

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



مدل سازی و کنترل سیستم تهویه مطبوع با در نظر گرفتن قیمت برق

علیرضا حاتمی، اشکان طالبی

استادیار گروه برق دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، hatamisharif@basu.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ashkantalebi03@gmail.com

چکیده

سیستم‌های تهویه مطبوع نقش به‌سزایی در تأمین رفاه مشترکان ایفا می‌کنند. استفاده از این سیستم‌ها در 2 نوع گرمایشی و سرمایشی بسیار متداول است. بررسی سیستم‌های تهویه مطبوع به دلیل ساعات طولانی استفاده در طول یک شبانه‌روز و همچنین توان مصرفی بالا، از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا مدل‌سازی و کنترل این تجهیزات می‌تواند نقش به‌سزایی در بهبود استفاده از آن‌ها ایفا کند. مصرف بهینه برق و تأمین دمای رفاه هدف اصلی در بهبود استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع است. در این مقاله کنترلر با دریافت دما در هر لحظه، فرمان خاموش یا روشن را به دستگاه ارسال می‌کند. همچنین مشترکین در ساعات پیک، می‌توانند به منظور کمک به شبکه برق و همچنین کاهش قیمت برق مصرفی، ست پوینت کنترلر را به نحوی تغییر دهند که از برق کمتری در این ساعات استفاده کنند. در صورت تمایل مصرف‌کننده، این تنظیمات می‌تواند به صورت خودکار توسط کنترلر انجام شود تا در ساعاتی که امکان پاسخگویی بار به صورت دستی وجود ندارد، و یا مصرف‌کننده فرصت کافی برای بررسی قیمت‌ها و واکنش به آن‌ها را ندارد، کنترلر به صورت خودکار فرامین لازم را به دستگاه ابلاغ نماید. مدل‌سازی این سیستم‌ها و کنترل ست پوینت کاری آن‌ها هدف اصلی این مقاله است.

واژه‌های کلیدی: سیستم تهویه مطبوع، پاسخگویی بار، قیمت برق، کنترل دو وضعیتی



مقدمه

نیاز روزافزون به انرژی الکتریکی و ظرفیت محدود تولید، منجر به ظهور تعاریف جدیدی برای افزایش قابلیت اطمینان برق شده است. مهم‌ترین و پرکاربردترین تعریف، پاسخگویی بار است. مشترکان با کاهش مصرف خود در ساعات پیک، کمک شایانی به حفظ قابلیت اطمینان شبکه می‌کنند. هم‌چنین در ساعات پیک، قیمت برق نسبت به ساعات دیگر بالاتر است. لذا کاهش مصرف در این ساعات از لحاظ مالی به سود مصرف‌کنندگان خواهد بود. انگیزه‌های مادی و اجتماعی منجر به قدرت گرفتن پاسخگویی بار خواهند شد. یکی از مهم‌ترین بارها در زمینه پاسخگویی بار، سیستم‌های تهویه مطبوع هستند. 2 ویژگی این بارها، یعنی مصرف بالای آن‌ها و هم‌چنین تعداد ساعات بالای کاری‌شان، اهمیت مدل‌سازی و کنترل آن‌ها را بیش از پیش نمایان می‌کند. سیستم‌های تهویه مطبوع به قدری از لحاظ مصرف حائز اهمیت هستند که گاهی در پروفیل بار، ایجاد یک پیک جدید می‌نمایند. با تنظیم ست‌پوینت‌های مختلف برای کار دستگاه، می‌توان مصرف آن‌ها را مدیریت کرد.

مدل‌سازی دینامیکی بارهای کنترلی حرارتی قبلاً در مراجع [1] و [2] مطالعه شده‌اند. در [3] مدل‌های متراکم با تکیه بر حل معادلات فوکر پلانک تزویج شده و با احتیاج به داشتن جمعیت‌های متجانس به وجود آمد. یک بخش اصلی مرجع [4] نیز در جهت توسعه یک مدل فضای حالت متراکم بعد محدود برای بارهای تهویه مطبوع است و مبتنی بر روش‌های کنترلی و ماتریسی است. مدل فیزیکی از بارها در مرجع [5] آورده شده است.

در همه راه‌های فوق‌الذکر مدل‌های متراکم برای وضعیت‌های حالت ماندگار نظیر زمانی که پاسخگویی بار نداریم یا تغییرات زمانی در تعداد یا پیکربندی سیستم نظیر وضعیت آب و هوا، بهره‌های خورشیدی، هدایت گرمایی و نظایر آن‌ها نداریم بررسی شده‌اند.

