طراحی تعرفه برق پلکانی و زمان مصرف با استفاده از اطلاعات مشترکین خانگی

سید ابراهیم مشیر فراهی[۱]، حبیب رجبی مشهدی[۲]
[۱]دانشگاه فردوسی مشهد ، e.moshir@mail.um.ac.ir
[۲]دانشگاه فردوسی مشهد ، h_mashhadi@um.ac.ir

چکیده – استفاده از تعرفه زمان مصرف مناسب می‌تواند علاوه بر بهبود نسبت اوج بار به میانگین شبکه، به جلوگیری از سرمایه‌گذاری جهت توسعه شبکه نیز کمک نماید. پرداختن به موضوعات اقتصادی برق به عنوان یکی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی ضرورتی غیر قابل انکار است چرا که هر سیستم مهندسی پیچیده‌ای برای ادامه کار نیازمند تامین هزینه‌هایش است. مساله طراحی تعرفه برق برای بخش خانگی یک مساله طراحی با در نظرگرفتن معیارهای متفاوت است که برخی از آن‌ها در تقابل با هم قرار دارند. در این مقاله کوشش شده است علاوه بر برشمردن نقاط ضعف تعرفه فعلی کشور، ساختاری جهت اصلاح تعرفه پیشنهاد شود. همچنین معیارهای مختلف در فرایند طراحی تعرفه در نظر گرفته شده اند.

کلید واژه- تعرفه پلکانی، تعرفه زمان مصرف، معیارهای طراحی تعرفه، در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به مشترکین در طراحی تعرفه.

۱- مقدمه

داشتن اطلاعات لازم و درک صحیح از وضعیت صنایع و شرایط کشور نقش مهمی در تعرفه گذاری بهینه بازی می‌کند. از آن‌جا که برق از موارد تاثیر گذار بر صنعت و کشاورزی است قبل از هرگونه تغییری در قیمت باید اثر آن پیش‌بینی شده و تمهیدات لازم اتخاذ گردد. هم‌چنین تاثیر اجتماعی تغییر قیمت‌ها از مسائل چالشی در مدیریت کشور است.

برای ایجاد تعرفه بهینه به اطلاعاتی از سمت تولید (و انتقال و تعمیرات) و اطلاعاتی از مصرف نیاز است. اطلاعات مورد نیاز سمت تولید عبارت است از:

- قیمت تمام شده
- محدودیت‌های شبکه
- هزینه خدمات
- توسعه مورد نیاز در آینده

اطلاعات مورد نیاز سمت مصرف عبارتند از:

- توان مالی مشترکین
- پروفایل مصرف
- ساعات پیک
- پیک‌های سالیانه، فصلی
- توزیع مصرف بین انواع مصرف کنندگان اعم از: خانگی، صنعتی، روستایی و ...

شرایط فعلی محاسبه تعرفه خانگی در کشور به این صورت است که بر اساس موقعیت مکانی مشترکین خانگی، آن‌ها را به ۵ مناطق عادی و مناطق گرمسیر ۱ تا ۴ تقسیم‌بندی می‌کنند. به این ترتیب ۵ جدل تعرفه پلکانی برای مناطق عادی و ماه‌های غیر گرم مناطق گرمسیر و ماه‌های گرم مناطق گرمسیر ۱ تا ۴ موجود است. همچنین برای تشویق مشترکین به جابه‌جا کردن مصرف از ساعات اوج‌بار به ساعات کم‌باری، ضرایب تشویق و جریمه‌ای به ترتیب برای مصرف در ساعات کم‌باری و اوج در نظر گرفته شده است که آن‌هم بسته به مناطق گرمسیری مختلف با ضرایب متفاوتی اعمال می‌شود. از آن‌جا که تعرفه برق بر بخش بزرگی از جامعه اثر می‌گذارد، لذا معیارهای مختلفی برای مناسب ارزیابی شدن تعرفه مد نظر است که عبارتند از:[۱]

