8th International Conference on Applied Research in Basic Sciences, Engineering and Technology
September 19, 2023
Tbilisi - Georgia
CINVU
Avicenna International Community College LLC
Archive of SID

ارزیابی تاثیر نفوذ خودروهای الکتریکی در شبکه توزیع با درنظرگرفتن بار پاسخگو

حامد لطفی[۱] ، امیرحسین لطفی[۲]، محمدمهدی برهان علمی[۳]، مهرداد کلماتی‌زاده[۴]

۱-دانشگاه ازاد اسلامی، واحد بجنورد، بجنورد، ایران

۲- دانشگاه ازاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران

۳-دانشگاه ایدین استانبول، استانبول، ترکیه

۴- شرکت توزیع برق شهرستان مشهد، مشهد، ایران

چکیده

در عصر حاضر، با توسعه و پیشرفت تکنولوژی در زمینه ایجاد بسترهای لازم جهت پیاده‌سازی شبکه هوشمند، امکان مدیریت و کنترل الگوی مصرف انرژی مشترکین توسط بهره برداران محقق گردیده است. هدف اصلی از اجرای چنین رویکردهایی جابجایی بار از ساعات اوج مصرف به ساعات کم‌باری (پیک‌سایی)، بهبود قابلیت اطمینان و پایداری شبکه، کاهش تراکم بر روی خطوط در شرایط بحرانی و کسب سود برای همه بازیگران اعم از مشترکین و شرکت‌های ذیصلاح با اجرای تکنیک‌هایی است که در اصطلاح مدیریت بار پاسخگو نامیده می‌شود. در این مقاله، مدیریت بار پاسخگو بر روی یک شبکه استاندارد ۲۶ باس که دارای ۴۰۰۰ انشعاب و حداکثر ۳۰۰۰ خودروی الکتریکی است، پیاده‌سازی شده است. هدف از رویکرد پیشنهادی به حداقل رساندن هزینه مصرف انرژی مشترک با در نظر گرفتن زمان انتظار مورد رضایت آنها برای شارژ خودروی الکتریکی است. نتایج مدیریت مصرف برای درصدهای نفوذ مختلف ۲۰٪، ۵۰٪ و ۸۰٪ خودروهای برقی از طریق بکارگیری الگوریتم ژنتیک محاسبه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، مشخص گردید با درنظرگرفتن ۳۰٪ از ظرفیت بار به عنوان ظرفیت پاسخگویی، می‌توان نه تنها هزینه‌های صورتحساب انرژی مصرفی را تا ۳۹٪ کاهش داد، بلکه با کاهش مصرف انرژی در ساعات اوج مصرف، به افزایش سطح پایداری و قابلیت اطمینان شبکه و کاهش خاموشی‌های احتمالی کمک شایانی نمود.

واژگان کلیدی: بار پاسخگو، خودروی الکتریکی، شبکه توزیع، الگوریتم ژنتیک

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مفهوم پاسخگویی بار به عنوان سیاستی برای مدیریت الگوی مصرف انرژی در سمت تقاضا تعریف شده که هم دارای مزایای اقتصادی است و هم به بهبود کیفیت بهره‌برداری از شبکه کمک می‌نماید. در این راستا اهدافی از جمله به حداقل رساندن تلفات انرژی، بهینه‌سازی توزیع توان در شبکه و استفاده بهینه از ظرفیت تولیدی مدنظر است. علاوه بر این موارد، پاسخگویی بار می‌تواند قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد، زیرا این اجرای دقیق این برنامه‌ها می‌تواند محدودیت ظرفیت تولید و انتقال در ساعات پیک بار را تا مقدار قابل ملاحظه‌ای جبران نماید (Amin and – Hajiabadi et al, 2019 Elmi , 2021). از سویی دیگر، در مواقع اضطراری یا در شرایطی که سطح رزرو سیستم پایین است، به منظور جلوگیری از جریان بیش از حد و حفظ در دسترس‌پذیری سیستم، مشارکت مصرف‌کنندگان می‌تواند بسیار راهگشا باشد. در واقع مشارکت داوطلبانه مصرف‌کنندگان در ایجاد تعادل بین تولید و مصرف در مواقع اضطراری، مقرون به صرفه‌تر و مناسب‌تر از قطع اجباری توان مورد تقاضای آنها خواهد بود (Razavi and Elmi, 2020).