پاسخگویی بار دربرگیرنده روش‌هایی از مدیریت سمت مصرف است که به تغییر میزان مصرف مشتریان در اثر تغییر قیمت در بازار یا طرح‌های تشویقی اطلاق می‌شود [6]. بنابر تعریف دپارتمان انرژی پاسخگویی بار، تغییر در مصرف انرژی الکتریکی توسط مصرف‌کنندگان از مقدار عادی الگوی مصرفش در پاسخ به تغییر در قیمت برق در طی زمان و یا هزینه‌های تشویقی تعیین شده برای کاهش مصرف برق، در ساعاتی که قیمت برق در بازار بالا و یا قابلیت اطمینان سیستم در خطر است، می‌باشد [6]. پاسخگویی بار نقش به‌سزایی در حفظ امنیت شبکه برق، به خصوص در ساعات بحرانی ایفا می‌کند. از آن‌جا که مشترکان در همه ساعات خانه نیستند و هم‌چنین نمی‌توانند هر لحظه به قیمت‌ها پاسخ دهند لذا طراحی کنترلرهای هوشمند امری ضروری در این زمینه است.

در مراجع [7] و [8] کنترل فازی بار حرارتی صورت گرفته است اما پاسخگویی بار در نظر گرفته نشده است. در [9] یک استراتژی پاسخگویی بار ساده برای واحد تهویه مطبوع در نظر گرفته شده است.

در این مقاله از یک کنترلر آنلاین دو حالتی برای تامین دمای رفاه استفاده شده است. توجه هم‌زمان به سیگنال‌های قیمت به منظور کمک به قابلیت اطمینان شبکه، و کاهش هزینه برق مصرفی، مورد توجه قرار گرفته شده است.

مدل سیستم تهویه مطبوع

بار حرارتی با یک معادله دیفرانسیل زمان گسسته که اعتبار آن در مرجع [10] سنجیده شده است مدل شده است، رابطه (1) مدل را نشان می‌دهد.

$$\theta_i(k+1) = a_i \theta_i(k) + (1 - a_i)(\theta_{a,i}(k) - m_i(k)\theta_{g,i}) + \varepsilon_i(k) \quad (1)$$

که $\theta_i(k)$ دمای داخلی بار i در گام زمانی k ، $\theta_{a,i}$ دمای محیط، و ε نویز است. در این مقاله از نویز صرف نظر شده است.

m_i در صورتی که 1 باشد نشان‌دهنده روشن بودن کولر و در صورتی که صفر باشد نشان‌دهنده خاموش بودن کولر است. a_i

به شکل رابطه (2) تعریف می‌شود.



$$a_i = e^{\frac{-h}{C_i R_i}} \quad (2)$$

که C ظرفیت گرمایی بار، R مقاومت گرمایی، و h گام زمانی شبیه‌سازی است که در این مقاله همواره برابر 2 در نظر گرفته شده است [12]. θ_g بهره حرارتی است، هنگامی که بار روشن است برابر رابطه (3) است:

$$\theta_g = R_i P_{\text{trans},i} \quad (3)$$

P_{trans} توان تبدالی انرژی بار است، که برای بارهای سرمایشی مثبت و برای بارهای گرمایشی منفی است [12]. رابطه توان تبدالی انرژی با توان الکتریکی مطابق رابطه (4) است:

$$P_i = \frac{P_{\text{trans},i}}{\text{COP}_i} \quad (4)$$

در این مقاله مطابق مرجع [10] مقادیر R برابر $\frac{^\circ\text{C}}{\text{KW}}$ 2، و C برابر $\frac{\text{KWh}}{^\circ\text{C}}$ 2 و توان تبدالی انرژی معادل 14000W فرض شده است.

کنترل دو وضعیتی

در این مقاله از یک کنترلر دو وضعیتی استفاده شده است و مدل‌سازی برای حالت سرمایشی دستگاه تهویه مطبوع صورت گرفته است که البته به سادگی قابل تعمیم برای حالت گرمایشی نیز می‌باشد. هدف، تنظیم دستگاه روی یک ست پوینت خاص است که هم رفاه ساکنین را تامین نماید و هم با دریافت سیگنال‌های قیمت، به آن‌ها عکس‌العمل نشان دهد. کنترلر در 2 حالت خاموش و روشن دستگاه را کنترل می‌کند.

