مدیران مبتکر،دوره ۳، شماره ۱،بهار۱۴۰۳،از صفحه ۵۸-۵٤

بهینه سازی مصرف و مدیریت انرژی رویکردی نو در ساخت خانه های هوشمند

عبدالرحمن افشاری[۱]
۱.دکتری سیاستگذاری عمومی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)
Afshari۱۳٦۲@gmail.com

اخیراً مفهوم سیستم مدیریت انرژی در خانه های هوشمند مطرح شده است. وظایف اصلی این سیستم ها کنترل، نظارت و بهینه سازی استفاده از انرژی و جریان است. انرژی منبع اصلی برای همه موجودات زنده و حیات است. امروزه انرژی الکتریکی نقش مهمی در تامین انرژی زیرساخت های اصلی، سبک زندگی انسان و خدمات ایفا می کند. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی باد یا خورشید، درصد کمی از تولید برق را به خود اختصاص می دهند. سوخت‌های فسیلی تأثیر منفی شدیدی بر محیط‌زیست دارند زیرا باعث انتشار گاز، گرمایش زمین و خطرات سلامتی می‌شوند و علاوه بر آن منجر به تخلیه اجتناب‌ناپذیر منابع می‌شوند. این آسیب ها به آگاهی از پایداری و بهره وری انرژی و نه تنها افشای منابع انرژی جایگزین، پاک و تجدیدپذیر کمک کرده است(لیو و همکاران،۲۰۱۶). با توجه به تغییر شکل شبکه برق سنتی به یک شبکه هوشمند قابل اعتماد و کاملاً خودکار شده است. این شبکه هوشمند به دنبال استقرار و یکپارچه سازی منابع ذخیره سازی و تولید توزیع شده است. شبکه هوشمند از کانال های ارتباطی دو طرفه تشکیل شده است که خدمات شهری و مصرف کنندگان و دستگاه های هوشمند را به هم متصل می کند. این امر هماهنگی و زمان‌بندی دستگاه‌های الکتریکی را در بهینه‌سازی زمان واقعی و پویا عملیات و منابع شبکه تسهیل می‌کند. مرجع ادغام یک مدل گاز دینامیکی را توصیف می کند، که نمونه هایی را تکرار می کند که در آن عرضه گاز به ژنراتورها مختل می شود، با یک مدل سیستم قدرت که به تعهد انعطاف پذیر نیروگاه ها با زمان راه اندازی و خاموشی سریع اجازه می دهد. اثربخشی چارچوب از طریق استفاده از سیستم‌های برق و گاز واقعی در سناریوهای مختلف، مانند مواردی که شامل نفوذ نیروی باد و انرژی خورشیدی و تجزیه و تحلیل جریان‌های گاز «جریان منحنی» با زمان متغیر است، نشان داده می‌شود(گویرا و همکاران،۲۰۲۱).

یک بررسی جامع از برنامه‌ها، چالش‌های یکپارچه‌سازی، ملاحظات فنی و زمینه‌های تحقیقاتی بالقوه مرتبط با استفاده از فناوری بلاک چین در شبکه‌های هوشمند را ارائه می‌دهد. خانه‌های هوشمند دارای حسگرها و دستگاه‌های ارتباطی دیجیتالی دوطرفه هستند که امکان ردیابی مصرف مصرف‌کننده، کنترل برنامه‌ریزی لوازم خانگی و برقراری ارتباط با خدمات شهری و شبکه را فراهم می‌کنند. خانه های هوشمند یک عنصر کلیدی در عملکرد و اثربخشی شبکه هوشمند هستند و خانه های هوشمند به افزایش بهره وری انرژی کمک می کنند. از آنجایی که انتظار می رود مصرف انرژی در سراسر جهان از ساختمان ها طی چند سال آینده به طور چشمگیری افزایش یابد. در این روند، کاهش مصرف انرژی، اتلاف، بهبود بهره وری و مخاطرات زیست محیطی و هزینه های مرتبط با تولید را می توان از این جهت اجرا کرد(یاپا و همکاران،۲۰۲۱).

در چند سال گذشته، علاقه فزاینده ای از سوی محققان انرژی به سیستم های مدیریت انرژی خانه وجود داشته است، جایی که مدیریت انرژی خانه کنترل خودکار و هوشمند لوازم خانگی هوشمند را تسهیل می کند. سیستم‌های مدیریت انرژی خانه برای مدیریت کارآمد انرژی تلاش می‌کنند تا مصرف انرژی، اتلاف و هزینه‌ها را کاهش دهند و به حفظ منابع محدود سوخت فسیلی کمک کنند.

مدیریت انرژی خانه بر استفاده از تکنیک های مبتنی بر بهینه سازی تکیه دارد. نقش حیاتی اجرای یک سیستم مدیریت انرژی خانگی مناسب را در کاهش مصرف انرژی و انتشار کربن، در نتیجه افزایش کیفیت زندگی برای مصرف کنندگان نهایی در خانه های هوشمند برجسته می کند. کاهش هزینه های صورتحساب و بهبود رضایت کاربر دو جنبه اساسی طراحی مدیریت انرژی خانه است. ادبیات به طور گسترده اولین عنصر طراحی حیاتی سیستم مدیریت انرژی خانگی را پوشش می‌دهد، که کاهش هزینه‌های صورت‌حساب است، در حالی که جنبه‌های روانی و رفتاری ترجیحات کاربران نهایی نادیده گرفته می‌شود. در مورد قابلیت‌های پشتیبانی شبکه، رویکردی پیشنهاد می‌کند که از مکانیزم هماهنگی مبتنی بر عامل در یک شبکه توزیع فعال برای تنظیم لوازم خانگی و مطابقت با محدودیت‌های حرارتی و ولتاژ شبکه استفاده می‌کند. در همین حال، قلی نژاد و همکاران(۲۰۲۰) یک استراتژی سیستم مدیریت انرژی خانگی ارائه می‌کند که تولید و مصرف برق را بر اساس پارامترهای عملیاتی سیستم‌های باتری فتوولتائیک و بارهای کنترل‌شده ترموستاتیک تنظیم می‌کند. مصرف انرژی سیستم های تهویه مطبوع در ابتدا با استفاده از درجه–روز اندازه گیری می شود، و با در نظر گرفتن نوسان دمای داخلی ارزیابی می شوند.

تجزیه و تحلیل جامع ادبیات سیستم مدیریت انرژی خانگی، از جمله ایده‌های کلیدی، تنظیمات، فناوری‌های پشتیبانی و فناوری‌های پیشنهادی و استراتژی پیشنهادی بهترین دستگاه‌های اتوماسیون را برای کاهش تقاضای انرژی در خانه و به حداکثر رساندن استفاده از تولید انرژی زمان‌بندی می‌کند. برای تنظیم دمای آب گرم خانگی و داخلی و کاهش مصرف انرژی، الگوریتم یادگیری تقویت عمیق را پیشنهاد می کند. برخی تحقیقات یک سیستم مدیریت انرژی سلسله مراتبی سیستم مدیریت انرژی خانگی را برای چندین مرکز انرژی مسکونی در شبکه محله پیشنهاد می کند، با هدف به حداکثر رساندن سود مالی و کاهش اوج تقاضای شبکه بالادستی با کنترل تولید، ذخیره سازی، تهیه و فروش انرژی. سطح پایین هر هاب انرژی خانگی بارهای داخلی را تامین می کند و هزینه های انرژی را کاهش می دهد، در حالی که سیستم مدیریت انرژی مرکزی در سطح بالا را گرد هم می آورد و پیشنهادات جذابی را برای افزایش سود مالی از طریق روش پیشنهادی اکتشافی ارائه می دهد. ژو و همکاران(۲۰۲۱) یک نمای کلی از مفهوم، پیکربندی ها و استراتژی های زمان بندی ارائه کرده اند. لیو و همکاران (۲۰۲۰) اجزای اصلی سیستم های مدیریت انرژی خانه هوشمند را به طور مقایسه ای رویکردهای مختلف فن آوری را تجزیه و تحلیل کردند. زوپانچیچ و همکاران(۲۰۱۶) برنامه‌ریزی ژنتیکی را برای سیستم‌های مدیریت انرژی خانگی به منظور کاهش هزینه اعمال کرده‌اند. طاووس و همکاران (۲۰۱۹) از سه جامعه زیست محیطی به عنوان کاربران اصلی برای انجام تمرین طراحی مشارکتی استفاده کرده اند.

برق منبع بسیار ارزشمند انرژی است و نیاز به آن هر روز در حال افزایش است. با توجه به محدودیت های منابع انرژی سنتی، دو نوع راه حل برای آنها در نظر گرفته شده است: کشف منابع انرژی جایگزین برای تولید انرژی بیشتر و استفاده موثر از منابع موجود که به نظر می رسد رویکرد دوم مطلوب تر و اقتصادی تر است. مشکلات و چالش های موجود در افزایش ظرفیت تولید برق و افزایش تقاضا برای برق، کشورهای مختلف جهان را بر آن داشته تا به دنبال راه حلی مناسب برای بهینه سازی مصرف انرژی باشند. عمده ترین چالش های پیش روی شبکه های برق سنتی امروزه احتمال خاموشی، کمبود نقدینگی، امنیت خطوط انتقال، بحران آب و محیط زیست است. از آنجایی که استفاده نادرست یا از دست دادن انرژی و این شبکه ها نمی توانند بر این مشکلات غلبه کنند، استفاده از شبکه های هوشمند ایده خوبی برای حل این نوع مشکلات است که شامل مجموعه ای از فعالیت های به هم پیوسته بین شرکت برق و مصرف کنندگان برای منطقی کردن مصرف برق است تا بازدهی یکسان در زمینه برق با راندمان بیشتر و هزینه کمتر حاصل شود. با استفاده از شبکه پایدار می توان مصرف برق را از طریق کنتورهای هوشمند کنترل کرد که مصرفی دو طرفه بین مصرف کننده و منبع ایجاد می کند.

مدیریت سمت تقاضا یکی از راه حل های این مشکلات است که توسط شرکت های برق برای کنترل مصرف انرژی توسط مصرف کنندگان معرفی شده است. هدف اصلی مدیریت سمت تقاضا ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا برای ارائه عمدتاً دو وظیفه است: کاهش مصرف و بهبود کارایی مدیریت سمت تقاضا شامل برنامه های بهره وری و برنامه های پاسخگویی به تقاضا است. در برنامه های پاسخگویی به تقاضا، از مصرف کنندگان دعوت می شود تا در طرح های تشویقی شرکت کنند. این طرح ها بر اساس تغییرات قیمت برق است. بنابراین مصرف کنندگان می توانند الگوی مصرف خود را بر این اساس تغییر دهند. با انجام این کار، قبض برق آنها به طور قابل توجهی کاهش می یابد.

در شبکه های سنتی، ابزار به صورت دستی بار مصرف کننده را در ساعات اوج مصرف برای ایمن سازی تجهیزات در خطوط انتقال تخلیه می کند. با این حال، جابجایی بار در شبکه های هوشمند در ساعات اوج مصرف برای جلوگیری از اوج بار و آسیب به تجهیزات انجام می شود. این برای شرکت و مصرف کنندگان سودآور است و همچنین قابلیت اطمینان شبکه را افزایش می دهد. پاسخ به چنین چالش‌هایی نیازمند الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری است که توانایی بالایی در حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه برای مدیریت مصرف انرژی دارند.

چندین کار مرتبط در ادبیات وجود دارد، به عنوان مثال، الگوریتم های ژنتیک برای انتقال توان مصرفی از ساعات اوج مصرف به ساعات غیر اوج مصرف برای کاهش مصرف برق استفاده شده است. البته کاربرد آن در شبکه هوشمند مستلزم محاسبه ای است که باید توسط رایانش ابری انجام شود. گفته شد این موضوع در آینده مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.

اخیرا یک سیستم مدیریت انرژی هوشمند معرفی شد که از طریق آن اوج بار و هزینه برق در یک منطقه مسکونی با استفاده از برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط چند هدفه به حداقل رسید. محدودیت ها شامل نیازهای انرژی روزانه و ترجیحات مصرف کننده بود. این سیستم مزایای احتمالی را برای شرکت و مصرف کننده به ارمغان آورد. همچنین یک کنترل کننده مدیریت انرژی خانه بر اساس الگوریتم هارمونی ژنتیک برای کاهش مصرف و هزینه برق و افزایش راحتی کاربر پیشنهاد شد. برای ارزیابی عملکرد سیستم پیشنهادی، یک خانه منفرد و چند خانه با سیگنال قیمت‌گذاری بحرانی و سیگنال‌های قیمت‌گذاری بلادرنگ در نظر گرفته شد.

طرح انرژی مشارکتی مبتنی بر جامعه نیز اخیرا مورد بحث قرار گرفت. نویسندگان هزینه قبوض برق مصرف کننده و شبکه هوشمند را بررسی کردند. هدف اصلی کاهش مصرف و هزینه برق بود. این کار با اتصال مصرف کننده و شبکه هوشمند انجام شد. طرح پیشنهادی با استفاده از طرح جامعه به جامعه در متلب ارزیابی شد. با این حال، مصالحه ای بین راحتی کاربر و امنیت وجود داشت.

همچنین مدلی برای ریزشبکه به عنوان بخش مهمی از سیستم توزیع معرفی شد. نویسندگان استفاده از سیستم های انرژی تجدیدپذیر هیبریدی مستقل را که از نظر زیست محیطی ایمن و از نظر اقتصادی کارآمد هستند به عنوان راه حلی مناسب برای مناطقی که برق به اندازه کافی در دسترس نیست پیشنهاد می کنند. آنها تحقیقات فنی و اقتصادی برای یک منطقه مسکونی ارائه کرده اند.

دستیابی به راه حل های ممکن در یک دوره کوتاه تر برای مدیریت سمت تقاضا به عنوان یک چالش شناسایی شد. هزینه انرژی و راحتی کاربر به عنوان دو هدف مهم برای مدیریت بار در نظر گرفته شده است و برای دستیابی به این اهداف از الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی غیر غالب ترکیبی استفاده شده است. با این حال، نویسندگان نسبت اوج به میانگین را نادیده می گیرند.

علاوه بر این یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری سنجاقک برای بهینه‌سازی مصرف لوازم قابل جابجایی با در نظر گرفتن سیگنال قیمت‌گذاری استفاده می‌شود. کاهش هزینه های انرژی و مصرف و افزایش راحتی کاربر از اهداف پیش رو هستند. با دستیابی به این اهداف، پایداری شبکه نیز حاصل می شود.

با این حال، انواع مختلفی از حل‌کننده‌های کلاسیک و الهام‌گرفته از زیست‌شناسی برای تعیین راه‌حل بهینه مسئله به کار گرفته شده‌اند که هرکدام از آنها کاستی‌هایی از همگرایی زودرس تا سرعت اجرا و به دام افتادن در حداقل محلی دارند.
از سوی دیگر یک نسخه بهبود یافته از یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری به نام الگوریتم بهینه‌سازی پنگوئن امپراتور بهبود یافته برای بهینه‌سازی عملکرد یک سیستم سرمایش، گرمایش و قدرت ترکیبی استفاده می‌شود.
تحقیقات یک سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند چند هدفه را برای کنترل هوشمند تقاضای بار در مقیاس کوچک را پیشنهاد می کنند. هدف آنها کاهش هزینه های انرژی و کاهش پیک تقاضا است. آنها همچنین از تئوری بازی های تعاونی برای یافتن راه حل پارتو بهینه برای مسئله چند هدفه استفاده می کنند.

منابع

۱. Liu, Y., Qiu, B., Fan, X., Zhu, H., & Han, B. (۲۰۱٦). Review of smart home energy management systems. Energy Procedia, ۱۰٤, .۵۰۸-۵۰٤
۲. Guerra, O. J., Sergi, B., Craig, M., Pambour, K. A., Brancucci, C., & Hodge, B. M. (۲۰۲۱). Coordinated operation of electricity and natural gas systems from day-ahead to real-time markets. Journal of Cleaner Production, ۲۸۱, .۱۲٤۷۵۹
۳. Yapa, C., De Alwis, C., Liyanage, M., & Ekanayake, J. (۲۰۲۱). Survey on blockchain for future smart grids: Technical aspects, applications, integration challenges and future research. Energy Reports, ۷, .٦۵٦٤-٦۵۳۰
٤. Gholinejad, H. R., Loni, A., Adabi, J., & Marzband, M. (۲۰۲۰). A hierarchical energy management system for multiple home energy hubs in neighborhood grids. Journal of Building Engineering, ۲۸, .۱۰۱۰۲۸
۵. Hafeez, G., Alimgeer, K. S., Wadud, Z., Khan, I., Usman, M., Qazi, A. B., & Khan, F. A. (۲۰۲۰). An innovative optimization strategy for efficient energy management with day-ahead demand response signal and energy consumption forecasting in smart grid using artificial neural network. IEEE Access, ۸, -۸٤٤۱۵ .۸٤٤۳۳
٦. Elkazaz, M., Sumner, M., Davies, R., Pholboon, S., & Thomas, D. (۲۰۱۹, September). Optimization based real-time home energy management in the presence of renewable energy and battery energy storage. In ۲۰۱۹International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST) (pp. ٦-۱). IEEE.
۷. Golmohamadi, H., Keypour, R., Bak-Jensen, B., & Pillai, J. R. (۲۰۱۹). Optimization of household energy consumption towards day-ahead retail electricity price in home energy management systems. Sustainable Cities and Society, ٤۷, .۱۰۱٤٦۸
۸. Ullah, I., & Kim, D. (۲۰۱۷). An improved optimization function for maximizing user comfort with minimum energy consumption in smart homes. Energies, ۱۰(۱۱), .۱۸۱۸
۹. Shah, A. S., Nasir, H., Fayaz, M., Lajis, A., & Shah, A. (۲۰۱۹). A review on energy consumption optimization techniques in IoT based smart building environments. Information, ۱۰(۳), .۱۰۸
۱۰. Hussain, I., Ullah, M., Ullah, I., Bibi, A., Naeem, M., Singh, M., & Singh, D. (۲۰۲۰). Optimizing energy consumption in the home energy management system via a bio-inspired dragonfly algorithm and the genetic algorithm. Electronics, ۹(۳), .٤۰٦

۱۱. Dinh, H. T., Yun, J., Kim, D. M., Lee, K. H., & Kim, D. (۲۰۲۰). A home energy management system with renewable energy and energy storage utilizing main grid and electricity selling. IEEE access, ۸, ۴۹۴۳۶-۴۹۴۵۰.
۱۲. Zhu, L., Wang, B., & Sun, Y. (۲۰۲۰). Multi-objective optimization for energy consumption, daylighting and thermal comfort performance of rural tourism buildings in north China. Building and Environment, ۱۷۶, ۱۰۶۸۴۱.