بررسی و معرفی انواع سیستمهای مختلف آیس بانک ICE BANK
(مخزن ذخیره سرمایی COOL THERMAL STORAGE)

مقدمه

بحث استفاده از مخازن ذخیره سرمایی (Cool Thermal Storage) از سالهای1970 و1980 آغاز گردید. در این زمان نیروگاه های تولید انرژی الکتریکی متوجه ضرورت کاهش پیک مصرف انرژی برای سهولت و حتی پیشرفت در امر تولید و توزیع شده بودند و در خیلی از موارد بخصوص در روزهای گرم سال، مقدار ما کزیمم مصرف انرژی در یک پروژه بیشتر به سهم دستگاهها و تجهیزات تهویه مطبوع اختصاص داشت.

در بررسی انجام شده در ایالات متحده مشخ ص گردید که در بسیاری از ایالتها تبرید در تابستان بیش از 35٪ کل برق مصرفی را بخود اختصاص داده است. (درنتیجه صحبت بر سر بهینه سازی ملیاردها دلار هزینه انرژی مصرفی می باشد).

در نتیجه صنعت به این امر توجه نمود که اگر بتوان تبرید را در زمان غیر یک مصرف انرژی به طریقی ذخیره نمود و بعداً مورد استفاده قرار داد بار مصرفی زیادی از دوش شبکه در زمان پیک مصرف برداشته خواهد شد و در نتیجه ظرفیت بیشتری برای مصارف دیگر در طول این زمان در دست خواهد بود و همچنین از ظرفیت اوقات غیر پیک مصرف انرژی نیز بطور کامل استفاده خواهد گردید.

در نتیجه بسیاری از شرکتها و نیروگاههای تولید کننده انرژی الکتریکی از راههای مختلف از جمله با تغییر تعرفه خود، اضافه کردن مبالغ قابل توجهی به قیمت مصرف در زمان پیک مصرف انرژی، تعیین مبلغی اضافه برای مصرف کننده بر اساس مقدار ماکزیمم انرژی مصرفی در طول یک ماه (هزینه دیماند (Demand) (و نه براساس مقدار کل انرژی مصرفی) وحتی تعیین وامها و سوبسید هایی برای ترغیب مصرف کننده ها به انتقال پیک مصرف انرژی خود به ساعتهای غیر پیک، سعی در انتقال قسمتی از انرژی الکتریکی از ساعات پیک مصرف به ساعات غیر پیک نمودند.

مخزن ذخیره یکی از این راههاست که کارکرد چیلرها را که از پرمصرف ترین دستگاههای تهویه مطبوع می باشند به ساعات دلخواه موکول می نماید. در اکثر موارد نیز هزینه ای که از کم کردن سایز چیلر صرفه جویی می گردد برای ساختن یک مخزن یا خرید آن کافی می باشد.

REFERENCES

(ASHRAE) American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.
Design Guide For Cool Thermal Storage

یخ سازها شامل انواع مختلفی از دستگاه هایی هستند که یخ را بر روی سطح لوله های کویل یا صفحات مستغرق در یک مخزن آب عایق بندی شده تولید می کنند. این سیستم معمولا با نام آیس بانک یا مخزن یخ شناخته می شود. یخ ساخته شده بر روی کویل یا پلیت ها به عنوان یخ مصرف نمی شوند بلکه به عنوان یک مبرد ثانویه برای خنک کردن آبی که در مخزن گردش می کند به کار می روند .آیس بانک ها معمولا برای ذخیره برودت در زمان های کم باری مصرف برق و استفاده از انرژی ذخیره شده در زمان پیک مصرف و همچنین در مواردی که نوساناتی در بار برودتی وجود دارد، به کار می روند. از طرفی دمای پایین تر در شب به سیستم های سرمایشی این امکان را می دهد تا بازدهی بیشتری داشته باشند و مصرف انرژی نیز کاهش پیدا کند. این بدین معناست که ظرفیت کمتری نیز مورد نیاز است و در نهایت سرمایه گذاری اولیه نیز کاهش پیدا می کند. در سیستم آیس بانک این امکان وجود دارد که با افزودن برخی موادی که نقطه انجماد آب را کاهش می دهند راندمان را بالاتر نیز برد.

مزایای استفاده از آیس بانک:

1.کاهش سرمایه گذاری استفاده از آیس بانک سب کاهش هزینه های اولیه اجرای پروژه می شود زیرا در طراحی های سنتی ، ظرفیت کمپرسور و کندانسور و.... برای تامین پیک ظرفیت مورد نیاز طراحی می شود ، در حالی که رمانی که از ایس بانک در طراحی سیستم بهره گرفته می شود، طراحی ظرفیت کمپرسور وکندانسور بر حسب 50% تا 60% میزان پیک ظرفیت مورد نیاز انجام می گردد زیرا سیستم قادر به فعالیت 24 ساعته در طول شبانه روز و تولید و ذخیره برودت می باشد و لذا برودت مازاد مورد نیاز در طی روز جهت تامین پیک ظرفیت، از محل ذخیره شبانه قابل تامین می باشد در نتیجه در صورت استفاده از ایس بانک نیازی به کندانسور بزرگ نیست و تجهیزات کوچکتر قادر به پاسخگویی به نیاز ظرفیت خواهد بود. - در سیستم های که از آیس بانک استفاده می کنند از آنجا که سیستم توسط آب سرد خروجی ایس بانک (نزدیک صفر درجه) که دارای دمای کمتری نسبت به آب سرد خروجی مبدل های شل اند تیوب و یا پیلت کولر می باشد ، تغذیه می گردد لذا اختلاف دمای موجود بین اب سرد و محیط مورد نظر سرمایش بیشتر شده و برای تامین یک میزان برودت خاص نیاز به تامین آب سرد کمتری می باشد در نتیجه پمپ و لوله کشی لازم دارای قطر و ظرفیت کمتری خواهند بود - باتوجه به دمای پایین تر آب سرد خروجی ار ایس بانک نسبت به آب سرد خروجی از سیستمهای رایج دارای مبدا شل اند تیوب و یا پلیت کولر و در نتیجه افزایش اختلاف دما نیاز به کویل های بزرگ نیست و کویل سرمایشی کوچکتر و فن کوچکتر پاسخگوی نیاز خواهد بود - استفاده از کمپرسور و کنداسور کوچکتر علاوه بر کاهش قطر لوله و شیر آلت، نیاز به سیم کشی ، کنترل فی مابین ، تجهیزات الکتریکی وتابلو برق کوچکتری دارد . - در صورتی که برای تامین برق پشتیبان از ژنراتور استفاده می شود و در سیستم های دارای ایس بانک به علت استفاده از کمپرسور کوچکتر، برا ی تامین برق پشتیبان نیز به ژنراتور کوچکتری خواهد بود.

.2کاهش هزینه مصرف انرژی استفاده از ایس بانک سبب کاهش هزینه مصرف انرژی می شود زیرا: - از آنجا که در سیستمهای دارای آیس بانک ، برودت در تمام طول شبانه روز تولید و ذخیره می شود، لذا در طی ساعات پیک مصرف برق، نیاز به مصرف زیاد جریان الکتریسیته نمی باشد و قسمت عمده ای از برودت مورد نیاز از محل ذخیره شبانه تامین می شود و لذا در صورت استفاده از کنتور برق زماندار که هزینه برق مصرفی در طی ساعات پیک مصرف را با تعرفه بسیار بیشتر از ساعت نیمه شب محاسبه می کند، هزینه برق مصرف شده کاهش چشمگیری می یابد. - در سیستم های دارای آیس بانک انرژی الکتریکی کمتری مصرف میشود زیرا تجهیزات برودتی شامل کمپرسور ، کندانسور و غیره دارای ظرفیت و اندازه کوچکتری می باشند - از آنجا که قسمت زیادی از برودت در شب تولید می شود که دمای محیط کمتر از روز می باشد لذا بازده کمپرسور و کندانسور افزایش چشمگیری می یابد و مصرف برق در مقابل برودت تولید شده کاهش می یابد. - کمپرسور زمانی دارای بازده حداکثر است که 100% زیر بار باشد و از انجا که در سیستمهای دارای آیس بانک معمولا کمپرسور تحت 100% بار کار می کند لذا بازده کمپرسور در سیستمهای دارای آیس بانک بیشتر بوده و مصرف برق کمتری در مقابل تولید برودت مورد نیاز خواهد داشت. گفتنی است که در یک سیستم تهویه مطبوع سنتی (دارا ی شل اند تیوب یا پلیت کولر) به طور متوسط کمپرسور برای نزدیک به 6 ماه از سال حداکثر به میزان 30% ظرفیت زیر بار می باشد و در نتیجه بازده بسیار پایین تری را داراست. - کاهش ظرفیت پمپ و نیز فنهای مصرفی که قبلا شرح داده شد علاوه بر کاهش هزینه سرمایه گذاری اولیه پروژه سبب کاهش برق مصرفی نیز می گردد.

.3افزایش قابلیت اطمینان سیستم در سیستم های سنتی برا ی تامین 100% پیک ظرفیت برودت لازم سالیانه معمولا از دو کمپرسور که هر یک قادر به تامین 50% بار برودتی مورد تیاز می باشند استفاده می کنند تادر صورت ایجاد خلل و خرابی در یک کمپرسور ، کمپرسور دیگر قادر به تامین 50 % برودت لازم باشد. اما در سیستم های دارای آیس بانک چنانچه سیستم دارای 2 کمپرسور باشد که هر یک 30% برودت مورد نیاز را تامین کنند و الباقی ، معادل 40% برودت لازم توسط آیس بانک تامین شود در صورت ایجاد خلل در یک کمپرسور ، سیستم قادر به تامین 70% برودت لازم با استفاده از آیس بانک و یکی از دو کمپرسور می باشد. بر اساس اطلاعات هولشناسی ASHREA برای یک سیستم روتین تهویه مطبوع تامین 70% پیک برودت مورد نیاز سالیانه سبب تامین نیاز برودتی مجموعه 85% زمان در طول سال می گردد. لذا سیستم های دارای آیس بانک قابلیت اطمینان بسیار بیشتری دارند. قابل ذکر است که در طراحی سیستمهای برودتی ، میزان حداکثر برودت لازم (پیک مصرف سالیانه) جهت انخاب ظرفیت تجهیزات ملاک طراحی و محاسبه قرار داده می شود و لذا تامین 70% پیک مصرف سالیانه در بیشتر طول سال به طور کامل جوابگوی نیازهای برودتی سیستم می باشد.

4.نیاز به نگهداری کمتر در سیستمهای دارای ایس بانک نیاز به تعمیر و نگهداری کاهش می یابد زیرا آیس بانک دارای قطعات متحرک و چرخنده بسیار کمتری نسبت به کمپرسور می باشد لذا استهلاک کمتری داشته و نیاز به تعمیر بسیار کمتری نسبت به کمپرسور دارد و در نتیجه با جایگزین کردن یکی از کمپرسور ها توسط آیس بانک حجم زیادی از تعمیر و نگهداری لازم کاهش می یابد

5.حفظ محیط زیست - تولید برق در ساعات شبانه به علت بازده بیشتر نیروگاههادر شب، بر اساس آمار های موجود، دارای حدود 30% آلودگی کمتر نسبت به تولید برق در ساعات روزمی باشد. لذا مصرف برق شبانه که توسط سیستمهای دارای آیس بانک اتفاق می افتد الودگی کمتری روی محیط زیست دارد - بنا به دلایل ذکر شده قبلی سیستمهای دارای آیس بانک نسبت به سیستمهای سنتی میزان برق کمتری مصرف می کنند لذا سب کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از تولید برق می شوند. -

معمولا طراحی مخزن ذخیره برای پروژه ها و سیستم هایی انجام می گردد که جزء یکی از دسته بندی های زیر قرار گیرند.

ماکزیمم بار سرمایی مورد نیاز بطرز قابل ملاحظه بالاتر از میزان متوسط بار مورد نیاز باشد.
این مورد در خیلی از موارد مسکونی صادق می باشد به این ترتیب که در طول روز فقط چند ساعت به بار سرمایی بالایی نیاز است و بعد از آن با خنک شدن هوا به بار سرمایی بسیار کمی احتیاج می باشد.
در ساختمانهای اداری تجاری نیز که افراد بطور دائم در محل حضور ندارند و فقط در ساعات کاری واحد مورد نظر، احتیاج به تامین بار سرمایی محل می باشد، استفاده از مخزن ذخیره می تواند بسیار موثر باشد.

در موارد دیگری دیده شده که به علت کوچک بودن سایز کانال کشی، تامین هوادهی لازم برای محل مورد نظر با اشکال مواجه گردیده؛ بخصوص اگر بار سرمایی محل کمتر از میزان واقعی برآورد شده باشد و یا بعدا بار سرمایی مورد نیاز به دلایلی از جمله گسترش بنا و یا هر دلیل دیگری؛ افزایش یافته باشد، مشکل دو چندان می گردد. در این گونه موارد که کانال کشی در سایز مناسب انجام نشده، معمولا با قوی تر کردن فن دمنده هواساز نمی توان خیلی به حل مشکل کمک نمود؛ زیرا با افزایش سرعت هوادهی برای تأمین حجم هوادهی مورد نیاز، افت فشار نیز که با توان دوم سرعت متناسب است بطور چشمگیری افزایش خواهد یافت و این بدین معنی است که برای ایجاد یک حجم نه چندان زیاد هوادهی از درون کانال های کوچک باید یک فن بسیار بزرگ و پر سر و صدا انتخاب نمود که دو مشکل سر و صدا مصرف برق بالا در طول سال، به سیستم اضافه خواهد نمود و علاوه بر این، همه این موارد در صورتی عملی است که هواساز مورد نظر اجازه نصب چنین فن بزرگی را در درون خود بدهد . در صورتی که با اضافه کردن مخزن ذخیره علاوه بر برخورداری از مزایای استفاده از مخزن با کاهش دمای هوای تغذیه، بدون تغییر هوادهی می توان بار سرمایی محل را جوابگو شد. در این صورت نه مصرف برق بالاتر خواهد رفت و نه سر و صدای بیش از اندازه باعث ایجاد مزاحمت برای ساکنان خواهد گردید.

کامپیوترهای شخصی یکی از دستگاههایی است که بار گرمایی قابل توجهی به سیستم اضافه می کند. بیشتر ادارات در حال حاضر طوری هستند که به ازای هر نفر یک سیستم کامپیوتر شخصی در آنها وجود دارد. Wilkins et al. (1991) نشان داد که اگر چه بار گرمایی واقعی دستگاهها حدود نصف مقدار نامی قدرت الکتریکی آنهاست، با این وجود باید در حدود $1.75\sim2.5\ W/ft^2$ برای یک اداره مجهز به کامپیوتر جهت بار گرمایی کامپیوترها در نظر گرفته شود .

پارامترهای اصلی طراحی

1-محاسبه پروفیل بار سرمایی
2- انواع مخازن ذخیره سرمایی
3- پارامترهای تجهیزات بکار رفته
4- استراتژی های کاری و کنترلی
5- تعامل تجهیزات با یکدیگر و با سیستم کل ساختمان یا محل
6- تخمین اندازه طرح و سیستم و مخزن
7- بررسی اقتصادی
8- کارکرد و نگهداری
9- راه اندازی و اجرا

ماده مبرد مخزن

همانطور که ذکر شد منظور از ماده مبرد مخزن سیال ذخیره شده در مخزن است و منظور Refrigerant نمی باشد . این ماده می تواند آب، یخ و یا نمک اوتکتیک تغییر فاز دهنده باشد.

الف) آب سرد

در مخازن ذخیره که به ذخیره کردن خود آب سرد می پردازند، مخزن در واقع از ظرفیت حرارتی محسوس (Sensible) آب که مقدار آن 1 Btu/lb °F یا همان 4.184 kJ/kg K است، جهت ذخیره برای سرمایش استفاده می کند.

حجم مخزن بستگی به میزان اختلاف درجه حرارت بین آب خروجی از مخزن و برگشتی به آن دارد. اختلاف درجه حرارت 11°C یا 20°F معمولا ماکزیمم مقدار عملی برای خیلی از واحدها می باشد، البته سیستمهایی با اختلاف درجه حرارت حتی بالاتر 17°C یا 30°F نیز اجرا گردیده است.

همچنین حجم مخزن ذخیره، از میزان جداسازی که در مخزن بین آب سرد و آب گرم برگشتی ایجاد شده اثر می پذیرد.

کوچکترین مخزن قابل اجرای عملی فضایی در حدود 10.7 ft^3 بازای هر تن ـ ساعت (0.086 m^3/kWh) در حالت اختلاف دمای رفت و برگشت 20°F (11°C) احتیاج دارد. اگر بتوان مخزن را با اختلاف درجه 30°F (17°C) اجرا نمود فضای مورد نیاز به 7 ft^3 بازای هر تن - ساعت (0.056 m^3/kWh) خواهد رسید.

آب سرد معمولا در دمایی حدود 39°F تا 42°F (4°C تا 6°C) ذخیره می گردد. این درجه حرارت بطور مستقیم با چیلرهای معمولی سازگار می باشد. دمای آب برگشت نیز باید تا حد کافی بالا نگه داشته شود تا حداکثر استفاده از مخزن بشود. این موارد ممکن است باعث شود تا طراح، کمی از شرایط عادی کاری، پارامترها را بالاتر یا پیین تر در نظر بگیرد.

ب) یخ

مخازن ذخیره یخ از گرمای نهان ذوب آب 144 Btu/lb (335 kJ/kg) استفاده می کنند . حجم مخزن بستگی به نسبت نهایی مقدار یخ به مقدار آب در حالت شارژ کامل مخزن دارد که معمولا بین $2.4\ ft^3$ تا $3.3\ ft^3$ بازای هر تن-ساعت (0.02 to 0.03 m^3/kWh) بسته به تکنولوژی های مختلف این روش، تغییر می نماید.

انرژی در واقع از آب گرفته شده و آنرا منجمد می کند. برای این کار چیلر باید سیال سردی در دمای بین 15°F تا 26°F (-3 to -9 °C) ایجاد نماید تا این سیال بتواند برای مثال از طریق یک مبدل حرارتی آب اطراف خود را به یخ تبدیل کند.

اما این دما پایین تر از دمای معمول کاری چیلرهای تجاری در مصارف تهویه مطبوع می باشد . برای این منظور چیلرهای معمول را می توان در دمای پایین تر برای کار تنظیم نمود و بجای آب جهت جلوگیری از یخ زدن خود سیال در گردش، می توان از محلول آب و گلیکول 30% استفاده نمود و یا در غیر این صورت از دستگاههای ویژه یخساز استفاده نمود.

در هر صورت باید برای ایجاد یخ یا از سیال ثانویه که در واقع همان مخلوط آب و اتیلن گلیکول است و یا هر محلول ضدیخ زدگی دیگری استفاده نمود و یا از لوله هایی که داخل آنها گاز مبرد R-22 یا هرگاز مبرد دیگری برای ایجاد یخ در طرف دیگر مبدل حرارتی استفاده نمود. استفاده از مخزن ذخیره یخ این فایده را نیز دارد که بعلت پایین بودن دمای سیال تغذیه یا Supply هوای ایجاد شده تغذیه که از روی کویل های هواساز خارج می شود نیز دارای دمای بسیار پایینی خواهد بود و اختلاف درجه حرارت حدود 14°C یا 25°F را می توان بین رفت و برگشت ایجاد نمود که دارای فواید زیادی (از جمله کاهش هوادهی CFM مورد نیاز و کاهش مصرف برق هواسازها و کاهش صدای ناشی از عبور هوا در مجموعه و فواید دیگری که همه بررسی خواهند گردید .) خواهد بود.

ج) نمک اوتکتیک

نمک اوتکتیک با فرمولاسیون های مختلف در بسته های کوچک تولید می شود که در دماهای مشخصی ذوب شده و یا یخ می بندد فرمولاسیون معمول و متداول برای مخزن ذخیره، مخلوطی از نمکهای ارگانیک (آلی)، آب و افزودنی های پایدار کننده می باشد که مخلوط حاصل در دمای حدود 47°F (8.3°C) منجمد می گردد. این مواد در بسته های کوچک پلاستیکی بسته بندی شده اند که به همان صورت در داخل مخزن چیده می‌شوند و از بین آنها آب عبور می نماید.

حجم مخزن در این روش در حدود 6 ft^3 بازای هر تن-ساعت (0.048 m^3/kWh) که شامل لوله کشی هدرها و بسته های نمک اوتکتیک و آب موجود در داخل مخزن نیز می باشد.

47°F (8.3°C) بودن دمای تغییر فاز اینگونه نمکها اجازه استفاده از چیلرهای معمول و متداول صنعت تهویه مطبوع را می دهد اما چون دمای خروجی از مخزن کمی بالاتر از دمای متعارف کاری چیلرها که معمولا 45°F (7°C) است، می باشد؛ باید طراح در طراحی قسمتهای مختلف و محاسبه بار سرمایی کویلها به این نکته توجه داشته باشد.

اخیرا (1993) نوع جدیدی از نمک اوتکتیک با فرمولاسیون متفاوت بدست آمده که در 41°F (5°C) منجمد می گردد . در این صورت دمای 41°F تا 43°F (5 to 6°C) خروجی از مخزن این نوع نمک اوتکتیک با همه انواع کویلهای هواساز متداول در صنعت تهویه مطبوع همخوانی خواهد داشت.

برای دماهای پایین تر نیز می توان از مخلوط های دیگر نمک اوتکتیک استفاده نمود که با کمک افزودنی هایی دمای انجماد آنها به 28°F (-2°C) و حتی 12°F (-11°C) رسیده است.

بدنه مخزن ذخیره

اولین ویژگی یک مخزن ذخیره داشتن مقاومت لازم جهت تحمل فشار هیدرواستاتیک آب یا مخلوط آب و یخ و یا هر ماده دیگری که در آن است، می باشد.

این مخزن باید آب بندی شده باشد و هیچگونه نشتی قابل اندازه گیری در طول زمان نداشته باشد . همچنین باید در برابرخوردگی مقاوم باشد. مخزنهایی که بیرون از بنا نصب می گردند، باید در برابر هوا نیز مقاوم باشند و آب یا بخار آب نیز نتواند به زیر پوشش عایق حرارتی بیرون مخزن نفوذ نماید.

مخازن فلزی

از مخازن فلزی در ظرفیت های مختلفی استفاده می گردد . مخازن بزرگ از ظرفیتهای چند صد هزار تا ملیونها گالن [هر گالن 3.78 لیتر] ظرفیت، با جوش دادن ورقهای فلزی (Steel) ایجاد می گردد. مخازن کوچکتر به ظرفیتهای 9 تا 90 متر مکعب (300 to 3000 ft^3) معمولا از ورقهای گالوانیزه با پروفیلهای نگدارنده و تقویتی ساخته می‌شوند. همچنین مخازن استوانه ای تحت فشار نیز معمولا در اندازه های 11 تا 210 متر مکعب (400 to 7500 ft^3) ایجاد می گردند.

مخزنهای بزرگ که در محل ساخته می شوند معمولا به وسیله حفاظتهای ضدخوردگی داخلی یا خارجی، پوششهای عایق بندی خارجی، عایق محافظت در برابر هوا و سقف های کاذب محافظت می گردند . مخزنهایی که بالای سطح زمین نصب می گردند معمولا دارای یک فنداسیون بتونی می باشند.

مؤسسه استاندارد طرحهای آبی آمریکا (The American Water Works Association Standards) (AWWA D100-84 (1984 و (AWWA 1978) D102-78 درباره مخازن و حفاظت خوردگی آنها بطور مفصل بحث می نماید.

مخزنهای عایق بندی نشده و در معرض ها هر 15 تا 20 سال یکبار احتیاج به رنگ آمیزی مجدد جهت جلوگیری از خوردگی خواهند داشت. مخزنهای ذخیره عایق بندی شده احتیاج به رنگ آمیزی مجدد ندارند اما لازم است تا از سالم بودن عایق ضدرطوبت (Vapor Barrier) جهت جلوگیری از تقطیر شدن بخار آب بروی وجوه خارجی مخزن اطمینان حاصل شود . برای دیواره داخلی مخزن نیز بهتر است با از پوشش اپوکسی (Epoxy Coating) استفاده شود و یا عملیات لازم روی آب انجام گیرد (Water Treatment) ؛ در غیر این صورت دیواره داخلی نیز در معرض خوردگی قرار خواهد گرفت.

مخزنهای کوچکتر معمولا از جنس ورق گالوانیزه و بصورت عایق بندی شده تهیه می گردند. این مخازن معمولا به شکل مستطیل بوده و داخل یا خارج از بنا نصب می‌گردند.

مخازن ذخیره که در زیر زمین دفن گردند (در خیلی از موارد بصورت استوانه ای هستند) باید دارای حفاظت کاتدی مثبت جهت جلوگیری از ایجاد خوردگی باشند.

بحث کنترل و تجهیزات

در مقایسه با سیستم های بدون مخزن ذخیره، سیستمهای دارای مخزن احتیاج به یک سری قسمتهای کنترلی اضافه خواهند داشت؛ زیرا همواره مقدار موجودی شارژ مخزن باید توسط سیستمهای کنترلی مدیریت و کنترل گردد. ابزارهای کنترل لازم برای اندازه گیری میزان موجودی ذخیره مخزن در هر تکنولوژی مخزن ذخیره متفاوت است که در فصلهای بعدی در بخش مربوط به هر تکنولوژی، توضیح داده خواهد شد. ابزارهای لازم جهت اندازه گیری نرخ شارژ و تخلیه مخزن نیز برای یک مخزن ضروری است. به این معنی که حداقل احتیاج به دو ترموستات جهت اندازه گیری دمای آب ورودی و خروجی از مخزن و یک دبی سنج منبع جهت اندازه گیری مقدار جریان عبوری از مخزن می باشد. یک سیگنال صوتی یا زنگ در مواقعی که ذخیره مخزن در زمان غیرمتعارف خود در حال اتمام می باشد، باید این مساله را به اپراتورها اطلاع دهد و همچنین در مواردی که شارژ مخزن ذخیره به مقدار کافی نمی رسد نیز می توان اپراتورها را با ایجاد صدای بوق یا زنگ مطلع نمود .

در کل کنترل پیچیده ای جهت کارکرد صحیح مخزن ذخیره نیاز نخواهد بود . تنها سیستم باید بتواند بین وضعیتهای شارژ مخزن، تخلیه مخزن و جوابگویی مستقیم بار توسط چیلر،[براساس برنامه زمانی یا هر معیار تصمیم گیری دیگر مانند بار مورد نیاز] تصمیم گرفته و جابجا شود.

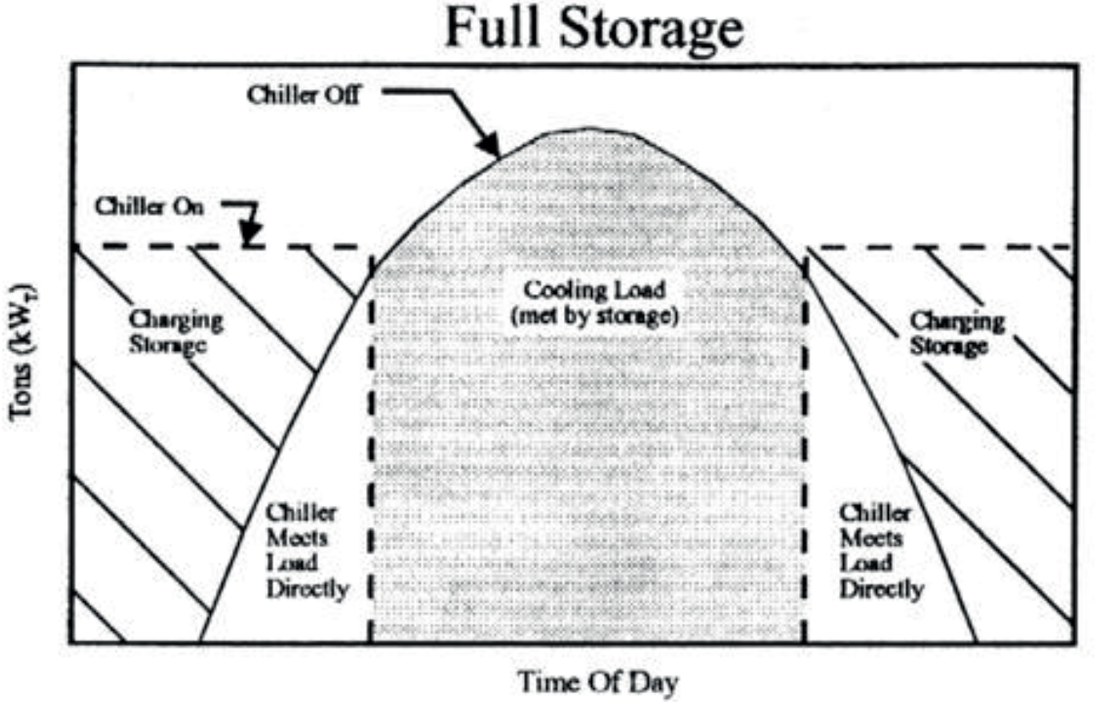
برخی از سیستمهای کنترل نیز امکانات بیشتری جهت محاسبه و تصمیم گیری فراهم می کنند و امکان کاهش مصرف انرژی یا قیمت آنرا با کارکردن در زمان مناسب ایجاد می کنند و همچنین امکان ثبت و ذخیره داده های قبلی و تصمیم گیری اتوماتیک برای آینده از روی داده های قبلی را امکان پذیر می نمایند.

استراتژی های کاری

1- استراتژی کاری تمام مخزن (Full Storage)

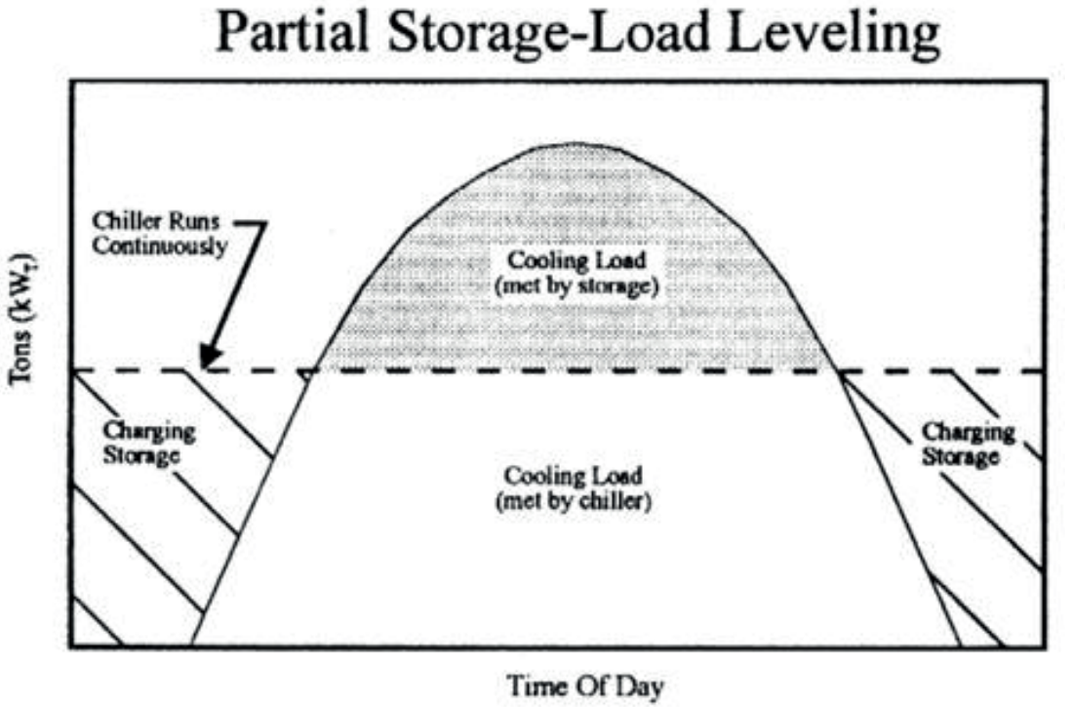
در این استراتژی کاری تمام بار سرمایی مورد نیاز در حالت ساعتهای پیک بار سرمایی (On-Peak Period) به ساعتهای غیرپیک (Off-Peak Period) منتقل می گردد. در نتیجه چنین سیستمی در ساعات غیرپیک با حداکثر ظرفیت به کار می پردازد و مخزن را شارژ می نماید تا در طول مدت پیک بار سرمایی از آن استفاده شود.

[در نتیجه چیلرها ناچار نخواهند بود در گرمترین ساعات روز در حالت دمای کنداسینک بسیار بالا و نامطلوب و همچنین با قیمت مصرف انرژی بالاتر نسبت به ساعتهای شب به کار بپردازند] .



2- استراتژی کاری "قسمتی از مخزن و یکنواخت کردن بارّ (Partial Storage, Load Leveling)

در استراتژی کاری "قسمتی از مخزن" سیستم قسمتی از بار مورد نیاز در زمان پیک بار سرمایی را از مخزن تامین کرده و بقیه بار مورد نیاز توسط چیلر تامین می گردد .
منظور از یکنواخت کردن بار این است که چیلر در این نوع استراتژی در تمام 24 ساعت روز طراحی با حداکثر ظرفیت خود به کار می پردازد در طول این مدت در زمانی که بار کمتر از ظرفیت چیلر است اضافه آن ذخیره می گردد و هنگامیکه بار از ظرفیت چیلر بیشتر می شود بار اضافه از مخزن تامین می گردد.
در این استراتژی کاری سایز چیلر و سایز مخزن مورد نیاز به حداقل می رسد از این استراتژی بیشتر در مواردی استفاده می شود که پیک بار سرمایی مورد نیاز بسیار بالاتر از مقدار متوسط بار می باشد.

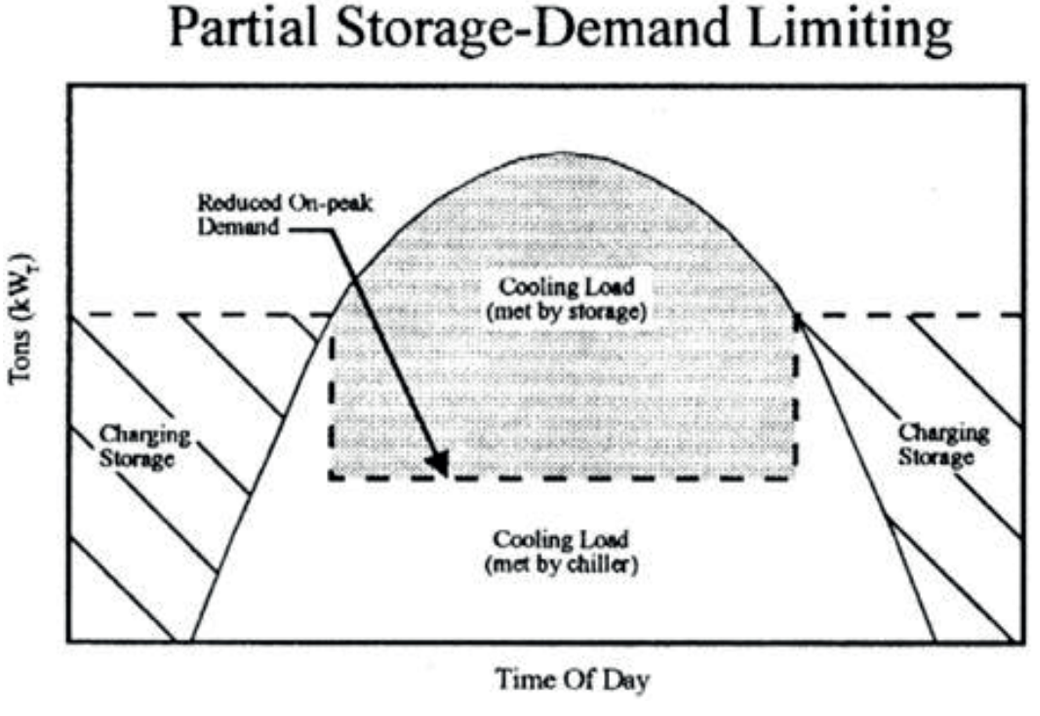


نمایش چگونگی تقسیم بار بین چیلر و مخزن در حالت قسمتی از مخزن و یکنواخت کردن بار (Partial Storage, Load Leveling)

3- استراتژی کاری "قسمتی از مخزن و کم کردن پیک مصرف" (Partial Storage, Demand Limiting)

این استراتژی نیز همان استراتژی کاری "قسمتی از مخزن" می باشد که در آن سیستم قسمتی از بار را از مخزن گرفته و بقیه آن توسط چیلر تامین می شود با این تفاوت که برای کم کردن مصرف انرژی در طول مدت زمان پیک مصرف انرژی چیلر با ظرفیتی کمتر از حداکثر به کار ادامه می دهد و فقط در طول مدت زمان غیرپیک مصرف انرژی که قیمت انرژی پایین تر است، با حداکثر ظرفیت بکار پرداخته و اضافه بار سرمایی را در مخزن ذخیره می کند.

در مواردی که قیمت مصرف انرژی براساس مقدار ماکزیمم مصرف تعیین می‌گردد، باید سعی بر این شود تا مقدار انرژی الکتریکی مصرفی در طول نقاط پیک مصرف انرژی، بالاتر از حد مشخصی نرود.

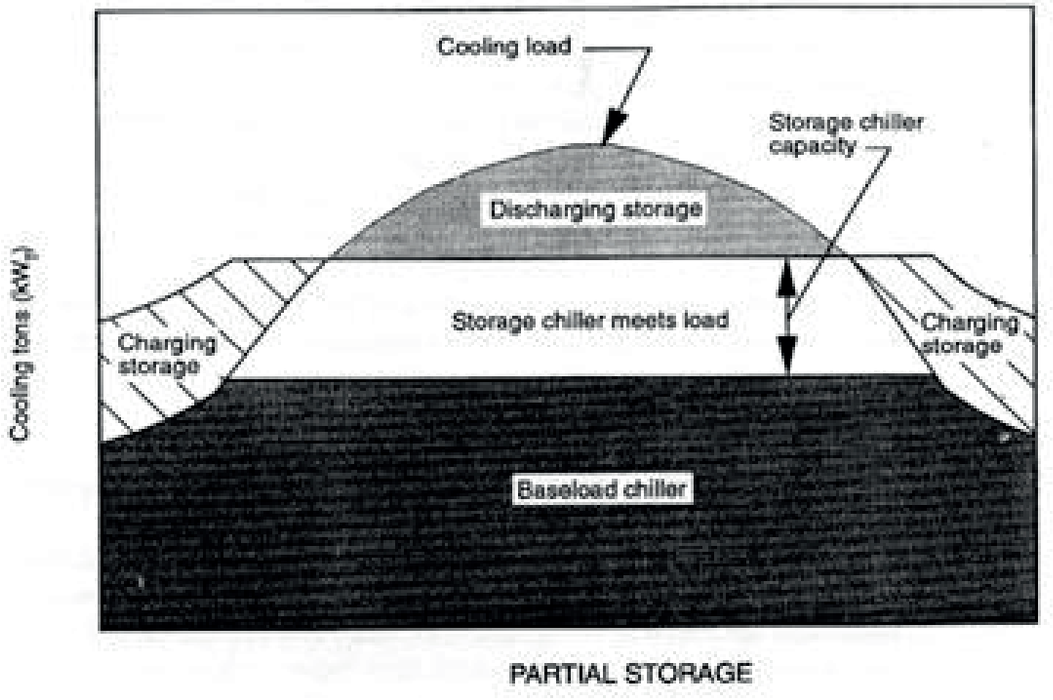


نمایش چگونگی تقسیم بار بین چیلر و مخزن در حالت قسمتی از مخزن و یکنواخت کردن بار (Partial Storage, Load Leveling)

4- استراتژی کاری تعیین چیلر تمام بار (Baseloading of Chillers)

در مواردی که دو یا چند چیلر در سیستم وجود دارند قرار دادن یک چیلر بعنوان پایه ثابت کار و قرار دادن آن و حداکثر ظرفیت برای جوابگویی مستقیم بار می تواند از نظر اقتصادی به سیستم کمک می نماید.

[قبلا در بخش 1-2 ذکر شد که چیلرهایی که برای جوابگویی مستقیم بار کار می‌کنند، دارای بازده بالاتری (COP بالاتری) نسبت به چیلرهایی که برای شارژ مخزن کار می نمایند، می باشند. (به علت اختلاف کمتر دمای منبع سرد و منبع گرم در حالت جوابگویی مستقیم) در نتیجه اگر بتوان یکی از چند چیلر موجود را بطور دائم به جوابگویی مستقیم بار مربوط نمود و بقیه را به شارژ مخزن اختصاص داد وضعیت بهتری ایجاد خواهد گردید



نمایش چگونگی تقسیم بار بین چیلر و مخزن در استرتژی "تعیین چیلر تمام بار" (Baseloading of Chillers) و تعیین استراتژی کاری قسمتی از مخزن (Partial Storage) برای چیلر (های) باقیمانده.

5- استراتژی جدا کردن چیلرها (Sequencing of Chillers)

در این روش از چیلرهای جداگانه جهت شارژ مخزن و جوابگویی مستقیم بار استفاده می نمایند، بطوریکه یک یا چند چیلر فقط وظیفه شارژ مخزن را بر عهده دارند و در جوابگویی مستقیم بار دخالتی نمی کنند و یک یا چند چیلر دیگر تا هر زمان که بار مورد نیاز کمتر از ظرفیت آنها باشد مستقیما بار را جواب می دهند و در حالتی که بار مورد نیاز بیش از ظرفیتشان می شود از مخزن کمک می گیرند. حتی در برخی از سیستمها یک چیلر جداگانه به جوابگویی بار در هنگام شب می پردازد در حالیکه بقیه چیلرها به شارژ مخزن می پردازند.

همانطور که دیده می شود وجود چند چیلر در یک سیستم باعث افزایش انعطاف پذیری نحوه آرایش و کنترل کل سیستم می گردد.

در اینجا ذکر این نکته لازم است که همواره ساعتهایی که پیک بار سرمایی مورد نیاز در آن اتفاق می افتد بر ساعات پیک مصرف که در آن قیمت انرژی مصرفی بالا است منطبق نمی باشد و در تعیین استراتژی کاری باید دقیقا ساعات پیک مصرف انرژی و ساعات پیک بار سرمایی را مشخص نمود و با بررسی حالتهای مختلف به وضعیت دلخواه دست یافت. [بسته به اینکه کم کردن قیمت اولیه تجهیزات بیشتر مورد نظر باشد یا کم کردن هزینه انرژی مصرفی.]

همچنین در استراتژی کاری تمام مخزن (Full Storage) معمولا صرفه جویی در هزینه انرژی بیش از حالت نیمه مخزن (Partial Storage) خواهد بود؛ زیرا تمام بار به ناحیه غیر پیک مصرف انرژی منتقل شده است؛ اما حتی یک سیستم (Partial Storage) را نیز می توان در خیلی از ماههای سال بصورت (Full Storage) برنامه ریزی نمود.

کاربرد تانک ذخیره بعنوان منبع آب اطفا حریق

در صورتی که از آب بعنوان سیال کاری مخزن ذخیره استفاده شود می توان با اضافه کردن تجهیزاتی آنرا به منبع آبی برای اطفا حریق در مواقع آتش سوزی تبدیل نمود. البته در Slabodkin (1992) ، در مورد اینکه چگونه یک منبع یخ را هم به منبعی جهت اطفا حریق بدل کند، توضیح کامل می دهد. . طراحی و راه اندازی و تست مخزن ذخیره اطفا حریق در استاندارد ANSI/NFPA Standard 22 مشخص گردیده است.

بررسی اقتصادی طرح

بررسی کامل اقتصادی یک طرح مخزن ذخیره شامل دو بخش عمده هزینه تجهیزات اولیه و هزینه جاری می باشد. این آنالیز باید شامل مقایسه ای بین انواع انتخابهای مختلف بز نوع تکنولوژی مورد استفاده در مخزن ذخیره تا حتی بررسی سیستم بدون استفاده از مخزن ذخیره باشد. چند مورد زیر جزو موارد اصلی مورد بررسی می باشند :

الف) بررسی قیمت تمام شده تجهیزات

معمولا سنگین ترین هزینه سیستم مربوط به چیلر و تانک ذخیره می باشد. بعد از این دو می توان به پمپها، سیستم لوله کشی، مبدلهای حرارتی و اجزاء کنترلی اشاره نمود.

ب) بررسی قیمت برق مصرفی

در ایران واگذاری کنتورهای دو تعرفه ای و سه تعرفه ای مدتی است که آغاز گردیده و در نتیجه امکان استفاده از انرژی الکتریکی ارزان قیمت را در ساعت هایی که مصرف کم است (ساعات کم باری) امکان پذیر نموده است.

توجه به این نکته ضروری است که در انتخاب اندازه چیلر و مخزن ذخیره باید به قیمت مصرف انرژی در ساعتهای مختلف توجه نمود. در واقع سعی طراح بر این است که اندازه چیلر و مخزن ذخیره را طوری انتخاب نماید که ساعات شارژ مخزن ذخیره بر ساعتهایی منطبق باشد که قیمت مصرف برق در آنها پایین است . مثلا فرض می شود که فقط یک بازه 7 ساعته قیمت مصرف برق پایین می باشد (11 شب تا 6 صبح) پس بنابراین با در نظر گرفتن یک مخزن ذخیره روزانه با استراتژی تمام مخزن (Full Storage)، فقط 7 ساعت وقت وجود دارد تا بتوان تانک ذخیره را شارژ نمود و بخصوص در برخی موارد صنعتی اگر این مدت در ساعاتی قرار گرفته باشند که بار سرمایی مورد نیاز، بالا است . به یک چیلر و مخزن ذخیره بزرگ نیاز خواهد بود.پس همانطور گفته شده انتخاب چیلر و مخزن ذخیره نمی تواند از قیمت انرژی مصرفی مستقل باشد.

عملیات لازم بر روی آب و سیستم

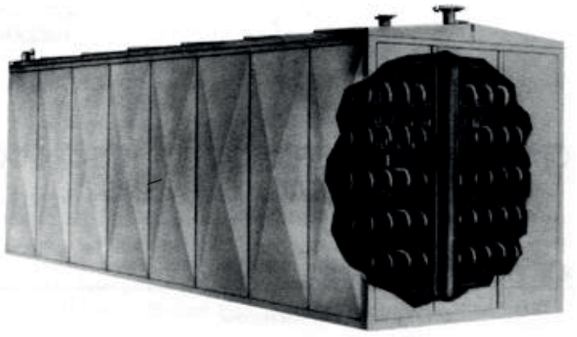
عملیات لازم بروی سیستم برای جلوگیری از خوردگی برای سیستم های با مخزن ذخیره و یا بدون آن، تفاوتی نمی کند. تنها فرق آن این می باشد که در حالت با مخزن ذخیره معمولا بروی حجم آب بیشتری باید عملیات مورد نظر انجام گیرد. در فصل 43 از ASHRAE Handbook – Applications 1991 بطور مفصل راجع به عملیات لازم بروی آب بحث شده است. همینطور Ahlgren (1987) بطور مشخص راجع به عملیات لازم بروی آب برای سیستم های با مخزن ذخیره بحث می نماید. همینطور در آن فصلی راجع به تجربه های انجام شده بروی تعدادی از سیستمهای با مخزن ذخیره وجود دارد. همینطور شرکتهای شیمیایی مختلفی بروی این عملیات کار می کنند و دارای تجربه می باشند..

معمولا برای راه اندازی موفقیت آمیز یک سیستم با آب تمیز مقدماتی لازم می باشد :

1- پروسه ای برای تمیز نمودن کل سیستم

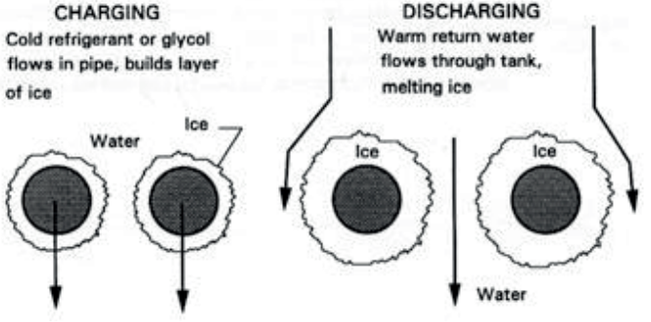
2- عملیات شیمیایی برای جلوگیری از خوردگی، رسوب گیری، پوسته شدن

یک مخزن ذخیره روش یخسازی بروی کویل خارجی (External Melt Ice on Coil)



در هنگام شارژ مخزن (ایجاد یخ) مایع مبرد (محلول گلیکول) درون لولها به گردش درمی آید.و این باعث میگردد تا یخ روی پوسته خارجی تیوب تشکیل شود . در هنگام تخلیه مخزن ذخیره (آب شدن یخها)، آب گرم برگشتی از مدار لوله کشی با عبور از قسمت بیرونی لوله ها، باعث اب شدن یخهای تشکیل شده بروی کویلها می کردد...

شکل زیر بیانگر چگونگی این حالت می باشد...



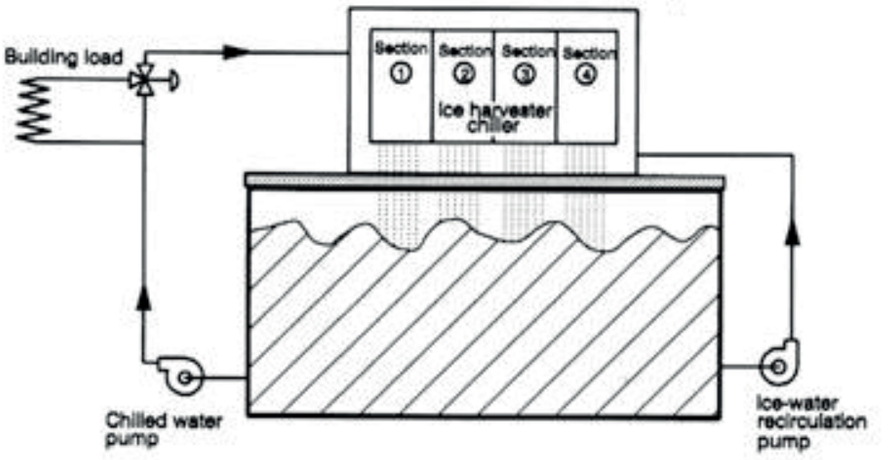
نمای شارژ و تخلیه در روش یخسازی بروی کویل خارجی (External Melt Ice on Coil)

معمولا"یخ به ضخامت 40 mm تا 65mm بروی لوله ها تشکیل می گردد. هر چقدر به ضخامت بیشتری از یخ احتیاج باشد، دمای مبرد عبوری از داخل لوله ها باید پایین تر باشد . برای مثال برای ایجاد یخ به ضخامت 40mm به دمای شارژی در حدود 20 to 26°F (-7 to –3°C) نیاز می باشد در حالی که برای ایجاد ضخامت 65mm ، به دمای شارژی در حدود 10 to 15°F (-12 to –9°C) نیاز خواهد بود. در جاهایی که دما بالاتر از این مقدار باشد طبیعتا" ضخامت لایه یخ تشکیل شده روی لوله ها کمتر بوده اما در مقابل بازده کل (راندمان) بالاتر خواهد بود..

مخزن ذخیره یخساز مستقیم (Ice Harvester)

در این روش مخزن ذخیره بطور مستقیم توسط تکه های یخ که در اواپراتور یک دستگاه یخساز (Ice-Harvester Chiller) ساخته می شود، تغذیه می گردد.

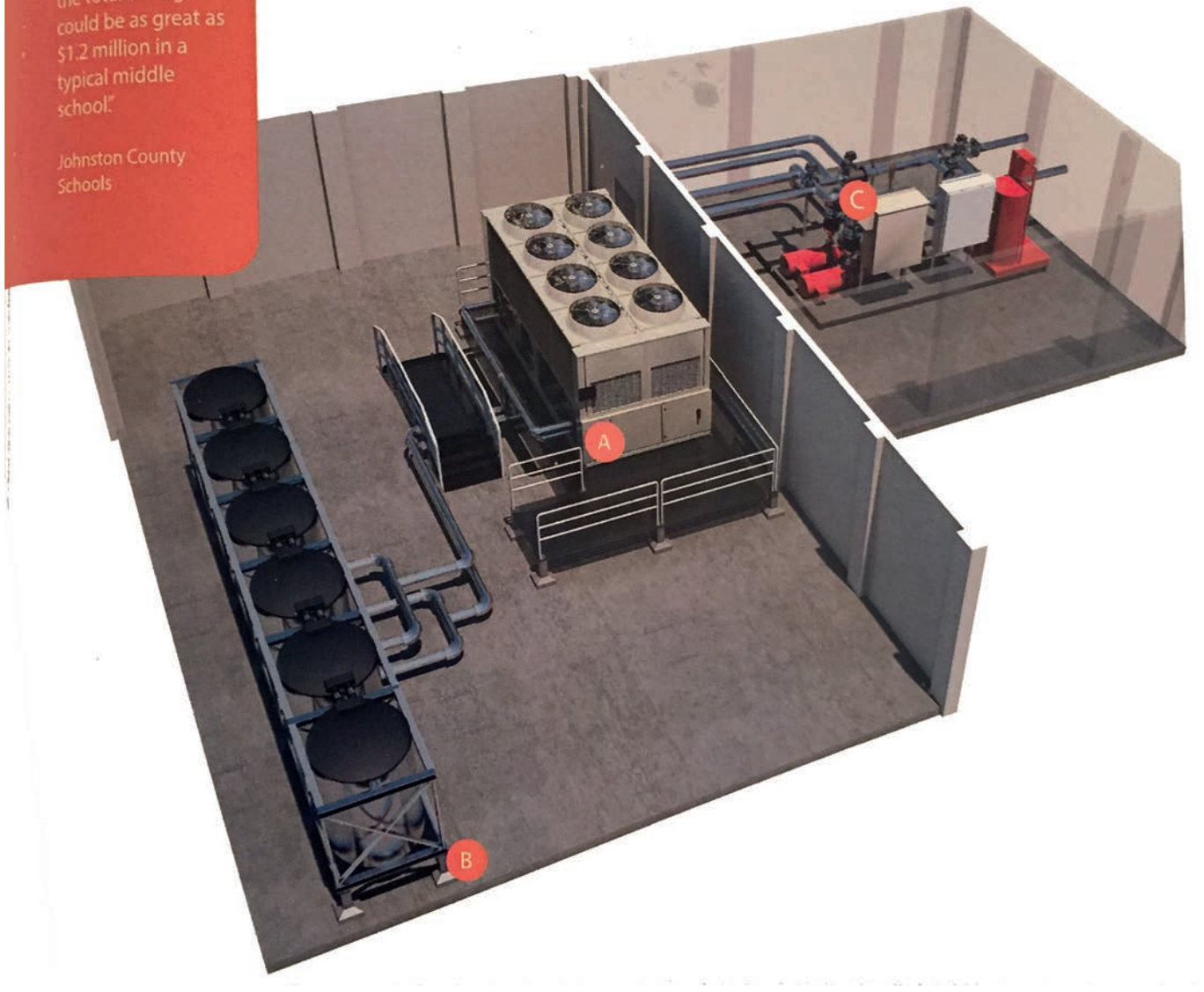
این دستگاه یخساز در واقع بجای چیلر در سیستم جایگزین می گردد و در روی تانک مخزن ذخیره نصب می گردد.

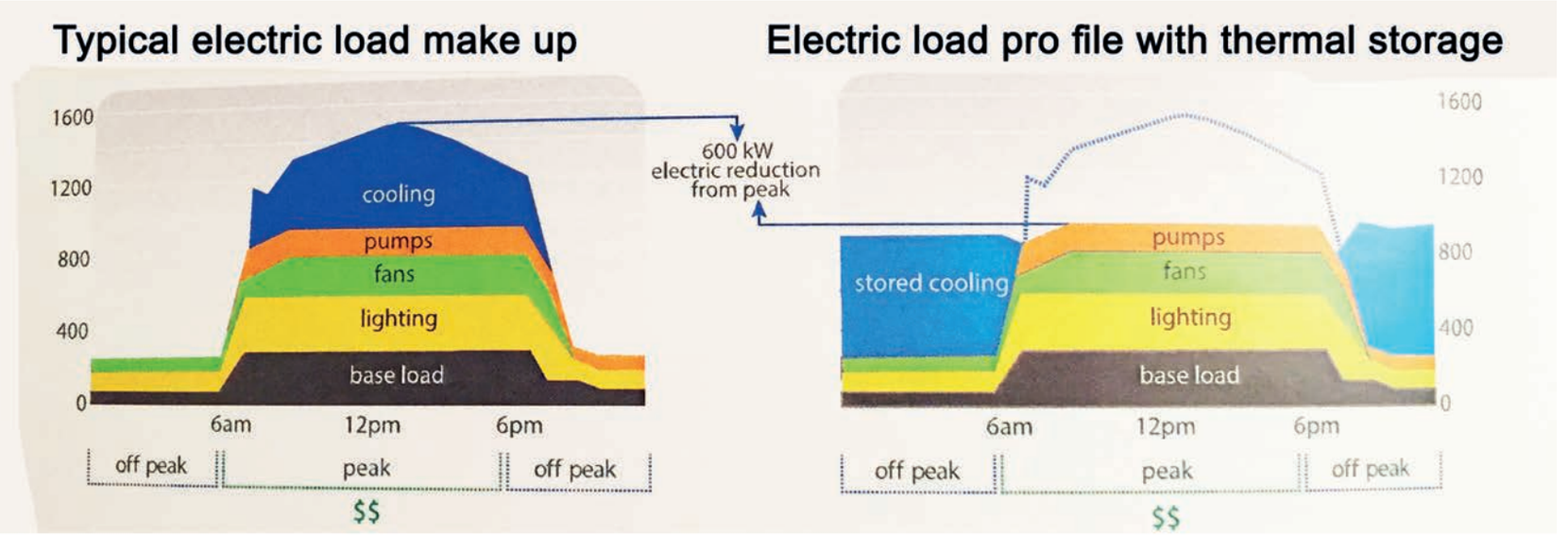


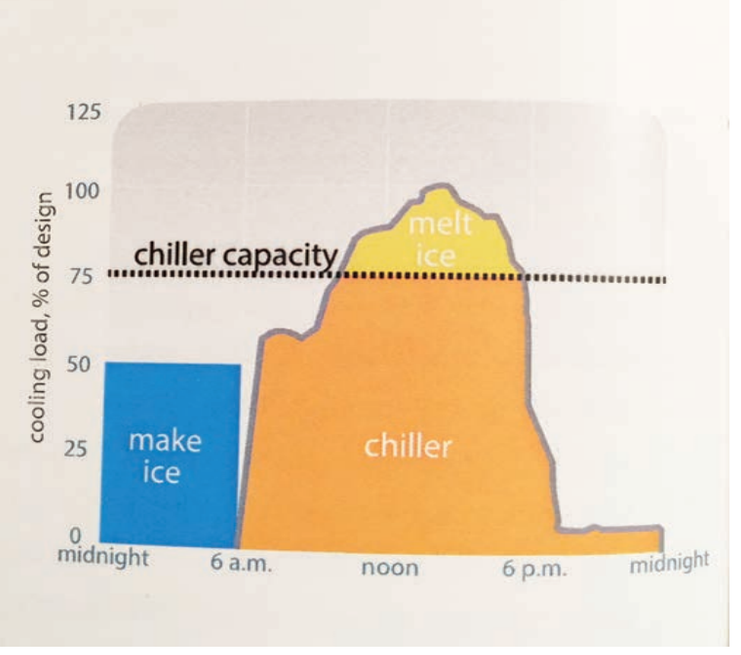
یک سیستم مخزن ذخیره یخسازی مستقیم (Ice Harvester)

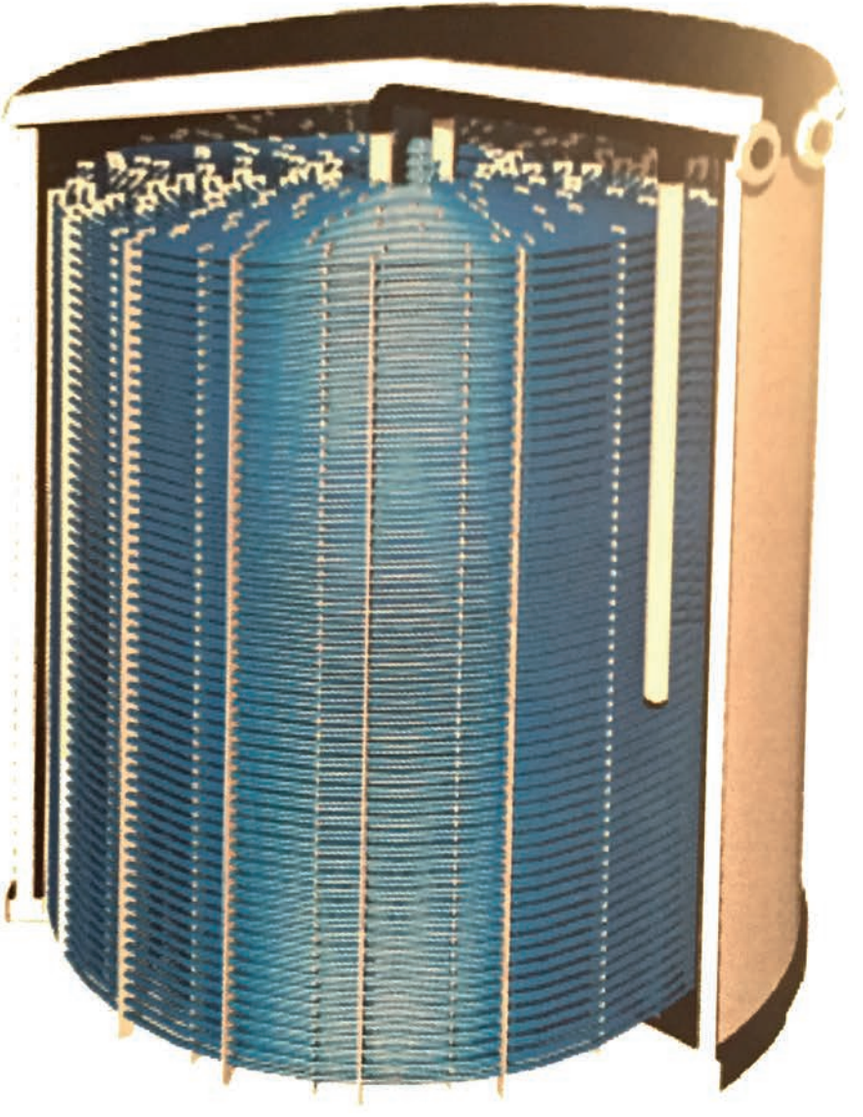
"We have found project simple paybacks of as little as two years, always less than four years. Over the anticipated life of the school of 40 years or more, we believe the total savings could be as great as $1.2 million in a typical middle school."

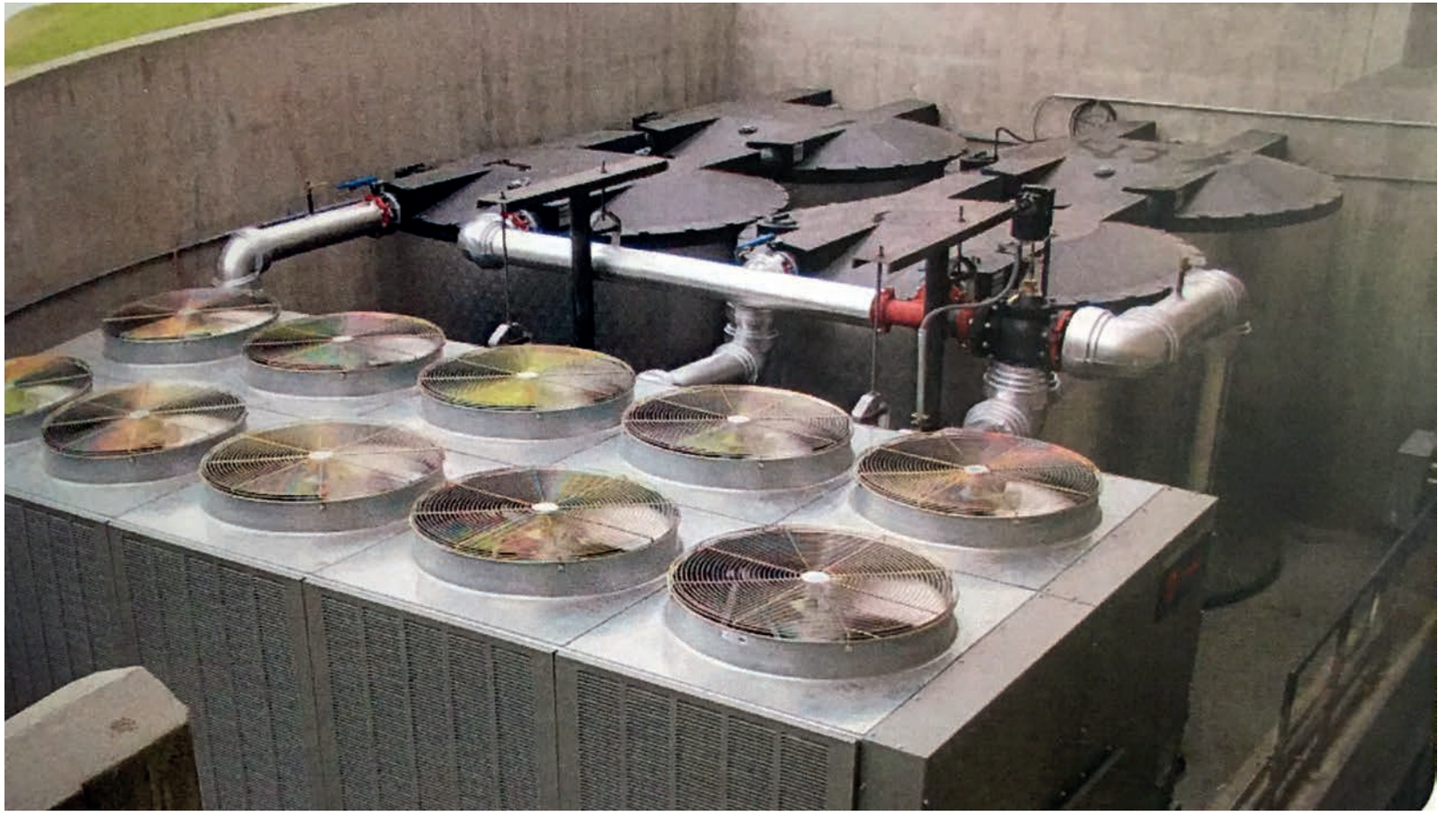
Johnston County Schools

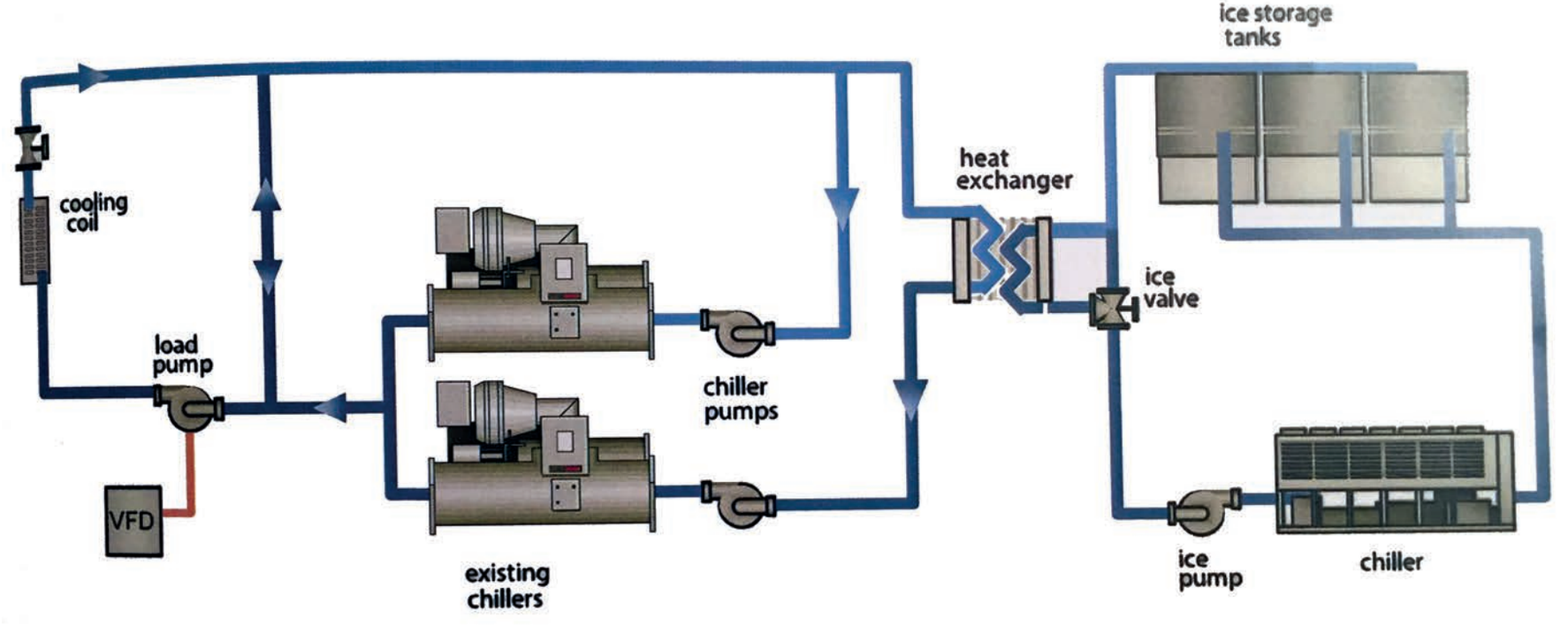


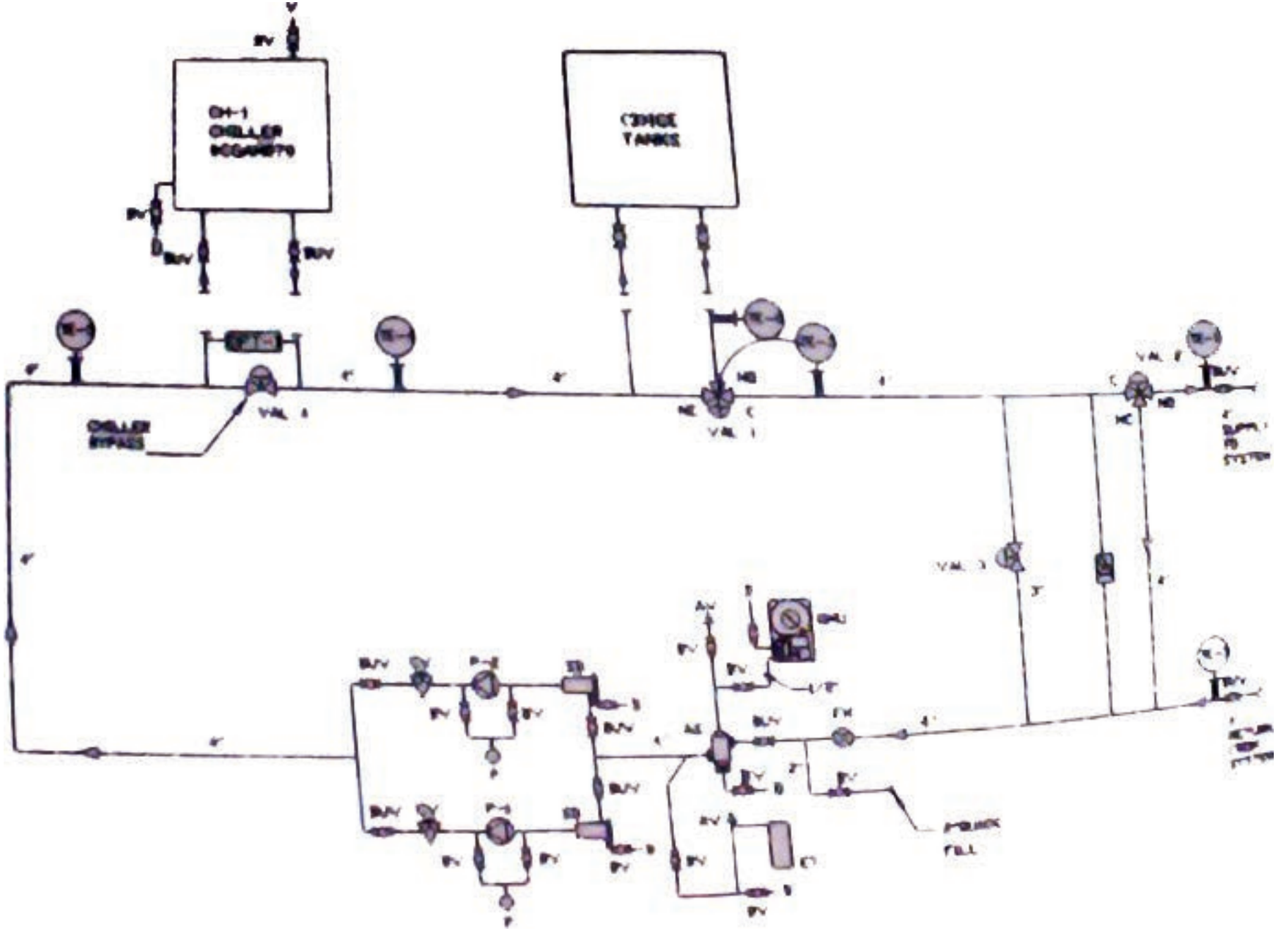

Typical electric load make up
Electric load pro file with thermal storage
1600
1200
800
400
0
cooling
pumps
fans
lighting
base load
6am
12pm
6pm
off peak
peak
off peak
$$
600 kW
electric reduction
from peak
stored cooling
pumps
fans
lighting
base load
1600
1200
800
400
0
6am
12pm
6pm
off peak
peak
off peak
$$


125
100
75
50
25
0
cooling load, % of design
chiller capacity
melt
ice
make
ice
chiller
midnight
6 a.m.
noon
6 p.m.
midnight






ice storage tanks
heat exchanger
cooling coil
load pump
chiller pumps
ice valve
VFD
existing chillers
ice pump
chiller



- توصیه ۱–دریافت پیشنهاد فنی مالی از سازندگان معتبر براساس تولید آنها جهت استفاده از کندانسورهای هوایی به جای برج های خنک کننده به منظور حذف آب مصرفی برج ها ،لوله کشی،شیرآلات و پمپهای برج های خنک کننده

- توصیه ۲– دریافت پیشنهاد فنی مالی از سازندگان معتبر براساس ۷۵٪ کل ظرفیت سرمایش مورد نیاز(حذف ۳ الی ۴ دستگاه چیلر از ۱۳ دستگاه) با بکارگیری مخزن آبسرد، نیاز به ۱۲۰۰ متر مربع سطح برای استقرار مخازن خواهد داشت و در صورت به کارگیری مخازن حاوی یخ به عنوان مبرد، سطح مورد نیاز برای استقرار مخازن مذبور بالغ بر ۴۰۰ متر مربع برآورد می گردد.!

انتخاب اینکه کدام وضعیت برای پروژه انتخاب شود، بسته به نظر مسئولین پروژه خواهد داشت و در تمام موارد انتخاب وضعیت اجرای پروژه به علت نزدیک بودن گزینه ها به یکدیگر به سادگی این مورد نخواهد بود. (برای مثال ممکن است در یک وضعیت، هزینه اولیه بسیار کم باشد و در وضعیتی دیگر هزینه های جاری (هزینه سالانه مصرف برق) بسیار پایین تمام شود، بطوریکه تصمیم گیری بین آن دو را مشکل نماید.) به هر حال تصمیم نهایی به عهده مسئولین پروژه خواهد بود که تصمیم به کاهش هزینه های اولیه گرفته شود و یا ترجیح داده شود که سود دهی پروژه از طریق صرفه جویی در هزینه های کارکرد سالانه صورت گیرد.