- بهره‌وری: با توجه به تئوری‌های اقتصادی میدانیم که زمانی می‌شود یک بازار را بهینه فرض کرد که قیمت‌ها برابر با هزینه حاشیه‌ای قرار داده شوند.
- عدم تبعیض: به این معنا که هزینه قبض هر مشترک فقط به نوع و الگوی مصرف و هزینه‌ای که این الگوی مصرف به شبکه تحمیل می‌کند وابسته باشد و سوبسید متقابل بین مصرف کنندگان رخ ندهد. وقتی می‌گوییم سوبسید متقابل رخ داده است که برخی مشترکین بیش‌تر از هزینه‌ای که به شبکه تحمیل کرده اند پرداخت کنند و برخی کم‌تر و به این صورت

گروه اول به گروه دوم سوبسید می‌دهد.

- جبران هزینه‌ها: برای ادامه کار هر سیستم اقتصادی ضروریست که هزینه‌های آن تامین شود. این هزینه‌ها علاوه بر هزینه‌های جاری شامل هزینه سرمایه گذاری (مقدار سودی متعارف و قابل قبول جهت حفظ سرمایه‌گذار و توسعه مورد نیاز در آینده) نیز می‌شود.
- منصفانه بودن: دسترسی به برق جزو نیازهای ضروری است و در صورتی که گروهی توان پرداخت هزینه‌های استفاده از آن را نداشته باشند، کاهش سطح رفاه شدیدی را تجربه خواهند کرد. لذا دولت‌ها برنامه‌هایی را جهت حمایت از گروه‌های آسیب‌پذیر در نظر می‌گیرند.

لذا در این مقاله به دنبال طراحی تعرفه با رعایت معیارها هستیم.

ادامه ساختار مقاله به صورت زیر است:

در بخش دوم به مرور کارهای انجام شده و اهمیت آن‌ها پرداخته شده است. بخش سوم به توضیح مساله و فرمول‌بندی آن اختصاص دارد. بخش چهارم نمونه مورد مطالعه بررسی شده و ایده‌ها بر آن پیاده سازی شده اند. درنهایت در بخش پنجم به جمع بندی و ارائه پیشنهاد پرداخته شده است.

۲- مرور ادبیات

از اولین مقالاتی که به بررسی تغییر شکل بار مصرف کننده پرداخته است می‌توان به [۲] اشاره کرد که با بررسی دو آزمایش که توسط دپارتمان انرژی آمریکا انجام شده است اقدام به سنجش اثر تعرفه TOU بر تقاضای بار کرده است. داشتن اطلاعاتی از واکنش مصرف کننده به تعرفه TOU جهت طراحی بهینه تعرفه ضروری است؛ لذا مرجع [۳] با بررسی ۱۲ آزمایش قیمت گذاری پیک بار (PLP)[۱] که بر روی ۷۰۰۰ مشترک انجام شده است به دنبال به دست آوردن کشش[۲] است. مرجع [۴] به بررسی اثر قیمت گذاری متغیر با زمان بر پیک بار تابستان در آمریکا می‌پردازد؛ پس از بررسی مطالعات انجام شده در آمریکا تاثیر هر کدام از روش‌های TOU، قیمت گذاری اوج بار بحرانی (CPP)[۳]، قیمت گذاری زمان واقعی (RTP)[۴] و تخفیف به مشتری برای استفاده نکردن از برق در زمان پیک (PTR)[۵] مشخص می‌شود. مرجع[۵] با بررسی اثر تعرفه گذاری بر مبنای تقاضا در سوئد، به محاسبه کشش در پیک بار و همچنین میزان انتقال بار مشترکین از ساعات پیک به ساعات کم‌باری پرداخته است.

مرجع [۶] به مروری بر نحوه تخصیص هزینه ثابت (آبونمان) می‌پردازد. به این صورت که ابتدا مطالعه‌ای بر هزینه‌ها انجام شده و مولدهای هزینه شناسایی می‌شوند. در نهایت هزینه حاشیه‌ای محاسبه شده و به مصرف کنندگان اعمال می‌شود. همچنین در انتها نحوه پوشش هزینه‌های ثابت توسط شرکت‌های توزیع را بررسی می‌کند.

