**فصل اول :**

# مرور کلی و مطالعه و

# ارائه روش های ذخیره سازی سرمایش

# جهت بهینه سازی سیکل سرمایش و مطالعات و تحقیق بر روی عوامل

# موثر بر روی سیستم ذخیره ساز سرمایش به صورت تئوری و تجربی

**فهرست علائم اختصاری**

| | | |
|---|---|---|
| ظرفیت گرمایی آب درون تانک که با جریان ورودی مخلوط گردیده است. | $\frac{J}{Kg \quad ^{\circ}K}$ | $C_m$ |
| ظرفیت گرمایی جریان ورودی | $\frac{J}{Kg \quad ^{\circ}K}$ | $C_i$ |
| ظرفیت گرمایی آب | $\frac{J}{Kg \quad ^{\circ}K}$ | $C_p$ |
| ظرفیت گرمایی ویژه | $\frac{J}{^{\circ}K}$ | $c$ |
| قطر تانک ذخیره ساز | $m$ | $D$ |
| ظرفیت سرمایشی تعریف شده در معادله ( ۱ ) | | $H$ |
| ضریب هدایت حرارتی آب | | $k_f$ |
| ضریب هدایت حرارتی جنس دیواره تانک ذخیره ساز | | $k_w$ |
| طول تانک ذخیره ساز | | $L$ |
| جرم آب | | $M$ |
| درصد سرمایش قابل بازیافت تعریف شده در معادله ( ۱ ) | | $PCR$ |
| دبی حجمی جریان شارژ | $\frac{m^3}{s}$ | $Q_c$ |

| | | |
|---|---|---|
| دبی حجمی جریان دیسشارژ | $\frac{m^3}{s}$ | $Q_d$ |
| عدد رینولدز | | $\mathrm{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$ |
| عدد رایلی | | $Ri = \frac{g\beta \Delta T\ l}{\nu^2}$ |
| زمان | $s$ | $t$ |
| دمای آب درون تانک ذخیره ساز | $^\circ C$ | $T_f$ |
| دمای اولیه آب جیلد | $^\circ C$ | $T_1$ |
| دمای ثانویه آب چیلد | $^\circ C$ | $T_2$ |
| سرعت جریان | $\frac{m}{s}$ | $v$ |
| مختصات محوری | | $x$ |
| طول بدون بعد | $(\frac{x}{L})$ | $X$ |
| ضریب ترکیب | | $Z$ |
| مساحت درون تانک ذخیره ساز بر حسب متر مربع | $m^2$ | $A$ |
| سطح مقطع تانک ذخیره ساز | $m^2$ | $A_S$ |
| نسبت ظرفیت گرمایی ویژه آب به مبرد | | $g$ |

| | | |
|---|---|---|
| ارتفاع تانک | $m$ | $l$ |
| دبی جرمی آب | $\frac{Kg}{s}$ | $\dot{m}$ |
| تعداد واحدهای انتقال | | $NTU$ |
| مقدار واقعی سوپرکولینگ به ازای هر ثانیه | $W$ | $\dot{q}$ |
| ماکزیمم مقدار سوپرکولینگ | $W$ | $\dot{q}_{\max}$ |
| مقدار برودت ذخیره شده به ازای متر مکعب | $\frac{J}{m^3}$ | $q_s$ |
| ماکزیمم مقدار برودت ذخیره شده به ازای متر مکعب | $\frac{J}{m^3}$ | $q_{s,\max}$ |
| مقدار برودت کاربردی بهینه ذخیره شده به ازای متر مکعب | $\frac{J}{m^3}$ | $q_{s,opt}$ |
| مقدار گرما | $J$ | $Q$ |
| ماکزیمم مقدار برودت ذخیره شده از نظر تئوری | $J$ | $Q_{s,\max}$ |
| اختلاف دمای میانگین لگاریتمی | $^\circ C$ | $\Delta T_m$ |
| اختلاف دمای سوپرکولینگ بهینه | $^\circ C$ | $\Delta T_{opt}$ |
| حجم تانک ذخیره ساز | $m^3$ | $V$ |

| | | |
|---|---|---|
| اختلاف دمای اولیه | $(T_1 - T_2)\ ^\circ C$ | $\Delta T$ |

