Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-070

بهینه سازی دو مرحله ای برای مدیریت انرژی ساختمان

محمد وحیدیان[۱]،وحید نجاتی[۲]

۱.دانشجوی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی،گروه مکانیک،دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد،M.vahidian1988@gmail.com

۲.استادیاروعضو هیئت علمی گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، vnejati@yahoo.com

چکیده

افزایش مداوم تقاضای انرژی از یک سو و یکپارچه سازیتعداد وسیعی از منابع انرژی تجدید پذیر از سوی دیگرنقشنیاز بهراهبردهای کنترل پیشرفته برای ارائه خدمات بدون وقفه و تضمین در بهره وری بالای انرژی را پر رنگ تر می کند .نرم افزار و سیستماپراتورهای ارسالیبه طور دائم امکان نظارت ازتسهیلات ساخت و شبکه را، برای جبران هر گونه ناهماهنگی بین عرضهو مصرفرا داراست .با توجه به تغییرات تدریجی از یک سیستم متمرکز با چند تا نیروگاههای بزرگ به غیر متمرکز شدن و بر اساس تولید پراکندگی به روی بسیاری از منابع انرژی تجدید پذیر ،از این جهتسیستم های مدیریت انرژی داخلی می تواند به تنظیم شبکه کمک کند.دراین مقاله یک مدیریتانرژی ساختمان که تعیین کننده زمانبندی بهینه از اجزای مختلف سیستم انرژی ساختمان رامورد بررسی قرار می دهد.بهینه سازی دو مرحله ای با هدف به حداقل رساندن یک تابع اقتصادی و همچنینبرای مدیریت انرژی ساختمانکه بر اساس محدودیت های سیستم های فیزیکی و با استفاده از یک رویکرد افق گردآوری شده است .پیشنهاد در این مقاله ،اجرا با استفاده ازبرنامه ریزی عدد صحیح خطیمختلط و موارد استفاده در شبیه سازی برای یک هتل با نصب و راه اندازی سیستم فتوولتائیک و باطریبرای مدیریت انرژی ساختمان می باشد .

کلمات کلیدی: مدیریت انرژی ساختمان، پاسخ به تقاضا، بهینه سازی دو مرحله ای

مقدمه

در جوامع امروزی، توسعه صنعتی و رونق اقتصادی به شدت، به تداوم عرضه انرژی بستگی دارد. نظارت دائمی و ارسال به شبکه نیازمند به نرم افزاری استکهاپراتور شبکه بلافاصله اختلاف بین عرضه و مصرف را بتواندتشخیص دهد . تغییرات اخیر در زمینه تولید انرژی، از یک سیستم متمرکز به سمت غیر متمرکز شدنهمینطور با ادغام گسترده تولید انرژی از منابع انرژی تجدید پذیر متناوب و تغییرات مهم درعملکرد دستگاه و تبدیل به موازنه شبکه یک مشکل چالش برانگیز شده است . استقرار کنتور هوشمند و در دسترس بودن سیستم های ذخیره سازی مقرون به صرفه برای اجرا ، ما را به استفاده از سیستم های مدیریت انرژی ساختمان تشویق می کند .ساختمانهایی ، در برخی از کشورها که حداکثر ۴۵٪میزان مصرف انرژی اولیه را به خود اختصاص داده اند می توانند برای افزایش پایداری شبکه وکیفیت انرژی از این سیستم استفاده کنند . بنابراین، سیستم های مدیریت انرژی ساختمانمی تواند به واسطه مزایای نرم افزار،عرضه اپراتورهای شبکه و مشتریان در بخشی از کاهش تاثیرات تولید متناوب انرژی و تقاضا، تغییرات موثری را ایفاد کنند . با تشویق مشتریان برای یک برنامه ریزی مجدد در کاهش مصرف انرژی در زمان اوج مصرف و کاهش هزینه ، روش استفاده از سیستم های متغیر ترکیبی مدیریت ساختمان حاصل می شود . از این رو، قیمت های پایین در زمان استفاده واقعیاز تعرفه نرم افزاری ،اپراتورهای شبکه و فروشندگان همانند یک ماشین می تواند از هزینه های واقعی تولید ، انتقال و توزیع برای مشتریان عبور کند [3,4,5] . علاوه بر این، ارتباط مستقیم بین عمده فروشی و بازار خرده فروشی یک شرط کارآمد و رقابتی در بازار انرژی می باشد که برای پویایی آن ضروری محسوب میشود . منافع رو به رشد ممیزی انرژی ساختمان در هر دو بخش صنعت و مجامع علمی منجر به افزایش پژوهش در ارتباط با مدیریت انرژی ساختمان شده است . تعداد زیادی از تکنیک های توسعه یافته برای به حداقل رساندن هزینه های انرژی متکی به استراتژی خط افق که بر اساسپیش بینی مدل[6,7]،سیستم های چند عامله[8,9] برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط[10,11] و تئوری بازی [12]میتوان کنترل کرد. در مقابل،برای ممیزی انرژی هتل در یک برنامه حداکثر سازی مناقصه، پاداش حاصل از کاهش موقتی میزان انرژی، برگرفته از شبکه برق پیشنهاد شده است [13] . شرکت کنندگان ممکن است به پیشنهاد خارجی پاسخ ، و به منظور کاهش مصرف انرژی به طور معمول بدون در نظر گرفتن هر گونه صرفه جویی مالی و یا مزایای دیگر عمل کنند . پیشنهاد مدیریت انرژی خانه مسکونی [14] شامل یک رویکرد چند هدفه برای افزایش ثبات بهینه سازی عملکرد طولانی مدت و تجارت انرژی می باشد.استراتژی توسعه یافته [15] با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای به حداقل رساندن هر دو هزینه های انرژی و تاخیر عملیات دستگاه ها به کار می رود. در کنار این رویکرد به طور متوسط کاهش توان پیک مصرف انرژی ،منجربه ثبات شبکه اصلاح شده می شود . پیشنهاد بهینه سازی دو مرحله ایبه پیش بینی های عرضه داخلی ، مصرف و همچنین محدودیت های فیزیکی سیستم انرژی می پردازد. برنامه ریزی بهینه با به حداقل رساندن یک تابع هزینه در هر مرحله بهینه سازی تعیین می شود. مشکلات بهینه سازی به صورت برنامه های خطی عدد صحیح مختلط فرمول بندی شده (MILP) که به راحتی می توان توسط حل کننده های مناسب آن را حل کرد.

ساختار مقاله به این شرح است: بخش ۲ شامل ایده کلی از مدیریت انرژی داخلی توصیف اجزای مختلف و مسائل مرتبط میباشد . بخش ۳ شامل ارائه پیشنهاد مدیریت انرژی ساختمان با بهینه سازی دو مرحله ای. تعریف و اجرای یک مطالعه موردی یک هتل با سیستم پانل های

www.Hvacconf.ir

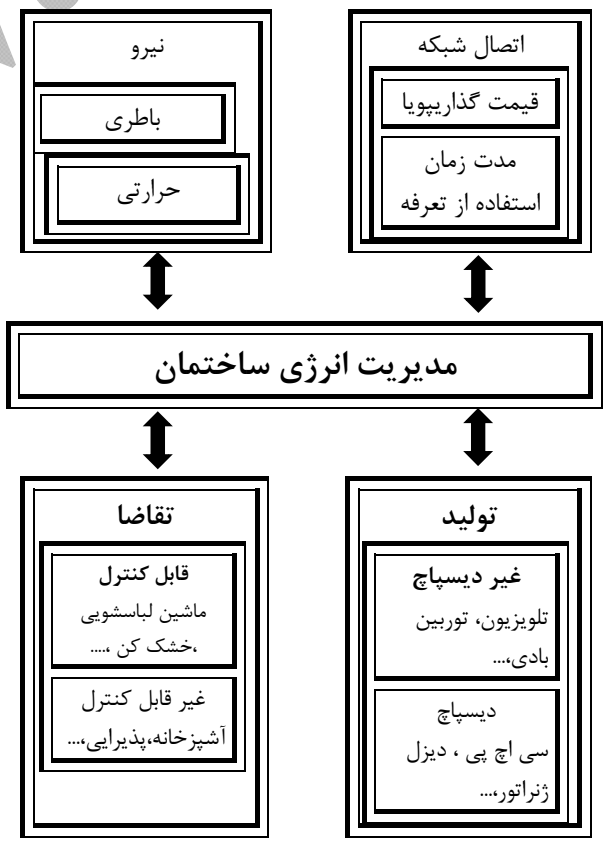
www.SID.ir

Archive of SID

فتوولتائیکبا اندازه متوسط و باطریدر بخش ۴ مورد بررسی قرار گرفته شده . برخی از نتایج شبیه سازی به دست آمده در بخش ۵ ارائه شده .و نهایتا، در بخش ۶ از مهم ترین نتیجه گیری ها گردآوری شده است .

۲.تشریح مسئله

سیستم های مدیریت انرژی برای اطمینان از تامین پیوسته ی کیفیت انرژی ، ثبات شبکه و امنیت از زیرساختهایی استفاده می کند. در قدیم، برای جبران هر گونه عدم تطابق بین تولید و مصرف در عملکرد دستگاه ازیوتیلیتی و انتقال به اپراتورهای شبکه استفاده می شد به عنوان مثال تولید انرژی پیروی تقاضا بود. با ادغام تعداد زیادی از منابع انرژی تجدید پذیر و با یک تغییر جهت توزیع تولید به سمت غیر متمرکز ،بخش ممیزی انرژی سنتی به بخش پیچیده تری تبدیل شده است . علاوه بر این، توربین های بادی و پنل های فتوولتائیک در ارتباط با مسئله مرتبط، برای ارتقاء شبکه به دلیل تولید غیر قابل پیش بینی و غیر قابل تنظیم ، نمی تواند مناسب باشد. با تغییرات اخیر در بخش انرژی تحقیقات در هر دو گروه جوامع علمی شدت گرفتهو پتانسیل عظیمی از مدیریت انرژی داخلیاز جمله مدیریت انرژی ساختمانبه منظور کاهش اثرات سوء تغییرات بار و تولید دیگر می تواند مورد استفاده قرار گیرد . تکنیک های مدرن شامل پاسخ به تقاضاو معرفیشکل دهی به عملکرد دستگاه ، فرصتی برای بهبود پایداری شبکهو کیفیت انرژی میباشد.



شکل ۱.طرح های کلی در نظر گرفته شده از عناصر کلیدی در روش مدیریت بخش تقاضا

راهبردهای مدیریت انرژی معمولا زمان بندی بهینه برای همه اجزای سازنده ساختمان، یک سیستم انرژی را تعیین میکند. اجزای نمونه از چنین سیستم انرژی عبارتند از تقاضای مشتری،تولیدات داخلی، دستگاههای ذخیره سازی و اتصال به شبکه، که در شکل ۱ روش بهینه سازی از ترکیب هر دومحلیو جنبه های جهانی و محاسبه بهترین راه حل تحت بررسی از محدودیت های فیزیکی سیستم را نشان می دهد.از جمله روش های قیمت گذاری متغیر(قیمت گذاری پویا و یا زمان استفاده از تعرفه) در مدیریت انرژی ساختمان انگیزه ای برای کاهش مصرف در زمان اوج را می توان ارائه کرد . از یک جهت ،پیش بینی دقیق از تولید و مصرف مورد نیازبرای مدیریت انرژی ساختمان راه حلی برای زمان بندی بهینه یک مسئله بهینه سازی در اغلب راهبردهای مدیریت انرژی شناخته شده است . معمولا بهینه سازی مستقر به روی تابع هزینه برای به حداقل رساندن چندین محدودیت هست .