نحوه کنترل به این صورت است که قیمت برق از طریق سیگنال‌های اطلاع‌رسانی دریافت می‌شوند. سپس با توجه به قیمت یک ست پوینت برای دستگاه تنظیم می‌شود. در حالت سرمایشی، طبیعتاً هرچه قیمت بالاتر باشد، ست پوینت بالاتری برای دستگاه تنظیم می‌شود تا دستگاه توان کمتری مصرف نماید. اگر دمای لحظه‌ای اتاق، از ست پوینت تنظیم شده بالاتر باشد، دستگاه تهویه مطبوع روشن شده و دما را به ست پوینت می‌رساند. اگر هم در لحظه دمای اتاق پایین‌تر از ست پوینت باشد که دستگاه خاموش می‌شود تا به واسطه گرمای هوا، دمای اتاق به ست پوینت برگردد. هنگامی که دما به ست پوینت رسیده باشد، دستگاه حول آن، به یک فاصله دمایی کم، نوسان می‌کند، مگر این‌که ست پوینت جدیدی اعلام شود.

4 سناریو قیمتی در نظر گرفته شده است که عبارتند از: قیمت پایین، قیمت نرمال، قیمت بالا و قیمت در پیک بحرانی. ست پوینت‌های متناسب با آن‌ها، مطابق جدول 1 خواهد بود.

جدول 1- نحوه ارتباط قیمت‌ها با ست پوینت دستگاه

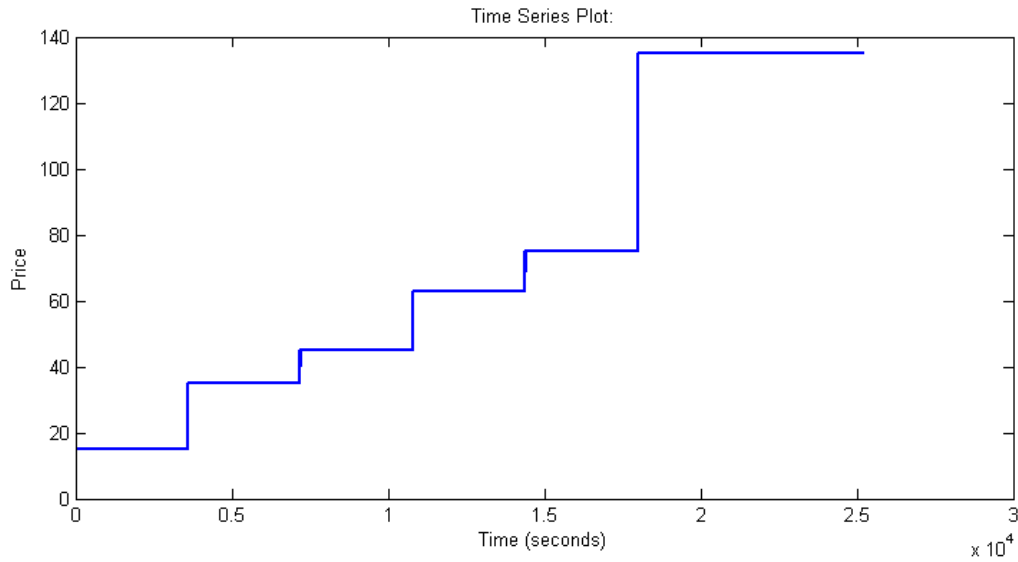
قیمت	دمای ست پوینت
پایین	22
نرمال	25
بالا	27
پیک بحرانی	30

شبیه‌سازی و نتایج

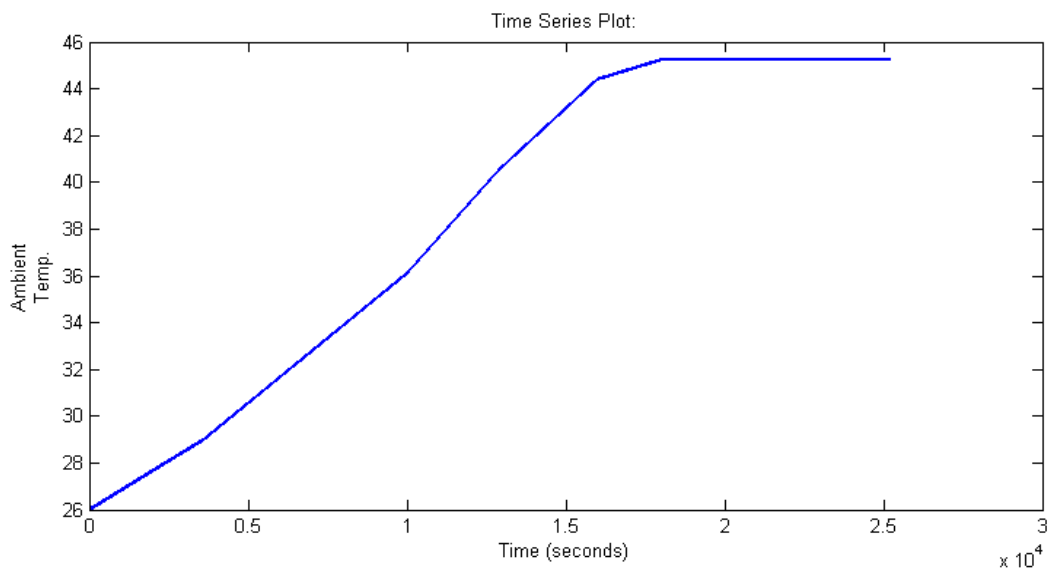
برای بررسی صحت عملکرد سیستم کنترلی، دمای اولیه اتاق 34 درجه فرض شده است و شکل 1 به عنوان قیمت برق به سیستم اعمال شده است. از قیمت‌گذاری زمان استفاده، جهت آزمایش استفاده شده است. شبیه‌سازی برای یک بازه 12 ساعته



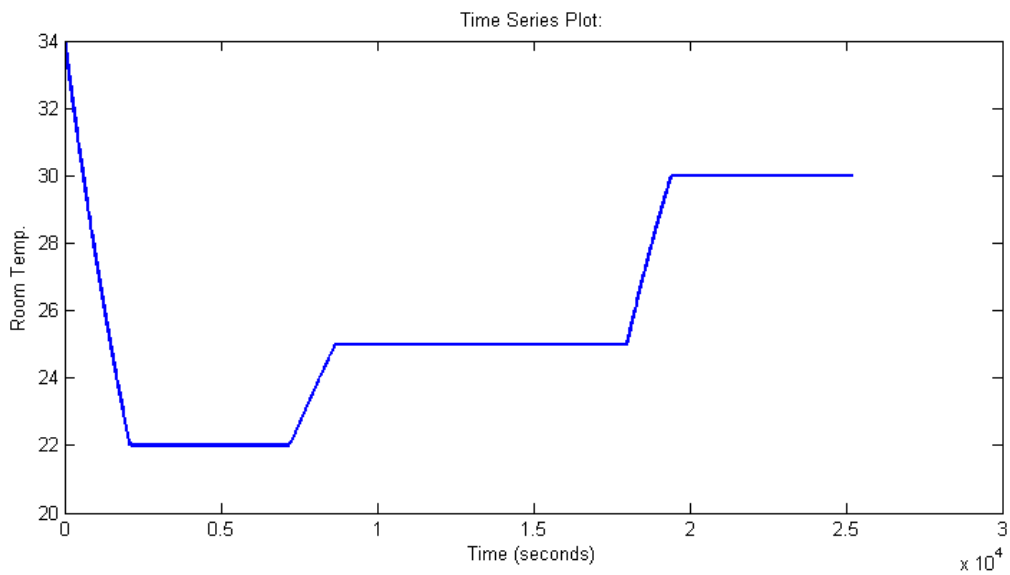
انجام شده است. دمای محیط در این بازه مطابق شکل 2 تغییر خواهد کرد. مشاهده می‌شود که کنترلر مطابق شکل 3، دمای اتاق و ست پوینت را کنترل می‌کند. نوسانات حول نقطه ست پوینت در شکل 4 قابل رویت است.



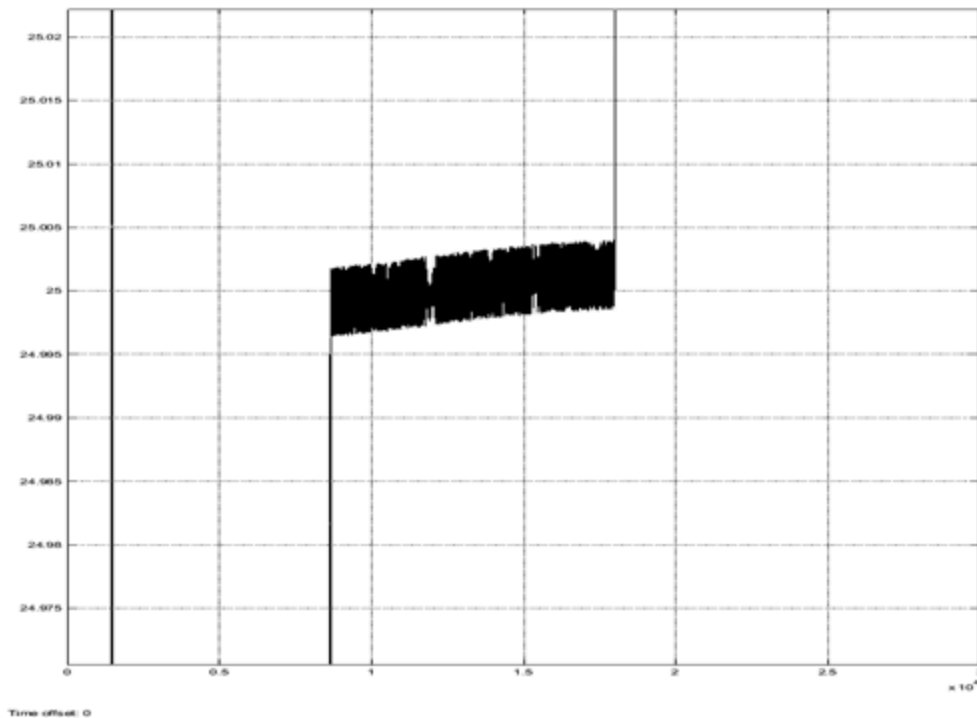
شکل 1- قیمت برق



شکل 2- تغییرات دمای هوا



شکل 3- تنظیم دمای اتاق توسط کنترلر



شکل 4- نوسان حول ست پوینت

نتیجه‌گیری

پاسخگویی بار نقش به‌سزایی در حفظ امنیت شبکه برق، به خصوص در ساعات بحرانی ایفا می‌کند. از آن‌جا که مشترکان در همه ساعات خانه نیستند و هم‌چنین نمی‌توانند هر لحظه به قیمت‌ها پاسخ دهند لذا طراحی کنترلرهای هوشمند امری ضروری در این زمینه است. یکی از مهم‌ترین بارها در زمینه پاسخگویی بار، سیستم‌های تهویه مطبوع هستند. با توجه به تغییرات لحظه‌ای قیمت برق و عدم امکان پاسخگویی لحظه‌ای مشترکین به تغییرات، استفاده از سیستم‌های کنترلی هوشمند نقش مهمی ایفا می‌کنند. با طراحی یک سیستم کنترلی هوشمند مشاهده شد که پاسخگویی بار به خوبی انجام



شده است و سعی بر آن بوده است که دمای منزل در دمایی نزدیک به دمای رفاه باشد که کنترلر به خوبی از عهده این کار برآمده است. کنترلر دووضعیتی ضمن تامین دمای رفاه، از لحاظ قیمت به صرفه و همچنین از لحاظ کمک به شبکه متمر ثمر عمل کرده است.

مراجع

- [1] - Ihara, S., Schweppe, F.C., "Physically Based Modeling of Cold Load Pickup", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1981, Vol. 100, No.9, 4142-4150.
- [2] - Chong, C.Y., Debs, A.S., "Statistical synthesis of power system functional load models", In Proc. of the 18th IEEE Conference on Decision and Control, 1979, 264-269.
- [3] - Callaway, D.S., "Tapping the energy storage potential in electric loads to deliver load following and regulation, with application to wind energy", Energy Conversion and Management, 2009, Vol. 50, 1389-1400.
- [4] - Zhang, W., Lian, J., Chang, Ch.Y., Kalsi, K., Sun, Y., "Reduced-Order Modeling of Aggregated Thermostatic Loads With Demand Response", IEEE 51st Annual Conference on Decision and Control (CDC). Maui, HI, 2012, 5593-5597.
- [5] - Gomes, A., Antunes, C.H., Marthinho, J., "A physically-based model for simulating inverter type air conditioners/heat pumps" Energy, 2013, Vol. 50, 110-119.
- [6] - H. Falsafi, A. Zakariazadeh, Sh. Jadid, , "The role of demand response in single and multi-objective wind-thermal generation scheduling: A stochastic programming", Energy, , 2013, Vol. 64, pp. 853-867.
- [7] - S. Sh. Ahmed, Md. Sh. Majid, H. Novia and H. A. Rahman, "Fuzzy logic based energy saving technique for a central air conditioning system" Energy, 2007, Vol. 32, 1222-1234.
- [8] - P. Bermejo, L. Redondo, L. de la Ossa, D. Rodriguez, J. Flores, C. Urea, J. A. Gamez, J. M. Puerta, "Design and simulation of a thermal comfort adaptive system based on fuzzy logic and on-line learning", Energy and Buildings, 2012, Vol. 49, 367-379.
- [9] - M. Avci, M. Erkoc, A. Rahmani and Sh. Asfour, "Model predictive HVAC load control in buildings using real-time electricity pricing" Energy and Buildings, 2013, Vol. 60, 199-209.
- [10] - J. L. Mathieu, "Modeling, Analysis, and Control of Demand Response Resources," Ph.D. dissertation, Dept. Mech. Eng., University of California, Berkeley, 2012.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله