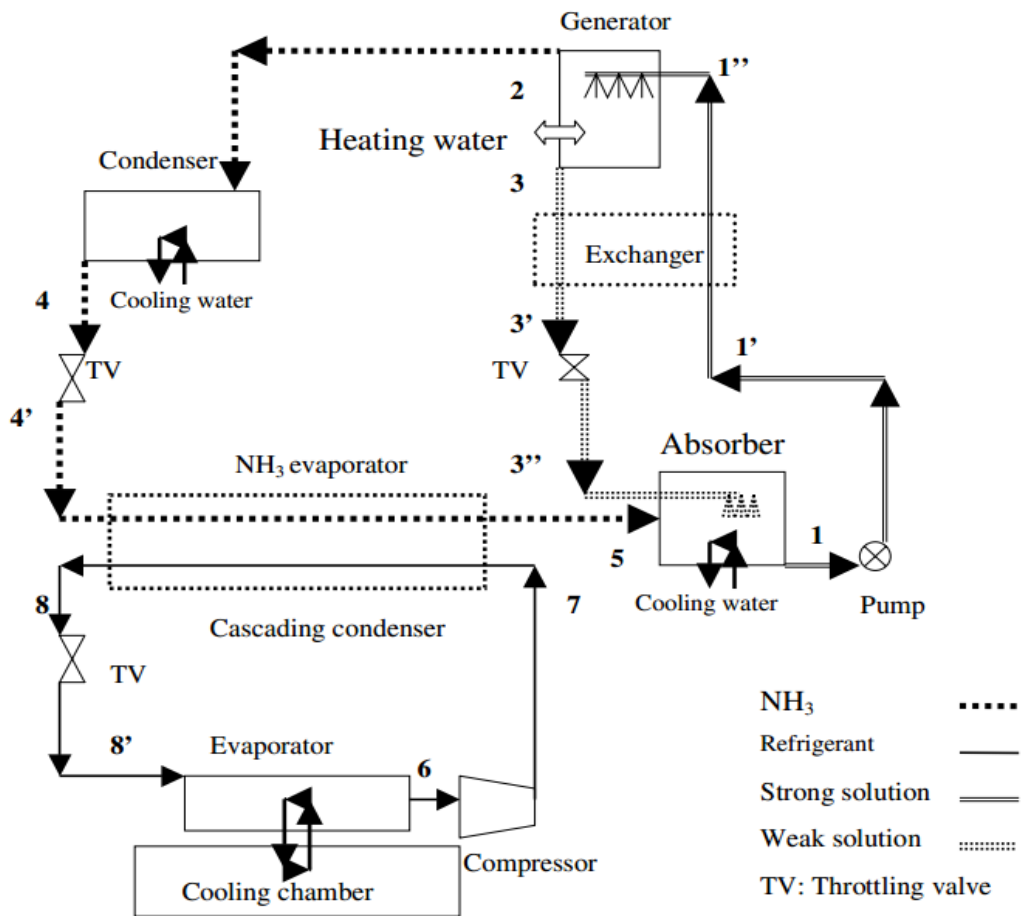
سیستم تبرید تراکمی یک مرحله ای برای کاربردهای دمای پایین به علت دمای و فشار عملیاتی پایین مبرد و مشکل در کمپرسورهایی که بتوانند مبرد با حجم مخصوص بزرگ را متراکم کنند میسر نیست. این مشکلات را می توان با اتخاذ سیستم تبرید تراکمی آبشاری که در آن، دو یا چند سیستم تبرید تراکمی بطور جداگانه کار می کنند و اوپراتور سیستم مرحله ی بالا با کندانسور سیستم مرحله ی پایین تر به یکدیگر متصل می شوند رفع کرد (شکل ۱-۱). از کاربردهای صنعتی سیستم تبرید آبشاری می توان به ذخیره سازی خون، مایع سازی بخارات نفتی (گازها) و گازهای اتمسفری نام برد [۱].

یکی دیگر از سیستم های تبرید آبشاری استفاده از سیستم تبرید جذبی در مرحله (دما) بالا و استفاده از سیستم تبرید تراکمی در مرحله (دما) پایین است. در این سیستم حرارت کندانسور قسمت تراکمی به اوپراتور قسمت جذبی دفع می شود و یک سیستم تبرید آبشاری به وجود می آید. در قسمت جذبی می توان از زوج مبرد/جاذب آب-آمونیاک یا لیتیوم بروماید-آب استفاده کرد و در قسمت تراکمی نیز می توان از مبردهای شناخته شده ای مانند NH_3 ، $R410A$ ، $R134a$ و غیره استفاده کرد [۲].

مطالعات برای زوج مبرد/جاذب آب-آمونیاک در قسمت جذبی نشان می دهد که کارایی قسمت تراکمی سیستم به مقدار ۳۷ تا ۵۴ درصد در مقایسه با چرخه تبرید تراکمی معمولی افزایش پیدا می کند (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۱) سیستم تبرید آبشاری تراکمی-تراکمی [۱]



شکل (۲-۱) سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی آب-آمونیاک [۳]

۱-۲ تاریخچه سیستم های تبرید

علم تبرید به صورت طبیعی دارای قدمت کهنی است. استفاده از یخ بجا مانده از زمستان برای استفاده در تابستان در ایران و هند مرسوم بوده است. برای اولین بار در خاورمیانه (ایران) از خانه هایی برای ذخیره سازی یخ استفاده شده است. مصالحی مانند خاک اره یا تراشه چوب به عنوان عایق بندی در این خانه های یخ مورد استفاده قرار می گرفته است.

در سال ۱۷۵۵ م. ویلیام کولن^۱ مقداری آب را در تماس حرارتی با اتر که تحت یک پمپ خلا بود قرار داد و یخ تولید کرد. در نیمه دوم قرن هجدهم میلادی دانش مایع سازی گاز بوسیله کمپرسور آموخته شد. در سال ۱۷۸۰ م. کلویت و مونگ^۲ دی اکسید گوگرد و در سال ۱۷۸۷ م. ماروم و تروستویج^۳ آمونیاک را به صورت مایع تبدیل کردند.

اولین ماشین تبرید که به صورت یک سیکل کار می کرد در سال ۱۸۳۴ م. توسط جاکوپ پرکینز^۴ ساخته شد. این ماشین نمونه اولیه همه سیستم های تبرید تراکمی که بعدا ساخته شده اند است. کارل فون لینده^۵ در سال ۱۸۷۰ م. اولین سیستم تبرید آمونیاکی را ارائه کرد. با توجه به نقطه جوش آمونیاک (C ۳۳/۳-) خلا در سیستم مورد نیاز نمی باشد. از آن زمان به بعد آمونیاک به طور گسترده در سردخانه های بزرگ استفاده می شود. در سال ۱۸۸۶ م. فرانس ویندهوزن^۶ از دی اکسید کربن در سیستم تبرید استفاده کرد. جدید ترین مبردهای مورد استفاده در سیستم های تبرید نیز CFC ها می باشند که از آن جمله می توان به R12 ، R22 ، R134a و غیره اشاره کرد.

-
1. Willam Cullen
 2. Clouet and Monge
 3. Marum and Troostwijk
 4. Jacob Perkins
 5. Carl Von Linde
 6. Franz Windhausen

جان لسلی^۱ در سال ۱۸۱۰م. دریافت که اگر اسید سولفوریک و آب را در دو شیشه مجزا از هم نگه داریم بخار آب به شدت توسط اسید سولفوریک جذب می شود. از همین تئوری برای سیستم های تبرید جذبی استفاده شد و در سال ۱۸۶۰م. فردیناند کری^۲ اولین سیستم تبرید جذبی از نوع آب و آمونیاک را ساخت [۴،۵]. در سال ۱۹۴۵م. اولین سیستم تبرید جذبی لیتیوم بروماید به صورت تجاری توسط کمپانی کریر آمریکا وارد بازار شد که در صنعت تهویه مطبوع مورد استفاده قرار می گیرد [۶].

۱-۳ مزایای سیستم های تبرید جذبی، تراکمی و آبشاری جذبی/تراکمی

سیستم های تبرید جذبی دو مزیت عمده نسبت به سیستم های تبرید تراکمی دارند که عبارتند از :

۱- با استفاده از انرژی حرارتی کار می کنند.

۲- کار مکانیکی برای تراکم نیاز ندارند.

از دیگر مزایای سیستم های تبرید جذبی می توان به استفاده از مبردهای سازگار با اتمسفر (محیط زیست)، کاهش خیلی زیاد مصرف انرژی الکتریکی، عدم استفاده از مواد روانکار، قابلیت استفاده از منابع حرارتی اتلافی و کیفیت پایین اشاره کرد [۷].

در مقابل سیستم های تبرید تراکمی ضریب عملکرد بالاتری نسبت به سیستم های تبرید جذبی دارند. در حالتی که به منابع انرژی با کیفیت پایین دسترسی نداشته باشیم و نیاز به نصب یک دیگ بخار به عنوان منبع حرارتی داشته باشیم استفاده از سیستم تبرید جذبی مقرون به صرفه نمی باشد. همچنین سیستم های تبرید تراکمی وزن و حجم کمتری نسبت به سیستم های تبرید جذبی دارند [۸].

سیستم های تبرید آبشاری جذبی-تراکمی می توانند به نوعی مزیت همزمان هر دو سیستم را دارا باشند. این سیستم ها امکان استفاده از انرژی الکتریکی و حرارتی را به طور همزمان میسازد. استفاده از انرژی الکتریکی کمتر نسبت به سیستم های تبرید تراکمی در کنار استفاده از منابع حرارتی زائد، خورشیدی یا زمین

1. John Leslie

2. Ferdinand Carre