هشتمین کنفرانس بین‌المللی
پیشرفت های اخیر در مهندسی راه‌آهن
دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران
2 و 3 خردا ماه 1402

بررسی روش های مختلف مدیریت انرژی و مدیریت توان

سید محمد موسوی گزافرودی، سجاد نجف پور، سید حامد قیصری

۱- سید محمد موسوی گزافرودی sm_mousavi@iust.ac.ir
۲- سجاد نجف پور sajadnajafpour@rail.iust.ac.ir
۳- سید حامد قیصری s_gheysari@rail.iust.ac.ir

چکیده

آلودگی‌های محیط زیست و کمبود انرژی به عنوان بحران‌های جدی، پژوهشگران و صنعتگران را بر آن داشته تا به دنبال راهکارهایی مناسب با هدف مدیریت انرژی و مدیریت توان باشند یک سیستم مدیریت انرژی ممکن است یک هدف واحد یا چندین هدف داشته باشد که ممکن است فنی، اقتصادی، فنی اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی باشد. مطالعات متعددی در مورد سیستم مدیریت انرژی انجام شده است، اما بیشتر مشارکت‌های تحقیقاتی بر روی اهداف اقتصادی متمرکز شده است. اهداف فنی سیستم مدیریت انرژی عبارتند از: عملکرد بهتر سیستم، کیفیت توان بهتر و کاهش تعمیر و نگهداری و خرابی در سیستم مورد نظر می‌باشد. ادغام وسایل نقلیه برقی پلاگین ، سیستم‌های ذخیره انرژی و منابع انرژی تجدیدپذیر بدون هماهنگی مناسب ممکن است باعث انحراف سیستم از عملکرد مورد نظر خود شود، به عنوان مثال، شارژ و تخلیه وسایل نقلیه برقی در مدیریت ناهماهنگ ممکن است منجر به استرس حرارتی در شبکه توزیع و ترانسفورماتورها شود و یکپارچگی ناهماهنگ منابع انرژی تجدیدپذیر ممکن است مشکل توان راکتیو ایجاد کند که باعث انحراف در ولتاژ و مسائل دیگر شود. اهداف اقتصادی به کل هزینه عملیاتی انرژی، هزینه برای مشتریان، حداکثر کردن سود و غیره اشاره دارد. در این مقاله به بررسی کلی روش‌های مدیریت انرژی و مدیریت توان و همچنین معماری‌های متمرکز و غیر متمرکز و الگوریتم‌های مختلف کنترل و بهینه‌سازی و همچنین چالش ها و محدودیت‌های روش‌های مختلف پرداخته می‌شود

کلمات کلیدی: سیستم‌های مدیریت انرژی، سیستم‌های مدیریت توان، منابع انرژی تجدیدپذیر، وسایل نقلیه برقی پلاگین، راه آهن برقی.

مقدمه

رشد تقاضای برق، آلودگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقدار محدود سوخت‌های فسیلی چالش‌های مهمی است که در صنعت برق در حال ظهور هستند. حدود ۱۰ درصد از کل انرژی تولید شده در انتقال و توزیع تلف می‌شود که ۴۰ درصد از این تلفات تنها در سطح توزیع رخ می‌دهد. با منابع انرژی تجدیدپذیر مانند فتوولتائیک ، نیروی باد و سلول‌های سوختی و علاوه بر این، جایگزینی حمل و نقل معمولی بنزین با حمل و نقل الکتریکی، به عنوان مثال، وسیله نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین و خودروهای برقی پلاگین ، علاوه بر ادغام سیستم‌های ذخیره انرژی یا سیستم ذخیره انرژی باتری در یک شبکه موجود برخی از راه حل‌های ممکن برای مبارزه با افزایش تصاعدی انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. انرژی‌های تجدیدپذیر در خروجی به صورت متناوب و عدم قطعیت می‌باشند. متناوب بودن منابع انرژی تجدیدپذیر را می‌توان با ادغام بیش از یک منبع انرژی تجدیدپذیر و همراه کردن سیستم‌های ذخیره سازی و منابع پشتیبان بر آن غلبه کرد.[۱]

متن بدنه

تکامل سیستم مدیریت انرژی در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد که به عنوان مرکز کنترل نامیده می‌شد و بعداً در طول دهه ۱۹۷۰ به عنوان مرکز کنترل انرژی شناخته شد. زمانی که سیستم اسکادا مبتنی بر رایانه پیشرفته در اوایل دهه ۱۹۹۰ به وجود آمد، زمان واقعی به وجود آمدن سیستم مدیریت انرژی است، که شامل تکنیک‌های کنترلی مختلف می‌باشد، یک سیستم مدیریت انرژی ممکن است یک هدف واحد یا چندین هدف داشته باشد که ممکن است فنی، اقتصادی، فنی اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی باشد. مطالعات متعددی در مورد سیستم مدیریت انرژی انجام شده است، اما بیشتر مشارکت‌های تحقیقاتی بر روی اهداف اقتصادی متمرکز شده است. اهداف فنی سیستم مدیریت انرژی عبارتند از عملکرد بهتر سیستم، کیفیت توان بهتر و کاهش تعمیر و نگهداری و خرابی در سیستم مورد نظر می‌باشد. ادغام وسایل نقلیه برقی پلاگین، سیستم‌های ذخیره انرژی و منابع انرژی تجدیدپذیر بدون هماهنگی مناسب ممکن است باعث انحراف سیستم از عملکرد مورد نظر خود شود، به عنوان مثال، شارژ و تخلیه وسایل نقلیه برقی پلاگین در مدیریت ناهماهنگ ممکن است منجر به استرس حرارتی در شبکه توزیع و ترانسفورماتور شود و یکپارچگی ناهماهنگ منابع انرژی تجدیدپذیر ممکن است

سیستم مدیریت انرژی سلسله مراتبی

معماری	بهینه سازی	هدف			معایب	مزایا
		فنی	اقتصادی	محیطی		
متمرکز	مدل کنترل پیش بین	*****	به حداقل رساندن هزینه های عملیاتی	*****	•حریم خصوصی مشتری کمتر است •یک پیوند ارتباطی قوی اختصاصی مورد نیاز است •بار محاسباتی زیاد است •شامل شکست تک نقطه ای است •انعطاف پذیری و توسعه پذیری ضعیف	•EMSمتمرکز بهینه سازی سراسری را فراهم می کند •کاهش در هزینه های عملیاتی کلی •یکنواخت برای کل شبکه بسیار آسان برای پیاده سازی
	MILP	به حداقل رساندن سطح نارضایتی مشتریان	به حداقل رساندن هزینه کل	*****	*****	*****
	PSO		به حداقل رساندن کل هزینه عملیاتی	*****	*****	*****
غیر متمرکز	MOP	****	*****	به حداقل رساندن CO_2	•هدف جداگانه باید در نظر گرفته شود •بهینه سازی دقیق امکان پذیر نیست •افزایش کل هزینه عملیاتی •سیستم ارتباطی مؤثر و هماهنگ سازی مؤثر مورد نیاز است	•حریم خصوصی بالاتری را برای مشتریان فراهم کنید •بار محاسباتی بر روی هر EMS توزیع شده است •انعطاف پذیری بالاتر در مقایسه با EMS مرکزی
	MOP	*****	به حداقل رساندن هزینه های عملیاتی	به حداقل رساندن CO_2	*****	*****
	کنترل پیش بینی مدل توزیع شده	*****	به حداقل رساندن کل هزینه عملیاتی	*****	*****	*****
	بهینه Convex سازی	*****	به حداکثر رساندن PEV راحتی کاربر	*****	*****	*****
سلسله مراتبی	مدل کنترل پیش بین		به حداقل رساندن هزینه زیرشبکه	*****	•معماری کنترل و پیاده سازی پیچیده •سطح بالایی از نیازهای ارتباطی	•کنترل لایه ای می تواند قابلیت اطمینان و دقت را افزایش دهد •برای جامعه چند ریزشبکه با ریزشبکه مناسب است •هزینه عملیاتی و کیفیت توان هر دو می توانند با معماری کنترل سلسله مراتبی به خوبی عمل کنند
	سیستم چند عاملی	تبادل برق برنامه ریزی نشده را به حداقل برساند	به حداقل رساندن هزینه های عملیاتی	انتشار گازهای گلخانه ای در نظر گرفته شده است	*****	*****
	قرآیند تصمیم گیری مارکوف	بهبود عملکرد کذرا	*****	*****	تلفات خط را به حداقل برسانید و ولتاژ را حفظ کنید	*****
	MILP	تخلیه شارژ ،به حداقل ESS رساندن تبادل برق	هزینه عملیاتی را به حداقل MG برساند	*****	*****	*****