که معمولا شاخص های اقتصادی مربوط به هزینه های انرژی تابع هزینه استبه عنوان مثال : هزینه های تامین انرژی را مدیریت انرژی به حداقل می رساند عموما راه حل بهینه$\boldsymbol{x}^*$ به صورت زیر تعریف می شود :

$$\boldsymbol{x}^*=arg\min_{x} \quad F(x) \quad (1)$$

$$s.t.g(x) \le 0$$

$$h(x) = 0$$

کهدرآن$\boldsymbol{x}$ شامل متغیرهای گسسته یا پیوسته تصمیم گیری و$F(x)$تابع هزینه است که در مسئله بهینه سازی داده شدهشامل هم نا مساوی$(g(\boldsymbol{x})\le 0)$و هم برابری$(h(\boldsymbol{x})=0)$ می باشد .

نکتهاین که مدیریت انرژی محاسبه شدهدر طول افق برنامه ریزی بهینه در نظر گرفته شده با استفاده از پیش بینی ها در دسترس است . معمولا در حال حاضر برای نمونه تنها مقادیر موجود برای راه حلبهینه$\boldsymbol{x}^*$ به سیستم اعمال میشود. به عنوان نمونه محاسبه یک راه حل جدید منجر به یک پسرفت در افق های راهبردیبرای پیشبینیهای به روز شده استفاده می شود.

۳.مدیریت انرژی ساختمان

بهینه سازی مدیریت انرژی ساختمان با بهره برداری از همه اجزای سازنده سیستم انرژی با وجود محدودیت های فیزیکی مانند محدودیت ظرفیت صورت می گیرد.دربخش های بعدی توضیح اصول پیشنهادی مدیریت انرژی ساختمان شرح داده شده است .

۳-۱. مرور کلی

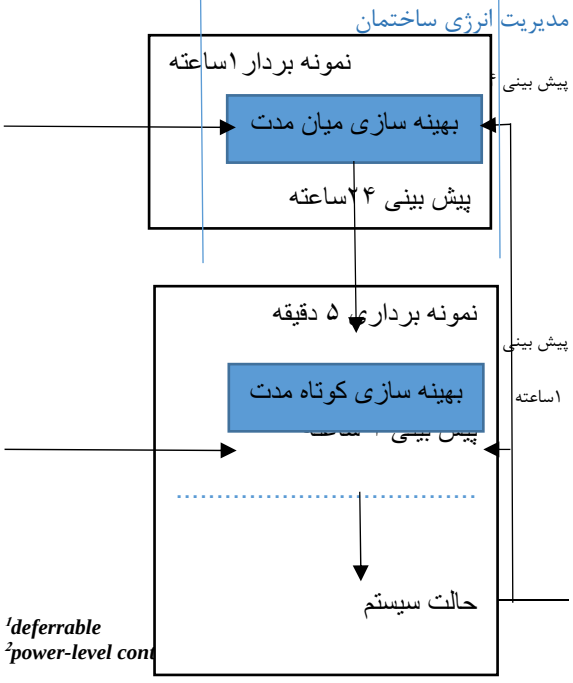
www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

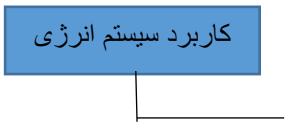
به طور کلی، سیستم های انرژی ساختمان شامل طیف وسیعی از عناصر متفاوت موثر بر تعادل انرژی است .این عناصر رایجترین سیستمهای نسل دیسپاچ (به عنوان نمونه دیزل ژنراتور)، نسل غیر دیسپاچ (به عنوان نمونه تاسیسات فتوولتائیک)، اتصال شبکه، ذخیره سازی (به عنوان نمونهباطری)، بارهای غیر قابل کنترل (به عنوان نمونه پخت و پز) و بارهای قابل کنترل هستند.

بارهای قابل کنترل را می توان به دو دسته تقسیم کرد: بارهای تسلیمی (به عنوان نمونه لباسشویی) ومیزانتوان بارهای قابل کنترل (به عنوان نمونه تهویه مطبوع)می باشند . بارهای تسلیمی[1] می تواند آزادانه در یک دوره معینجابه جا شود در حالی که میزان توان بارهای قابل کنترل[2] می تواند بیش از فاصله زمانی متفاوت ، قدرت خود را حدود ارزش اسمی (برای نمونه بین ۹۰٪ و ۱۱۰٪) برساند.مدیریت انرژی ساختمان برای سیستم در نظر گرفته شده به ترکیب اطلاعات موجود از منابع داخلی و خارجی و راه حل بهینه به محاسبه مسئله اساسی می پردازد.مسئله مهم در توسعه مدیریت انرژی انتخاب افق بهینه سازی و نمونه گیری زمان است .از یک طرف، افق های طولانی و نمونه های نسبتا کوچک برای بهینه سازی نیازمند به یک بار محاسباتیزیاد است واز طرف دیگر افق های بهینه سازی کوتاه با نمونه های نسبتا طولانی دارای تاثیر منفی بر کیفیت از این راه حل را داراست .

از این رو، انتخاب افق های بهینه سازی و زمان نمونه برداری نشان دهنده یک تجارت است که تضمین کننده بهینه سازی سریع و زمان بندی خوب می باشد .پیشنهاد مدیریت انرژی ساختمان بر روی یک رویکرد بهینه سازی دو مرحله ای با افق های مختلف و زمان نمونه برداری در هر مرحله مطابق با نمایشدر شکل ۲میباشد .



