

KNO-1001-3901

برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز

زهرا شریفی sharifi@shirazedc.co.ir

دفتر مدیریت مصرف شرکت توزیع نیروی برق شیراز

چکیده - مدیریت سمت تقاضا در سال‌های اخیر به بخشی جدایی ناپذیر از صنعت برق مبدل شده است. برنامه‌های DSM (Demand Side Management) جهت تشویق مشترکین با تعرفه‌های مختلف طرح ریزی می‌شوند تا الگوی مصرف برق، زمان استفاده از آن و همچنین میزان دیماند مورد استفاده خود را بهینه سازی نمایند. برنامه ریزی و اجرای استراتژی مدیریت سمت تقاضا جهت مشترکین کشاورزی و صنعتی در شرکت توزیع نیروی برق شیراز انجام میگردد. در این مقاله به چگونگی اجرای این برنامه‌ها و تاثیر آن بر روی منحنی بار روزانه شرکت و همچنین خود مشترک بررسی می‌گردد.

مدیریت سمت تقاضا؛ پاسخگویی بار؛ DSM^۱

۱- مقدمه

مدیریت سمت تقاضا راهکاری اساسی برای کنترل بار در ساعات پیک می‌باشد. در سال‌های اخیر و با رشد بار در سراسر کشور، سیاست‌گذاران صنعت برق مدیریت سمت تقاضا را به عنوان گزینه ای برای سرمایه گذاری در ساعات پیک بار به شرکت‌های توزیع برق ابلاغ نموده اند. مدیریت سمت تقاضا راه حلی اساسی برای مدیریت بار در زمان اوج می‌باشد.

شرکت‌های برق در سراسر دنیا تمایل زیادی به اجرای استراتژی‌های DSM (Demand Side Management) دارند زیرا که می‌تواند به ساده سازی عملکرد سیستم‌های الکتریکی کمک نماید [۳، ۲، ۱]. در [۴] تاثیر استراتژی‌های DSM را بر روی شبکه الکتریکی که شامل مقادیر بالای انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد را نشان میدهد. در [۵] ابزار شبیه سازی معرفی شده که با استفاده از آن تاثیر DSM در نقاط مختلف شبکه توزیع ارزیابی می‌شود. ارزیابی سیاست‌های مدیریت سمت تقاضا بر صرفه جویی مصرف انرژی در [۸] مطرح میشود. برنامه‌های پاسخگویی بار به دو دسته اصلی زمان محور و تشویق محور تقسیم می‌شوند [۹]. برنامه‌های زمان محور شامل قیمت گذاری زمان استفاده (TOU)، قیمت

گذاری به هنگام (RTP)، قیمت گذاری زمان پیک (CPP) و قیمت گذاری پلکانی می‌باشند [۱۰]. برنامه‌های تشویق محور شامل کنترل مستقیم بار، کاهش یا قطع بار، باز فروش دیماند و برنامه‌های پاسخگویی بار اضطراری می‌باشند [۱۱]. این مقاله اثرات اجرای برنامه‌های DSM را بر روی منحنی بار روزانه شرکت توزیع برق شیراز نشان میدهد. مهم ترین بخش در اجرای برنامه‌های DSM، مشخص نمودن هدف و طراحی برنامه عملیاتی می‌باشد. بخش دوم این مقاله به بیان چگونگی برنامه ریزی و انتخاب مشترکین هدف در اجرای طرح‌های پاسخگویی بار می‌پردازد و در بخش سوم تاثیر اجرای این برنامه‌ها بر روی منحنی بار شرکت بررسی شده است.

۲- برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت سمت تقاضا در

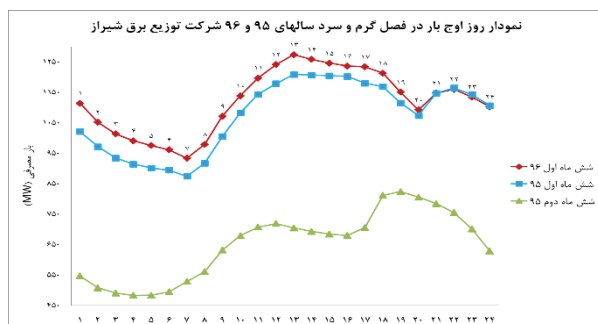
شرکت توزیع نیروی برق شیراز

با استفاده از روش‌های مدیریت سمت تقاضا تغییر پروفیل بار و همچنین تغییر شکل منحنی بار امکان پذیر می‌شود. رایج ترین تکنیک‌هایی که با توجه به ساختار شبکه و نحوه عملکرد سیستم توزیع سنتی مورد استفاده می‌باشد، جابجایی بار (Load Shifting)

همان گونه که از نمودار مصرف مشترکین شرکت توزیع برق شیراز مشخص است، بیشترین پتانسیل در اجرای برنامه‌های DSM با توجه به مصرف مشترکین، در بخش‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی می‌باشد.

برنامه‌های پاسخگویی بار قابل اجرا در بخش خانگی شامل کنترل مستقیم بار (Direct Load Control)، قیمت گذاری زمان استفاده (TOU=Time Of Use) و کاهش/قطع بار (Interruptible/Curtailable) می‌باشد. اجرای روش‌های کنترل مستقیم و کاهش/قطع بار به دلیل کمبود زیر ساخت‌های لازم امکان پذیر نیست و ساده ترین روش در اجرا و برنامه ریزی TOU می‌باشد که با نصب سامانه اندازه گیری هوشمند و با اطلاع رسانی به مشترک از طریق سامانه‌های پیامکی و یا تلفنی امکان پذیر می‌باشد. اجرای برنامه‌های DSM در بخش خانگی به دلیل پراکندگی مشترکین و هزینه بر بودن این روش در حال حاضر عملی نمی‌باشد. بنابراین با توجه به پتانسیل بالای بخش کشاورزی و صنعتی برای شرکت در برنامه‌های DSM و سهم بالای این دو بخش در مصرف انرژی، برنامه ریزی لازم در شرکت توزیع برق شیراز جهت جلب مشارکت مشترکین کشاورزی و صنعتی انجام پذیرفت.

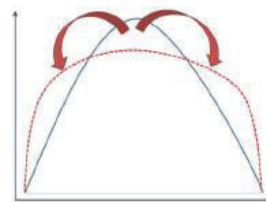
دومین قدم در برنامه ریزی استراتژی مدیریت سمت تقاضا در بازه‌های پیک بار، بررسی و مطالعه رفتار بار مصرفی می‌باشد. الگوی مصرف مشترکین با تغییر فصول سال متغیر می‌باشد. در سال‌های اخیر پیک بار در فصل تابستان از ساعات اولیه شب، به نیمه روز منتقل شده است. شکل شماره ۵ رفتار بار مصرفی شرکت توزیع نیروی برق شیراز را برای روز اوج بار فصل تابستان در سالهای ۹۵ و ۹۶ و همچنین فصل سرد ۹۵ را نشان می‌دهد.



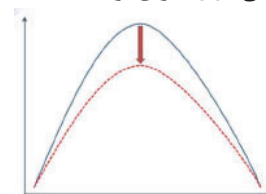
شکل ۵: نمودار روز اوج بار در فصل گرم و سرد سال‌های ۹۵ و ۹۶

بررسی نمودار بار نشان می‌دهد که بهترین زمان برنامه ریزی برای اجرای برنامه‌های DSM در فصل گرم و در ساعات ۱۲ الی ۱۷

و یا قطع بار در زمان پیک (Peak Clipping) می‌باشد. شکل‌های شماره ۱ و ۲ این استراتژی‌ها را نشان می‌دهد.



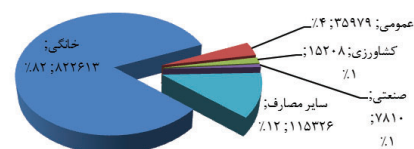
شکل ۱: منحنی بار و اجرای برنامه Load Shifting



شکل ۲: منحنی بار و اجرای برنامه Peak Clipping

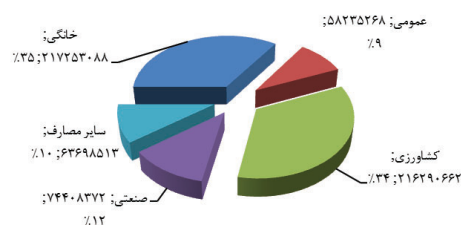
اولین اقدام در زمان برنامه ریزی استراتژی مدیریت سمت تقاضا در بازه‌های پیک بار، بررسی پراکندگی مشترکین و میزان مشارکت آنها در مصرف انرژی جهت پتانسیل سنجی اثرات همکاری آنها بر منحنی بار می‌باشد. شکل شماره ۳ پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه و شکل شماره ۴ مصرف آنها را در شرکت توزیع نیروی برق شیراز نشان می‌دهند.

پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه در شرکت توزیع نیروی برق شیراز

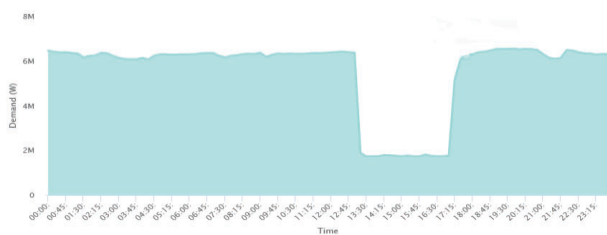


شکل ۳: پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه

مصرف مشترکین به تفکیک انواع تعرفه در شرکت توزیع نیروی برق شیراز



شکل ۴: میزان مصرف مشترکین به تفکیک انواع تعرفه



شکل ۶: منحنی بار مشترکین کشاورزی تنظیم شده در ساعات ۱۳ الی ۱۷

استفاده از قطع کننده برای فیدرهای کاملاً کشاورزی

با مطالعه و بررسی فیدرهای کاملاً کشاورزی که کنتورهای موجود آن از نوع هوشمند نبوده و یا کنتورهای نصب شده به علت دستکاری و... قابل استفاده نبودند، تعدادی فیدر با اولویت بار مصرفی بیشتر جهت نصب سکسیونرهای اتوماسیون قابل قطع از راه دور انتخاب شدند. در مرحله اول تعداد ۶ عدد سکسیونر خریداری و بر روی فیدرهای منتخب نصب گردید. تا در صورت موفقیت طرح در سالهای آتی تعداد سکسیونرهای بیشتری جهت کنترل بار نصب گردند. ساعت قطع با ملاحظه منحنی بار از ساعت ۱۲ الی ۱۶ در نظر گرفته شد. فرمان قطع سکسیونر از ساعت ۱۲ اجرا می شود و ساعت ۱۶ مجدد در مدار قرار میگیرد. جدول شماره ۱ برنامه قطع سکسیونرها را برای یک روز مشخص نشان می دهد.

جدول ۱: برنامه قطع سکسیونرهای فشار متوسط

ردیف	نام شرکت توزیع	نام منطقه با امور برق	نام شهرستان	نام پست فوق توزیع	کلید کنترل از راه دور	مجموع میزان قطع شده فنی از مدیریت بار اعلامی توسط واحدهای اتوماتیک در بازه زمانی گزارش	زمان قطع	زمان وصل	آمبر قطع	تاریخ
1	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	✓	1,323	11:57	16:00	45	04/07
2	شیراز	مرودشت	مرودشت	کمربندی	✓	1,765	12:00	16:00	60	04/07
3	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	✓	1,706	11:58	16:00	58	04/07
4	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	✓	1,471	11:59	16:01	50	04/07
5	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	✓	1,529	12:37	16:00	52	04/07
6	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	✓	1,500	12:01	16:01	51	04/07

شکل شماره ۷ منحنی بار یک فیدر نمونه را در طول ۲۴ ساعت نشان می دهد. بار این فیدر از ساعت ۱۲ ظهر قطع شده و در ساعت ۱۶ مجدداً فرمان وصل سکسیونر اجرا می گردد.

می باشد، بنابراین این برنامه ها برای این ساعات تدوین و اجرایی گردید.

۲-۱. بکارگیری تکنیک های مدیریت سمت تقاضا برای مشترکین کشاورزی

بررسی سهم مصرف مشترکین با تعرفه های مختلف در توزیع برق شیراز نشان می دهد بخش کشاورزی بعد از بخش خانگی و با اختصاص ۳۴٪ از کل مصرف انرژی مشترکین توزیع برق شیراز، بیشترین مصرف را به خود اختصاص می دهد. نرخ تعرفه ارزان، استفاده از پمپ های با بازده پایین و بسیاری از عوامل باعث تلفات آب و انرژی برق زیادی در این بخش می شود. با توجه به ماهیت مصرف انرژی در مشترکین کشاورزی، امکان کنترل و مدیریت بار کشاورزی امکان پذیر می باشد. مدیریت سمت تقاضا در کشاورزی شامل فعالیت ها، روش ها، آگاهی ها و سیاست هایی است که بر رفتار مصرفی و الگوی مصرف کشاورزان تاثیر می گذارد.