یکی از روش‌های کاربردی، اعمال تعرفه‌های چندزمانه است. بر اساس چنین روشی، هزینه مصرف انرژی در ساعات اوج بار بیشتر از هزینه مصرف آن در ساعات کم‌باری در نظر گرفته می‌شود تا مشترکین به جابجایی بار به منظور کاهش هزینه‌های مصرف انرژی، تشویق گردند. در این راستا، در (Danxi et al, 2017) یک رویکرد کنترل شارژ/دشارژ خودروی برقی به منظور استفاده به عنوان بار پاسخگو و با در نظر گرفتن مزایای اقتصادی استفاده از باتری‌ها ارائه شده است. مرجع (Fan, 2012) یک چارچوب توزیع شده‌ای در جهت اجرای برنامه های پاسخگویی به تقاضا ارائه و نشان داده که اطلاع از نرخ تعرفه انرژی برای اصلاح بار پیک می‌تواند مفید واقع گردد. تا زمانی که ظرفیت بارهای کنترل‌پذیر پایین است، استفاده از نرخ تعرفه متغیر با زمان تا حدودی کارآمد است، اما با مشارکت خودروهای الکتریکی، مشترکین انعطاف بیشتری برای تغییر الگوی مصرف خود به دست می‌آورند. در این شرایط، مدیریت نحوه مشارکت بارهای انعطاف‌پذیر برای استفاده از پتانسیل آنها در جهت بهبود شاخص‌های کیفیت توان بایستی به طور جامعی مورد مطالعه قرار گیرد. به بیان دیگر، رفتار خودروهای برقی، ظرفیت و توان مصرفی آنها مورد ارزیابی قرار گیرد تا کیفیت این مشارکت با توجه به پتانسیل بالای حضور آنها در برنامه‌های پاسخگویی بار مشخص گردد. به عنوان مثال، مصرف انرژی الکتریکی برای وسایل نقلیه هیبریدی متصل به شبکه تا سال ۲۰۳۰، تا ۵٪ از کل مصرف انرژی در بلژیک را شامل می‌شود (Clement et al, 2007). اگر دامنه حرکت با انرژی الکتریکی این خودروها تا ۶۰ مایل (۱۰۰ کیلومتر) افزایش یابد، مصرف انرژی آنها به ۸ درصد نیز می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیرات افزایش سطح نفوذ خودروی برقی در شبکه توزیع

خودروهای سنتی با موتورهای احتراق درون‌سوز سهم زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های زیست‌محیطی مانند اکسیدهای نیتروژن دارند (Lotfi, 2015). اگرچه در حال حاضر، فروش خودروهای برقی به دلیل عملکرد باتری، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و مشکلات فنی هنوز از لحاظ اقتصادی قابل توجیه نیست، با این حال می‌توان با اجرای سیاست‌های تشویقی از سوی دولت‌ها، آینده‌ای متفاوت را در نظر داشت. از سویی دیگر، با اینکه استفاده از خودروهای برقی به عنوان یکی از راه‌حل‌های اصلی در رفع این چالش است، اما از دیدگاه بهره‌بردار شبکه توزیع، توان مصرفی در زمان شارژ باتری لازم است به صورتی مدیریت گردد که از بروز اضافه بار برای ترانسفورماتورها و فیدرهای شبکه جلوگیری شود. در واقع حضور گسترده وسایل نقلیه الکتریکی متصل به شبکه منجر به ورود بارهای الکتریکی بسیار بزرگی به شبکه برق شده و ممکن است منجر به بروز اختلالات جدی در زمینه بهره‌برداری از ظرفیت شبکه توزیع گردد. با بهره‌گیری از روش‌های برنامه‌ریزی هوشمند، می‌توان به آرامی وسایل نقلیه الکتریکی را با شبکه برق ادغام نمود بدون اینکه نیاز به تغییر ساختار قابل ملاحظه‌ای باشد. به کمک بهره‌گیری از کنترل‌کننده‌های هوشمند خانگی می‌توان فواصل زمانی شارژخودروهای برقی را بر أساس اولویت‌های مصرف‌کننده و نرخ تعرفه انرژی طوری برنامه‌ریزی کرد تا هم هزینه‌های مشترک کاهش یابد و هم بار اضافی به شبکه در هنگام ساعات پیک بار وارد نیاید.

محققان متعددی نحوه پیاده‌سازی برنامه‌های پاسخگویی بار را مطالعه و توابع هدف متفاوتی از جمله حداقل‌سازی هزینه بهای انرژی مصرفی برای مشترکین خانگی یا حداکثرسازی سطح رفاه آنها را در جهت دست‌یابی به یک پروفایل بار الکتریکی مسطح را بر اساس قیمت‌گذاری پویا طراحی کرده‌اند. در (Rad and Garcia, 2010) از یک رویکرد برنامه‌ریزی خطی برای مدلسازی مدیریت بهینه شارژ/دشارژ خودروهای برقی استفاده شده است. در این مرجع، نرخ تعرفه پلکانی و چندزمانه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نویسندگان (Tsui and Chan, 2012) از روش برنامه‌ریزی محدب برای ارزیابی نحوه اجرای روش‌های پاسخگویی بار برای تجهیزات الکتریکی کنترل‌پذیر در یک خانه مسکونی بهره گرفته‌اند. در (Chen and Low, 2011)، برنامه‌ریزی مدیریت سمت تقاضا توسط چندین خانه هوشمند به صورت یکپارچه با هدف حداکثرسازی بهره‌برداری اشتراکی طراحی شده و در (Ferreira et al, 2013)، از یک تکنیک تصادفی مبتنی بر برنامه‌ریزی مرتبه دوم برای غلبه بر عدم قطعیت کشش قیمتی تقاضا استفاده شده است. یک رویکرد تصمیم‌گیری نوینی برای ارزیابی کیفیت اثرات تعرفه چندزمانه بر روی الگوی شارژ خودروهای برقی در (Davis and Bradley, 2012) ارائه شده است. با توجه به مرور مقالات صورت پذیرفته، تاکنون مطالعه جامعی برای برنامه‌ریزی شارژ خودروهای برقی مصرف‌کنندگان با درنظرگرفتن سطح رضایت آنها و مدل‌سازی رفتار کشسانی مصرف‌کنندگان نسبت به تغییرات نرخ تعرفه انجام نشده است. در این شرایط، مهم‌ترین دستاوردهای مقاله حاضر را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

www.SID.ir

Archive of SID

– مقایسه میزان انرژی مصرفی و هزینه لازم برای شارژ خودروهای برقی در دو حالت نرمال و برنامه‌ریزی شده در ۳ سناریوی متفاوت (درصد نفوذهای ۲۰٪، ۵۰٪ و ۸۰٪).

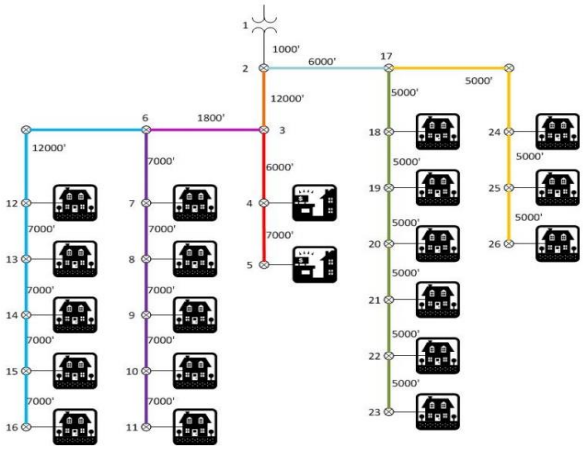
– مدلسازی میزان کشش مشترکین به تغییرات نرخ تعرفه دو زمانه به صورت ریاضیاتی

– درنظرگرفتن ضرائب کشسان مختلف برای انواع مختلفی از بارهای مسکونی و صنعتی

– درنظرگرفتن ضریب رضایت برای افزایش سطح رفاه مشترکین جهت تعیین مدت زمان مورد انتظار به منظور شارژ خودروهای برقی

شبکه تحت مطالعه

در این مقاله، از شبکه توزیع استاندارد IEEE متشکل از ۲۶ باس استفاده شد که شباهت زیادی به بخشی از شبکه توزیع شهرستان مشهد در کشور ایران دارد [۱۳]. در این شبکه به استثنای باس ۴ و باس ۵، هر باس شامل ۸۵ منزل مسکونی و در مجموع ۳۰۰۰ وسیله نقلیه برای کل شبکه توزیع در نظر گرفته شده است (شکل ۱). داده‌های بار مصرف از گزارش‌های مؤسسه مهندسی برق ایالات متحده برای روزهای فصل زمستان استخراج شده است (جدول ۱) (Logenthiran et al, 2012). در سال ۲۰۱۰، ۲۹ درصد از سیستم‌های گرمایش خانه در ایالات متحده با برق کار می‌کردند. با توجه به مرجع (Menta et al, 2016)، در یک خانه مسکونی مجهز به سیستم گرمایش الکتریکی، میانگین مصرف برق بین ۱.۲ تا ۱.۵ کیلووات متغیر است، در حالی که میانگین مصرف سایر مشترکین حدود ۰.۶ تا ۱ کیلووات اندازه‌گیری شده است.