[1]*deferrable*
[2]*power-level cont*

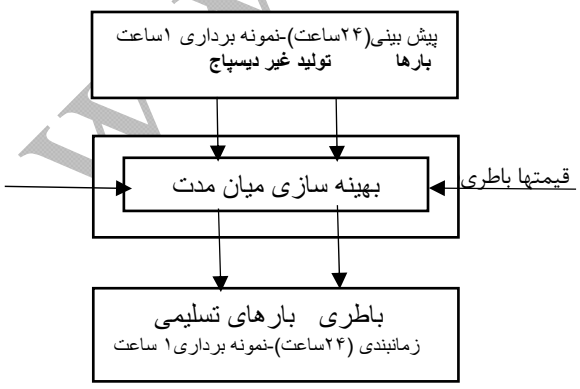


شکل ۲. ساختار کلی از روش بهینه سازی دو مرحله ای پیشنهاد شده

در مرحله اول یک مسئله بهینه سازی میان مدت در بیش از یک افقتعریفشدهو در یک روز و با زمان نمونه برداری از یک ساعت حل شده است.در مرحله دوم، به تعریف مسئله بهینه سازی کوتاه مدت می پردازد نتایج به دست آمده دربهینه سازی میان مدت استفاده می شود . راه حل برای این مسئله نمونه برداری زمان پنج دقیقه از زمان یک ساعت زمانبندی شده بهینه بیش از یک افق می باشد . راه حل کوتاه مدت که در حال حاضرتنها این زمان بندی به عنوان نمونه در سیستم انرژی استفاده شده ، بهینه سازی کوتاه مدت با استفاده از مقادیر به روز شده تکرار میشود .پس از ۱۲ نمونه مرتبط ، در طی یک افق ۱روزه مسئله بهینه سازیمدیریت انرژی ساختمان[3]با زمان متوسط ۱ ساعته حل می شود. عموما، پیشنهاد مدیریت انرژی مناسب در یک سیستم یکپارچه ممیزی ساختمان در بخش های زیر به توصیف کلی از بهینه سازی میان مدتمی پردازد .

۳-۲. بهینه سازی میان مدت[4]

بهینه سازی میان مدت برای محاسبه زمان بندی بهینه سازی سیستم انرژی که بیش از یک افق در یک روز(h^m=1d) با نمونه برداری زمان در یک ساعت(t^m=1 h) در نظر گرفته شدهاست .پیشبینیهای یک روزه پیش رو از بارهای متفاوت و نسل غیر دیسپاچ و مسئولیت دولت[5](SOC)از ذخیره سازی انرژی دردسترس است . همچنین قیمت انرژی از منابع مختلف برای مزایای احتمالی (از جمله قیمتهای نزولی برای منافع ممکن است به عنوان مثال صادرات انرژی به شبکه اصلی)در نظر گرفته شود و برای تعریف مسئله بهینه سازی،شکل ۳ مشاهده شود.



[3]*Building energy management*
[4]*Medium term optimization*
[5]*state of charge*

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۳. طرح بهینه سازی میان مدت

برای مسئله بارهای تجهیزات صنعتی راه حلی شامل برنامه ریزی بهینه[۶] ، ذخیره سازی، نسل دیسپاچو اتصال شبکه می باشد. در بهینه سازی میان مدت کنترل بارهای سطح قدرت به عنوان بارهای غیر قابل کنترل در نظر گرفته می شود . بارهای کنترل سطح قدرت در مرحله ای از مدیریت انرژی ساختمان با استفاده از مقادیر اسمی مجدد بهینه سازی نمیشود بلکه بهینهسازیاینبارهادربهینهسازیکوتاهمدتانجام میشود (در بخش ۳,۳ مراجعه شود).

بنا به تعریف مسئله برنامه ریزی بهینه سازی کوتاه مدت، از ذخیره سازی و بارهای تجهیزات صنعتی استفاده خواهد شد و در مرحله دوم بهینه سازی محاسبه نمی شود .

این روش ،توان ثابت برای ذخیره سازی[۷] و بارهای تجهیزات صنعتی در طول یک ساعت و جلوگیری از تغییرات بعد از بهینه سازی در کوتاه مدت را تضمین می کند.در مقابل ، برنامه ریزی به دست آمده برای نسل دیسپاچ[۸] و اتصال شبکه بلااستفاده میشود و مجددا بهینه سازی در کوتاه مدت محاسبه می شود.

۳-۳. بهینه سازی های کوتاه مدت[۹]

زمان نمونه برداری بهینه سازیکوتاه مدتبیش از یک افق در یک ساعت (h^s=1 h)ودر پنج دقیقه($t^s = 5$دقیقه)صورت می گیرد، به عنوان مثالبرنامه ریزی زمانی کوتاه مدت بهینه بین دو بهینه سازی متوالی۱۲ساعت محاسبه می شود .

مسئله بهینه سازی های متناظر با استفاده از داده های زیر تعریف می شود (مطابق با شکل ۴).

- برنامه ریزی زمانی از دستگاه های ذخیره سازی و بارهای تجهیزات صنعتی (بهینه سازی های میان مدت به دست آمده همانطورکه در بخش ۳,۲ مشاهده می شود)،
- پیش بینی یک ساعته-پیش رو برای بارهای غیر قابل کنترل، نسل غیر دیسپاچ و سطح قدرت بارهای کنترل
- قیمت انرژی برای منابع مختلف

این مرحله از مدیریت انرژی ساختمان تعیین کننده برنامه ریزی زمانی بهینه برای اجزای سیستم انرژی که به شرح ذیل است:

- بارها قابل کنترل سطوح قدرت
- نسل دیسپاچ
- اتصال شبکه

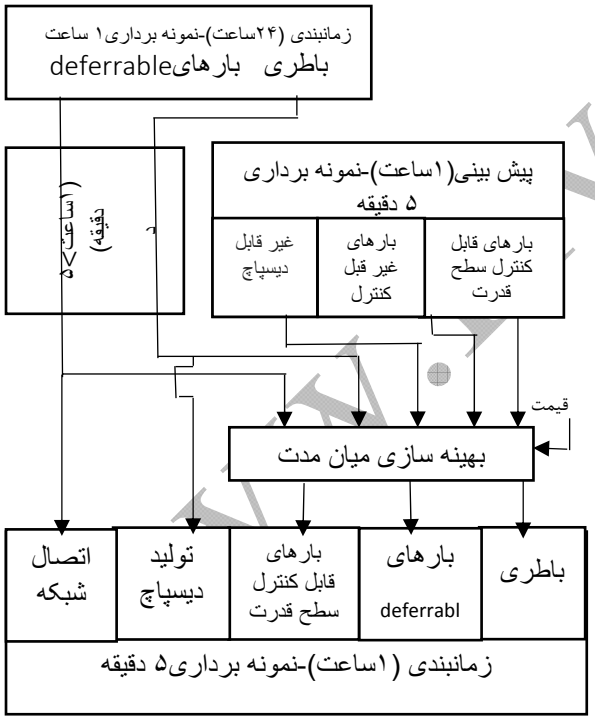
این مهم و مورد تاکید است که برنامه ریزی زمانی بهینه سازی های کوتاه مدت برای باطریو بارهای تجهیزات صنعتی محاسبه نمی شود.

نتایج برای این مولفه ها در بهینه سازی های میان مدت با استفاده از زمان نمونه برداری از ۵ دقیقه به دست آمده است به عنوان مثال قدرت این اجزاء بین دو بهینه سازی میان مدت ثابت نگهداشته می شود .

۳-۴. تعریف مسئله ریاضی[۱۰]

در بیانسیستم مدیریت انرژی ساختمان بر اساس روش ارائه شده دو مرحله در قالب ریاضی داده شده است.(1)

دو مسئله بهینه سازی یک ساختار مشابه با استفاده از توابع هزینه خطی و محدودیت های خطی تعریف شده است. بعلاوه ، در هر دو مورد متغیرهای تصمیم مستمر و گسسته در تعریف مسئله به کار گرفته شده است. بنابراین، مشکلات بهینه سازی به عنوان دو برنامه عدد صحیح خطی مختلط[۱۱](MILP) داده شده و می توان با حل عددی مناسب محاسبه شود.



شکل۴ . بهینه سازی کوتاه مدت

۴. مطالعه موردی[۱۲]

[6]optimal scheduling
[7]Storage
[8]dispatchable generation
[9]Short term optimization

[10]Mathematical problem definition
[11]mixed linear integer programs
[12]Case study

www.SID.ir

Archive of SID

در یک مطالعه موردی مدیریت انرژی ساختمان پیشنهادی شبیه سازی شده مورد آزمایش قرار گرفته است و در بخش اجرای مدیریت انرژی ،سیستم انرژی ساختمانشرح داده خواهد شد .

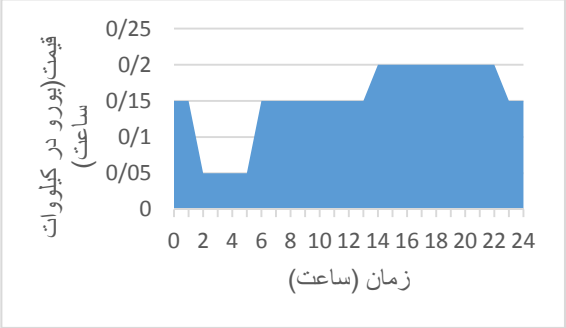
۴-۱. سیستم انرژی ساختمان[۱۳]

به درخواست مدیریت انرژی ساختمان اندازه هتل کوچک تا متوسط انتخاب شده است . سیستم انرژی در نظر گرفته شده به منظور بررسی رویکرد بهینه سازی دو مرحله ای پیشنهاد شده استفاده می شود.سیستم انرژی در هتل توسط اجزای زیر تشکیل شده است که در قسمتتولید: دو دیزل ژنراتور با توان نامی ۱۰ kW و ۲۰ kW ، سیستم های فتوولتائیک با ظرفیت نصب شده ۲۰kW و یک اتصال شبکه که محدود به بازه بین 30 kW-(صادرات) و۳۰ kW (واردات) است.این هتل همچنین دارای یک باطری با ظرفیت50 kWh با حداکثر نرخ برای شارژ و دشارژ از6 kW- و 6 kW است .

به منظور جلوگیری از هر گونه آسیب های غیر ضروری و یا تخریب بیش از حد، فقطبازدهباطریاز ۲۰٪ (۱۰ کیلووات) به ۸۰٪ (۴۰ کیلووات) می رسد ، به عنوان مثال ظرفیت موثر تا ۳۰ کیلو وات کاهش می یابد.قیمت های مختلف انرژی با توجه به منبع انرژی در نظر گرفته شده است. در مورد دو دیزل ژنراتور، قیمت۰.۵یورو/کیلووات ساعت استفاده شده است. تولید انرژی توسط پانل های فتوولتائیک هزینه اضافی تولید نمی کندبه عنوان مثال قیمت آن‌صفریوروبر کیلووات ساعت است.علاوه بر این، خرابی باطری برای هر دو شارژ ودشارژ کردن دارای هزینه۰.۰۰۵یورو/ کیلووات ساعتمی باشد .در ارتباط با مازاد انرژی۰.۰۴— یورو/ کیلووات ساعت پرداخت می شود و برای واردات انرژی تعرفه فوق العاده خارج از اوج(همانطور که در شکل ۵ نمایش زمان مشاهده می شود) با قیمت ۰.۲۰۴یورو/کیلوواتساعت،۰.۱۵۲یورو/ کیلووات ساعتو ۰.۰۵۷یورو/کیلوواتساعت درنظرگرفتهشدهاست.

