اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

بررسی مزایای جایگزینی کولرهای تراکمی با سیستم ذخیره یخ در تهویه مطبوع منازل مسکونی

مرتضی یاری[۱]، حامد منصف[۲]

[۱]استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی؛ myari@uma.ac.ir
[۲]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی ؛ hamed.monsef@gmail.com

چکیده

بررسی‌های اولیه در این مطالعه نشان داده‌اند عامل اصلی ایجاد مشکل در سیستم توزیع برق کشور در فصول گرم سال، استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع تراکمی است. با بررسی آب و هوایی مناطقی از کشور که از کولرهای تراکمی استفاده می‌کنند و نوع سیستم‌های تهویه مطبوعی که در این نواحی قابل استفاده هستند، سیستم ذخیره یخ[۱] می‌توانند بهترین جایگزین باشند. در ادامه نشان داده شد که استفاده از سیستم‌های ذخیره یخ با توجه به تعرفه سه زمانی قیمت برق، باعث کاهش ۳۰ تا ۳۵ درصدی در هزینه سرمایش منازل مسکونی می‌شود.

کلمات کلیدی: سیستم ذخیره یخ، تهویه مطبوع، منازل مسکونی، کولر تراکمی، اوج مصرف برق

مقدمه

یکی از مشکلاتی که بیش از پیش باعث عدم آسایش و راحتی مردم کشور در فصول گرم سال می‌شود، قطع برق در ساعات پر مصرف انرژی الکتریکی است. آمار منتشر شده از وزارت نیرو نشان می‌دهد بیشترین مصرف برق در ۱۵ سال گذشته در ماه‌های تابستان اتفاق افتاده است. با توجه به ارزان بودن سوخت‌های فسیلی در کشور سیستمهای تهویه در فصول سرد سال از این منابع انرژی در قالب بخاری، شوفاژ، فن‌کوئل و ... برای گرمایش استفاده می‌کنند اما در فصول گرم سال سیستم‌های تبرید که غالباً با انرژی برق کار می‌کنند وظیفه سرمایش را به عهده دارند.

از نظر آب و هوایی ایران به چهار منطقه سردسیر، معتدل و مرطوب، گرم و خشک و گرم و مرطوب تقسیم می‌شود. در مناطق سردسیر نیاز چندانی به استفاده از وسایل سرمایشی وجود ندارد. در منطقه گرم و خشک که ناحیه وسیعی از کشور را تحت پوشش قرار می‌دهد، اکثراً از کولرهای آبی برای سرمایش منازل مسکونی استفاده می‌شود. مصرف کولرهای آبی متداول معادل 0.5 Kw/h است که نسبتاً مقرون به صرفه می‌باشد. به علت رطوبت زیاد در مناطق معتدل و مرطوب شمال و گرم و مرطوب نواحی جنوب کشور، امکان استفاده از کولرهای آبی وجود ندارد. در این نواحی عمدتاً از کولرهای تراکمی (پنجره‌ای و دوتکه) برای تهویه مطبوع منازل مسکونی استفاده می‌شود. مصرف برق یک کولر تراکمی پنجره‌ای معمولی با ظرفیت 18000 Btu/h در حدود 2 Kw/h است.

با توجه به بالا بودن دما در مناطق جنوبی کشور ممکن است در یک منزل مسکونی به صورت همزمان از چند کولر تراکمی برای تهویه مطبوع استفاده شود که خود نرخ مصرف برق را افزایش می‌دهد. در تحقیق حاظر، آب و هوای مناطقی از کشور که در آن از کولر تراکمی استفاده می‌شود برای ۲۴ ساعت شبانه روز در فصول گرم سال محاسبه شده و در ادامه، مصرف برق منزل مسکونی در این مناطق برای فصول گرم سال نیز با توجه به آمار رسمی و نظر سنجی از اقشار مختلف جامعه، بدست آمده است. با مشخص شدن کسر مصرف برق کولرهای تراکمی، راهکاری برای کاهش این مصرف ارائه خواهد شد. در پایان نیز با یک بررسی مالی تاثیر این راهکار در کاهش مصرف برق و هزینه خانواده ها محاسبه خواهد شد.

بررسی آب و هوایی

به طور کلی تهویه مطبوع یعنی رساندن دما و رطوبت هوا به حدی که حداقل ۸۰ درصد افراد ساکن در محیط احساس آرامش کنند.[1] در نواحی مختلف با توجه به فرهنگها و عادتها و فیزیک بدنی متفاوت، افراد در بازه‌های مختلفی از دما و رطوبت احساس آرامش می‌کنند. [2] طبق استاندارد انجمن اشری، برای منازل مسکونی عادی در تابستان دمای ۷۹-۷۷ درجه فارنهایت (۲۶,۱-۲۵ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی ۵۰-۴۵ درصد و برای منازل مسکونی لوکس در تابستان دمای ۷۶-۷۴ درجه فارنهایت (۲۴,۴-۲۳,۳ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی ۵۰-۴۵ درصد را پیشنهاد می‌شود. [1] رطوبت زیاد هوا مانع از تبخیر تعریق بدن انسان شده که باعث احساس ناراحتی توسط فرد می‌شود. همچنین وجود بخار آب زیاد از کسر اکسیژن تنفس شده توسط فرد می‌کاهد که این امر نیز اسباب ناراحتی او را فراهم می‌کند.