شکل ۱: ساختار شبکه توزیع مورد مطالعه

جدول ۱: حداکثر توان مصرفی برای هر ساعت

www.SID.ir

Archive of SID

ساعت	بار (مگاوات)	ساعت	بار (مگاوات)	ساعت	بار (مگاوات)
۱	۷۰	۹	۹۶	۱۷	۱۱۰
۲	۶۲	۱۰	۹۸	۱۸	۱۱۶
۳	۶۲	۱۱	۹۸	۱۹	۱۱۶
۴	۶۰	۱۲	۹۸	۲۰	۱۱۲
۵	۶۰	۱۳	۹۸	۲۱	۱۰۶
۶	۶۴	۱۴	۱۰۰	۲۲	۱۰۰
۷	۸۰	۱۵	۱۰۰	۲۳	۹۰
۸	۹۰	۱۶	۱۰۲	۲۴	۸۰

تابع هدف

تابع هدف به صورت به حداقل رساندن هزینه انرژی مصرفی و مدت زمان انتظار برای شارژ خودروهای برقی (معادله (۱)) تعریف شده است. عبارت اول و دوم به ترتیب هزینه مصرف انرژی لوازم خانگی را در ساعات اوج مصرف و ساعات کم بار توضیح می‌دهد. عبارت سوم یک تابع خطی برای مدل‌سازی ضریب رضایت مصرف‌کننده برای شروع فرآیند شارژ خودروی برقی است. در این راستا زمان انتظار طبق معادله (۲) تعریف شده است.

$$\min: \quad o.f = \sum_{t \in p} \left(EC^t - SD\right).tar_p^t + \sum_{t \in np} \left(EC^t + SD\right).tar_{np}^t + \sum_{EV \in N} \left(1 + \lambda w^{EV}\right).L_{EV}^t.tar^t \qquad (۱)$$

$$W^{EV} = t - t_0^{EV} \qquad (۲)$$

EC^t : مقدار انرژی مصرفی در گام زمانی t

SD : توان جابجا شده از ساعات پیک به ساعت کم‌باری

tar^t : نرخ تعرفه در گام زمانی t

tar_p : نرخ تعرفه در دوره زمانی پیک بار

tar_{np} : نرخ تعرفه در دوره زمانی کم‌باری

λ : ضریب رضایت مشترک

www.SID.ir

Archive of SID

W^{EV} : بردار زمان انتظار برای شارژ خودروی برقی

L^{t}_{EV} : مقدار انرژی لازم برای شارژ خودرو

t_0^{EV} : زمان شروع شارژ خودروی برقی

اگر فرض شود که زمان مورد انتظار برای شروع فرآیند شارژ EV ساعت ۱۷:۰۰ باشد، آن‌گاه بردار انتظار (W) به صورت جدول (۲) محاسبه می‌شود.

جدول ۲: بردار انتظار برای شارژ خودروی برقی

W^{EV}	0	1	2	...
T	17	18	19	...

کشش تقاضا

یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در تعیین نرخ تعرفه، واکنش مصرف‌کنندگان نسبت به اختلاف نرخ تعرفه بین ساعات پرباری با ساعات کم‌باری است. در این پروژه، این رفتار کشسانی توسط معادلات (۳) و (۴) به ترتیب برای دوره‌های اوج بار و کم‌باری مدل‌سازی شده است.

$$SD_{(j)} - \left(\frac{1}{1+e^{-a_{(j,p)}(Tar_{cons(j,p)}-Tf)}} - 0.5 \right) SD_{(j)}^{max} = 0 \quad (۳)$$

$$SD_{(j)} - \left(\frac{1}{1+e^{-a_{(j,np)}(Tar_{cons(j,np)}-Tf)}} - 0.5 \right) SD_{(j)}^{max} = 0 \quad (۴)$$