بارهای در نظر گرفته شده مطالعه موردی شامل برخی از بارهای نمونه از یک هتل بر روی بخش تقاضا را می توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد : بارهای غیر قابل کنترل (آشپزخانه، اتاق و برخی دیگر) ،بارهای تجهیزات صنعتی (لباسشویی)، بارهای کنترل و سطح قدرت(چراغ ها و تهویه)می باشند که بارهای کنترل سطح قدرت را می تواند بین ۹۰٪ و ۱۱۰٪متفاوت از ارزش های اسمی باشد .

کاهش۰.۴یورو/کیلوواتساعت هزینهاضافی و یا افزایش سطح توان برای جلوگیری از تغییرات نامطلوب در بارهای مربوطه است .



شکل۵.تعرفه فوق العاده خارج از اوج برای وارداتانرژیاز شبکه

به عنوان مثال بار تجهیزات صنعتی در عملیات لباسشویی ۷ ساعت طول می کشد با فاصله قابل قبول بین ۱۱ صبح تا ۲۲:۰۰ شب و با توجه به یک دوره از پیش تعریف شده بین ۱۵:۰۰ تا ۲۲:۰۰شب سیستم انرژی ساختمان تعیین کننده لحظه بهینه بهره برداری از لباسشویی در فاصله داده شده است .

اینمورد تاکید است که طول مدت توان و قدرتبارگذاری تجهیزات صنعتی قابل تغییر نیست.

به عنوان مثالبحران یا فشرده سازی بهره برداری لباسشویی غیر پذیرفتنی نیست .

۴-۲. پیاده سازی[۱۴]

استفاده از بسته های نرم افزاری ترکیب به صورت پیاده سازی نرم افزار در محیط Matlab(نسخه a۲۰۱۲) پیشنهادمدیریت انرژی ساختمان است.

زبان مدل سازی پیشرفته توسط جعبه ابزارYALMIP ارائه شدهتا برای تدوین و فرموله کردن مشکلات بهینه سازی مورد استفاده قرار گیرد .

سیستم مدیریت انرژی ساختمان پیشنهادشده برای (حل برنامه محدودیت عدد صحیح) پیشنهاداتی جهت حل آن[17] یک چارچوب که مسئولیت رسیدگی به طیف گسترده ای از مسائل بهینه سازی، از جمله مسائل MILPمی باشد را ارائه داده است.

سرانجام،از جعبه ابزار OPTI [18] به عنوان یک رابط بین نرم افزار Matlab و YALMIP از یک سو و حل SCIP از طرف دیگر استفاده می شود.

برای پیاده سازی مدیریت انرژی ساختمان برای یک کامپیوتر شخصی بامشخصات، سیستم عامل ویندوز سون با سرویس پک ۱نسخه ۳۲ بیتی با سخت افزار اینتل ۳هسته ای و بر اساسپردازنده ۲۳۳۰M در 2.20گیگاهرتز باحافظه 4گیگابایتبرای اجرا پیشنهادمی شود.

[13] *Building energy system*

[14] *Implementation*

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتایج شبیه سازی[15]

مدیریت انرژی پیشنهاد شده در شبیه سازی با استفاده از سیستم انرژی ساختمان در بخش ۱-۴ مورد آزمایش قرار گرفته وبه منظور مقایسه، با دو استراتژی های مدیریت انرژی ساختمان های دیگر شبیه سازی تکرار گردید که عبارتند از :

- موازنه استراتژی ساده: فقط در اندازه گیری زمان واقعی توان استفاده می شود و پیش بینی ها در نظر گرفته نمی شود .

در این روش مدیریت انرژی در شبکهفقط بر اساس باطری و دیزل ژنراتور انجام می گیرد یعنی بارها در سیستم های این استراتژی اصلاح نشده است و تعادل انرژی با استفاده از شبکه به عنوان منبع اصلی، سپس باطری و سرانجام دیزل ژنراتورصورت می گیرد .

هر گونه انرژی مازاد در ابتدا برای شارژباطری و سپس به شبکه تزریق می شود.

- استراتژی بدون نیازبه انعطاف پذیری[16]: این استراتژی بر اساس همان اصول پیشنهاد شده مدیریت انرژی ساختمان، بر اساس (پیش بینی افق و نمونه برداری یکسان) است ولی هیچگونه مدیریت بر میزان تقاضای فعال در نظر گرفته نمی شود ،به عنوان مثال برای مدیریت انرژی فقط شبکه،باطری و نسل دیسپاچ در دسترس هستند .در مرحله اول، تعادل استراتژی ساده انرژی در قیاس با پیشنهاد مدیریتی انرژی ساختمان قرار می گیرد.
- در شکل ۶. نتایج نیازبه استراتژی ساده برای برآورده کردن بخشی از نیاز دیزل ژنراتور را نشان می دهد .

علاوه بر این،مقدار قابل توجهی از انرژی را به شبکه اصلی صادر می کند.

در مقابل، پیشنهادمدیریت انرژی ساختمان با تغییر آغاز عملکرد لباسشویی تجهیزات صنعتی به ۱۱:۰۰صبح و در نتیجه نیاز به انرژی میتواند توسط نسل غیر دیسپاچ همینطور شبکه و باطری بدون هیچ نیازی به استفاده از دیزل ژنراتور پوشش داده شود.

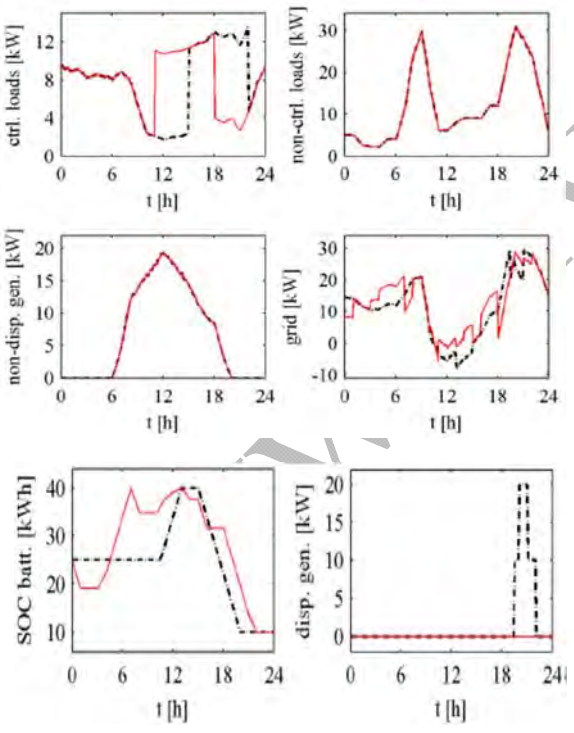
کل هزینه های انرژی برای استراتژی ساده 61.78 یورو و برای روشپیشنهادی ۴۵,۹۴ یورو هستند یعنی کاهش۲۵,۶٪بهدستمی آید.

قیمت های انرژی مربوطه از ۰,۱۹۲ یورو / کیلوواتساعتبه ۰,۱۴۳ یورو / کیلوواتساعت تغییر کرده است .

در مرحله دوم ، مقایسه اجرای استراتژی بدون نیاز به انعطاف پذیری با مدیریت انرژی ساختمان پیشنهادی (همانطور که در شکل ۷ مشاهده می شود).در این روش بدون هرگونه انتخاب برای تغییربارگیری و همینطور رویکرد کاربردهای تقاضا مدیریتژنراتور ۱۰ کیلو واتبرای برآورده کردن پیک بارها در ساعاتی از شب و در مقایسه با مدیریت پیشنهادی انرژی، بدون اینکه استراتژی منجربه انعطاف پذیری تقاضا شود به شارژ کردن میزان قابل توجهی بالاتر و فعالیت های دشارژ می پردازد .

هزینه های انرژی بهدستآمدهاز ۵۷,۰۷ یورو بدونمدیریتبرمیزانتقاضا منجر به قیمتانرژی به 0.177 یورو / کیلوواتساعتمی شود .

استفاده از استراتژی پیشنهاد شده باعث میشود که قیمت انرژی از 45.94 یورو /کیلووات ساعت به۰,۱۴۳ یورو/ کیلووات ساعت کاهش یابد .استفاده از مدیریت پیشنهاد شده انرژی منجر به کاهش % 19.5 در هزینه های انرژی در مقایسه با استراتژی بدون انعطاف پذیری تقاضا می شود .در شبیه سازی راه حل های کوتاه ارائه شده و مسئله بهینه سازی میان مدت از مدیریت انرژی ساختمانبه راحتی در زمان های نمونه برداری استفاده می شود .

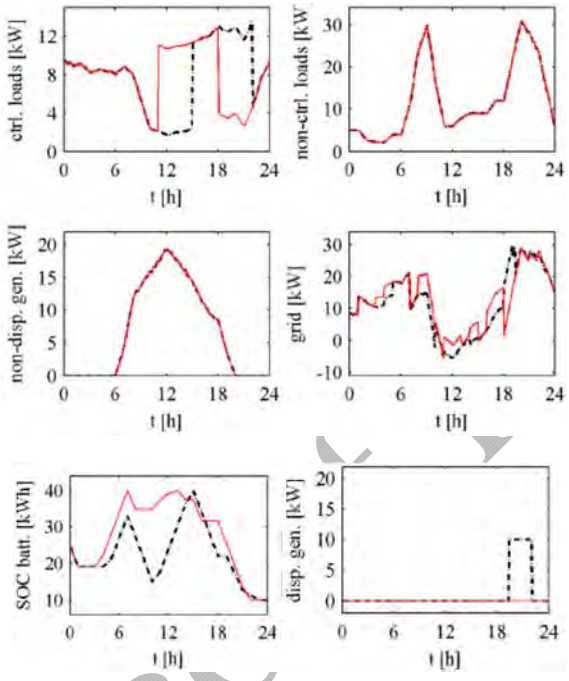


شکل۶. مقایسه نتایج شبیه سازی به دست آمدهبا پیشنهاد شده مدیریت انرژی ساختمان(خط پررنگ)و استراتژی موازنه انرژی ساده(خطوط خط چین شده).

[15] *Simulation results*
[16] *Strategy without demand flexibility*

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۷. مقایسه نتایج شبیه سازی به دست آمدهبا پیشنهاد شده مدیریت انرژی ساختمان(خط پررنگ)و استراتژی بدون انعطاف پذیری تقاضا(خطوط خط چین شده)

زمان انجام محاسبات برای بهینه سازی میان مدت در محدوده $t^{m,min}$= 0.38 s و $t^{m,max}$= 0.57 s با متوسط $t^{m,avg}$= 0.47 s حل می شود.

مسئله بهینه سازی کوتاه مدت به طور متوسط با $t^{s,avg}$= 0.49 s و با کمترین $t^{s,min}$= 0.34 s و حداکثر $t^{s,max}$= 0.68 s حل شده است.

۶- نتیجه گیری

مدیریت انرژی ساختمان بر اساس دو مرحله جدید بهینه سازی که از یک جهت محدودیت های فیزیکی و از طرف دیگر سیستم انرژی را شامل می شود تحت بررسی قرار گرفته است . مسئله بهینه سازی شامل موارد پیوستگی در هر دو متغیرهای تصمیم گیری گسستهوبرنامه های خطی عدد صحیح مختلط می تواند باشد .

به منظور بهبود راهبرد ممیزی بهینه سازی انرژی پیشنهادی با یک سیستم مدیریت ساختمان می تواند یکپارچه شود .

برنامه ریزی بهینه برای اجزای مختلف سیستم انرژی در دو مرحله به صورت پیا پی محاسبه شده است .

مرحله اول شاملمیانگینزمان حل بهینه سازی در طی یک افق یک روزه با زمان نمونه برداری در بازه یک ساعت و برنامه ریزی برای برخی از اجزای سیستم تجزیه انرژی برای یک ساعت بعدی با زمان نمونه گیری ۵ دقیقه میباشد .

رویکرد پیشنهادی دو مرحله ای این فرصت را برای محاسبه برنامه ریزی بهینه ، یک افق طولانی (در یک روز) فراهم می کند وبا زمان نمونه گیری کوتاه مدت (پنج دقیقه) با حل دو بهینه سازی،مشکلات پیچیدگی محاسباتی نسبتا کم می شود .

در محیط نرم افزار Matlabازنوار ابزار اضافی برای حل مشکلات بهینه سازی مدیریت انرژی ساختماناستفاده شده است و در یک مطالعه موردی برای استراتژی برنامه ریزی بهینه یک سیستم انرژی هتل پیشنهاد شده مورد استفاده قرار گرفت که از جمله آن نصب و راه اندازی فتوولتائیک و یک باطری می باشد.

نتایج شبیه سازی نشان می دهد کارایی به روش بهینه سازی دو مرحله ایبا توجهبه دو استراتژی ممیزی انرژی های دیگربا اهداف مقایسه آنباعث کاهش هزینه های انرژی در بازه بین ۱۹،۵٪ و ۲۵،۶٪ می شود .

مراجع

[1] Iwaro J, Mwasha A. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. Energy Policy 2010; 38(12):7744–7755.

[2] dos Santos AHC, Fagá MTW, dos Santos EM. The risks of an energy efficiency policy for buildings based solely on the consumption evaluation of final energy. International Journal of Electrical Power & Energy Systems 2013; 44(1):70–77.

[3] Tiptipakorn S, Lee WJ. A Residential Consumer-Centered Load Control Strategy in Real-Time Electricity Pricing Environment. Proceedings of the 39th North American Power Symposium (NAPS '07), Las Cruces, NM; 2007; p. 505–510.

[4] Mohsenian-Rad AH, Leon-Garcia A. Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments. IEEE Transactions on Smart Grid 2010; 1(2):120–133.

[5] P. Palensky, D. Dietrich. Demand side management: demand response, intelligent energy systems, and smart loads. IEEE Transactions on Industrial Informatics 2011; 7(3):381–388.

[6] Chen C, Wang J, Heo Y, Kishore S. MPC-Based Appliance Scheduling for Residential Building Energy Management Controller. IEEE

www.SID.ir

Archive of SID

[18] Currie J, Wilson DI. OPTI: Lowering the Barrier between Open Source Optimizers and the Industrial MATLAB User. Proceedings of the 2012 Foundations of Computer-Aided Process Operations, Savannah, GA; 2012; p. 1–6.

[19] Jorn K. Grubera,, Milan Prodanovica,aElectrical Systems Unit, IMDEA Energy Institute, 28935 Móstoles, Spain*

Transactions on Smart Grid 2013; 4(3):1401–1410.

[7] Scherer HF, Pasamontes M, Guzmán JL, Álvarez JD, Camponogara E, Normey-Rico JE. Efficient building energy management using
distributed model predictive control. Journal of Process Control 2014; in press.

[8] Asare-Bediako B, Kling WL, Ribeiro PF. Multi-agent system architecture for smart home energy management and optimization.
Proceedings of the 4th IEEE/PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Lyngby, Denmark; 2013; p. 1–5.

[9] Zhao P, Suryanarayanan S, Simões MG. An Energy Management System for Building Structures Using a Multi-Agent Decision-Making
Control Methodology. IEEE Transactions on Industry Applications 2013; 49(1):322–330.
[10] Téllez Molina MB, Gafurov T, Prodanovic M. Proactive control for energy systems in smart buildings. Proceedings of the 2nd IEEE/PES
Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Manchester, UK; 2011; p. 1–8.

[11] Malysz P, Sirouspour S, Emadi A. MILP-based rolling horizon control for microgrids with battery storage. Proceedings of the 39th Annual
Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2013), Vienna, Austria; 2013; p. 2099–2104.

[12] Atzeni I, Ordóñez LG, Scutari G, Palomar DP, Fonollosa JR. Noncooperative and Cooperative Optimization of Distributed Energy
Generation and Storage in the Demand-Side of the Smart Grid. IEEE Transactions on Signal Processing 2013; 61(10):2454–2472.

[13] Tarasak P, Chai CC, Kwok YS, Oh SW. Demand Bidding Program and Its Application in Hotel Energy Management. IEEE Transactions on Smart Grid 2014: 5(2):821–828.

[14] Costanzo GT, Zhu G, Anjos MF, Savard G. A System Architecture for Autonomous Demand Side Load Management in Smart Buildings.
IEEE Transactions on Smart Grid 2012; 3(4):2157–2165.

[15] Zhao Z, Lee WC, Shin Y, Song KB. An Optimal Power Scheduling Method for Demand Response in Home Energy Management System.
IEEE Transactions on Smart Grid 2013; 4(3):1391–1400.

[16] Löfberg . YALMIP: A Toolbox for Modeling and Optimization in MATLAB. Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on
Computer Aided Control Systems Design, Taipei, Taiwan; 2004; p. 284–289.

[17] Achterberg T. SCIP: Solving constraint integer programs. Mathematical Programming Computation 2009; 1(1):1–41.

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir