

فناوری آیس بانک (Ice Storage) در سیستم های تهویه مطبوع

دکتر عظیم ملک زاده

dr.malekzadeh1981@gmail.com

چکیده:

بسیاری از تاسیسات سرمایشی در طول شبانه روز فقط ساعات محدودی را مشغول کار هستند و در آن ساعات محدود میزان مصرف انرژی سرمایی بسیار زیاد است. در سیستم های ذخیره سازی انرژی امکان تولید و ذخیره و انرژی سرمایشی ذخیره شده تامین کننده قسمتی و یا همه ی بار سرمایشی ساختمان در ساعات پیک مصرف برق و اوج بار خنک کنندگی ساختمان می باشد. یکی از دستگاه هایی که امروزه در صنایع مختلف جهت تبرید با هدف کاهش مصرف انرژی و عدم هزینه های زیاد، استفاده از دستگاه آیس بانک است. سیستم آیس بانک جهت تهویه مطبوع و تاسیساتی که نیاز به برودت دارند طراحی و ساخته شده اند. سیستم آیس بانک با تولید و ذخیره یخ مقدار زیادی انرژی برودتی را در خود ذخیره می کند تا در ساعات مورد نیاز، برودت لازم را برای سیستم تامین نماید. سیستم آیس بانک را می توان بصورت گزینه ای قابل اعتماد و نسبتا ارزان قیمت در اکثر سیستم های برودتی، صنعتی و تهویه مطبوع جهت ذخیره انرژی استفاده نمود. در این مقاله سیستم آیس بانک معرفی، مزایا و کاربردهای آن ذکر شده و به عنوان نمونه به طور کامل به مقایسه اقتصادی سیستم سرمایش در یک پروژه و همچنین به بررسی فنی و ریالی چند پروژه نمونه که در دو حالت معمولی (بدون استفاده از سیستم آیس بانک) و با استفاده از سیستم آیس بانک صورت گرفته، پرداخته می شود. نتایج نشان می دهد که آیس بانک یک راهکار مؤثر برای بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های سرمایشی (مدیریت بار سرمایی در ساعات اوج مصرف) و کاهش هزینه ها است.

آیس بانک یکی از فناوری های نوین در حوزه سیستم های سرمایشی و ذخیره انرژی است که به طور خاص برای بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه های عملیاتی در سیستمهای خنک کننده طراحی شده است.

کلید واژه: آیس بانک، کاهش مصرف انرژی، برودت، تهویه مطبوع

مقدمه :

در بازار نابسامان انرژی امروز میزان مصرف انرژی یک مساله ی بسیار مهم می باشد. تولید انرژی الکتریکی منوط به داشتن برنامه هایی برای کاهش پیک تقاضا و دستیابی به هزینه ی تولید بهینه می باشد . بهره وری از انرژی با بکارگیری تکنیک های پیشرفته در نحوه ی مصرف افزایش می یابد. در نواحی گرم و مرطوب ۶۰٪ از انرژی الکتریکی تولید شده صرف تهویه مطبوع می شود. در نتیجه افزایش کارایی سیستم های تهویه مطبوع علاوه بر کاهش مصرف، می تواند هزینه های سرمایه گذاری برای ساخت نیروگاه های جدید را نیز کاهش دهد .روش های متعددی برای ذخیره ی انرژی در ساختمان ها بکار می رود که می توان آنها را به دو دسته ی فعال و خودبخودی تقسیم کرد. در تکنیک های خودبخودی هر گونه بار گرمایشی در ساختمان با استفاده از عایق سایبان ، رنگ و ... کاهش می یابد. مدیریت مصرف انرژی با بکارگیری تعرفه متغیر، بهینه سازی روش های سرمایشی موجود و سیاست ذخیره سازی انرژی را می توان بعنوان مثال هایی از روش فعال نام برد. بخصوص ایده ی ذخیره سازی انرژی سرمایش باعث تغییر پیک مصرف انرژی الکتریکی ساختمان ها در اواسط روز می شود. بیشترین بار سرمایشی ساختمان ها در ساعت ۱۲ تا ۱۷ می باشد .در این بازه بازدهی نیروگاه های تولید انرژی الکتریکی به ویژه از نوع توربین گازی به دلیل افزایش دمای هوای ورودی به کمپرسور کاهش می یابد. اگر چه ذخیره ی انرژی سرمایشی یک تکنیک امید بخش می باشد. کارایی آن بستگی به تغییرات بار سرمایشی در طول روز دارد.

ذخیره سازی انرژی سرمایشی به ویژه برای ساختمان هایی که فقط در طول روز مورد استفاده قرار می گیرند و بار سرمایشی آنها در شب ناچیز است مفید تر خواهد بود .در این دسته از ساختمان ها می توان ادارات ، دانشکده ها و اماکن مذهبی مانند مساجد، ایستگاه های مترو و ... را گنجانند . لیکن کاربری این سیستم برای ساختمان هایی مانند بیمارستان و ساختمان های

مسکونی نیز توجیه پذیر بوده و نمونه های بسیاری از پروژه های اجرا شده در خارج از ایران به عنوان نمونه وجود دارد که قابل بازدید و بررسی هستند.

معرفی سیستم آیس بانگ :

به طور کلی در سیستم های ذخیره سازی انرژی سرمایشی امکان تولید و ذخیره انرژی سرمایشی در بازه زمانی غیر پیک مصرف برق وجود دارد. انرژی سرمایشی ذخیره شده تامین کننده قسمتی و یا همه ی بار سرمایشی ساختمان در ساعات پیک مصرف برق و اوج بار خنک کنندگی ساختمان می باشد علاوه بر آن در ساعات شب بازدهی چیلر به دلیل کاهش دمای محیط بیشتر می شود که میزان شارژ و تخلیه شارژ مخازن ذخیره سازی انرژی سرمایشی به منحنی بار سرمایشی ساختمان در طول شبانه روز یا بازه زمانی هفتگی بستگی دارد. اصول ذخیره سازی سرما بر پایه استفاده از انرژی داخلی آب و یا یخ می باشد، بر این اساس میتوان با صرف انرژی آب را خنک و یا منجمد نمود و در زمان مورد نظر از توان تبریدی آن استفاده کرد. توضیح ساده ی این مساله بدین گونه است که در ساعاتی از روز که مصرف انرژی الکتریکی برای تولید توان سرمایشی بالاست از چیلرها کمتر استفاده شود و به جای آن از توان سرمایشی ذخیره شده در ساعات غیر پیک استفاده کرد، تهویه مطبوع در سال های اخیر در دنیا باعث افزایش پیک مصرف برق در ساعات گرم روز شده است و جبران این مساله نیازمند ساخت نیروگاه های بیشتر می باشد که این رویه باعث آلودگی بیشتر و افزایش مشکلات زیست محیطی خواهد شد. همچنین در ساعات گرم روز کارایی چیلرها کاهش می یابد و این خود مصرف انرژی معمول چیلرها را افزایش می دهد. اگر بتوان بطریقی توان سرمایشی را در ساعات غیر پیک و خنک تر شب تامین کرد علاوه بر کاهش پیک مصرف برق در طول روز افزایش کارایی چیلرها را نیز شاهد خواهیم بود.

تجهیزات اصلی دستگاه آیس بانگ:

- ۱- حسگر تشخیص ضخامت یخ تشکیل شده روی لوله ها (کوئل)
- ۲- مخزن دربرگیرنده کوئل ها از جنس ورق فولاد ضد زنگ
- ۳- عایق کاری دیواره های مخزن با عایق های پلی یورتان
- ۴- اواپراتور لوله ای مارپیچی از جنس مس برای مبردهای فریونی (یا فولادی برای مبردهای آمونیاکی)

۵- پمپ و لوله های ورود و خروج آب

۶- سیستم کنترلر دستگاه

۷- سیستم تغذیه هوا و توزیع هوا و آب

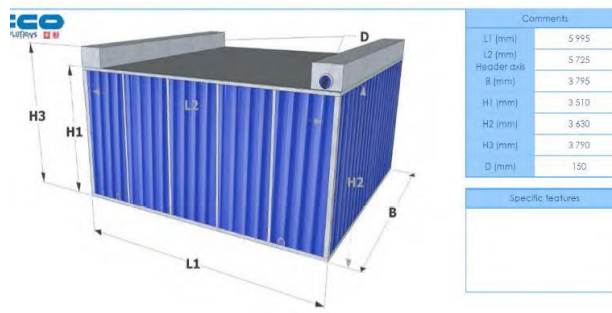
۸- تجهیزات سیکل تبرید از جمله کمپرسور ، آکومولاتور ، کندانسور ، فن ، شیر انبساط و ... به طور مستقل یا به همراه چیلر



شکل (۱) نمای شماتیک یک آیس بانک

عملکرد سیستم آیس بانک:

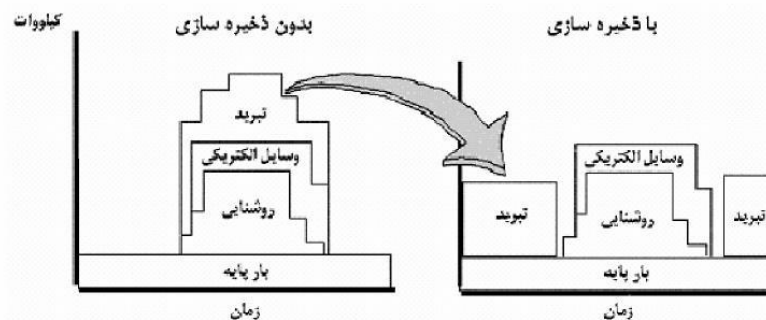
در سیستم های سرمایشی صنعتی که از آیس بانک استفاده می کنند زمانی که بار برودتی وجود ندارد و یا کمتر به برودت نیاز است (معمولا به هنگام شب) با تزریق مستقیم مبرد به داخل کویل انرژی برودتی به صورت یخ در اطراف لوله های کویل آیس بانک ذخیره می شود . زمانی که یخ به ضخامت مورد نظر رسید، حسگر فرمانی برای قطع جریان مبرد به سیستم برودتی ارسال می کند. زمانی که آب سرد برای سرمایش مورد نیاز باشد، پمپ سیرکولاسیون شروع به کار نموده و آب سرد را از مخزن آیس بانک به محل های مورد نیاز پمپ می کند. آب برگشتی در داخل مخزن گردش نموده و پس از تماس مستقیم با یخ سرد می شود. همزمان برای افزایش میزان انتقال حرارت بین آب و یخ، توسط دستگاه همزن (آجیتاتور) موجود در داخل مخزن آیس بانک جریان آب یکنواختی روی کویل ها بوجود می آید.



شکل (۲) نمای شماتیک از یک آیس بانک

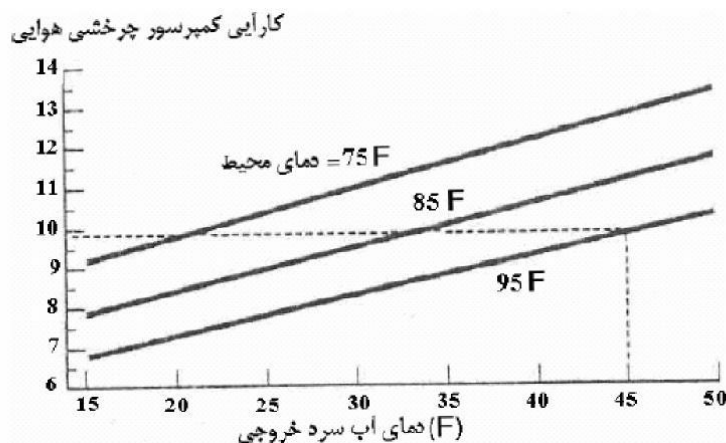
جابجایی بار سرمایشی در زمان پیک مصرف برق :

تحقیقات گوناگونی برای انواع مدل تئوری و عملی و آنالیز هزینه ی روش های ذخیره سازی انجام شده است. در شکل (۲) جابجایی بار سرمایشی که معمولاً در زمان پیک مصرف برق می باشد، بصورت ساده نشان داده شده است. مصرف برق یک ساختمان شامل بار پایه ثابت، بعلاوه روشنایی در زمان های مشخص می باشد. اگر بتوان تولید انرژی سرمایشی را به اوقات کم مصرف انرژی الکتریکی منتقل کرد کاهش پیک مصرف برق بدست می آید.



شکل (۳) جابجایی بار سرمایشی

بطور مشخص کارایی کمپرسور چیلرها در اوقات گرم روز کاهش می یابد و اگر بتوان کارکرد چیلر را به ساعات شب که دمای هوا کمتر است منتقل کرد با افزایش کارایی کمپرسور از جهتی دیگر کاهش مصرف انرژی الکتریکی را در پی خواهد داشت. بازدهی چیلر در ساعات شب بین ۲ تا ۸ درصد افزایش می یابد. در شکل (۳) تغییرات بازدهی کمپرسور چیلر در مقایسه با دمای محیط نشان داده شده است.



شکل (۴) تغییرات بازدهی کمپرسور چرخشی چیلر

همچنین در ساعات شب کارایی کندانسور و دیگر تجهیزات سیستم خنک کننده بیشتر می شود.

مزایا و قابلیت سیستم ذخیره سرمایی:

- ۱- کاهش ظرفیت تجهیزات تولید سرما
- ۲- تغییر جزئی در سرمایه گذاری اولیه
- ۳- امکان استفاده از آب سرمایش با دمای پایین (حدود ۲ درجه)
- ۴- کاهش هزینه دیماند برق
- ۵- صرفه جویی در هزینه مصرف انرژی
- ۶- افزایش قابلیت اطمینان سیستم موارد کاربرد و استفاده از مخزن ذخیره
- ۷- ماکزیمم بار سرمایی مورد نیاز به طرز قابل ملاحظه بالاتر از میزان متوسط بار مورد نیاز باشد.
- ۸- تعرفه برق مصرفی طوری است که هزینه دیماند (Demand) آن بالا باشد.
- ۹- یک سیستم موجود تبرید باید گسترش یا اضافه ظرفیت پیدا کند.
- ۱۰- در محل ها یا پروژه هایی که یک تانک یا یک مخزن قابل استفاده جهت تبدیل آن به مخزن ذخیره موجود است.

۱۱- ساعات پیک مصرف تجهیزات تهویه مطبوع با ساعات پیک مصرف انرژی الکتریکی یکسان باشد .

۱۲- در محل ها یا پروژه هایی که انرژی الکتریکی محدود است و یا فقط برای ساعت های مشخصی از روز قابل دستیابی است و یا اینکه مصرف بیش از مقدار موجود انرژی مجاز نیست و یا منوط به اضافه کردن ترانس ها و تجهیزات گران قیمت دیگر می باشد (سکوها ی نفتی و ...) اضافه کردن یک مخزن ذخیره می تواند مشکل را حل کرده و از هزینه های بالا جهت ایجاد انرژی الکتریکی اضافه جلوگیری نماید.

۱۳- در مواردی که به ظرفیت تبرید اضافه بر نیاز و ذخیره نیاز باشد .

۱۴- در مواردی که تصمیم به تعویض گازهای مبرد مضر به حال محیط زیست مانند R ۲۲ و دیگر مبردهای مشابه گرفته می شود.

۱۵- در مواردی که لازم است توزیع هوا و یا توزیع آب در گردش با دمای پایین تری انجام شود.

۱۶- در مواردی که تعرفه برق در ساعات پیک و غیر پیک بار متفاوت باشد.

چیلرهای هوا خنک بدون آیس بانک و یا با آیس بانک

در حالت سنتی و بدون آیس بانک با توجه به اینکه درسیتم هوا خنک علاوه بر در نظر گرفتن ضریب اطمینان لازم است شرایط دمای هوای حداکثر تابستان که روی عملکرد کندانسور تاثیر می گذارد نیز در نظر گرفته شود بر اساس محاسبات تقریب ۳ دستگاه چیلر به ظرفیت حدود ۴۱۴ تن اسمی لازم است.

در حالت استفاده از آیس بانک، با توجه به مقایسه اقتصادی زیر میتوان از یک دستگاه چیلر هوا خنک جهت تولید ، ۲۶۵ تن برودت واقعی استفاده نمود که با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان، ظرفیت نامی آن ، ۳۶۵ تن برودت محاسبه می شود.

به علاوه در مدار سرمایش اتیلن گلیکول نیاز به ۳۴۹ تن برودت در دمای رفت و برگشت ۶ به ۱۱ درجه سانتیگراد داریم که با ضرایب اطمینان معادل دو دستگاه چیلر به ظرفیت ۲۴۱ تن برودت واقعی داریم، که همین چیلرها قادرند در شب برودت واقعی ۲۵۱٫۳ تن را در دمای رفت ۵ درجه سانتیگراد زیر صفر و برگشت یک درجه سانتیگراد زیر صفر تامین کنند.

همچنین یک آیس بانک به ظرفیت ۱۷۵۸ تن ساعت و دو دستگاه مبدل صفحه ای در کنار این چیلرها لازم است.

پروژه نمونه:

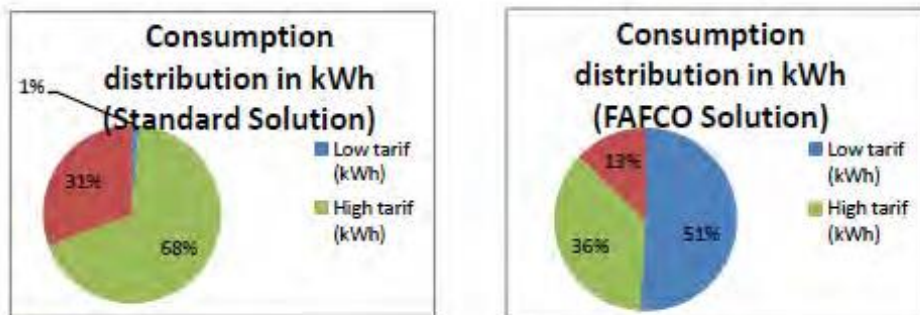
در این بخش به بررسی فنی و ریالی چند پروژه نمونه که بر روی آنها در دو حالت معمولی (بدون استفاده از سیستم آیس بانک) و با استفاده از سیستم آیس بانک صورت گرفته می پردازیم:

پروژه نمونه شماره ۱:

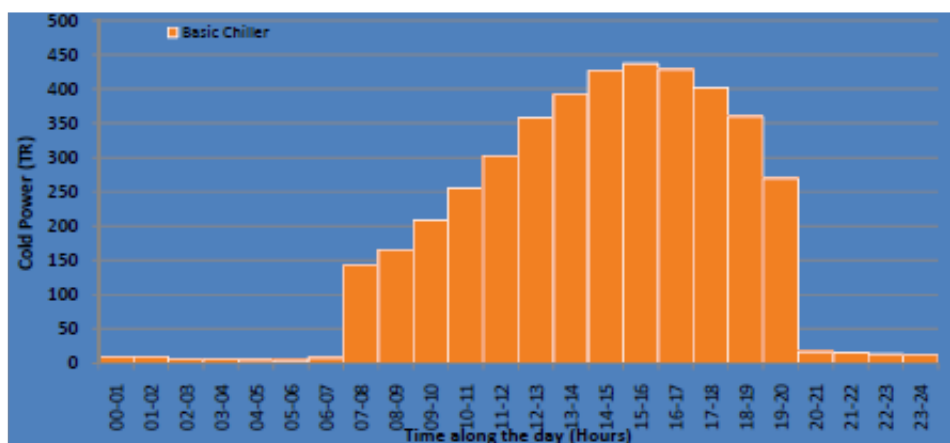
کاربری ساختمان: اداری

آیتم	حالت معمولی	حالت آیس بانک
چیلر(تناژ)	۴۳۷	۲۴۴
آیس بانک(تن ساعت)	...	۱۱۹۲
سرمایه گذاری اولیه (درصد)	۱۰۰	۹۴,۶
مقدار مصرف برق (Mwh)	۴۵۰	۴۶۰
هزینه مصرف برق(درصد)	۱۰۰	۷۵
دیماندر برق(Kw)	۷۰۰	۴۰۰
هزینه دیماندر برق(درصد)	۱۰۰	۵۵
هزینه تعمیر و نگهداری (درصد)	۱۰۰	۵۶,۶
صرفه جویی سالانه	دارد	
صرفه جویی اولیه	دارد	

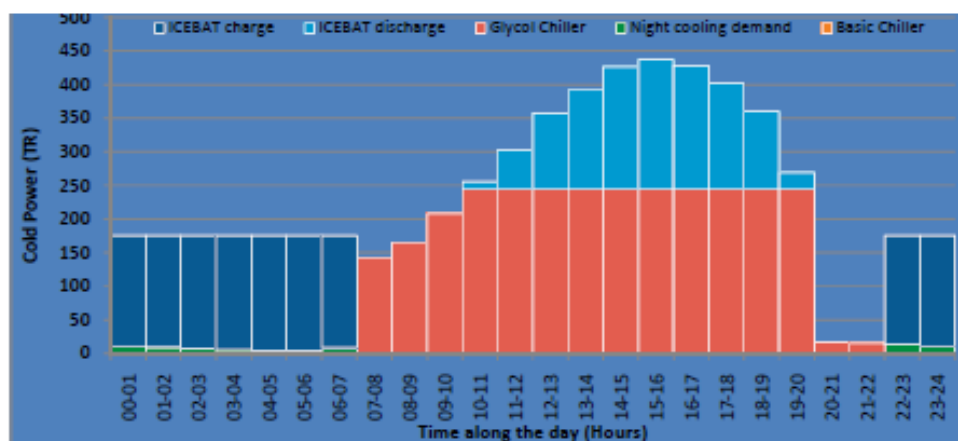
جدول شماره ۱



شکل شماره ۵



نمودار شماره ۱ بار کل پروژه با استفاده از سیستم سنتی

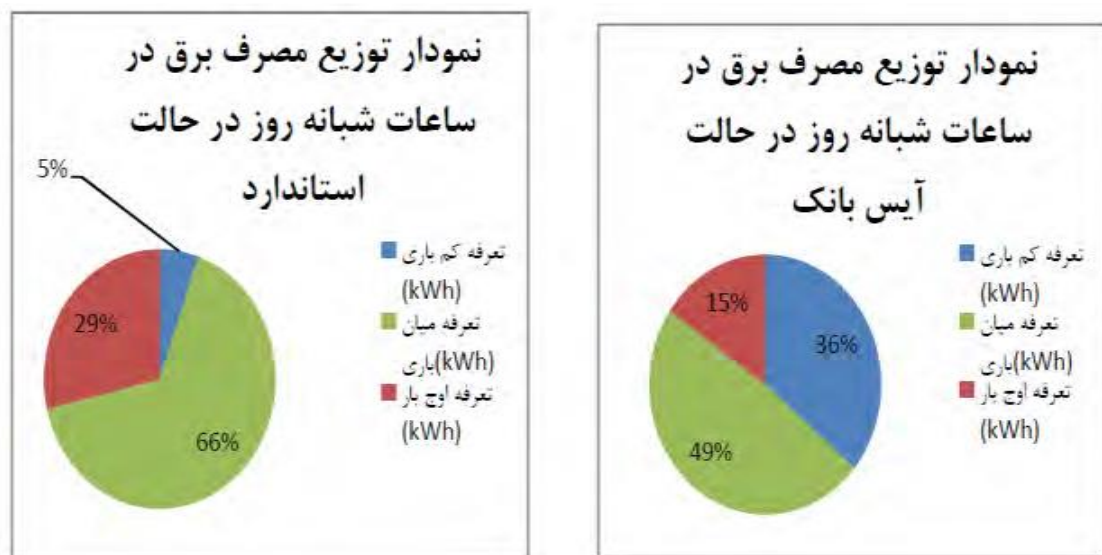


نمودار شماره ۲ بار کل پروژه با استفاده از سیستم آیس بانک

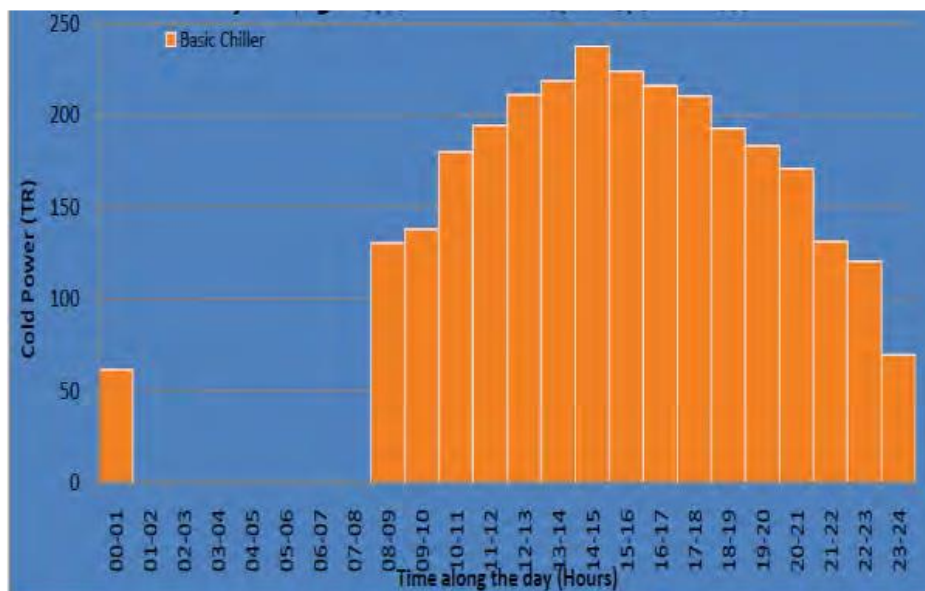
کاربری ساختمان: استادیوم ورزشی

آیتم	حالت معمولی	حالت آیس بانک
چیلر(تناژ)	۲۳۸	۱۳۹
آیس بانک(تن ساعت)	...	۷۰۹
سرمایه گذاری اولیه (درصد)	۱۰۰	۸۹,۷
مقدار مصرف برق (Mwh)	۴۵۴	۴۸۶
هزینه مصرف برق(درصد)	۱۰۰	۸۳,۴
دیماندر برق(Kw)	۳۵۷	۲۲۱
هزینه دیماندر برق(درصد)	۱۰۰	۶۲,۲
هزینه تعمیر و نگهداری (درصد)	۱۰۰	۵۸,۸
صرفه جویی سالانه	دارد	
صرفه جویی اولیه	دارد	

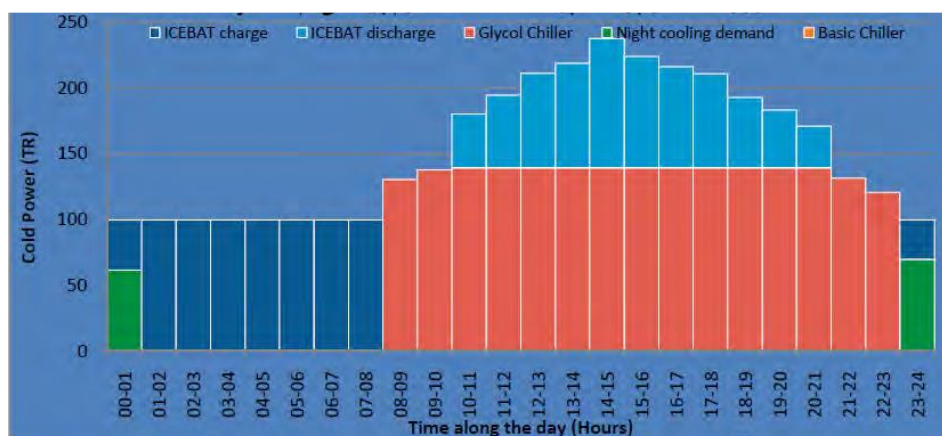
جدول شماره ۲



شکل شماره ۶



نمودار شماره ۳ بار کل پروژه با استفاده از سیستم سنتی



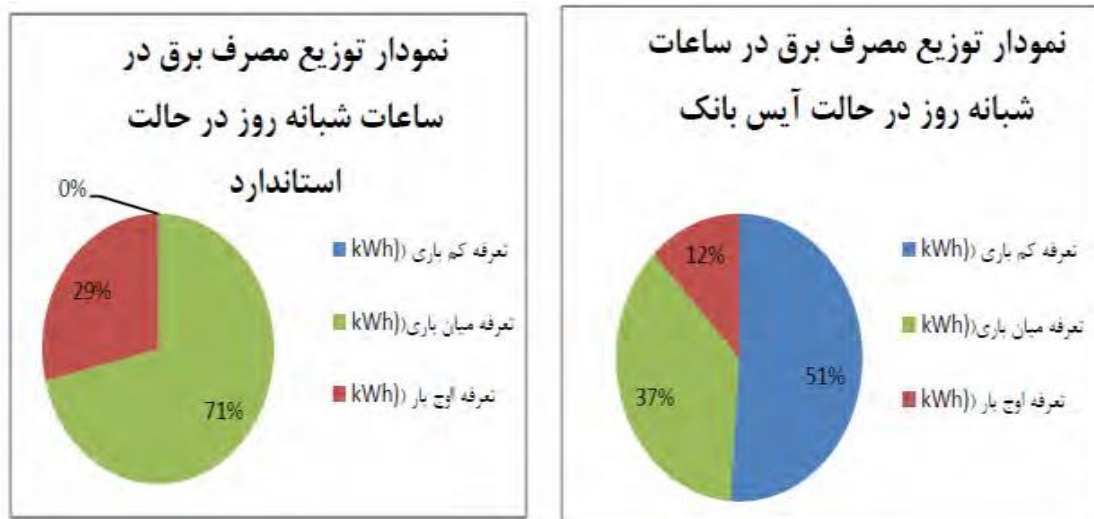
نمودار شماره ۴ بار کل پروژه با استفاده از سیستم آیس بانک

پروژه نمونه شماره ۳ :

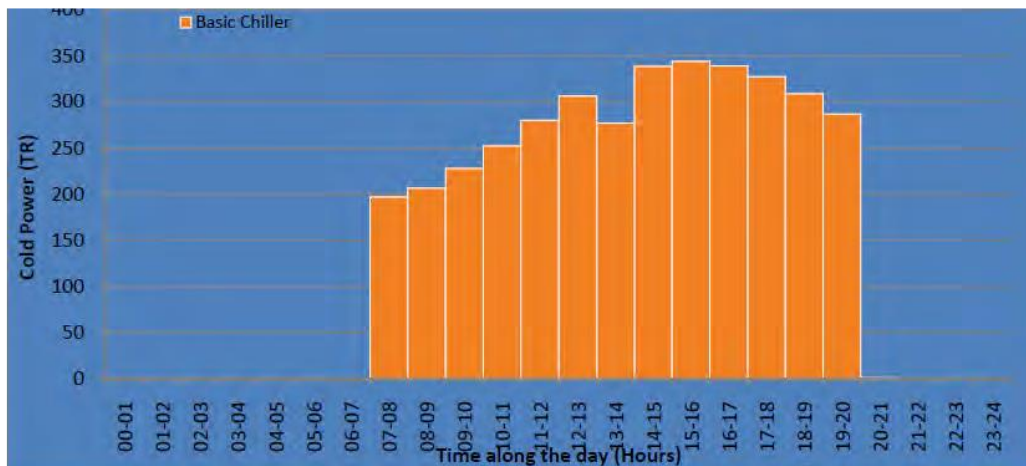
کاربری ساختمان: دانشکده

آیتم	حالت معمولی	حالت آیس بانک
چیلر(تناژ)	۳۴۴	۱۸۹
آیس بانک(تن ساعت)	...	۱۲۳۶
سرمایه گذاری اولیه (درصد)	۱۰۰	۸۲,۳
مقدار مصرف برق (Mwh)	۴۰۶	۳۹۵
هزینه مصرف برق(درصد)	۱۰۰	۶۶,۶
دیماندر برق(Kw)	۵۶۰	۳۲۰
هزینه دیماندر برق(درصد)	۱۰۰	۶۰
هزینه تعمیر و نگهداری (درصد)	۱۰۰	۵۶,۲
صرفه جویی سالانه	دارد	دارد
صرفه جویی اولیه	دارد	دارد

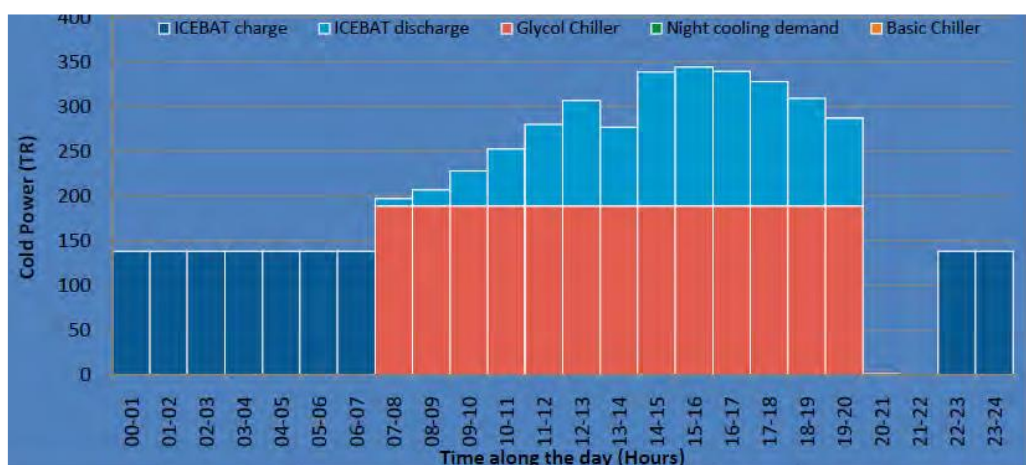
جدول شماره ۳



شکل شماره ۷



نمودار شماره ۵ بار کل پروژه با استفاده از سیستم سنتی



نمودار شماره ۶ بار کل پروژه با استفاده از سیستم آیس بانک

تحلیل و جمع بندی:

از آنجا که قسمت زیادی از برودت در شب تولید می شود و دمای محیط کمتر از روز می باشد، لذا بازده کندانسور افزایش چشمگیری می یابد.

نمودار ها نشان می دهد که استفاده از سیستم آیس بانک نسبت به سیستم سنتی (چیلر)، بار کل پروژه در زمان های پیک مصرف برق کاهش چشمگیری داشته که این مسئله باعث صرفه جویی در انرژی و همچنین صرفه جویی در پرداخت هزینه ها می شود. از آنجایی که در سیستم های دارای آیس بانک، تجهیزات برودتی شامل کمپرسور، کندانسور و غیره دارای ظرفیت و اندازه کوچکتري می باشند، انرژی الکتریکی حدود ۱۵٪ کاهش پیدا می کند که همین امر باعث

کاهش هزینه سرمایه گذاری اولیه پروژه نیز می گردد. جداول آورده شده در این مقاله به خوبی این مسئله را بیان می کند.

نتیجه گیری:

به منظور کاهش مصرف انرژی می توان از سیستم های زیادی بهره برد، یکی از دستگاه هایی که امروزه در صنایع مختلف جهت تبرید با هدف کاهش مصرف انرژی و عدم هزینه های زیاد، استفاده از دستگاه آیس بانک است. این مقاله به بحث در مورد ذخیره سازی انرژی سرمایشی با توجه به میزان بیشینه بار سرمایشی مورد نیاز ساختمان و همچنین گستره زمانی مصرف آن پرداخته است. در این پژوهش پس از بررسی سیستم آیس بانک و مزایا و کاربردهای آن، به بررسی سیستم خنک سازی ساختمان در دو حالت استفاده از سیستم آیس بانک و بدون استفاده از آن سیستم، در چند پروژه پرداخته است نتایج نشان می دهد که استفاده از سیستم آیس بانک، مصرف انرژی الکتریکی تاسیسات سرمایشی را در ساعات اوج مصرف به حدود ۱۵٪ کاهش می دهد. آمارها نشان می دهد که این امر سبب کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از تولید برق می شوند.

یکی دیگر از مباحث مهم دیگر بحث فنی و ریالی پروژه می باشد که نتایج به خوبی نشان می دهد که به لحاظ هزینه ای صرفه جویی خوبی هم در حالت اولیه و هم سالانه نسبت به حالت معمولی (بدون استفاده از سیستم آیس بانک) می باشد.

Resources:

- 1-International and specialized sites for air conditioning systems
- 2-Specialized air conditioning conferences held in recent years