مرجع [۷] به بررسی و گزارش وضعیت صنعت برق چین قبل و بعد از تغییرات در تعرفه می‌پردازد. پس از نشان دادن عدم بهینگی تعرفه‌ها که هم موجب هدر رفتن منابع دولتی شده و هم انگیزه‌ای برای مصرف کننده جهت صرفه جویی ایجاد نمی‌کرد؛ نحوه تعیین بلوک‌های تعرفه را با توجه به شرائط چین تشریح می‌کند. هدف از انجام این اصلاحات کاهش سهم دولت از پرداخت سوبسید برق و سوبسید متقابل مصرف کنندگان ضعیف توسط مشترکین با توان اقتصادی بیش‌تر بوده است. پایه تقسیم بندی مشترکین، میانگین مصرف ماهیانه آن‌ها بوده و تعرفه طوری تنظیم شده است که ۹۰ درصد جامعه دچار افزایش هزینه برق نشوند.

مرجع [۸] مرتبط با بررسی نتایج آزمایشی جهت سنجش اثر تعرفه زمان مصرف بر بخش صنعتی در آمریکا پرداخته است. نتیجه حاصله نشان دهنده درصد قابل قبولی صرفه‌جویی در هزینه‌ها و همچنین شیفت بار و پیک سایی است.

مرجع [۹] روشی جدید برای طراحی تعرفه زمان مصرف برای مشترکین تجاری ارائه می‌دهد. در این روش قیمت‌های هر نیم ساعت در هر روز توسط یک روش کلاسترینگ به چند دسته تقسیم می‌شوند و سپس بر اساس آن‌ها تعرفه زمان مصرف طراحی می‌گردد. بر اساس دو پارامتر قیمت برق و بار شبکه، دو نوع تعرفه زمان مصرف طراحی شده است. مشترکین با استفاده از باتری نسبت به این دو مدل از تعرفه پاسخ می‌دهند و تابع هدف کاهش هزینه قبض مشترک است.

مرجع [۱۰] تئوری‌های موجود برای طراحی تعرفه جهت بهره برداری و سرمایه گذاری بهینه را توسعه می‌دهد. ارائه روشی جهت پوشش دادن عدم قطعیت هزینه‌های آینده تولید از نوآوری‌های این

[۱] Peak Load Pricing
[۲] Elasticity
[۳] Critical Peak Pricing
[۴] Real Time Pricing
[۵] Peak Time Rebates

مقاله است. روش نوین قیمت گذاری ارائه شده در این مقاله، تولید کنندگان و مصرف کنندگان را تشویق میکند که تصمیم‌هایی برای سرمایه گذاری و بهره برداری اتخاذ کنند که منجر به بیشینه شدن رفاه اجتماعی می‌شود. همچنین امکان سرمایه گذاری مشتریان تحت عنوان نصب سیستم‌های ذخیره ساز انرژی مدل شده است.

مرجع [۱۱] به تحقیق پیرامون مساله تعیین تعرفه TOU با در نظر گرفتن پاسخ مشترکین پرداخته است. فقط دو بازه پیک و غیر پیک در نظر گرفته شده است و برای حل این مساله از یک مدل دو سطحی استفاده شده که در سطح بالا تولید کننده به تعیین تعرفه با در نظر گرفتن واکنش مصرف کننده اقدام می‌کند؛ سپس در سطح پایین مصرف کننده در واکنش به تعرفه اعمال شده تقاضای خود را تغییر می‌دهد. برای بررسی اثر این روش مقایسه‌ای با حالت اعمال تعرفه ثابت (Flat Rate) انجام می‌شود.

مراجع [۱۲] و [۱۳] به طراحی تعرفه برای کشورهای در حال توسعه می‌پردازند. تمرکز اصلی بر این است که اولا هزینه بخش‌های مختلف تولید، توزیع و انتقال پوشش داده شود و ثانیا سیگنال قیمت مناسب که بازتاب دهنده هزینه نهایی تولید انرژی است به مشترکین ارسال شود.

مرجع [14] به طراحی تعرفه بهینه برای خرده فروش با استفاده از روش‌های فازی اشاره دارد. نواوری مقاله در نظر گرفتن عدم قطعیت رفتار مصرف کنندگان و قیمت بازار عمده فروشی توسط توابع عضویت است. در انتها موثر بودن روش ارائه شده برای کاهش نسبت اوج بار به میانگین (PAR)[۶]، مورد آزمون قرار گرفته است.

میدانیم تعیین TOU بهینه وابسته به رفتار مصرف کننده است و پخش بار بهینه جهت کمینه کردن هزینه سوخت به تابع هزینه تولید کنندگان بستگی دارد. از آن‌جا که این دو مساله بر هم اثر دارند؛ مرجع [۱۵] با در نظر گرفتن هم‌زمان این دو، علاوه بر به‌دست آوردن تعرفه‌ها، مساله پخش بار اقتصادی را نیز حل می‌کندو به این ترتیب بازی برد برد برای دو سمت تولید و مصرف ایجاد می‌شود.

۳- توضیح مساله

نوآوری این مقاله، طراحی تعرفه بلوکی برای هر بازه تعرفه زمان مصرف است به صورتی که نتیجه حاصله مشابه حالتی باشد که به مشترک تعرفه زمان واقعی اعمال شده باشد. تابع هدف کمینه کردن اختلاف بین قبض مشترک با حالتی است که به او تعرفه زمان واقعی اعمال شود. در این‌جا فرض می‌شود که قیمت‌های زمان واقعی مشخص هستند. در عمل می‌توان از میانگین قیمت‌های زمان واقعی در یک بازه زمانی قابل قبول استفاده کرد. پارامترهای تصمیم گیری عبارتند از: تعداد بازه‌های زمانی، شروع و اتمام هر بازه زمانی، تعداد پله‌های هر بلوک، میزان حجم مصرف هر بلوک و قیمت برق در هر بلوک. ابتدا فرض میکنیم تعداد برچسب‌های بازه‌های زمانی برابر ۳ باشد. به این معنا که هر بازه زمانی با یکی از کلمات: میان‌باری، اوج بار و کم‌باری توصیف شوند. همچنین انتخاب بازه‌های زمانی را بر اساس تغییرات قیمت زمان واقعی انتخاب میکنیم.

۳-۱- انتخاب تعداد برچسب‌ها برای بازه‌های زمانی

به دلیل رعایت معیار ساده بودن تعرفه اعمالی و پرهیز از پیچیدگی‌های غیر ضرور، تعداد برچسب‌ها برابر ۳ در نظر گرفته شده است. در صورت زیاد بودن تعداد برچسب‌ها مشترک درچار سردرگمی شده و مدیریت مصرف با مشکل مواجه می‌گردد. همچنین هدف نهایی اغلب روش‌های مدیریت بار، کاهش اوج‌بار است و وجود سه برچسب میان‌باری، اوج‌بار و کم‌باری برای این منظور کفایت می‌کند.

۳-۲- برچسب‌گذاری بازه‌های زمانی

برای برچسب‌گذاری بازه‌های زمانی در طول یک روز ابتدا در طول هر فصل میانگین بار مصرفی در طول روز را برای هر ساعت روز محاسبه می‌شود. حال بر اساس میانگین ساعتی بار مصرفی، طبق قاعده زیر اقدام به برچسب‌گذاری می‌شود:

- به ازای هر ساعتی که بار مصرفی بین ۰,۸ تا ۱,۲میانگین بار مصرفی روزانه است؛ آن ساعات میان‌باری انتخاب می‌شوند.
- به ازای ساعاتی با مصرف بیش از ۱,۲ میانگین بار مصرفی روزانه؛ آن ساعات، اوج‌بار در نظر گرفته می‌شود.
- به ازای ساعاتی با مصرف کم‌تر از ۰,۸ میاانگین بار مصرفی روزانه؛ آن ساعات، کم‌باری در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳- تعداد پلکان‌ها

از آنجا که هدف مقاله طراحی تعرفه با حد اقل فاصله گرفتن از معیارها است و به دلیل ضرورت ادامه حمایت از قشر آسیب‌پذیر؛ ۴ پلکان برای طراحی تعرفه پلکانی در نظر گرفته می‌شود. هدف این است که پله اول طوری طراحی شود که مصرف کنندگان کم مصرف امکان پرداخت هزینه قبض را داشته باشند. پلکان دوم برابر با هزینه