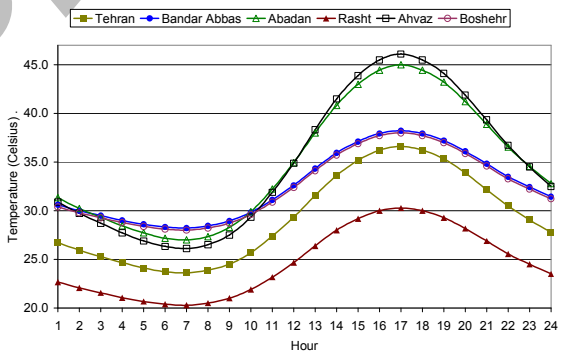
با توجه به گسترده بودن کشور ایران و وجود گونه‌های مختلف آب و هوایی در نواحی مختلف، دمای هوا و رطوبت در بازه‌های زمانی متفاوتی، از محدوده آسایش انسان تجاوز کرده و باعث استفاده از سیستمهای تهویه مطبوع سرمایشی می‌گردد. ابتدا باید دمای میانگین مناطق معتدل و مرطوب شمال و گرم و مرطوب جنوب در ۲۴ ساعت شبانه روز محاسبه شود. برای این منظور شهرهای پرجمعیت از مناطق مورد بحث که از کولرهای تراکمی استفاده می‌کنند، انتخاب شده و با توجه به طول و عرض جغرافیایی منطقه، دمای خشک متوسط گرمترین روز تابستان، دمای تر متوسط گرمترین روز تابستان، بیشینه تغییرات دمایی در گرمترین روزهای تابستان، دمای خشک متوسط سردترین روز زمستان، دمای تر

[1] Ice Storage System (ISS)

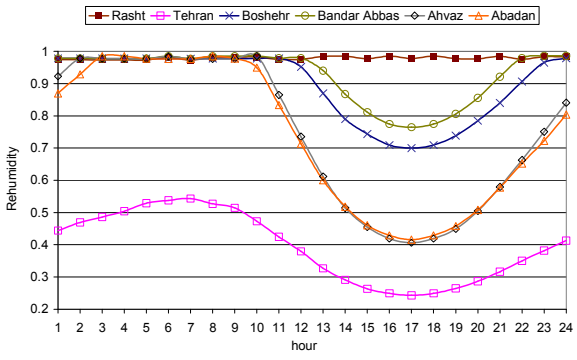
Archive of SID
www.SID.ir

متوسط سردترین روز زمستان، نوع زمین منطقه، صافی یا غبار آلود بودن هوا و فاصله زمانی منطقه از گرینویچ (مثلا برای تهران ۳,۵ ساعت)، پروفایل دمایی برای ۲۴ ساعت شبانه روز در ماه‌های مختلف سال برای این شهرها بدست آمد. برای این کار از روش RTS[2] استفاده شد. اساس کار این روش استفاده از میزان تشعشع خورشید در منطقه است و با استفاده از سریهای زمانی تشعشعی خورشید، بار خارجی تحمیل شده بر ساختمان را در تمام ۸۷۶۰ ساعت سال با استفاده از فرمولهای ریاضی محاسبه می‌نماید. [3] شهرهای رشت، اهواز، بندرعباس، آبادان و بوشهر از مناطق مورد بحث برای بررسی آب و هوایی انتخاب شدند. برای مقایسه، محاسبات برای شهر تهران نیز انجام شد.

پروفایل دمایی میانگین گرمترین روزهای سال (در ماههای جولای و آگوست) برای این شهرها در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد شهرهای مناطق جنوبی (آبادان، اهواز، بندرعباس و بوشهر) در تمامی ساعات شبانه روز دارای دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هستند. در شهر رشت نیز با اینکه دمای هوا تنها در ساعاتی از روز بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، اما رطوبت در تمام ساعات روز بالای ۹۰ درصد است و نیاز به استفاده از سیستم تبرید تراکمی برای تهویه مطبوع وجود دارد. نمودار رطوبت نسبی شهرها در گرمترین روزهای سال نیز در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱: مقایسه ۲۴ ساعته دمای خشک شهرهای مختلف در ماه جولای

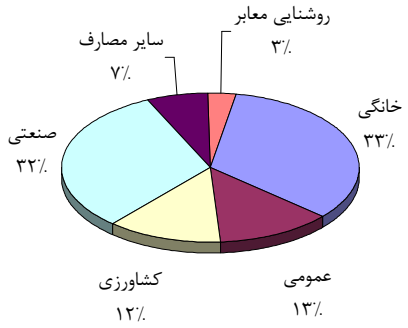


شکل ۲: مقایسه ۲۴ ساعته رطوبت نسبی شهرهای مختلف در ماه جولای

[2] Radial Time Series

بررسی مصرف الکتریسیته منازل مسکونی

بررسی سیستم عرضه و تقاضای الکتریسیته یکی از قسمتهای مهم این تحقیق می‌باشد. ابتدا باید کسر مصرف انرژی توسط مصرف کنندگان مشخص شود. مصرف‌کنندگان عمده برق به چند گروه تقسیم می‌شوند. آمار منتشره از شرکت توانیر [4] نشان می‌دهد کسر بزرگی از مصرف برق در کشور (در حدود ۳۳٪) را مصارف خانگی به خود اختصاص می‌دهد. این کسر به صورت صعودی در هر سال با حدود ۷,۲ تا ۸,۹ درصد رشد مواجه است. با توجه به غیر مولد بودن مصارف خانگی این حجم عظیم مصرف، معقول نیست و باید با کاهش مصرف به صورت منطقی، در کوتاه مدت مشکلات قطع برق را کاهش داده و در بلند مدت، انرژی به سمت مصرف در بخش صنعت هدایت شود. شکل ۳ سهم مصرف برق هر بخش را در سال ۱۳۸۶ نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمودار دایره‌ای مصرف برق در سال ۱۳۸۶

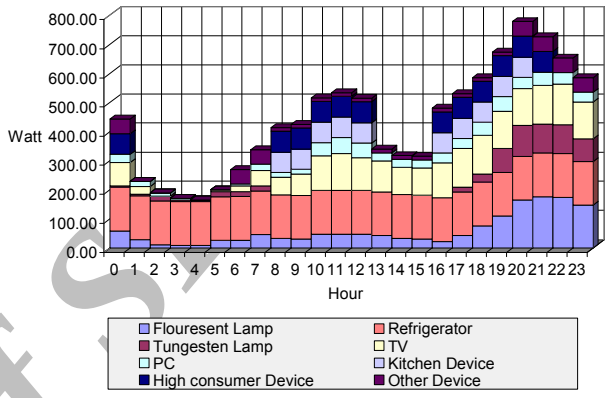
طبق آمار بخش خانگی با ۱۷۸۳۰۰۰۰ خانوار در سال ۱۳۸۶ بزرگترین بخش مصرفی از نظر تعداد را نیز به خود اختصاص داده است. با توجه به مطالب و شواهد ارائه داده شده در بالا لزوم بررسی چگونگی مصرف برق در منازل و بهینه‌سازی آن احساس می‌شود. در کشور ایران در ماه‌های گرم سال به علت افزایش چشمگیر مصرف برق، شبکه توزیع برق دچار مشکل شده و با قطع برق در مناطق مختلف کشور روبرو هستیم. علت قطع برق افزایش مصرف برق و عدم توانایی شبکه تولید و توزیع برای تامین برق مورد نیاز مصرف کنندگان است. آمار منتشر شده از سازمان نشان می‌دهد از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۶ بیشترین مصرف برق در سه ماه تابستان بوده است. در نتیجه سیستمهای تهویه مطبوع سرمایشی که بزرگترین مصرف کننده‌های برق در این ماه‌ها هستند، عامل اصلی بروز مشکل در شبکه توزیع برق می‌باشند. در کشور وسیعی مانند ایران، آنچه نوع سیستم تهویه مطبوع را در فصول گرم سال مشخص می‌کند، اقلیم منطقه مورد نظر است. طبق آمار حدود ۷۰ درصد از خانوارهای ایرانی در فصل گرما از کولرهای آبی و یا گازی برای تهویه مطبوع محیط زندگی خود استفاده می‌کنند. (منبع: توزیع برق خراسان (kcedc.com

قدم بعدی در این مطالعه مشخص کردن کسری از انرژی الکتریسیته است که صرف تهویه مطبوع و سرمایش منازل می‌شود و همچنین، ساعات اوج مصرف برق در تابستان می‌باشد. سلیقه‌های

Archive of SID

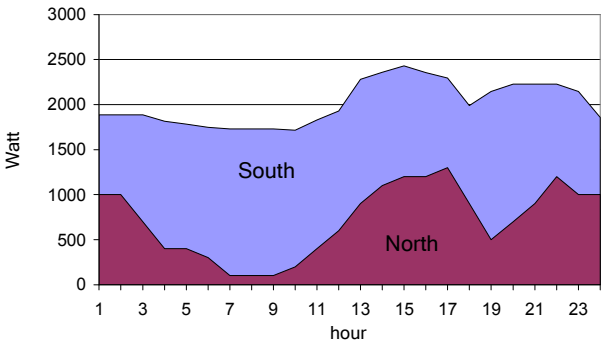
www.SID.ir

مختلف، تعداد افراد خانواده، اندازه خانه، وضع مالی و فرهنگی و پارامترهای بسیار دیگری در نحوه استفاده از وسایل الکتریکی در نقاط مختلف کشور تاثیر دارد. به همین دلیل یک نظر سنجی عمومی در اقشار مختلف جامعه مبنی بر چگونگی استفاده از لوازم برقی و ساعات استفاده از آن انجام شد. شکل ۴ میانگین میزان مصرف برق در یک خانواده معمولی به تفکیک لوازم برقی را نشان می‌دهد. این نمودار از بررسی نتایج نظرسنجی بدست آمد. میزان مصرف وسایل برقی در این نمودار مطابق منبع [5] در نظر گرفته شد. در این شکل مصرف سیستمهای سرمایشی لحاظ نشده است.



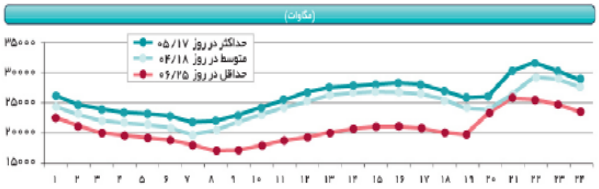
شکل ۴: مصرف برق توسط یک خانواده معمولی در تابستان بدون احتساب تجهیزایت تهویه مطبوع در شبانه روز

نمودار فوق نشان می‌دهد بیشترین مصرف بدون احتساب سیستمهای سرمایشی در ساعات اولیه شب (ساعت ۱۹ تا ۲۳) اتفاق می‌افتد. این افزایش مصرف به دلیل روشن شدن سیستمهای روشنایی است. با توجه به آب و هوای متفاوت در جنوب و شمال کشور میزان استفاده از سیستمهای تراکمی متفاوت است. شکل ۵ میانگین مصرف ۲۴ ساعته کولرهای تراکمی یک خانواده معمولی در تابستان برای شمال و جنوب کشور را نمایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که مصرف کولرهای تراکمی در مناطق گرم و مرطوب جنوب کشور که وسیعتر از مناطق معتدل و مرطوب شمال می‌باشند، به مراتب بیشتر است.



شکل ۵: میزان مصرف سیستمهای تراکمی یک منزل مسکونی در شمال و جنوب کشور

مقایسه نمودارهای ۱ و ۵ نشان می‌دهد بیشترین مصرف انرژی الکتریکی در ساعات گرم روز اتفاق می‌افتد. آمار وزارت نیرو نیز این امر را تائید می‌کند. شکل ۶ میزان مصرف برق در روز پیک سال ۱۳۸۴ را نشان می‌دهد. بیشترین مصرف در ساعات پایانی شب اتفاق می‌افتد.



شکل ۶- میزان مصرف برق کشور در روز پیک سال ۱۳۸۴

ارائه راهکار

برای حل مشکلات برق کشور و افزایش بازدهی آن دو راهکار اساسی وجود دارد:

۱- مدیریت عرضه[3]

۲- مدیریت تقاضا[4]

در قسمت اول (مدیریت عرضه) با افزایش بازده نیروگاه‌ها، ترکیب نیروگاه‌ها، ساخت نیروگاه‌های جدید، افزایش ظرفیت نیروگاه‌های فعلی و ... می‌توان برق بیشتری به شبکه توزیع تزریق کرد تا مشکلات برق به خصوص در ساعات اوج مصرف کاهش یابد. این عملیات با این که توانایی حل مشکل را دارد اما نیاز به برنامه‌ریزی دراز مدت و هزینه‌های زیادی برای تحقیقات و اجرا خواهند داشت.

در کوتاه مدت بخش مهمتر بخش دوم و مدیریت تقاضاست. زیرا قسمت بزرگی از برق تولیدی در شبکه تولید را (حدود ۳۳٪) بخش غیر مولد کشور یعنی بخش خانگی مصرف می‌نماید که در مقایسه با کشورهای توسعه یافته کسر زیادیست. کشورهای توسعه یافته سعی کرده‌اند با انجام کارهای زیربنایی و پایه‌ای و همچنین فرهنگ‌سازی مصرف برق در این بخش را به حد مطلوب برسانند. یکی از راه‌هایی که می‌تواند به کاهش مصرف به خصوص در ساعات پرباری برق منتهی شود، کاهش تقاضا در زمان پیک مصرف[5] است که از چهار روش زیر می‌توان به این هدف رسید:

اف) تراشیدن پیک

ب) انتقال پیک

ج) پر کردن زمانهای غیر پیک

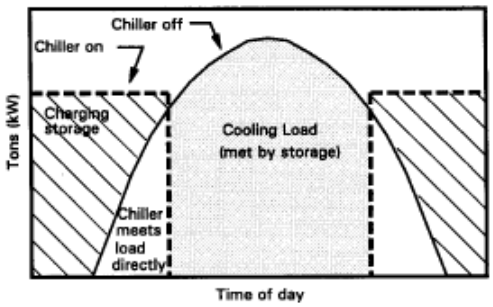
د) تلفیق روشهای فوق

در کشور ما از آنجایی که اجرای روش‌های فوق نیاز به تجهیزات خاصی دارند تا بتوانند به جای مصرف در ساعات اوج مصرف در ساعات کم باری، برق مصرف کنند، کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. با توجه به این که ساعات اوج مصرف برق همزمان با ساعات گرم روز در نواحی مورد بحث اتفاق می‌افتد، اگر بتوان مصرف کولرهای

[3] SSM (Supply Side Management)
[4] DSM (Demand Side Management)
[5] Peak management

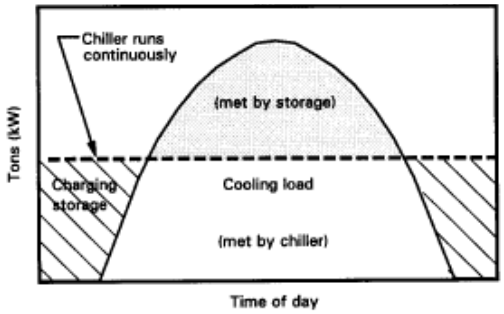
Archive of SID
www.SID.ir

تراکمی را به ساعات دیگری انتقال داد بخشی از این مشکل حل می‌شود. تنها وسیله‌ای که توانایی انجام این مهم را دارد، سیستم ذخیره یخ است. سیستم ذخیره یخ از تلفیق یک سیستم تبرید تراکمی با مخزن یا مخازن یخ تشکیل می‌شود. این سیستم در ساعات کم باری مصرف برق (ساعت ۱ شب الی ۷ صبح) یخ تولید می‌کند و در ساعات اوج مصرف روز بعد از برودت حاصل از ذوب شدن یخ برای سرمایش استفاده می‌نماید. طرح کنتورهای سه زمانه و قیمت پایین برق در ساعات کم‌باری نسبت به ساعات اوج مصرف (حدود ۰٫۱ قیمت به ازای هر کیلووات ساعت) نیز می‌تواند مصرف کنندگان را به استفاده از این سیستم تشویق کند. به طور کلی سه نوع سیستم ذخیره یخ وجود دارد که با توجه به نوع کاربرد قابل استفاده هستند. نوع اول سیستم ذخیره کامل نام دارد و در ساعات گرم روز کمپرسور کولر خاموش بوده و تنها از برودت حاصل از ذوب شدن یخ برای سرمایش استفاده می‌کند. از نظر کاهش هزینه مصرف برق، استفاده از این سیستم بهترین نتیجه را دارد اما مخازن یخ آن باید بزرگ و همچنین سیستم تراکمی متصل باید دارای ظرفیت بیشتری باشد. شکل ۷ نمودار کارکرد این سیستم را در ساعات شبانه روز نشان می‌دهد.