**علایم یونانی :**

| | | |
|---|---|---|
| ضریب پخش حرارتی | $\frac{m^2}{s}$ | $\alpha$ |
| راندمان سوپرکولینگ | | $\varepsilon$ |
| راندمان سوپرکولینگ بهینه | | $\varepsilon_{opt}$ |
| راندمان سوپرکولینگ در زمان $\tau$ | | $\varepsilon_\tau$ |
| راندمان بهره برداری ذخیره ساز به ازای واحد حجم | | $\eta$ |
| دمای بدون بعد | | $\theta$ |
| دانسیته | $\frac{m^3}{s}$ | $\rho$ |
| زمان | $s$ | $\tau$ |
| مدت زمان سرویس طراحی برای سیستم ذخیره ساز | $s$ | $\tau_.$ |
| زمان بدون بعد | | $\overline{\tau}$ |
| راندمان بهره برداری کلی برای سیستم ذخیره ساز | | $\xi$ |

| | |
|---|---|
| ماکزیمم راندمان بهره برداری کلی برای سیستم ذخیره ساز | $\xi_{\max}$ |
| راندمان کلی سیستم ذخیره ساز سرمایش | $\zeta$ |
| راندمان کلی بهینه سیستم ذخیره ساز سرمایش | $\zeta_o$ |
| ضریب انبساط حرارتی آب | $\beta$ |
| ضخامت دیواره تانک ذخیره ساز | $\delta$ |
| دانسیته آب $\frac{Kg}{m^3}$ | $\rho$ |
| ویسکوزیته مطلق آب | $\mu$ |
| راندمان شارژ | $\eta_c$ |
| راندمان دیسشارژ | $\eta_d$ |

**زیر نویس ها :**

| | |
|---|---|
| ورودی | $i$ |
| خروجی | $o$ |
| مبرد | $r$ |
| آب | $w$ |

# ۱- مقدمه

تامین شرایط آسایش و راحتی انسانها در فصل گرما نیاز به انرژی الکتریکی دارد در طول دوره گرما که در تهران معمولا از اواسط اردیبهشت شروع شده و تا پایان شهریور ادامه می یابد بین ساعات ۱۰ صبح تا ۶ بعد از ظهر توا ن الکتریکی زیادی توسط بخش ساختمان تقاضا می شود به نحوی که شدت این تقاضا گاه و بیگاه منجر به قطعی برق می شود. سیستم ذخیره کننده سرمائی این امکان را می دهد تا چیلر بخشی از سرمایش مورد نیاز در طول روز را در طی ساعات شب فراهم کرده ودر موادی مانند آب و یخ ذخیره نموده و در طول روز از آنها استفاده نماید.

این سیتم در درجه اول به حذف پیک مصرف کمک فراوانی می نماید. انتقال بخشی از بار به شب در کشورهایی که قیمت انرژی الکتریکی در روز و شب متفاوت است باعث کاهش هزینه های مصـــرف انرژی می شود. در سیستمهای سرمایش مستقیم انتخاب چیلر بر اساس بیشترین بار سرمایشی روز طرح انـــجام می شود و در اغلب اوقات فصل گرما چیلر در بار کامل کار نمی کند در حالی که با استفاده از سیستم ذخیره کننده سرمایی می توان چیلر کوچکتری انتخاب کرد و بنا براین می تواند باعث کاهش ظرفیت تجهیزات ، کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه ها بشود. متاسفانه در کشور ما به دلیل ارزان بودن انرژی استفاده از این سیستم مورد استقبال چندانی قرار نگرفته است. امید است تا با انجام پژوهش های مشابه اهمیت و مزایای استفاده از این سیستم روشن تر شده و در مسیر حرکت به سوی مصرف بهینه انرژی یک گام به جلو برداشته باشیم.

## ۱-۱ تاریخچه

بین سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ شرکتهای تولید کننده برق در آمریکا متوجه شدند به دلیل افزایش تقاضای انرژی الکتریکی و جوابگو نبودن توان تولید و توزیع نیاز شدیدی به کاهش تقاضا در ساعات پیک دارند. این احساس نیاز منجر به تصویب سیاستهایی در جهت انتقال مصرف به ســـاعات غیر پیک شد. از جـــمله آنها می توان به ارزان تر بودن قیمت انرژی در ساعات غیر پیک، لحاظ

کردن تخفیفهای مالیاتی و پاداشهایی اینگونه به صنایع اشاره کرد. عوامل فوق موجب شد تا صنایع آمریکا در دهه ۷۰ میلادی به طور چشمگیری به استفاده از این سیستم علاقه نشان دهند.

استفاده از سیستم های ذخیره سازی سرما با کاربری تهویه مطبوع در کشور های پیشرفته از قدمتی در حدود ۲۵ سال برخوردار است ، به گونه ای که در بسیاری از کشورها استفاده از این سیستم ها به عنوان یک گزینه اصلی جهت تامین مصارف برودتی ، نسبت به سایر سیستم های سرمایشی از مزیت نسبی برخوردار هستند. استفاده از سیستمهای ذخیره سازی در کشورهای بلژیک، فرانسه ، آلمان ، ایتالیا ، هلند و ... شاهدی بر این ادعا می باشد. نتایج به دست آمده نیز نشان می دهد که در کشور ما نیز در بسیاری از موارد استفاده از سیستم های سرمایشی در مقایسه با سیستم های تراکمی از مزیت بالایی برخوردار هستند و باعث کاهش هزینه های جاری و سرمایه گذاری اولیه می شوند.با توجه به مزایای پیش گفته ، ترویج و توسعه استفاده از سیستم های ذخیره سازی در ایران به عنوان یک فعالیت هدفمند قابل بررسی بوده و می تواند به نتایج پر باری منتهی گردد.

در مطالعات انجام شده در صنایع مشخص شده بود بار سرمایشی فضاهای تولید و فضاهای اداری در فصل گرم و متعاقبا توان مصرفی سیستمهای تهویه مطبوع تاثیر چشمگیری بر پیک تقاضا دارد و با انتقال آن به ساعات غیر پیک می توانستند از انرژیی که درساعات پیک در دسترس دارند برای افزایش توان تولید استفاده کرده و همچنین با انتقال بخشی از بار به شب مشمول تشویقهای مالیاتی نیز بشوند . طبق برآوردهای انجام شده در یک ساختمان اداری در فصل تابستان در حدود ۶۳٪ تقاضای انرژی الکتریکی مربوط به سیستم تهویه مطبوع می باشد. **[۱،۴]**

۱-۲ موارد کاربرد

استفاده از سیستم ذخیره کننده همیشه ممکن است مطلوب نباشد. در مورد استفاده از سیستم ذخیره کننده بایستی موارد ذیل در نظر قرار گیرند: **[۵]**

- ماکزیمم بار سرمائی تجهیزات خیلی بیشتر از بار متوسط آنها باشد. این توصیه در بیشتر ساختمانهای غیر صنعتی نتیجه مطلوبی می دهد.
- هزینه برق مصرفی در ساعات پیک وغیر پیک تفاوت فاحشی داشته باشد و یا نصب این سیستم مشمول تشویق های مالیاتی شود. ذکر این نکته ضروری است که این موضوع تا کنون در کشور ما در خور نیاز مورد توجه قرار نگرفته است. به تازگی خبرهایی مبنی بر چند نرخی شدن هزینه برق به تفکیک ساعات شبانه روز در ایران و استفاده از کنتورهای چند زمانه شنیده می شود و این خود کاربردی بودن این سیستم را در کشورمان بیش از پیش توجیه می نماید.
- سیستم سرمایش کنونی یک ساختمان کفاف طرح توسعه جدید را نمی دهد..
- در سایتی که ساختمان مورد نظر وجود دارد تقاضای انرژی الکتریکی در ساعات روز با محدودیتهائی روبه رو است.
- یک مقدار ظرفیت سرمایشی پشتیبان (رزرو) مورد نیاز است.

مهمترین کاربرد این سیستم در ساختمان های اداری است که معمولا پیک بار سرمائی در حدود دو تا چند برابر متوسط بار سرمائی در طول روز می باشد. این مورد همچنین در بعضی از فضاهای صنعتی نیز به چشم می خورد در واقع هر چه نسبت بار پیک به بار متوسط بیشتر باشد پتانسیل بیشتری برای استفاده از این سیستم وجود دارد. در نهایت می توان گفت شکل پروفیل ساعتی بار سرمایشی یکی از موثرترین پارامترهای  تعیین کننده است. در این پژوهش کاربرد این سیستم در فضاهای تجاری و اداری مورد مطالعه قرار گرفته و در حقیقت می توان گفت پروفیل بار دو فضای اداری در مدل بکار گرفته شده است.

استفاده از سیستم ذخیره کننده در مواردی که یک سیستم سرمایش نیاز به توسعه داشته باشد بسیار می تواند اقتصادی باشد. این امر زمانی اتفاق می افتد که یک ساختمان بزرگتر شده و یا تغییراتی در آن اعمال شده باشد که در نهایت منجر به افزایش بار سرمایشی مورد نیاز در تابستان بشود. با افزایش سیستم ذخیره به سیستم سرمایش موجود می توان از توان سرمایشی دستگاهها

در ساعات غیر پیک نیز استفاه نمود و قطعا هزینه افزودن یک تانک ذخیره به سیستم قبلی بسیار کمتر از افزودن یک سیستم جدید با ظرفیت بالاتر خواهد بود. **[۵]**

در بعضی موارد صنعتی که برای مصارفی نظیر آتش نشانی تانک آب وجود دارد و یا منبع با استفاده ای در دسترس است می توان از آن برای این منظور استفاده نمود. مخصوصا تانک ذخیره آب آتش نشانی را با اعمال تغییرات اندکی می توان مورد بهره برداری دو منظوره قرار داد. بدین صورت که در مواقع معمول به عنوان ذخیره آب سرد عمل کرده و در مواقع حریق با بستن و باز شدن چند شیر به طور اتوماتیک از آن برای عملیات اطفاء بهره جست. **[۲]**

از دیگر مواردی که کاربرد این سیستم توجیه پیدا می کند  می توان به موارد ی اشاره نمود که در آن تجهیزات سرد کننده نظیر چیلر، برج خنک کن و . . . به صورت وارداتی خریداری می شوند. در این مواقع هزینه تهیه این اقلام بالاتر از حد معمول خواهد بود. با طراحی چنین سیستمی می توان ظرفیت چیلر را تا حد زیادی کاهش داده و لذا موجبات تعدیل در هزینه ها را فراهم نمود. **[۲]**

۱-۳ مراجع معتبر

این گزارش با هدف توضیح بهینه سازی سیکل سرمایش با سیستم ذخیره کننده تهیه شده است و در ابتدای آن معرفی سیستم و توضیح انواع آن به طور اجمالی ارائه گردیده است. در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر می توان به مراجع ذیل رجوع کرد:

- انجمن تاسیسات و تهویه مطبوع آمریکا [۱]
- انستیتو تحقیقات نیرو در امریکا[۲]
- انجمن بین المللی مشاوره ای سیستمهای ذخیره گرمایی [۳]

۱-ASHREA
۲-EPRI
۳- ITSAC

- مرکز تحقیقات کاربردی سیستمهای ذخیره گرمایی[1]
- فروشندگان سیستمهای ذخیره کننده در آمریکا و اروپا

۱-۴ روشهای ذخیره سازی

روشهای ممکن برای ذخیره سازی سرمایش در ساختمانها را بر اساس سه مشخصه کلی می توان تقسیم بندی نمود: ماده ذخیره کننده، منبع انرژی اولیه و تکنولوژی ذخیره. به اجمال می توان گفت ماده ذخیره کننده می تواند آب سرد، یخ و یا نمکهای یوتکتیکی باشد. انرژی اولیه برای تولید سرمایش شامل گاز طبیعی، انرژی الکتریکی، بخار و یا حرارت بازیافت شده از یک سیستم گرمایی دیگر باشد. از تکنولوژیهای ذخیره می توان به سیستم تانک آب سرد، یخ روی لوله، یخ روی کویل و کیسه های یخی نام برد که در ادامه توضیحات لازم در مورد هر کدام ارائه خواهد شد.

۱-۵ ماده ذخیره کننده

همانطور که قبلا اشاره شد مرسوم ترین مواد مورد استفاده در این صنعت، آب، یخ و نمکهای فاز متغیر یوتکتیکی می باشد. مقدار انرژی قابل ذخیره در واحد حجم این مواد با یکدیگر متفاوت است. همچنین دمای ذخیره و نیازمندیهای فیزیکی و مکانیکی برای ذخیره سازی هر کدام با یکدیگر تفاوت دارد و این تفاوت باعث گسترده تر شدن دامنه کاربرد این سیستم می شود.

۱-۵-۱ آب سرد

در این روش از ظرفیت حرارتی محسوس آب $٤.١٨ \frac{KJ}{Kg \circ K}$ برای ذخیره سازی انـــرژی استفاده می شود. تجربه نشان می دهد اختلاف دمای $١١^{\circ}C\ (٢٠ \circ F)$ بهترین و کاراترین اختلاف دما برای اکثر کاربردها می باشد. این در حالی است که در بعضی موارد سیستمهایی با اختلاف دمای $١٧^{\circ}C\ (٣٠ \circ F)$ نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

---

۱- TSARC

حجم آب ذخیره شده در درجه اول به اختلاف دمای بین آب رفت و برگشت و در درجه دوم به میزان جدایش آب رفت و برگشت بستگی پیدا می کند. میزان جدایش آب رفت و برگشت در تکنولوژیهای مختلف متفاوت است. این موضوع در بخشهای بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت. معمولا در سیستمهای با اختلاف دمای $(۲۰^\circ F)\ ۱۱^\circ C$ حجـــمی معادل $۰.۰۷۸۸\frac{m^۳}{KWh}$ در نظر گرفته می شود. [۱]

آب سرد با دمایی در حدود $(٤٥^\circ F)\ ۷^\circ C$ در تانک ذخیره می شود و این دما با اکثر چیلرهای معمولی و سیستمهای توزیع متناسب است. **[۳]**

۱-۵-۲ یخ

سیستمهای ذخیره کننده یخ از انرژی نهان ذوب یخ $۳۵۵\frac{KJ}{Kg}$ بهره می جویند. انرژی حرارتی در دمای انجماد آب در آن ذخیره می شود. برای ذخیره این انرژی سیستم تبرید مورد استفاده بایستی بتواند مایع شارژ کننده را در دمای $(-۳^\circ C\ to\ -۹^\circ C)$ فراهم کند. این دما معمولا پایین تر از دمایی است که چیلرهای استاندارد می توانند تامین نمایند. همچنین دمای کارکرد سایر اجزای سیستم تهویه مطبـــوع در این دامنه نمی گنجد. بسته به تکنولوژی ذخیره سازی یخ، تجهیزات و لوازم دیگری نیز مورد نیار خواهد بود. در صورتی که خواننده این گزارش نیاز به اطلاعات بیشتری در این زمینه داشته باشد با مراجعه به مراجع ذکر شده می تواند رفع نیاز بنماید.

حجم مخزن مورد استفاده در این سیستم به نسبت یخ به آب در مخزن کاملا شارژ شده بستگی دارد و معمولا در حدود $(۰.۰۲ - ۰.۰۳)\frac{m^۳}{KWh}$ می باشد. **[۸]**

۱ - طرز محاسبه عدد فوق در فصل دوم به طور مفصل توضیح داده می شود.

۱ -۵-۳ ذخیره سازی انرژی در مواد دارای فاز متغیر[۱] $(PCM)$

روش های غیر متعارف ذخیره سازی انرژی به صورت محسوس ، باعث بروز مواد $(PCM)$ شده است ، که قابلیت آنها در ذخیره سازی انرژی به صورت بالایی می باشد و این کار در دمای ثابتی صورت می گیرد. این مواد می توانند ذخیره نمودن انرژی هم جهت سرمایش و هم جهت گرمایش مورد استفاده قرار گیرند.

در حالت کلی $(PCM)$ ها می توانند به صورت مواد استوانه ای شکل در نظر گرفته شوند که جنس آنها از مصالحی نظیر بتن یا سنگ گچ و یا غیره می باشد.

مشخصات مواد ذخیره کننده انرژی به صورت فاز متغیر به صورت زیر می باشد :

الف ) خواص ترمودینامیکی :

۱- دمای ذوب آنها در محدوده کاری مناسب می باشد

۲- دارای گرمای نهان ذوب بالایی در واحد حجم می باشند.

۳- ظرفیت گرمایی و دانسیته و همین طور ضریب انتقال حرارت بالایی دارند.

۴- در هنگام تغییر فاز ، به میزان خیلی کمی در آنها تغییر حجم صورت می گیرد و فشار بخار آنها در محدوه کاری خیلی کم است.

۵- دارای دمای ذوب یکسان و یکنواختی می باشند.

ب ) خواص جنبشی

۱- نرخ شکل گیری هسته ای بالا به منظور جبران و جلوگیری از سرمایش بیش از حد فاز مایع

۲- نرخ بالای شکل گیری کریستال که موجب می شود ، سیستم ذخیره ساز بتواند به بازیافت حرارتی منجر می گردد.

---

۱- Phase Change Material

ج ) خواص شیمیایی

۱- پایداری شیمیایی بالا

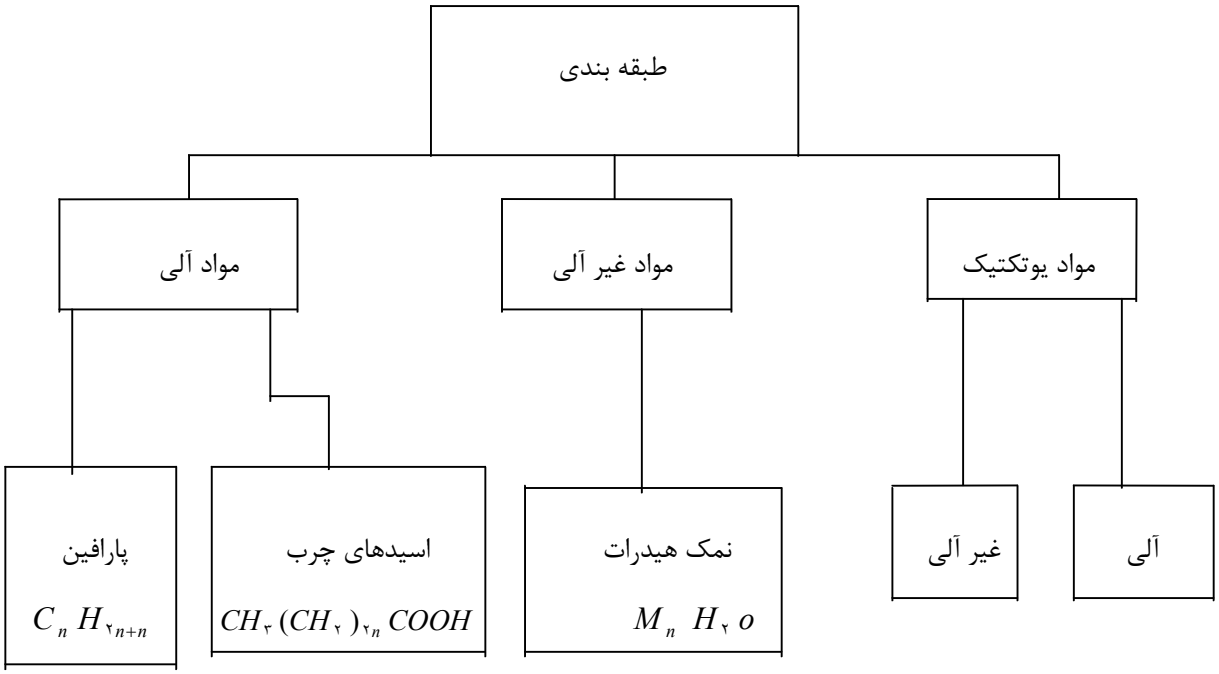
۲- دارای سیکل انجماد یا ذوب برگشت پذیر به صورت کامل

۳- عدم از هم پاشیدگی پس از تعداد زیادی از سیکل انجماد یا ذوب

۴- عدم خورندگی و غیر سمی و غیر قابل اشتعال بودن وعدم منفجره بودن ترکیبات داخلی این مواد

۱ – ۵ – ۳ – ۱ طبقه بندی مواد دارای تغییر فاز

$(PCM)$ ها در رنج های دمایی گوناگونی قرار دارند . یک طبقه بندی از آنها با توجه به خاصیت آنها در شکل زیر آمده است.




مزایا و معایب $(PCM)$:

مواد آلی :

۱- قابلیت و امکان وجود آنها درمحدوده دمایی بالا

۲- انجماد بدون سرمایش بیش ازحد

۳- ذوب یکنواخت و یکسان

۴- خواص تشکیل هسته

۵- سازگاری با مواد متعارف از نظر ساختاری

۶- عدم تجزیه

۷- پایداری شیمیایی

۸- گرمای نهان بالا

۹- ایمنی بالای این مواد و عدم انفجار آنها

مواد غیر آلی

۱- دارای ظرفیت گرمایی نهان ذخیره شده بالایی می باشد.

۲- قیمت کم و در دسترس بودن آنها

۳- ضریب هدایت حرارتی بالا

۴- گرمای نهان ذوب بالا دارند

۵- تغییر حجم کم در حین تغییر فاز

۶- عدم اشتعال پذیری آنها

مواد یوتکتیک:

۱- مواد یوتکتیک دارای نقطه ذوب پایین تر در مقایسه با مواد خالص می باشند

۲- دانسیته ذخیره سازی حجمی در آنها کمی بیشتر از ترکیبات آلی است.

معایب :

مواد آلی

۱- هدایت حرارتی که در حالت جامد ، نیاز به نرخ انتقال حرارت بالایی در حین پروسه نیاز دارد.

۲- ظرفیت ذخیره سازی به صورت نهان در آنها کم می باشد.

۳- اشتعال پذیری

۴- به دلیل ملاحظات اقتصادی فقط درجاتی از پارافین ممکن است مورد استفاده قرار بگیرند که در اصل ترکیبی از پارافین و ترکیبی تصفیه شده از نفت خام هستند.

مواد غیر آلی :

۱- تغییر حجمی در آنها بالا است

۲- سوپرکولینگ یک مشکل اصلی این مواد در تبدیل از فاز جامد به مایع است.

۳- در حین تغییر فاز به شکل هسته در آمدن آنها ضروری است و معمولا به صورت اجباری پس از هر دوره از سیکل تبرید صورت می گیرد.

مواد یوتکتیک:

تنها برخی از این مواد برای خواص ترموفیزیکی موجود می باشد که برای ذخیره سازی سرمایشی مناسب می باشند

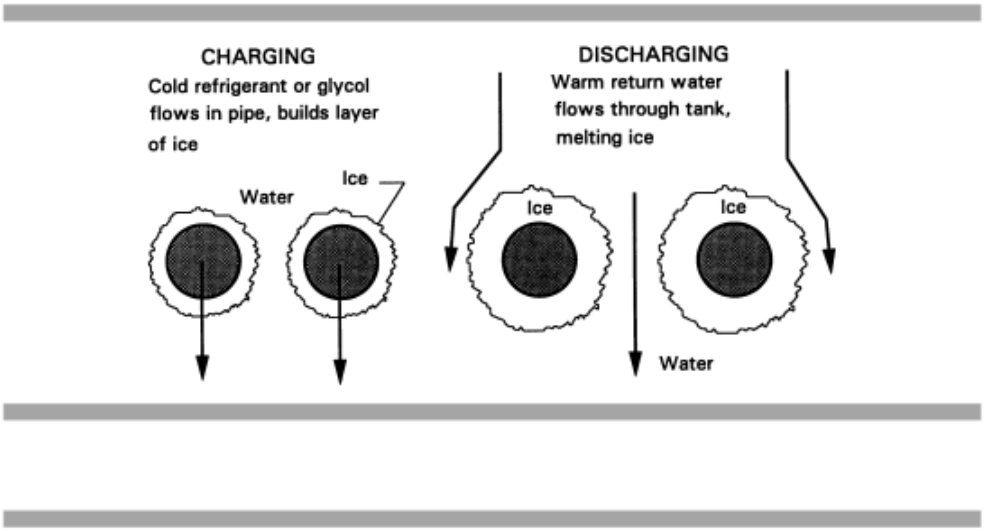
۱-۶ تکنولوژیهای ذخیره سازی

- ذخیره کننده آب سرد : آب سرد تهیه شده در یک تانک ذخیره می شود و در وقت لزوم مصرف می‌گردد.

در این روش ، از انرژی حرارت محسوس آب برای ذخیره سازی سرمایشی استفاده می شود. آب در طی ساعات غیر پیک شب توسط یک پمپ بین مخزن و اوارپراتور سیستم تبرید جریان داشته و پس از سرد شدن در داخل مخزن برای استفاده در ساعات پیک جمع آوری می شود . با اضافه کردن برخی از مواد ظرفیت حرارتی محلول افزایش می یابد و در نتیجه می توان تفائت بین دماهای ورودی و خروجی آب از مخزن را افزایش داد که در این صورت حجم مخزن کاهش می یابد. به منظور

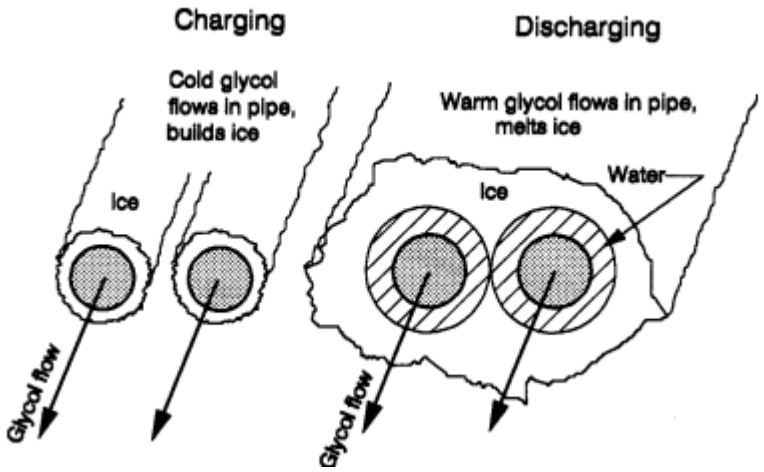
ثابت نگه داشتن دماهای خروجی از مخزن و جلوگیری از لایه بندی دمایی ، ذخیره سازی آب در درون تانک ذخیره ساز نیاز به یک سیستم همزن و مخلوط کن نیاز دارد.

- تولید و انباشت کننده یخ : در این سیستم یخ در جوار اواپراتور چیلر تولید شده و به صورت متناوب در تانکی از آب و یخ ریخته می شود و مخلوطی از آب ویخ ذخیره می‌شود.
- تولید یخ روی کویل و ذوب خارجی : در این روش لوله های حاوی مبرد در داخل تانک آبی مستغرق هستند و یخ برروی کویل تشکیل می شود. در هنگام استفاده از یخ تولید شده در فرایند سرمایش ، آبی که از کویلهای تهویه مطبوع بر می گردد بر روی یخ تولید شده ریخته شده و یخ از بیرون شروع به ذوب شدن می کند.

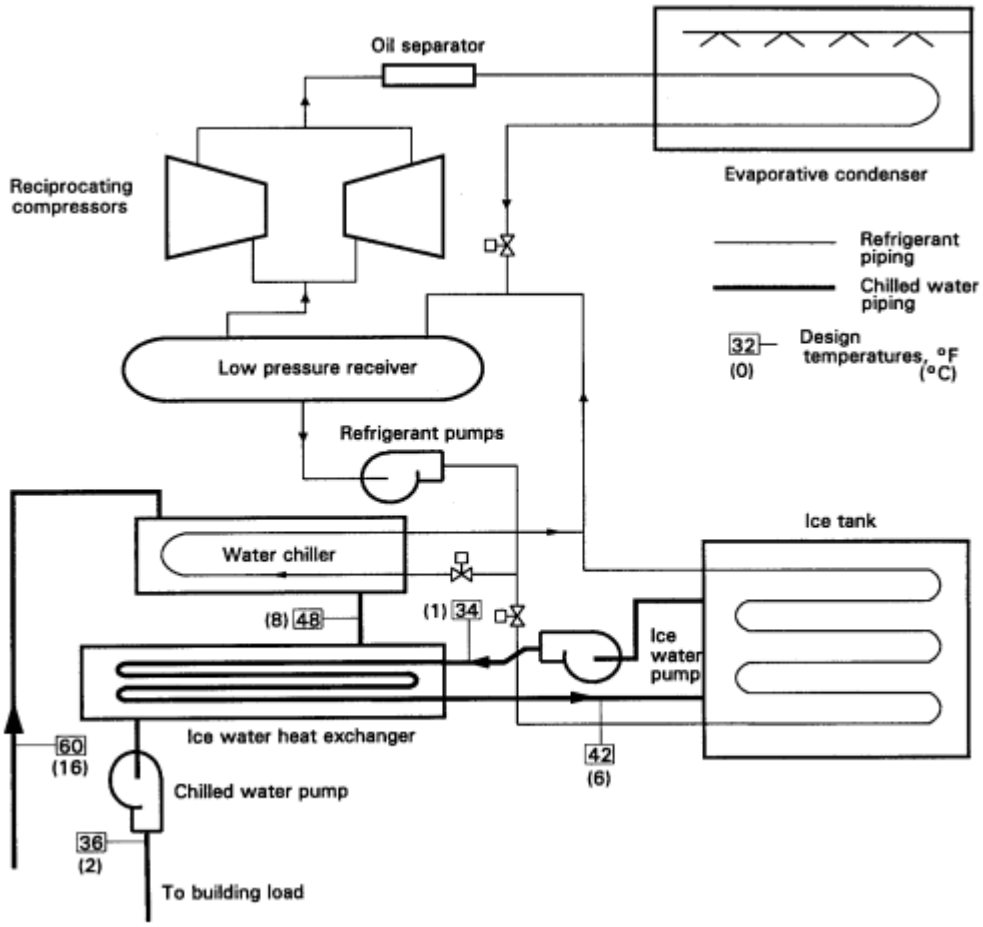



شکل ۱ – ۱ تولید یخ روی کویل و ذوب خارجی

- تولید یخ روی کویل و ذوب داخلی : در این روش مشابه روش قبلی یخ برروی کویل تولید می شود اما آب برگشت داده شده از کویلهای تهویه مطبوع از داخل لوله عبور کرده و ذوب یخ از داخل شروع می‌شود. و حرارت آب برگشتی را جذب نموده و برای ذخیره سازی در سیکل بعدی آماده می نماید.

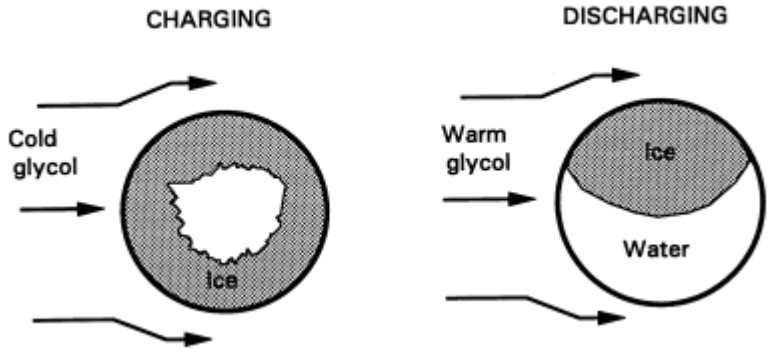



شکل ۱ – ۲ تولید یخ روی کویل و ذوب داخلی




شکل ۱ – ۳ سیکل ذخیره ساز سرمایشی به صورت یخ

- کیسه های یخ : در این روش کیسه های پلاستیکی حاوی آب وجود دارند که در هنگام شب آب درون آنها یخ زده و در هنگام پیک بار ظهر آب در گردش سیکل ســـرمایش از روی آنها عبـــور می نماید




شکل ۱ – ۴ کیسه های یخ جهت ذخیره سازی سرمایش