[۶] Peak-to-average ratio

خرید انرژی از بازار برق محاسبه می‌شود. مصرف کنندگان با مصرف در محدوده پلکان سوم علاوه بر پرداخت هزینه واقعی، اختلاف پرداختی و قیمت واقعی ناشی از مصرف در پلکان اول را جبران میکنند. از آنجا که در شرایط فعلی مصرف کنندگان هزینه سوخت را نمی‌پردازند؛ پلکان چهارم برای جبران هزینه سوخت از مصرف کنندگان پر مصرف در نظر گرفته شده است.

۳-۴- محل شکستن پلکان‌ها

در این قسمت برای انتخاب حجم مصرف در هر پلکان از اطلاعات مصرف مشترکین و اطلاعات اقتصادی کشور استفاده می‌شود.

حجم مصرف پلکان اول باید به اندازه‌ای باشد که درصدی از مشترکین که به تشخیص دولت نیازمند حمایت هستند را شامل شود. به این صورت که اگر طبق تشخیص دولت p درصد از مشترکین نیاز به حمایت دارند؛ حجم پله اول به اندازه‌ای است که مصرف p درصد مشترکین در هر بازه زمانی برچسب‌گذاری شده از آن بیش‌تر نشود.

برای سه پلکان بعدی نیز از همین منطق جهت تعیین حجم مصرف استفاده می‌شود. خانوارها به چهار دسته اقتصادی تقسیم می‌شوند و به ازای فراوانی نسبی هر دسته، با استفاده از اطلاعات مصرف مشترکین، حجم مصرف هر پلکان مشخص می‌شود. در این مقاله با توجه به اطلاعات کشور، درصدی از جمعیت مشترکین که در پلکان‌های ۱ تا ۴ قرار می‌گیرند عبارتند از: ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درصد. به این معنا که ۴۰ درصد مشترکین از یارانه انرژی بهره می‌برند. ۳۰ درصد برای بخشی از مصرفشان یارانه گرفته و برای مازاد آن قیمت واقعی را می‌پردازند، ۲۰ درصد قیمت تمام شده بازار برق را می‌پردازند و ۱۰ درصد پر مصرف نیزعلاوه بر قیمت بازار برق، هزینه سوخت را می‌پردازند.

۳-۵- قیمت انرژی در هر پلکان

قیمت انرژی پلکان اول به اندازه‌ای است که تغییری در قبض پرداختی ایجاد نشود. قیمت پلکان دوم برابر قیمت بازار است. پلکان سوم اختلاف پرداختی با قیمت واقعی پلکان اول را جبران می‌کند. در پلکان چهارم هزینه سوخت به قیمت هر کیلووات ساعت انرژی اضافه می‌شود. نکته مهم در اینجا قیمت پلکان دوم است؛ زیرا باید طوری تعیین شود که قبض پرداختی مشترک برابر حالتی باشد که گویا در حال پرداخت تعرفه زمان واقعی است. همچنین با محاسبه پلکان اول و دوم، پلکان سوم و چهارم نیز بدست می‌آیند.

معادله زیر مساله بهینه سازی برای تعیین قیمت‌های زمان مصرف را نشان می‌دهد که تابع هدف آن کمینه کردن اختلاف بین قبض مشترک تحت تعرفه زمان مصرف با حالتی است که تعرفه زمان واقعی اعمال می‌شود.

$$\text{Min} \left| \sum_{Demand} \sum_{t=1}^{24} P_t L_{i,t} - \sum_{Demand} \sum_{t=1}^{24} \pi_t L_{i,t} \right| \quad (۱)$$

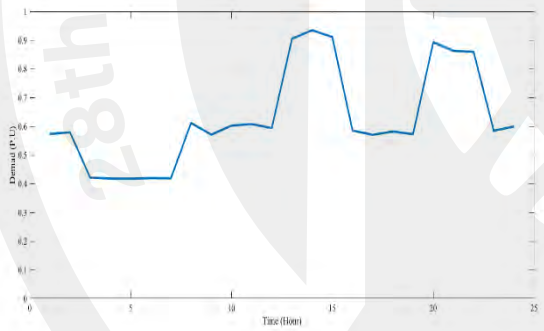
که در آن P_t میانگین قیمت بازار برق در ساعت t، $L_{i,t}$ بار مشترک i ام در ساعت t و π_t قیمت زمان مصرف در ساعت t هستند.