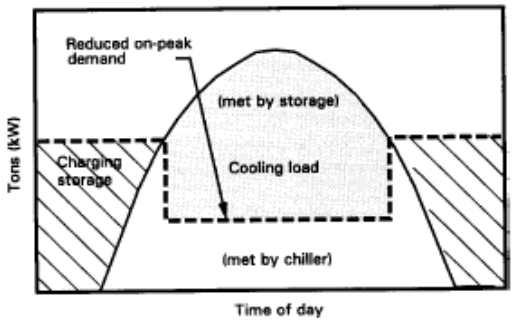
شکل ۷: ساعات کارکرد سیستم ذخیره یخ در مدل ذخیره کامل

نوع دوم سیستم ذخیره جزئی برای متعادل کردن تقاضا است که ساعات کارکرد این سیستم در شکل ۸ مشاهده می‌شود. مخازن ذخیره یخ این سیستم نسبت به مدل ذخیره کامل کوچکتر است و در ساعات اوج تقاضای سرمایش، کمپرسور نیز روشن بوده و تنها کسری از سرما توسط سیستم ذخیره یخ تولید می‌شود. در این مدل می‌توان از سیستم تبرید تراکمی با ظرفیت کمتری استفاده نمود.



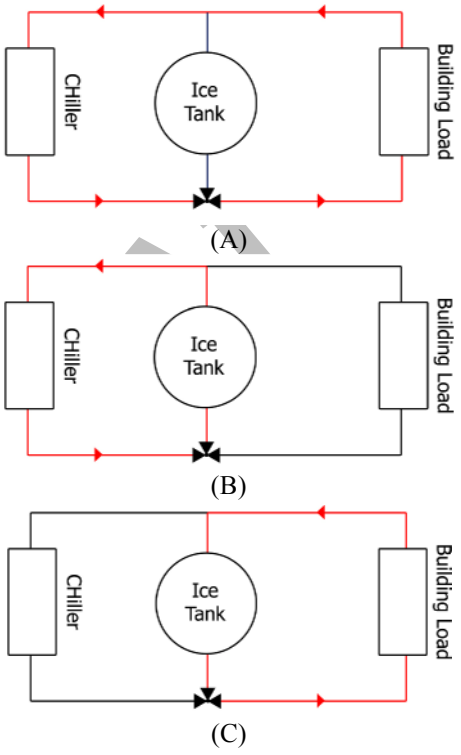
شکل ۸: ساعات کارکرد سیستم ذخیره یخ در مدل ذخیره جزئی برای متعادل کردن تقاضا

نوع سوم سیستم ذخیره یخ نیز سیستم ذخیره جزئی برای محدود کردن تقاضا است. مخزن ذخیره یخ در این مدل کوچکتر از مدل ذخیره کامل است. قسمت اعظم بار سرمایشی در زمان اوج تقاضا از برودت ناشی از ذوب شدن تامین می‌شود اما کمپرسور نیز در این ساعات روشن بوده وکسری از بار سرمایشی را تامین می‌نماید. کاهش هزینه مصرف برق در این مدل کمتر از مدل‌های قبلی است اما می‌توان از سیستم تبرید تراکمی با ظرفیت پایینتری نسبت به مدل اول استفاده نمود. [6] شکل ۹ ساعات کاری سیستم در این مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۹: ساعات کارکرد سیستم ذخیره یخ در مدل ذخیره جزئی برای محدود کردن تقاضا

استفاده از سیستمهای ذخیره سرما از نظر اقتصادی در قسمت کلان برای دولت و در قسمت خرد برای مصرف کننده سود آور بوده و بخشی از مشکلات شبکه توزیع که باعث قطع برق می‌شود را حل می‌کند. شکل ۱۰ نمای شماتیکی از یک سیستم ذخیره یخ در حالت کارکرد معمولی، ذخیره یخ و استفاده از برودت حاصل از ذوب یخ را نشان می‌دهد.



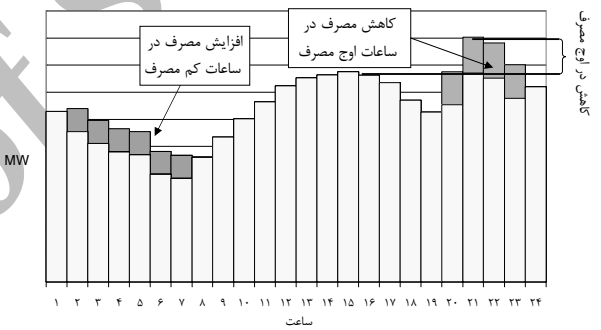
شکل ۱۰- نمای شماتیکی از یک سیستم ذخیره سرما (A) کارکرد معمولی (B) تولید یخ (C) استفاده از سرمای ذخیره شده در یخ

Archive of SID

www.SID.ir

هدف از این بررسی جایگزینی سیستم تبرید تراکمی با سیستم ذخیره یخ در منازل مسکونی است. با توجه با بالا بودن مصرف برق در ساعات اولیه شب (۲۰ الی ۲۴) و همچنین بالا بودن هزینه استفاده از برق در این ساعات، بهترین مدل می‌تواند مدل اول (ذخیره کامل) باشد. از آنجایی که یخ تنها برای تولید سرما در ساعات محدودی (۲۰ الی ۲۴) بکار می‌رود نیازی به مخازن بزرگ ذخیره یخ نیز نمی‌باشد.

اگر با استفاده از این سیستم در طول ساعات کم‌باری مصرف برق (ساعت ۲۴ تا ۸ صبح) در مخازن، یخ تولید شده و در ساعات اوج مصرف (۲۰ تا ۲۴) از برودت حاصل از ذوب شدن یخ برای سرمایش استفاده شود، می‌توان با توجه به خاموش بودن کمپرسور در ساعات اوج مصرف، میزان مصرف برق را در این ساعات کاهش داد. در عین حال میزان مصرف برق در ساعات کم مصرف نیز افزایش می‌یابد و یک بالانس عرضه و تقاضا در ساعات مختلف شبانه روز صورت می‌گیرد. نتیجه حاصل از مصرف سیستمهای ذخیره سرما را می‌توان در شکل ۱۱ مشاهده نمود.



شکل ۱۱: میزان کاهش مصرف در ساعات اوج مصرف در صورت استفاده از سیستمهای ذخیره یخ

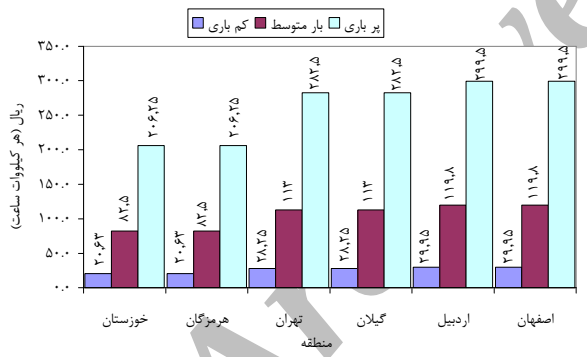
همانطور که در نمودار بالا دیده می‌شود با استفاده از سیستم ذخیره یخ، مقدار قابل توجهی در مصرف برق در ساعات اوج مصرف صرفه‌جویی می‌شود. به این صورت که مقداری از مصرف که به رنگ تیره در ساعات اوج مصرف، صرف تبرید و تهویه مطبوع شده است به ساعات کم‌باری به انتقال یافته است.

قطع برق به خاطر بیشتر بودن تقاضا از تولید اتفاق می‌افتد و با کاهش تقاضا دیگر وجود نخواهد داشت. همچنین با کاهش تقاضا این امکان بوجود می‌آید که برق تولیدی در نیروگاهها به کشورهای همسایه صادر شود. در حالی که هم اکنون با اینکه در بسیاری از ساعات روز نیروگاهها با توان کامل کار نمی‌کنند، به خاطر افزایش مصرف در ساعات پیک امکان صدور این برق به خارج از کشور وجود ندارد.

بررسی هزینه استفاده از سیستمهای ذخیره یخ

شرکت توانیر با پشتیبانی دولت، برای مصرف برق در نقاط مختلف کشور سوپسیت (یارانه) در نظر گرفته است. این سوپسیت با توجه به آب و هوای منطقه مورد نظر متفاوت است. در فصول گرم سال، مناطقی که آب و هوای گرمتری دارند و استفاده از کولر و تجهیزات سرمایشی امری اجتناب ناپذیر است، از سوپسیت بیشتری برخوردارند. مناطق گرم و مرطوب جنوبی کشور در رتبه اول، نواحی گرم و خشک مرکزی و مرطوب شمال کشور در رتبه دوم، مناطق معتدل در رتبه سوم و مناطق سردسیر در رتبه چهارم این طبقه‌بندی قرار دارند. (منبع: سایت تعرفه وزارت نیرو tariff.tavanir.org.ir) علاوه براین طبقه‌بندی، برای ترقیب مصرف کنندگان به استفاده از برق در ساعات کم باری و کاهش مصرف برق در ساعات اوج مصرف یک طبقه بندی دیگر نیز صورت گرفته است. این طبقه‌بندی ساعات استفاده از برق در شبانه روز را به سه قسمت ساعات کم باری (۲۴ تا ۸ صبح)، ساعات میان‌باری (۸ صبح تا ۲۰) و ساعات پرباری (۲۰ تا ۲۴) تقسیم می‌کند. طبق مصوبه هیات دولت از آغاز سال ۱۳۸۶ کنتورهای برق نصب شده باید سه زمانه باشند و هزینه مصرف برق با توجه به زمان مصرف محاسبه گردد.

بررسی‌ها نسان داده یک خانواده متوسط با استفاده از وسایل برقی معمولی در ماه در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلووت ساعت برق مصرف می‌کند. شکل ۱۲ مقایسه هزینه مصرف برق در زمانهای کم-باری، میانباری و پرباری برای چند منطقه کشور را در این رنج مصرف نشان می‌دهد. دیده می‌شود که مصرف در ساعات اوج مصرف هزینه‌ای ده برابر مصرف در ساعات کم‌باری دارد. این بهترین راه تشویق مصرف کنندگان برای استفاده از سیستم ذخیره یخ است تا هزینه مصرف برق خود را به میزان قابل توجهی کاهش دهند.



شکل ۱۲ میزان هزینه مصرف برق در زمانهای مختلف برای چند منطقه

بر طبق اطلاعات بدست آمده از نظر سنجی‌ها، یک خانواده معمولی در تابستان، در شمال کشور به طور میانگین ۱۳ ساعت از شبانه روز و در جنوب کشور به طور میانگین حدود ۳۸ ساعت از شبانه روز از یک کولر تراکمی استفاده می‌کنند. تعداد ساعات زیاد مصرف در جنوب به خاطر استفاده از چند کولر به صورت همزمان است. در محاسبات میانگین مصرف کولرهای تراکمی ۲۰۰۰ وات در نظر گرفته شده است. اگر از تعرفه سه‌زمانی برای محاسبه هزینه مصرف برق سیستمهای سرمایشی استفاده کنیم، هزینه سرمایش یک خانواده معمولی در شمال و جنوب کشور مطابق جدول ۱ خواهد بود. میزان مصرف جدول فوق با فرضیات زیر بدست آمده است:

Archive of SID

www.SID.ir

در ساعات کم‌باری به علت کاهش دما کمپرسور تنها ۰,۵۵ ساعت در هر ساعت روشن است. در ساعات میان‌باری که گرمترین ساعات روز را در بعضی ساعات شامل می‌شود کمپرسور سیستم تراکمی ۰,۷۵ ساعت در هر ساعت کار می‌کند و در ساعت اوج مصرف نیز کمپرسور در حدود ۰,۶۵ ساعت در هر ساعت روشن است.

جدول ۱- هزینه مصرف سیستم تراکمی معمولی در شمال و جنوب کشور

	جنوب کشور			شمال کشور		
	ساعات مصرف	میزان مصرف (kw/h)	هزینه (ریال)	ساعات مصرف	میزان مصرف (kw/h)	هزینه (ریال)
کم باری	۱۴,۷۲	۱۶,۱۸	۵۷۴,۳۹	۳,۱۵	۳,۴۷	۹۷,۸۹
میان باری	۱۶,۳۵	۲۳,۵۵	۳۳۰۱,۷۱	۶,۹۲	۹,۰۰	۱۰۲۱,۰۵
پر باری	۶,۵۱	۸,۴۶	۳۰۰۷,۵۳	۲,۹۲	۴,۳۸	۱۲۳۷,۳۵
جمع		۴۸,۱	۶۸۸۳,۶۳		۱۶,۸۴	۲۳۵۶,۲۸

اگر بخواهیم در همین منازل با شرایط مشابه از سیستم ذخیره یخ برای سرمایش استفاده کنیم به صورتی که در ساعات اوج مصرف کمپرسور سیستمهای تراکمی خاموش باشد و تنها فن و پمپ آنها برای انتقال برودت حاصل از ذوب شدن یخ به محل تهویه مطبوع مورد استفاده قرار گیرد و در عین حال کمپرسورها در ساعات کم-باری روشن بوده و یخ تولید کنند. در این صورت هزینه مصرف برق روزانه توسط سیستمهای سرمایشی ذخیره یخ به صورت جدول ۲ خواهد شد.

جدول ۲- هزینه‌های مصرف سیستم ذخیره یخ در شمال و جنوب کشور

	جنوب کشور			شمال کشور		
	ساعات مصرف	میزان مصرف (kw/h)	هزینه (ریال)	ساعات مصرف	میزان مصرف (kw/h)	هزینه (ریال)
کم باری	۲۱,۲۳	۳۳,۹۷	۱۲۰۵,۸۶	۶,۰۷	۹,۷۱	۲۷۴,۳۶
میان باری	۱۶,۳۵	۲۳,۵۵	۳۳۰۱,۷۱	۶,۹۲	۹,۰۰	۱۰۲۱,۰۵
پر باری	-	۰,۸۰	۲۸۴,۱۶	-	۰,۸۰	۲۲۶,۰۰
جمع		۵۸,۳۲	۴۷۹۱,۹۲		۱۹,۵۱	۱۵۲۱,۴۱

میزان مصرف جدول فوق با فرضیات زیر بدست آمده است:
در ساعات کم‌باری به علت همزمان بودن تولید یخ و همچنین سرمایش محیط کمپرسور سیستم در حدود ۰,۸ ساعت در هر ساعت روشن است. در ساعات میان‌باری که گرمترین ساعات روز را در بعضی ساعات شامل می‌شود مانند حالت استفاده از سیستمهای تراکمی معمولی کمپرسور سیستم تراکمی ۰,۷۵ ساعت در هر ساعت روشن است و در ساعت اوج مصرف کمپرسور خاموش بوده و انرژی مصرف شده توسط پمپ و فن تهویه مطبوع در حدود ۰,۲ کیلووات در ساعت خواهد بود. محاسبات نشان می‌دهد هزینه استفاده از سیستم سرمایشی ذخیره یخ به جای کولرهای تراکمی معمولی در کشور حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد هزینه مصرف برق برای سرمایش و تهویه مطبوع را کاهش می‌دهد.

نکته مهم در استفاده از سیستم تراکمی در شب این است که به علت کاهش دما در شب عملیات تقطیر در کندانسر سیستم آسانتر از روز صورت می‌گیرد و به همین علت بازده سیستم به اندازه قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. برای بررسی میزان افزایش بازده، یک سیکل تراکمی ساده دو بار با نرم‌افزار Cool Pack مدل شد، با این تفاوت که دمای کندانسور یکبار ۳۵ درجه سیلیسیوس (نشانگر کار در روز) و یکبار ۲۵ درجه سیلیسیوس (نشانگر کار در شب) در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که COP سیستم از ۳,۱۸ به ۴,۳۲ افزایش پیدا می‌کند که خود می‌تواند در کاهش مقدار مصرف سیستم تراکمی تاثیر بسیاری داشته باشد.

نتیجه گیری:

در بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، ابتدا مناطقی از کشور که از نظر آب و هوایی جزو مناطق مرطوب طبقه بندی شده و برای سرمایش و تهویه مطبوع احتیاج به سیستم تراکمی دارند، مشخص شدند. سپس موقعیت جغرافیایی شهرهایی از این مناطق که پر جمعیت‌تر هستند مشخص شد تا با استفاده از نرم‌افزار HAP 4.0 متوسط دمای ماه‌های گرم سال در ۲۴ ساعت شبانه روز برای این شهرها بدست آید. برای مقایسه، این محاسبات برای شهر تهران نیز انجام شد. با توجه به شرایط آسایش انسان از دیدگاه تهویه مطبوع در استانداردهای جهانی بیش از ۸۰٪ افراد در دمای بین ۲۴ تا ۲۶ درجه سیلیسیوس و رطوبت نسبی بین ۴۵ تا ۵۰ درصد احساس آسایش می‌کنند. نتایج بدست آمده از آنالیز دمایی شهرهای مرطوب در بخش اول نشان می‌دهد در اکثر ساعات روز در ماه‌های گرم سال نیاز به تهویه مطبوع احساس می‌شود. نیاز به تهویه مطبوع از یک سو و مصرف بالای سیستمهای تهویه مطبوع تراکمی که باید در این مناطق مورد استفاده قرار گیرند، از سوی دیگر باعث بروز مشکلاتی در شبکه توزیع برق در ماه‌های گرم سال و به خصوص در ساعات اوج مصرف برق می‌شود. به همین دلیل در بخش بعدی مطالعات، با بررسی آمار منتشر شده توسط شرکت توانیر و همچنین نتایج حاصل از نظرسنجی از خانواده‌های مختلف، میزان مصرف وسایل برقی خانوارها محاسبه شد.

به طور معمول سه نوع سیستم سرمایشی آبی، تراکمی و جذبی در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت رطوبت بالا نوع آبی در مناطق مورد بحث قابل استفاده نیست و نوع جذبی نیز به علت قیمت بالا و هزینه نگهداری بیشتر، زیاد در بخش خانگی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. نوع غالب سیستمهای سرمایشی در نواحی مرطوب سیستمهای تراکمی است. با توجه به مطالب گفته شده، ارائه راه حل‌هایی برای کاهش مصرف یا افزایش بازده این سیستمها می‌تواند

Archive of SID

www.SID.ir

به حل مشکل برق کشور کمک کند. در همین راستا استفاده از سیستمهای سرمایشی ذخیره یخ که از ترکیب یک سیستم تبرید تراکمی و یک مخزن ذخیره یخ تشکیل می‌شود، می‌تواند راهگشا باشد. این سیستمها از پیشینه‌ای در حدود دو دهه در دنیا برخوردارند و برای تراشیدن و انتقال پیک مصرف برق از ساعات اوج مصرف به ساعات کم‌باری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه با توجه به تعرفه‌های سه زمانی مصرف برق توسط دولت به بررسی کاهش هزینه مصرف برق با استفاده از سیستمهای سرمایش ذخیره یخ پرداخته شد. این تعرفه‌ها قیمت برق را در ساعات کم‌باری کاهش و قیمیت در زمانهای پرباری را افزایش می‌دهد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های سرمایشی با ذخیره یخ باعث حل قسمتی از مشکلات موجود در شبکه توزیع برق به خصوص در ساعات اوج مصرف شده و تا حدودی از قطع برق در فصول گرم سال جلوگیری می‌کند. همچنین با آزاد شدن مقدار زیادی از برق تولیدی نیروگاه‌ها که تنها چند ساعت در روز (ساعات پرباری) مصرف می‌شوند، امکان صدور آن به کشورهای همسایه بوجود می‌آید. در عین حال وجود تعرفه‌های سه بخشی باعث کاهش ۳۰٪ تا ۳۵٪ هزینه برق مصرفی خانواده‌ها برای سرمایش می‌شود که خود، مصرف کنندگان را برای استفاده از این محصول تشویق می‌کند. وسیع بودن مناطقی که می‌توانند از این سیستم برای سرمایش استفاده کنند نیز دلیلی دیگر بر لزوم تحقیقات برای بدست آوردن تکنولوژی سیستمهای سرمایشی ذخیره یخ است.

مراجع

[1] ASHRAE Handbook – HVAC Applications, ASHRAE, 1999

[2] وکیل الرعایا، و طراحی سیستمهای HVAC به کمک نرم افزار Carrier 2005، نشرشهمیرزادی، ص ۳۲۵، ۱۳۸۵.

[3] A. J. Conway, Time series, neural networks and the future of the Sun, , Volume 42, Pages 343-394, 1998

[4] نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی در سال ۱۳۸۶، شرکت مادر تخصصی توانیر، ۱۳۸۶

[5] M.A. Ehyaei, M.N. Bahadori, Selection of micro turbines to meet electrical and thermal energy needs of residential buildings in Iran, Energy and Buildings 39: 1227–1234, 2007

[6] B.Zalba, J.M. Mar, L. F. Cabeza,H. Mehling; Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications, Applied Thermal Engineering, Vol 23 pp 251–283, 2003.

Archive of SID

www.SID.ir