ارائه مدلی کاربردی برای مطالعه تاثیرکنتورهای چند تعرفه بر پیک‌سایی و کاهش مصرف انرژی الکتریکی بخش خانگی

مهدی علومی بایگی
شرکت برق منطقه‌ای خراسان
دفتر بازار برق

دکتر رضا عفت نژاد
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

حمید رضا نی‌ساز
دفتر بهینه سازی مصرف انرژی
معاونت امور انرژی – وزارت نیرو

مازیار میرحسینی
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان

با حمایت واحد تحقیق‌ات شرکت توزیع نیروی برق مشهد

واژه‌های کلیدی: کنتور چند تعرفه، مدیریت بار، پیک‌سایی، صرفه‌جویی انرژی

چکیده

برای بررسی تاثیر کنتورهای چند تعرفه بر پیک‌سایی و کاهش مصرف انرژی الکتریکی نیازمند مدل کاملی می‌باشیم که متاسفانه چنین مدلی در مورد کشور ما وجود ندارد. هدف از ارائه این مقاله ارائه مدلی کامل و کاربردی برای بررسی تاثیر کنتورهای چند تعرفه بر پیک‌سایی و کاهش مصرف انرژی الکتریکی است، برای این منظور در این مقاله عوامل مختلف تاثیرگذار بر مصرف انرژی الکتریکی معرفی شده و در این مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل ارائه شده در این مقاله یک مدل جدید و ابتکاری بوده که شامل پارامترهای مصرف انرژی الکتریکی مشترکین، سطح آگاهی عمومی و قیمت برق در ساعت مختلف شبانه‌روز است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کنتورهای چند تعرفه باعث ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی هر مشترک و در صورت تعویض کامل کنتورهای یک تعرفه با چند تعرفه کشور ۴۵ درصد پیک‌سایی خواهد شد.

مقدمه

بدلیل پایین بودن قیمت انرژی تا قبل از سال ۱۹۷۰ کمتر کشوری به مصرف انرژی توجه داشت، اما بعد از بحران نفتی در این سال و افزایش قیمت انرژی، بسیاری از کشورها نسبت به اهمیت اقتصاد انرژی عکس العمل نشان داده و توجه خود را بر روی این موضوع متمرکز نمودند. این در حالی است که در کشور ما بدلیل پرداخت یارانه و پایین بودن قیمت انرژی، مصرف بی‌رویه و بدون مدیریت انرژی مشکلات اقتصادی و اجتمایی زیادی را به وجود آورده است. یکی از مهمترین مشکلات موجود در این زمینه، مصرف زیاد انرژی در ساعات پیک است. در زمینه کاهش مصرف انرژی الکتریکی بخصوص در ساعات پیک تا کنون تحقیقات‌ی انجام گرفته است. از جمله این

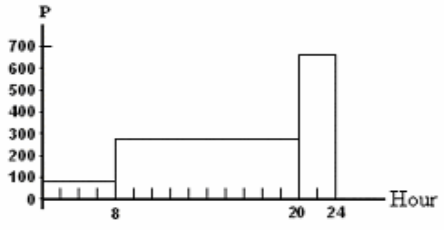
استفاده از کنتورهای چند تعرفه اشاره نمود [۱][۲][۳].

در این مقاله مدلی جدید برای بررسی تاثیر کنتورهای چند تعرفه بر پیک‌سایی و مصرف انرژی الکتریکی در بخش خانگی ارائه شده است که نوعی از معادلات بهینه‌سازی است.

در ادامه ضرورت استفاده از کنتورهای چند تعرفه بررسی شده است. سپس عوامل مختلف تاثیرگذار بر مصرف انرژی الکتریکی مدل سازی شده و مدل بدست آمده برای یک سال نمونه کشور شبیه‌سازی شده است و در انتها نتایج این شبیه‌سازی ارائه شده است.

ضرورت استفاده از کنتورهای چند تعرفه

در بسیاری از کشورها مصرف انرژی الکتریکی روزانه (بخصوص در بخش خانگی) از منحنی خاصی (منحنی بار) پیروی می‌کند. کشور ایران نیز دارای منحنی بار مخصوص به خود است. طبق این منحنی در ساعات اولیه روز یعنی از ساعت یک الی ۸، مصرف انرژی الکتریکی ناچیز بوده (بار پایه) و در این ساعات نیروگاهها در ظرفیتی پایین تر از ظرفیت نامی خود بهره‌برداری می‌شوند. در ساعات میانی روز یعنی از ساعت ۸ الی ۲۰ مصرف انرژی الکتریکی نسبت به ساعات اولیه روز افزایش می‌یابد (بار میانی). در شب هنگام یعنی بین ساعات ۲۰ الی ۲۴ مصرف انرژی الکتریکی بشدت افزایش می‌یابد (بار پیک)، در این ساعات توان تولیدی نیروگاهها تقریباً برابر توان نامی آنهاست. مصرف انرژی الکتریکی در این ساعات به حدی زیاد می‌شود که ممکن است شبکه دارای رزرو کافی نباشد و این امر باعث پایین آمدن امنیت شبکه می‌شود. شکل زیر منحنی بار تقریبی یک مشترک را نشان می‌دهد.



شکل (۱) منحنی بار تقریبی یک مشترک

این منحنی نشان می‌دهد مصرف بسیار زیاد انرژی الکتریکی در ساعات پیک و مصرف ناچیز انرژی الکتریکی در ساعات کم باری است این امر باعث می‌شود بازده نیروگاهها در ساعات غیر پیک کاهش یافته، همچنین بعلت عدم استفاده از ظرفیت نصب شده نیروگاهها در طول روز، قیمت برق بشدت افزایش یابد. از طرف دیگر بعلت پایین بودن قیمت انرژی در کشور ما متأسفانه مصرف انرژی روند منطقی ندارد. برای حل این دو مشکل یعنی صاف نمودن منحنی بار و کاهش مصرف انرژی باید اقداماتی اساسی انجام گیرد. یکی از بهترین روش‌های ارائه شده برای رفع این مشکلات استفاده از کنتور چند تعرفه است.

طرح مساله

در ادامه این مقاله به دنبال ارائه مدلی جدیدی برای بررسی تاثیرات کنتورهای چند تعرفه بر مصرف انرژی می‌باشیم در این مدل وضعیت شبکه از نظر تولید، مصرف و... قبل و بعد از نصب کنتورهای چند تعرفه در نظر گرفته می‌شود. پس از نصب کنتورهای چند تعرفه عوامل زیادی بر مصرف انرژی الکتریکی تاثیر خواهند داشت که مدل لحاظ شده‌اند. باید توجه شود که سود یا زیان ناشی از نصب کنتورهای چند تعرفه از دیدگاه‌های مختلف قابل بررسی است. در این مقاله سود را از دیدگاه ملی بررسی می‌کنیم. در حقیقت از این دیدگاه مصرف انرژی باید به حداقل مقدار خود برسد و منحنی بار نیز باید هموار گردد. برای این منظور بدون افزایش ظرفیت تولید باید سود حداکثر گردد در نتیجه این مساله یک مساله بهینه‌سازی است. این بهینه‌سازی را می‌توان در یک یا چند سال مورد مطالعه قرار داد. با توجه به توضیحات بیان شده در مدل ارائه شده سود ملی ناشی از مصرف انرژی الکتریکی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Max\left(B_y - C_y\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه B_y درآمد سالانه ناشی از مصرف انرژی الکتریکی و C_y هزینه سالانه ناشی از تولید انرژی الکتریکی است

درآمد:

درآمد سالیانه ناشی از مصرف انرژی الکتریکی برابر با حاصلضرب متوسط مصرف انرژی الکتریکی هر مشترک در تعداد مشترکین در قیمت انرژی الکتریکی است بنابراین برای محاسبه درآمد ناشی از فروش انرژی الکتریکی در مدل ارائه شده پارامترهای زیر لحاظ شده است.

۱. از آنجایی که مصرف انرژی الکتریکی در فصل‌های مختلف سال متفاوت است مصرف انرژی الکتریکی بصورت روزانه لحاظ شود.

۲. مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتورهای چند تعرفه با مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور یک تعرفه متفاوت است.

۳. مصرف انرژی الکتریکی روزانه هر مشترک به ۳ بخش کم باری، عادی و پیک تقسیم می‌شود.

در نتیجه درآمد سالانه از رابطه زیر بدست می‌آید

$$\begin{aligned} B_y &= 185K_1\left(C_1W_{1s}+C_2W_{2s}+C_3W_{3s}\right)\\ &+185K_2\left(CW_s\right)+\\ &185K_1\left(C_1W_{1w}+C_2W_{2w}+C_3W_{3w}\right)\\ &+185K_2\left(CW_w\right) \end{aligned} \qquad (۲)$$

در این رابطه K_1 تعدا کنتورهای چند تعرفه، K_2 تعداد کنتورهای یک تعرفه، C قیمت برق برای مشترکین دارای کنتور یک تعرفه، C_1 قیمت برق برای مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در کم باری، C_2 قیمت برق برای مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در بار عادی، C_3 قیمت برق برای مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در بار پیک است. در این رابطه همچنین W نشان دهنده انرژی مصرفی، زیرنویس s نشاندهنده فصل تابستان، زیرنویس w نشاندهنده فصل زمستان، زیرنویس ۱ نشاندهنده ساعات کم باری، زیرنویس ۲ نشاندهنده ساعات عادی و زیرنویس ۳ نشاندهنده ساعات پیک است

مصرف انرژی الکتریکی:

در ضمیمه (۱) متوسط مصرف انرژی الکتریکی مشترکین در بخش خانگی بررسی شده است. این مقدار مصرف را می‌توان با نصب کنتورهای چند تعرفه و آگاه‌سازی کاهش داد. همچنان که گفته شد مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور چند تعرفه به سه بخش کم باری، عادی و پیک تقسیم می‌شود. بنابراین میزان مصرف انرژی الکتریکی مشترکین در فصل تابستان برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} W_{1s} &= W_{\min 1s}+(1-y)W'_{1s}\\ W_{2s} &= W_{\min 2s}+(1-y)W'_{2s}\\ W_{3s} &= W_{\min 3s}+(1-y)W'_{3s} \end{aligned} \qquad (۳)$$

در این رابطه $\min 1s$ ،$\min 2s$ و $\min 3s$ به ترتیب نشاندهنده حداقل مصرف انرژی مشترکین در تابستان در ساعات کم باری، عادی و پیک است و y پارامتری است که نشان می‌دهد بالا رفتن آگاهی عمومی چه تاثیری بر مصرف انرژی می‌گذارد این پارامتر مقداری بین صفر تا یک دارد در صورتی که سطح آگاهی عمومی حداکثر باشد $y=1$ و هرچه سطح آگاهی عمومی کمتر باشد این پارامتر به صفر نزدیکتر می‌شود در این رابطه همچنین پریم نشاندهنده تفاضل ماکزیمم انرژی مصرفی از مینیمم انرژی مصرف مشترکین در تابستان (یعنی $(W'=W_{\max}-W_{\min})$ است)

و مصرف انرژی الکتریکی در زمستان برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} W_{1w} &= W_{\min 1w}+(1-y)W'_{1w}\\ W_{2w} &= W_{\min 2w}+(1-y)W'_{2w}\\ W_{3w} &= W_{\min 3w}+(1-y)W'_{3w} \end{aligned} \qquad (۴)$$

علاوه بر این مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور یک تعرفه نیز با افزایش تبلیغات کاهش می‌یابد. بنابراین میزان مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور یک تعرفه در فصل تابستان و زمستان برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} W_s &= W_{\min s}+(1-y)W'_s\\ W_w &= W_{\min w}+(1-y)W'_w \end{aligned} \qquad (۵)$$

هزینه ها:

هزینه‌های مرتبط با این بهینه‌سازی از رابطه زیر بدست می‌آید که در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.

$$C_y = C_o + C_i + C_f + C_c \qquad (۶)$$

C_o: هزینه تولید، C_i: هزینه افزایش ظرفیت اضافی، C_f: هزینه آگاه‌سازی، C_c: هزینه تعویض کنتورهای موجود با کنتورهای چند تعرفه.

۱) هزینه تعویض کنتورها

تعویض کنتورهای کنونی با کنتورهای چند تعرفه دارای هزینه می‌باشد که یکی هزینه کنتور و دیگری هزینه نصب می‌باشد. هزینه نصب کنتورهای چند تعرفه از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$C_c = K_1 C_m \qquad (۷)$$

C_m: مجموع هزینه کنتور و هزینه نصب

۲) هزینه تولید

هر تولیدی دارای هزینه ثابت و هزینه متغیر است که در بهینه‌سازی باید در نظر گرفته شود. از آنجایی که این مساله از دیدگاه ملی بررسی می‌شود و هدف کاهش مصرف انرژی یا سوخت می‌باشد فقط هزینه‌های متغیر که مربوط به سوخت می‌باشد در نظر گرفته شده است. مقدار این هزینه برابر است با:

$$C_o = 365C_{fi} \times K_1\left(W_{1s} + W_{2s} + W_{3s} + W_{1w} + W_{2w} + W_{3w}\right) + K_2\left(W_s + W_w\right) \qquad (۸)$$

C_{fi}: هزینه سوخت

۳) هزینه نصب ظرفیتهای جدید

با افزایش مصرف انرژی الکتریکی در کشور نیاز به ظرفیت‌های تولید جدید می‌باشد. مقدار این هزینه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_i = \left(\frac{K_1 W_{3s}}{h} + \frac{x\%\left(I - K_1\right)W_s}{h}\right)C_g \qquad (۹)$$

x: درصد مصرف انرژی الکتریکی در ساعات پیک برای مشترکین دارای کنتور یک تعرفه، I: افزایش تعداد مشترکین سال جاری، C_g: هزینه نصب ظرفیت تولید جدید.

محدودیتها:

هر بهینه‌سازی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد که باید لحاظ شوند. محدودیت‌های این بهینه‌سازی در زیر خلاصه شده‌اند.

۱) تعداد کنتورهای یک تعرفه و چند تعرفه

مجموع تعداد کنتورهای یک تعرفه و چند تعرفه باید برابر با تعدا کنتورهای کشور در انتهای سال مورد مطالعه باشد. بنابراین خواهیم داشت:

$$K = K_1 + K_2 \qquad (۱۰)$$

K: تعداد کل کنتورهای کشور در انتهای سال مورد مطالعه.

از طرفی تعداد کنتورهای قابل نصب دارای محدودیت می‌باشد که ممکن است بدلیل تولید کم یا تعویض کند کنتورها باشد بنابراین:

$$K_1 \le K_m \qquad (۱۱)$$

K_m: حداکثر کنتورهای قابل تعویض

۲) تعیین تعرفه در ساعات مختلف

یکی از مشکلات موجود در بررسی تاثیر کنتورهای چند تعرفه بر مصرف انرژی الکتریکی تعیین تعرفه انرژی در ساعات مختلف یک شبانه‌روز است. همچنان که قبلا ذکر شد استفاده از کنتور چند تعرفه به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی و هموار نمودن منحنی بار می‌باشد. قیمت انرژی در ساعات مختلف باید به گونه‌ای انتخاب شود که به این هدف دست یابیم و در عین حال قیمت برق در ساعات مختلف نباید بگونه‌ای تعیین شود که به مشترکین دارای کنتور یک تعرفه اجحاف شود. از آنجائی که مصرف برق در ساعات پیک بسیار زیاد است و در ساعات غیر پیک بسیار کم است قیمت برق باید بگونه‌ای تعیین گردد که در ساعات پیک مشترکین تشویق به کاهش مصرف انرژی شوند و در صورت عدم امکان کاهش مصرف انرژی آن را به ساعات غیر پیک منتقل نمایند. بنابراین قیمت برق در ساعات پیک باید زیاد و در ساعات غیر پیک باید کم انتخاب شود. یکی از مشکلات موجود تعیین قیمت برق در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد که در این مقاله قیمت با بهینه‌سازی انجام شده بدست می‌آید. بنابراین قیمت برق در ساعات مختلف بصورت یک محدودیت مطابق رابطه زیر در نظر گرفته شده است.

$$C_1W_{1s} + C_2W_{2s} + C_3W_{3s} = CW_s$$
$$C_1W_{1w} + C_2W_{2w} + C_3W_{3w} = CW_w \qquad (۱۲)$$

۳) میزان آگاه‌ی عمومی و فرهنگ لازم

میزان آگاهی عامه مردم از میزان مصرف انرژی الکتریکی و تأثیر آن بر قیمت برق و رشد اقتصادی کشور نقش بسیار مؤثری در کاهش میزان مصرف انرژی دارد، به عبارت دیگر با صرف هزینه در زمینه آگاه‌سازی و افزایش سطح آگاهی عمومی، میزان مصرف انرژی الکتریکی کشور کاهش یافته و منحنی بار صاف‌تر می‌شود. رابطه بین میزان مصرف انرژی و هزینه آگاه‌سازی از منطقه‌ای به منطقه‌ای، از شهری به شهری، و از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. برای هر منطقه، شهر یا کشور می‌توان بین میزان آگاهی عمومی و هزینه صرف شده یک رابطه نمایی بدست آورد. میزان آگاهی عمومی عددی بین صفر و یک می‌باشد و هر چه سطح آگاهی عمومی بالاتر باشد میزان آگاهی عمومی به یک

نزدیکتر می‌شود. در نتیجه میزان آگاهی عمومی را می توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$y = 1 - e^{-BC_f} \qquad (۱۳)$$

y: میزان آگاهی عمومی، B: مقداری ثابت و مثبت، C_f: هزینه آگاهسازی

B مقداری ثابت و مثبت بوده و به سطح فرهنگ و پذیرش جامعه بستگی دارد.

معادلات تقریبی مربوط به بهینه‌سازی

برای جلوگیری از پیچیده شدن بهینه‌سازی از معادلات تقریبی استفاده شده و فرضیات زیر انجام شده است:

۱- قیمت برق در همه فصول سال برابر است.

۲- میزان آگاهی عمومی از معادله خطی $y = DC_f$ بدست می‌آید

۳- تعداد کنتورهای چند تعرفه در ابتدای سال مورد مطالعه صفر فرض شده است

در نتیجه معادلات بهینه سازی بصورت زیر خلاصه می‌شود:

$$Max(B_y - C_y)$$

$$B_y = 365K_1(C_1W_1 + C_2W_2 + C_3W_3) + 365K_2(CW)$$

$$C_y = C_o + C_i + C_f + C_c$$

$$C_c = K_1C_m$$

$$C_o = 365C_{fi}(K_1(W_1 + W_2 + W_3) + K_2(W))$$

$$C_i = \left(\frac{K_1W_3}{h} + \frac{x\%(I - K_1)W}{h}\right)C_g$$

$$y = DC_f$$

$$y < 1$$

Subject to:

$$K = K_1 + K_2$$

$$K_1 \le K_m$$

$$C_1W_1 + C_2W_2 + C_3W_3 = CW$$

$$W_1 = W_{\min 1} + (1 - y)W_1'$$

$$W_2 = W_{\min 2} + (1 - y)W_2'$$

$$W_3 = W_{\min 3} + (1 - y)W_3'$$

$$W = W_{\min} + (1 - y)W'$$

مجهولات این بهینه سازی عبارتند از

$$K_1, C_1, C_2, C_3, W_1, W_2, W_3, K_2, W, C_f, C_c, C_o$$ م

مثال عددی

برای بررسی بهتر میزان صرفه‌جویی انرژی و پیک‌سایی این مدل برای یک سال نمونه ایران شبیه‌سازی شده است. داده‌های استفاده شده در این شبیه‌سازی مطابق جدول (۱) است [۴].

جدول (۱) داده‌های استفاده شده در بهینه‌سازی

C	$100; R$
C_m	$300000;$
C_{fi}	$500; R$
C_{greal}	$560000; R/Kw$
C_g	$7000000; R/Kw$
h	$4; hours$
I	$586000;$
D	$1.9e^{-12};$
K	$14855000;$
K_m	$300000;$
$W_{\min 1}$	$0.72; Kwh$
$W_{\min 2}$	$1.64; Kwh$
$W_{\min 3}$	$1.4; Kwh$
W_1'	$0.32; Kwh$
W_2'	$0.69; Kwh$
W_3'	$1.81; Kwh$
W	$5.6; Kwh$
W'	$0.99; Kwh$

پس از بهینه‌سازی نتایج بدست آمده در جدول (۲) خلاصه شده است

جدول (۲) نتایج بهینه‌سازی

K_1	300000

K_2	14555000
W_1	$0.72Kwh$
W_2	$1.64Kwh$
W_3	$1.4Kwh$
C_1	$0R$
C_2	$184.2R$
C_3	$184.2R$
W_s	$5.6Kwh$
C_f	$0.5263158e^{10}$

نتایج شبیه‌سازی بدست آمده از مدل ارائه شده نشان می‌دهد که تعداد کنتورهای یک تعرفه که باید با کنتور چند تعرفه جایگزین شود ۳۰۰/۰۰۰ می‌باشد که بیشترین کنتور قابل تعویض در سال است، در صورتی که محدودیت $K_1 \le 300000$ حذف شود تعداد کنتورهای چند تعرفه که باید جایگزین شود ۱/۱۷۲/۰۰۰ عدد خواهد بود.

بابت افزایش سطح آگاهی عمومی باید هزینه‌ای صرف شود که با توجه به ضریب D انتخاب شده هزینه آگاه‌سازی ۵۲۶۰ میلیون ریال در سال مورد مطالعه خواهد بود این مقدار با توجه به محدودیت $y<1$ انتخاب شده است و این محدودیت قابل حذف نمی‌باشد (مقدار y باید حداکثر یک باشد) اگر مقدار D کوچکتر انتخاب شود هزینه آگاه سازی تا ۵۲۶/۰۰۰ میلیون ریال افزایش می یابد.

اگر هزینه آگاه‌سازی پرداخت شده و سطح آگاهی و عمومی افزایش یابد در این صورت میزان مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور یک تعرفه به ۵/۶ کیلووات‌ساعت در روز و مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در بار پایه به ۰/۷۲ کیلووات‌ساعت، در بار میانی به ۱/۶۴ کیلووات‌ساعت و در بار پیک به ۱/۴ کیلووات‌ساعت و مجموعاً به 4 کیلو وات ساعت خواهد رسید که باعث ۱/۶ کیلو وات ساعت یا ۲۵ درصد صرفه جویی انرژی می گردد.

در این بهینه‌سازی با توجه به انتخاب قیمت ۱۰۰ ریالی مصرف انرژی الکتریکی مشترکین دارای کنتور یک تعرفه، قیمت برق برای مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در کم بار صفر، در بار عادی و پیک ۱۸۴/۲ ریال خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل جدید برای بررسی تاثیر کنتورهای چند تعرفه بر پیک‌سایی و مصرف انرژی الکتریکی ارائه شده است و به کمک این مدل مصرف انرژی الکتریکی یک سال کشور شبیه‌سازی شده است. نتایج بدست آمده از این شبیه‌سازی نشان می‌دهد اگر هزینه آگاه سازی تا سقف ۵۲۶/۰۰۰ میلیون ریال افزایش یابد جایگزینی کنتورهای یک تعرفه با کنتورهای چند تعرفه مقرون به صرفه است.

نتایج بدست آمده از این مدل همچنان نشان می‌دهد که تعویض همه کنتورهای یک تعرفه با چند تعرفه باعث ۴۵ درصد پیک‌سایی خواهد شد.

مراجع

[۱]. مصطفی توانپور، "بررسی توجیه اقتصادی استفاده از کنتورهای چند تعرفه در بخش خانگی و قیمت‌گذاری برق بر حسب زمان مصرف"، دومین همایش ملی انرژی ایران، ص۴۶۵- ص۴۸۹

[۲]. حسن سرفرازیان، "پیک‌سایی مصارف خانگی، تجاری و عمومی با شیوه تعرفه‌بندی کنتورها بوسیله سیستم پیشرفته AMR "، دومین همایش ملی انرژی ایران، ص۳۵۱ الی ص۳۵۶

[۳]. مجتبی خدرزاده، عزیزاله بیدگلی، "توانایی تعرفه‌های برق در مدیریت بار"، دومین همایش ملی انرژی ایران، ص۳۴۱ الی ص۳۵۰

[۴]. ترازنامه انرژی ۱۳۸۰ – دفتر برنامه‌ریزی انرژی

ضمیمه (۱)

برای مدیریت بار الکتریکی بخش خانگی نیاز به اطلاعاتی در مورد میزان مصرف انرژی الکتریکی این بخش در ساعات مختلف شبانه‌روز است زیرا میزان مصرف انرژی الکتریکی در ساعات مختلف شبانه‌روز متفاوت است. مصرف انرژی الکتریکی تجهیزات مختلف بر حسب درصد در جدول (۳) داده شده است[۱].

جدول (۳) درصد مصرف انرژی الکتریکی بخش خانگی در یک روز تابستان

	نام	مصرف انرژی برحسب درصد
۱	روشنایی و لوستر	۳۰
۲	یخچال	۶/۵
۳	فریزر	۸
۴	کولر آبی	۳۱
۵	تلویزیون	۵
۶	وسایل صوتی و تصویری	۲
۷	جارو برقی	۱/۵
۸	ماشین لباسشوئی	۳/۵
۹	ماشین ظرفشویی	۳/۵
۱۰	اتو	۱/۵
۱۱	سشوار	۱/۵
۱۲	پلوپز	۴
۱۳	آبمیوه گیری	۰/۲۵
۱۴	هواکش	۰/۵
۱۵	سایر وسایل	۱/۲۵
---	مجموع	۱۰۰

تجهیزات مصرف کننده انرژی الکتریکی بخش خانگی را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود.

۱ ـ تجهیزات دائمی: تجهیزاتی می‌باشند که دائماً در حال مصرف انرژی می باشند هر چند این تجهیزات در حال روشن خاموش شدن باشند اما درهمه ساعت روز بطور متوسط انرژی مصرف می کنند این تجهیزات در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴) تجهیزات دائمی و درصد مصرف آنها

	نام	مصرف انرژی برحسب درصد
۱	یخچال	۶/۵
۲	فریزر	۸
۳	کولر آبی	۳۱
۴	هواکش	۰/۵
۵	سایر وسایل	۱/۲۵
	مجموع	۴۷/۲۵

۲ ـ تجهیزات عمومی: تجهیزاتی می‌باشد که در هر زمان از روز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. این تجهیزات تجهیزاتی می‌باشد که استفاده از آنها محدود به زمان خاص‌ی نی‌ست. این تجهیزات در جدول (۵) نشان داده شده‌اند. استفاده از این تجهیزات را باید به ساعت غیر پیک منتقل نمود.

جدول (۵) تجهیزات عمومی و درصد مصرف آنها

	نام	مصرف انرژی برحسب درصد
۱	جاروبرقی	۱/۵
۲	ماشین لباسشوئی	۳/۵

۳	ماشین ظرفشوئی	۳/۵
۴	اتو	۱/۵
۵	سشوار	۱/۵
۶	پلوپز	۴
۷	آبمیوه گیری	۰/۲۵
	مجموع	۱۵/۷۵

۳ ـ تجهیزات پیک: تجهیزاتی که فقط در ساعات پیک استفاده می‌شوند و در غیر ساعات پیک استفاده نمی‌شوند و نمی توان استفاده از این تجهیزات را به ساعات غیر پیک استفاده منتقل نمود. این تجهیزات در جدول (۶) نشان داده شده‌اند

جدول (۶) تجهیزات پیک و درصد مصرف آنها

	نام	**مصرف انرژی برحسب درصد**
۱	روشنایی و لوستر	۳۰
۲	وسایل صوتی و تصویری	۲
۳	تلویزیون	۵
	مجموع	۳۷

با توجه به جداول (۴)، (۵) و (۶) می‌توان حداقل و حداکثر بار مصرفی را در ساعات مختلف روز محاسبه نمود. در ساعات اولیه روز همه روز تجهیزات دائمی روش می‌باشد و تمام تجهیزات دیگر تقریباً خاموش است. با توجه به متوسط مصرف هر مشترک برابر ۶/۵۹ کیلووات‌ساعت و میزان صرف‌جویی که هر مشترک می‌تواند انجام دهد حداقل و حداکثر بار مصرفی هر مشترک در بار پایه برابر است با:

$$W_{\min 1} = 0.72Kwh$$
$$W_{\max 1} = 1.04Kwh$$

در ساعات میانی روز علاوه بر تجهیزات دائمی تعدادی از تجهیزات عمومی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین با توجه به متوسط مصرف هر مشترک برابر ۶/۵۹ کیلووات‌ساعت و میزان صرف‌جویی که هر مشترک می‌تواند انجام دهد حداقل و حداکثر انرژی مصرف در این ساعات بصورت زیر خواهد بود.

$$W_{\min 2} = 1.64Kwh$$
$$W_{\max 2} = 2.33Kwh$$

در ساعات پیک همه نوع تجهیزات در مدار می‌باشد بنابراین انرژی مصرفی این تجهیزات در این ساعات بصورت زیر خواهد بود.

$$W_{\min 3} = 1.4Kwh$$
$$W_{\max 3} = 3.2Kwh$$

از آنجایی که تبلیغات و آگاه‌سازی در کل جامعه انجام می‌گیرد این آگاهی عمومی بر مشترکین دارای کنتور یک تعرفه تاثیرگذار است. اما این تأثیر نسبت به مشترکین دارای کنتور چند تعرفه کمتر خواهد بود. در این گزارش تأثیر تبلی‌غات و آگاه‌سازی بر مشترکین دارای کنتور یک تعرفه، یک سوم تأثیر تبلیغات و آگاه‌سازی بر مشترکین دارای کنتور چند تعرفه در نظر گرفته شده است.

$W_{\min} = 5.6Kwh$

$W_{\max} = 6.59Kwh$