با بدست آمدن π_t ها گام نهایی محاسبات مربوط به تعرفه پلکانی خواهد بود.

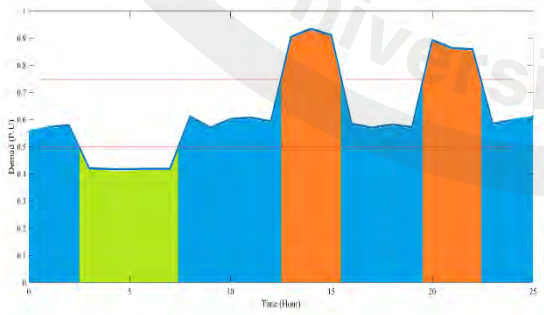
نحوه حل معادله شماره ۱ به صورت خطی است و توسط نرم‌افزارهای بهینه سازی قابل فرمول نویسی و حل است. در این‌جا قیود مربوط به بهینه سازی مطرح نشده که از جمله می‌توان به صعودی بودن تعرفه پلکانی اشاره نمود.

۴- نتایج و نمونه مورد مطالعه

به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات واقعی مشترکین در این مقاله از اطلاعات تولید شده استفاده شده است. سعی شده که منحنی بار مشابه منحنی بار واقعی انتخاب شود. شکل زیر نشان دهنده میانگین بار ۱۰۰ مشترک در طول ۲۴ ساعت است.



شکل ۱: میانگین پریونیت شده بار کل



شکل ۲: برچسب گذاری بازه‌های زمانی

شکل ۲ نشان‌دهنده نتیجه برچسب‌گذاری بازه‌های زمانی است که رنگ‌های آبی نارنجی و سبز به ترتیب نشان‌دهنده میان‌باری، اوج‌بار

و کم‌باری هستند. همچنین مشاهده می‌شود که ۴ بازه زمانی با عبارت میان‌باری، ۲ بازه زمانی با عبارت اوج بار و ۱ بازه زمانی با عبارت کم‌باری برچسب‌گذاری شده اند.

از نتیجه حاصل از حل معادله (۱) قیمت‌های پلکان دوم بدست می‌آید. با داشتن مقادیر پلکان اول و دوم، قیمت پلکان سوم در هر بازه زمانی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_3 = C_2 + (C_2 - C_1) * V_1/V_3 \quad (۲)$$

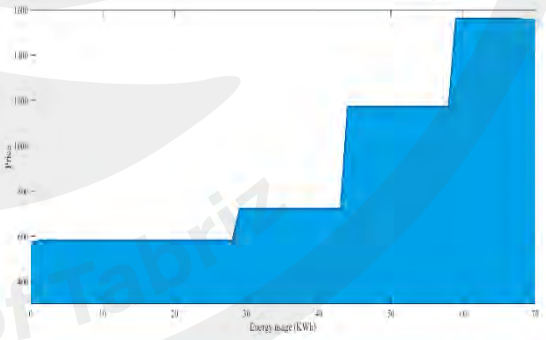
که در آن C_1 تا C_3 به ترتیب قیمت بلوک‌های ۱ تا ۳ به ازای ساعات مختلف هستند و V_1 تا V_3 به ترتیب حجم مصرف بلوک‌های ۱ تا ۳ هستند.

با اضافه کردن قیمت سوخت به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی به قیمت بازار در بازه‌های زمانی ذکر شده، قیمت برق برای بلوک ۴ نیز به دست می‌آید.