جدول۱. مزایا و معایب EMSمتمرکز، غیرمتمرکز و سلسله مراتبی(۱)

تحلیل و تفسیر موضوع

متداول ترین روش‌های مورد استفاده برای رسیدگی به عدم قطعیت در سیستم مدیریت انرژی مدل زنجیره مارکوف، مونت کارلو و روش زنجیره مارکوف مونت کارلو است. کلمه مونت کارلو از کازینوهای مونت کارلو گرفته شده است، مفهومی بر اساس تولید اعداد تصادفی در بازی‌های کازینو، برای رسیدگی به عدم قطعیت در ریزشبکه، مشخصات شارژ وسایل نقلیه پلاگین، تقاضای برق برای شارژ، ظرفیت ذخیره‌سازی، قابلیت اطمینان و کیفیت توان تعیین می‌شود. روش مونت کارلو در تحقیقاتی استفاده می‌شود که در آن‌ها مدیریت تقاضا و مدل‌سازی بار مورد نیاز است. مدل زنجیره مارکوف یک فرآیند تصادفی بدون حافظه است که می‌تواند وضعیت بعدی را بر اساس وضعیت فعلی پیش‌بینی کند. بسیاری از انواع دیگر روش‌های مدیریت عدم قطعیت مانند قدرتمند، فازی، مبتنی بر سناریو، مبتنی بر خطی سازی، تبدیل بدون بو، احتمالی، مونت کارلو، مدل مخلوط گاوسی، تخمین در توزیع‌های نیز می‌باشند. انتخاب روش مناسب برای مدیریت عدم قطعیت در سیستم قدرت برای جلوگیری از شکاف بزرگ بین عرضه و تقاضا نیاز می‌باشد. شبیه‌سازی مونت کارلو و روش‌های مبتنی بر سناریو معمولاً به دلیل سادگی در بسیاری از انواع کارهای تحقیقاتی استفاده می‌شوند.

نتیجه گیری

معماری متمرکز اجازه اجرای اقتصادی و نگهداری ساده سیستم مدیریت انرژی را می‌دهد، که نتایج بهینه سراسری را ارائه می‌دهد. با این حال، بار محاسباتی بالا، هزینه بالای ارتباط، حفظ حریم خصوصی داده ها، و قابلیت اطمینان مشکلات کمی در آن هستند. برای ریزشبکه ها، معماری غیرمتمرکز با پردازش توزیع شده، قابلیت اطمینان بالاتر، بار محاسباتی کم را ارائه می‌دهد، اما نتایج بهینه سراسری را تضمین نمی‌کند. برای یک سیستم با چند ریزشبکه یا اجتماع ریزشبکه‌ها، معماری سلسله مراتبی گزینه مناسبی است که سطوح مختلف کنترلی را فراهم می‌کند. با این حال، پیچیدگی اجرا بالا است. در چارچوب سیستم مدیریت انرژی برای شبکه هوشمند، استحکام سیستم مدیریت انرژی را می‌توان به عنوان توانایی مدیریت عدم قطعیت در حضور بارهای نامشخص، منابع و قیمت نامشخص برق برای ارائه نتایج بهینه تعریف کرد. مدل‌سازی عدم قطعیت دقیق، معیار کلیدی برای دستیابی به استحکام در سیستم مدیریت انرژی است،

مراجع

[۱] Rathor, Sumit K., and D. Saxena. “Energy management system for smart grid: An overview and key issues.” International Journal of Energy Research 44, no. 6 (2020): 4067-4109.

[2] Hussain A, Bui VH, Kim HM. A resilient and privacypreserving energy management strategy for networked microgrids. IEEE Trans Smart Grid. 2018;9(3):2127-2139.

[3] Honarmand M, Zakariazadeh A, Jadid S. “Optimal scheduling of electric vehicles in an intelligent parking lot considering vehicleto- grid concept and battery condition”. Energy. 2014;65:572-579.

[4] Olivares DE, Cañizares CA, Kazerani M. A centralized energy management system for isolated microgrids. IEEE Trans Smart Grid. 2014;5(4):1864-1875.