معادله (۵) بیان می‌کند که شارژ خودروی برقی نمی‌تواند از یک مقدار مشخص تجاوز کند و در معادله (۶) مشخص شده است که در صورت عدم حضور خودرو در پارکینگ، نرخ شارژ برابر با صفر است.

$$0 \le L_t^{EV} \le q_{rated}^{EV}, \quad t \in [t_0^{EV}, t_1^{EV}] \quad (۵)$$

$$L_t^{EV} = 0, \quad t \in T \setminus [t_0^{EV}, t_1^{EV}] \quad (۶)$$

SD^{max} : حداکثر تقاضای جابجاپذیر

L_t^{EV} : مقدار شارژ خودروی برقی در گام زمانی t

q_{rated} : حداکثر مقدار نرخ شارژ لحظه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

بیان نتایج

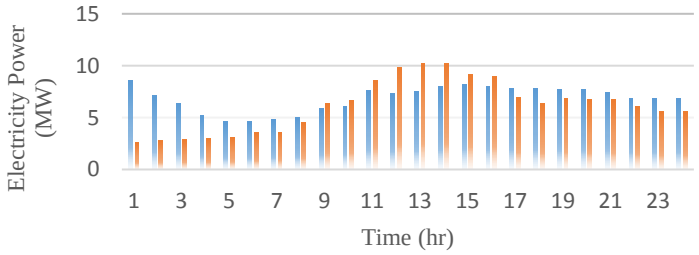
پس از اعمال الگوریتم ژنتیک، مقادیر بهینه بارهای جابجاپذیر با توجه به نرخ تعرفه دو زمانه بدست آمده است. در جدول (۳) ضرائب کشسان درنظرگرفته شده برای انواع مختلف مشترکین بیان شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مدل‌سازی از پنج نوع مصرف‌کننده استفاده شده است که چهار نوع آن مسکونی و آخرین مورد، صنعتی است.

جدول ۳: ضرائب کشش قیمت برای انواع مختلف مشترکین

Type	Bus No.	a_p (kWh/$)	(kWh/$) a_{np}
Res. 1	12-13-14-15-16	7	-25.5
Res. 2	7-8-9-10-11	5	-24
Res. 3	18-19-20-21-22-23	5.5	-24.5
Res. 4	24-25-26	6	-26
Ind. 1	4-5	7	-27

سناریو ۱: سطح نفوذ: ۲۰٪

در این بخش، فرض بر این است که ۲۰ درصد از منازل مسکونی موجود در شبکه دارای یک وسیله نقلیه الکتریکی (در مجموع ۶۰۰ دستگاه خودروی برقی) هستند. نتیجه به دست آمده در این مورد در شکل ۲ نشان داده شده است. رنگ قرمز نشان دهنده مصرف عادی و رنگ آبی نشان دهنده مصرف برق با در نظر گرفتن پاسخ تقاضا است.



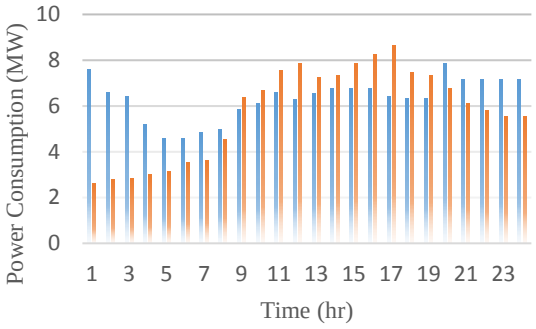
شکل ۲: مقایسه مقدار مصرف انرژی (سطح نفوذ: ۲۰٪)

سناریو ۲: سطح نفوذ: ۵۰٪

در این سناریو، فرض بر این است که ۵۰ درصد از مشترکین (۱۵۰۰ خانوار) دارای یک خودروی برقی هستند. شکل (۳) میزان توان مصرف شده را نشان می‌دهد. رنگ فیروزه‌ای نشان‌دهنده مصرف عادی و رنگ نارنجی نشان‌دهنده مصرف برق با در نظر گرفتن مدیریت پاسخ در سمت تقاضا است. در این شرایط بیش از ۴۶ درصد از هزینه‌های شارژ کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

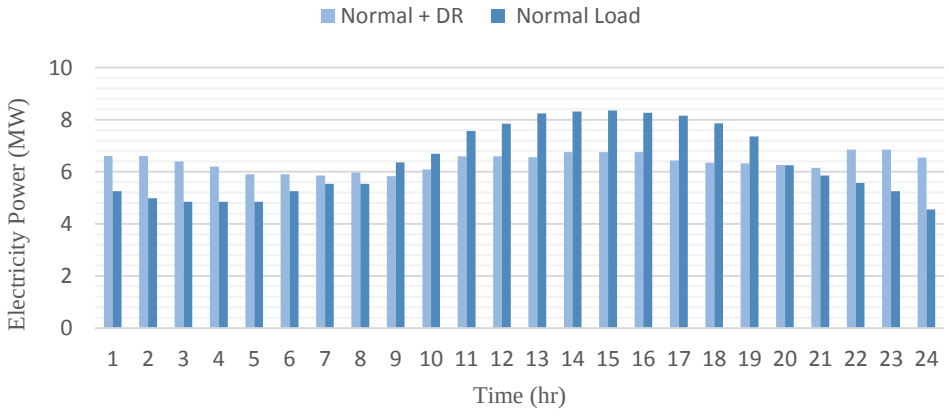
Archive of SID



شکل ۳: مقایسه مقدار مصرف انرژی (سطح نفوذ: ۵۰٪)

سناریو ۳: سطح نفوذ: ۸۰٪

در این سناریو، فرض بر این است که ۸۰ درصد از مصرف‌کنندگان (۲۴۰۰ خانوار) یک وسیله نقلیه برقی دارند. شکل (۴) مقدار توان جابجا شده را نشان می دهد.



شکل ٤: مقایسه مقدار مصرف انرژی (سطح نفوذ: ۸۰٪)

ارزیابی نتایج

با مقایسه سطوح مختلف نفوذ خودروهای الکتریکی، مشاهده می‌شود که کاهش قابل توجه‌ای در هزینه‌های انرژی مشترکین با افزایش درصد نفوذ ایجاد می گردد. این نتایج به تفصیل در جدول (۴) نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، با ضریب نفوذ ۲۰ درصد، بیش از ۱۰۰۰۰ دلار در هزینه انرژی مشترکین برای شارژ خودروهای برقی صرفه‌جویی و با افزایش این نرخ به ۸۰ درصد، هزینه شارژ بیش از ۲۷۰۰۰ دلار کاهش می‌یابد (۳۹٪). با استفاده از این

www.SID.ir

Archive of SID

رویکرد، نسبت پیک به میانگین بیش از ۴۰ درصد در مقایسه با مصرف معمولی بهبود می‌یابد که می‌تواند برای شرکت‌های برق در بهبود سطح پایداری شبکه بسیار مؤثر باشد.

جدول ٤: هزینه شارژ در سطوح مختلف درصد نفوذ

درصد نفوذ (٪)	نوع برنامه‌ریزی	هزینه شارژ ($)
۲۰	با برنامه‌ریزی	۲۷۵۴۰
	بدون برنامه‌ریزی	۱۶۹۰۰
۵۰	با برنامه‌ریزی	۴۴۳۹۰
	بدون برنامه‌ریزی	۲۳۷۰۰
۸۰	با برنامه‌ریزی	۶۸۹۴۰
	بدون برنامه‌ریزی	۴۱۹۲۰

نتیجه‌گیری

در شبکه‌های سنتی، ظرفیت توان تولیدی واحدهای نیروگاهی لازم است تا برآورده سازی مقدار حداکثر توان مورد تقاضا افزایش یابد، اما در محیط تجدیدساختار یافته شبکه توزیع هوشمند، می‌توان بخشی از ظرفیت تقاضا را به نحوی مدیریت کرد که در ساعات بحرانی، با جابجایی بار به سمت ساعات کم‌باری، تراکم شبکه کاهش یافته و از ظرفیت مورد نیاز تولید به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاسته شود. از آنجایی که زمان اوج بارگذاری در شبکه دارای یک برنامه زمان‌بندی کاملا تعریف شده‌ای نیست، لذا لازم است برنامه‌ریزی مدیریت مصرف به صورتی طراحی گردد که از انعطاف‌پذیری لازم برخوردار باشد.

در این مقاله، یک رویکرد جدیدی برای مدیریت انرژی در منازل مسکونی معرفی شده که نه تنها قادر است هزینه‌های انرژی را با تغییر بار مصرفی از ساعت‌های اوج مصرف به ساعات کم‌باری کاهش دهد، بلکه با تعریف شاخصی به نام سطح رضایت برای مالکان خودروهای برقی، سطح آسایش مصرف‌کنندگان را در جهت مشارکت در برنامه‌های مدیریت بار افزایش می‌دهد. در این رویکرد، ظرفیت پاسخگویی بار بر روی شبکه ۲۶ باس استاندارد IEEE که دارای ۴۰۰۰ انشعاب و حداکثر ۳۰۰۰ خودروی الکتریکی است، ارزیابی شده و با اجرای مدل کشش تقاضا با نرخ تعرفه دو زمانه، اثر شارژ خودروهای برقی در سطوح نفوذ ۲۰٪، ۵۰٪ و ۸۰٪ توسط بکارگیری الگوریتم ژنتیک تحت مطالعه قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده در درصد نفوذهای خودروهای برقی، مشخص گردید با درنظرگرفتن ۳۰٪ از ظرفیت بار به عنوان ظرفیت پاسخگویی، می‌توان هزینه‌های صورتحساب انرژی مصرفی را تا ۳۹٪ کاهش داد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Amin, F., & Elmi, M. M. B. (2021, August). Security Assessment and Reliability Improvement with considering Demand Response. In *2021 25th Electrical Power Distribution Conference (EPDC)* (pp. 71-75). IEEE.

Clement, K., Van Reusel, K., & Driesen, J. (2007, June). The consumption of electrical energy of plug-in hybrid electric vehicles in Belgium. In *European Ele-Drive Conference. Brussels, Belgium*.

Danxi, L., Bo, Z., Yan, Q., & Yu-jie, X. (2017, December). Optimal control model of electric vehicle demand response based on real—time electricity price. In *2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)* (pp. 1815-1818). IEEE.

Davis, B. M., & Bradley, T. H. (2012). The efficacy of electric vehicle time-of-use rates in guiding plug-in hybrid electric vehicle charging behavior. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *3*(4), 1679-1686.

De Sá Ferreira, R., Barroso, L. A., Lino, P. R., Carvalho, M. M., & Valenzuela, P. (2013). Time-of-use tariff design under uncertainty in price-elasticities of electricity demand: A stochastic optimization approach. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *4*(4), 2285-2295.

Fan, Z. (2012). A distributed demand response algorithm and its application to PHEV charging in smart grids. *IEEE Transactions on smart grid*, *3*(3), 1280-1290.

Hajiabadi, M. E., Saghravaniyan, S., Elmi, M. M. B., & Samadi, M. (2019). Determination of consumer satisfaction level in double-sided power market: An analytical decomposition approach. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *17*, 100193.

Li, N., Chen, L., & Low, S. H. (2011, July). Optimal demand response based on utility maximization in power networks. In *2011 IEEE power and energy society general meeting* (pp. 1-8). IEEE.

Logenthiran, T., Srinivasan, D., & Shun, T. Z. (2012). Demand side management in smart grid using heuristic optimization. *IEEE transactions on smart grid*, *3*(3), 1244-1252.

Lotfi, H., Elmi, M. B., & Zarif, M. (2015, November). Reliability assessment for power grid by adding wind farm. In *2015 International Congress on Technology, Communication and Knowledge (ICTCK)* (pp. 170-176). IEEE.

Menta, R. V., de Oliveira, E. J., Oliveira, L. W., Dias, B. H., & Marcato, A. L. M. (2016, June). Optimal model for electricity Tariff calculation. In *2016 power systems computation conference (PSCC)* (pp. 1-7). IEEE.

Mohsenian-Rad, A. H., & Leon-Garcia, A. (2010). Optimal residential load control with price prediction in real-time electricity pricing environments. *IEEE transactions on Smart Grid*, *1*(2), 120-133.

Razavi, A. B., & Elmi, M. M. B. (2020, December). Improvement of Voltage Profiles in Mashhad Distribution System with Presence of Rooftop PV. In *2020 10th Smart Grid Conference (SGC)* (pp. 1-6). IEEE.

Tsui, Kai Man, and Shing-Chow Chan. "Demand response optimization for smart home scheduling under real-time pricing." *IEEE Transactions on Smart Grid* 3, no. 4 (2012): 1812-1821.

www.SID.ir