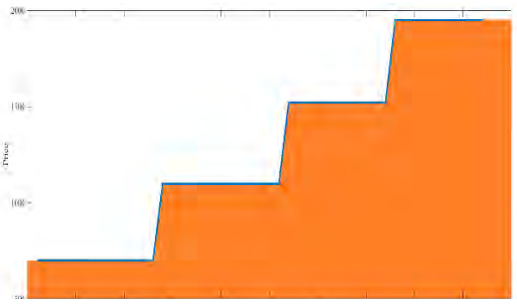
$$C_4=C_2+F \quad (۳)$$

که در آن F نشان دهنده هزینه سوخت با واحد ریال بر کیلووات ساعت است.

اشکال ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نشان دهنده تعرفه پلکانی در ساعات میان‌باری، اوج‌بار و کم‌باری هستند. همانطور که انتظار میرود، سطح قیمت‌ها در تعرفه پلکانی مرتبط به ساعات اوج‌بار نسبت به دو بازه‌زمانی دیگر بیش‌تر است و همچنین قیمت‌های تعرفه پلکانی ساعات میان‌باری از کم‌باری بیش‌تر است.

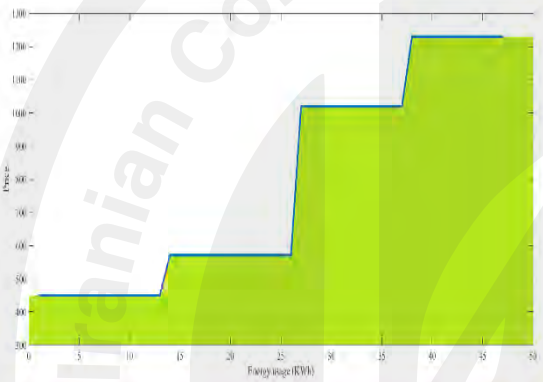


شکل ۳: تعرفه پلکانی برای ساعات میان‌باری



شکل ۴: تعرفه پلکانی برای اوج بار

به دلیل اصول حاکم بر طراحی تعرفه، از دو مساله مطمئن هستیم: اول اینکه برای تمام مشترکین با مصرف بیش‌از پلکان سوم در بازه‌های زمانی، مشترکین علاوه بر هزینه واقعی بازار برق، هزینه سوخت را نیز می‌پردازند. دوم اینکه با اعمال این تعرفه امکان شناسایی و محاسبه یارانه پنهان انرژی و نحوه هزینه کرد آن میسر می‌گردد.



شکل۵: تعرفه پلکانی برای ساعات کم باری

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله چهارچوبی برای طراحی تعرفه پیش‌نهاد می‌دهد که علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای کیفی طراحی تعرفه از جمله: رعایت انصاف، عدم تبعیض، شفافیت و سادگی دارای مزیت‌های زیر است:

- دست طراح برای طراحی تعرفه با توجه به وضعیت جامعه و امکان پذیری اجرای تعرفه باز است.
- به دلیل جداسازی بازه‌های زمانی، سیگنال قیمت مناسب به مشترک منعکس می‌شود و انگیزه برای جابه‌جایی مصرف از ساعات اوج به ساعات کم‌باری مهیا می‌گردد.
- به دلیل میانگین‌گیری از قیمت‌ها در یک بازه زمانی، پایداری تعرفه بالاست و امکان مدیریت مصرف برای مشترک فراهم است و هم‌چنین می‌شود از نرم‌افزارهای هوشمند جهت مدیریت مصرف استفاده کرد که خود باعث بهبود برنامه‌های پاسخگویی بار می‌شود.
- از آن‌جا که در کشور هزینه سوخت به طور کامل در محاسبه قیمت برق لحاظ نمی‌گردد، با وجود تعرفه پلکانی می‌توان از مشترکین پرمصرف هزینه سوخت را دریافت

نمود.

به طور خلاصه در این مقاله ابتدا با استفاده از میانگین هر ساعت قیمت‌های زمان واقعی، برچسب‌گذاری بازه‌های زمانی انجام شده است. سپس با حل معادله شماره ۱، قیمت‌های زمان مصرف بدست می‌آید و در انتها با استفاده از اطلاعات مصرف مشترکین، حجم و قیمت‌های تعرفه بلوکی محاسبه می‌گردد.

جهت بهبود کار انجام شده و ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آینده می‌توان به نحوه انتخاب بازه‌های زمانی اشاره کرد. به این صورت که انتخاب و برچسب‌گذاری بازه‌های زمانی علاوه بر قیمت برق از الگوی بار نیز تبعیت کند؛ زیرا به دلیل وجود عامل حداقل زمان روشن بودن ژنراتور زیاد بودن مصرف در یک زمان می‌تواند اثرش را در بالا بردن قیمت بازار برق در سایر زمان‌ها نیز نشان دهد.

مورد قابل توجه دیگر این است که درصورت وجود اطلاعات مالی خانوارها می‌توان اعمال تعرفه پلکانی را به صورت انتخابی انجام داد که در این صورت نیز بخشی از یارانه پنهان صرفه جویی می‌شود.

برای بهبود نتیجه حاصله از بهینه سازی معادله شماره ۱ می‌توان حجم و قیمت‌های تعرفه پلکانی را نیز جزو پارامترهای تصمیم در نظر گرفت تا پاسخ نهایی به نقطه بهینه نزدیک‌تر گردد.

مراجع

]1[T. Brown, A. Faruqui, L. J. E. A. Grausz, and Policy, "Efficient tariff structures for distribution network services," vol. 48, pp. 139-149, 2015.

]2[S. E. J. R. Atkinson and Energy, "Reshaping residential electricity load curves through time-of-use pricing," vol. 3, no. 2, pp. 175-194, 1981.

]3[A. Faruqui and J. R. J. E. Malko, "The residential demand for electricity by time-of-use: a survey of twelve experiments with peak load pricing," vol. 8, no. 10, pp. 781-795, 1983.

]4[G. R. Newsham and B. G .J. E. p. Bowker, "The effect of utility time-varying pricing and load control strategies on residential summer peak electricity use: a review," vol. 38, no. 7, pp. 3289-3296, 2010.

]5[C. Bartusch, F. Wallin, M. Odlare, I. Vassileva, and L. J. E. P. Wester, "Introducing a demand-based electricity distribution tariff in the residential sector: Demand response and customer perception," vol. 39, no. 9, pp. 5008-5025, 2011.

]6[A. Faruqui and K. J. T. E. J. Leyshon, "Fixed charges in electric rate design: A survey," vol. 30, no. 10, pp. 32-43, 2017.

]7[C. Sun and B. J. E. P. Lin, "Reforming residential electricity tariff in China: Block tariffs pricing approach," vol. 60, pp. 741-752, 2013.

]8[K. Wang, M. Zhang, Z. Wang, R. Li, F. Li, and H. J. E. P. Wu" ,Time of use tariff design for domestic customers from flat rate by model-based clustering," vol. 61, pp. 652-655, 2014.

]9[R. Li, Z. Wang, C. Gu, F. Li, and H. J. A. e. Wu, "A novel time-of-use tariff design based on Gaussian Mixture Model," vol. 162, pp. 1530-1536, 2016.

]11[R. J. Kaye and H. R. J. I. T. o. P. s. Outhred, "A theory of electricity tariff design for optimal operation and investment," vol. 4, no. 2, pp. 606-613, 1989.

]11[L. Yang, C. Dong, C. J. Wan, and C. T. J. I. J. o. P. E. Ng, "Electricity time-of-use tariff with consumer behavior consideration," vol. 146, no. 2, pp. 402-410, 2013.

]12[J. H. Williams and R. J. E. Ghanadan, "Electricity reform in developing and transition countries: A reappraisal," vol. 31, no. 6-7, pp. 815-844, 20.16

]13[J. J. E. Torriti, "Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy," vol. 44, no. 1, pp. 576-583, 2012.

]14[M. Charwand and M. J. E. Gitizadeh" ,Optimal TOU tariff design using robust intuitionistic fuzzy divergence based thresholding," vol. 147, pp. 655-662, 2018.

]15[E. Dehnavi and H. J. E. Abdi, "Optimal pricing in time of use demand response by integrating with dynamic economic dispatch problem," vol. 109, pp. 1086-1094, 2016.