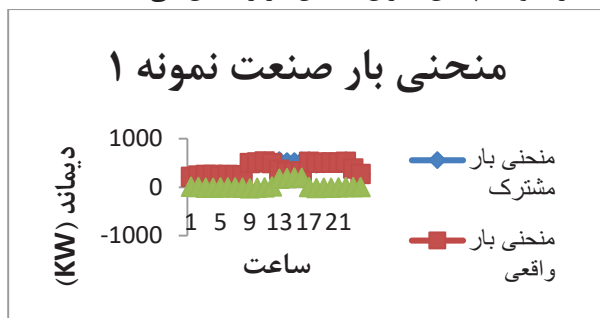
تاثیر آن بر منحنی بار مشترکین

اختصاص بیشترین سهم از مصرف انرژی بعد از مشترکین خانگی نشان دهنده پتانسیل بالای بخش کشاورزی برای همکاری در برنامه های DSM می باشد. در سال های اخیر و در راستای عملیاتی نمودن این برنامه ها، دو روش جهت مدیریت مشترکین کشاورزی اجرا شده است. اولین روش استفاده از کنتورهای هوشمند با قابلیت برنامه ریزی و قطع در زمان پیک بار و دومین روش قطع مستقیم فیدرهای کاملاً کشاورزی با استفاده از سکسیونرهای اتوماسیون می باشد.

در راستای کنترل مستقیم بار مشترکین کشاورزی در سال های اخیر تعدادی بالغ بر ۴۰۰۰ کنتور کشاورزی با کنتورهای هوشمند جایگزین شده اند. با بررسی منحنی بار و تعیین زمان بحرانی بار در شرکت توزیع شیراز تعدادی از این کنتورها برای بازه زمانی اوج بار روز یعنی از ساعت ۱۲ الی ۱۶ و تعدادی از ۱۳ الی ۱۷ و دسته سوم برای ساعات اوج بار شب یعنی از ساعت ۱۹ الی ۲۳ تنظیم شده اند. با استفاده از این لوازم اندازه گیری هوشمند امکان جابجایی منحنی بار در ساعات تنظیم شده به ترتیب برابر با ۷۰، ۵ و ۲۰ مگاوات فراهم گردید.

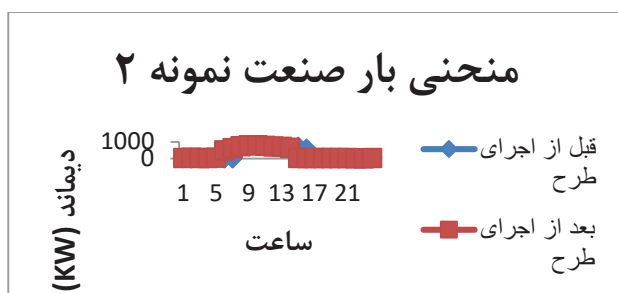
شکل شماره ۶ منحنی مصرف کنتورهای تنظیم شده در ساعات ۱۳ الی ۱۷ را برای یک روز نمونه نشان می دهد. همانطور که از شکل مشخص است منحنی بار در ساعات ۱۳ الی ۱۷ افت شدیدی دارد.

۸ منحنی بار مشترک را در زمان همکاری و در صورت عدم همکاری و همچنین میزان کاهش بار را نشان می‌دهد.



شکل ۸: منحنی بار صنعت نمونه ۱ در زمان همکاری در طرح

صنعت نمونه شماره ۲ با جابجایی ساعات کار از ساعت ۸ الی ۱۶ به ۶ الی ۱۴ و قطع بار بعد از ساعت ۱۴ در برنامه پاسخگویی بار شرکت نموده است. شکل شماره ۹ منحنی بار مشترک را در زمان اجرای برنامه و در صورت عدم اجرای آن نشان می‌دهد.



شکل ۹: منحنی بار روزانه صنعت نمونه ۲ در زمان همکاری در طرح

همانطور که از شکل مشخص است منحنی بار روزانه این صنعت به میزان دو ساعت در زمان پیک به زمان غیر پیک جابجا شده است. استفاده از انرژی در زمان کم باری به جای زمان اوج بار علاوه بر دریافت مشوق‌های مالی، صرفه جویی در قبض برق مشترک را نیز به دنبال خواهد داشت.

۳- تاثیر اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا روی منحنی بار روزانه شرکت توزیع نیروی برق شیراز

یکی از اهداف اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار جابجایی منحنی بار یا تغییر شکل آن می‌باشد. در این قسمت به اثرات اجرای این برنامه‌ها بر منحنی بار روزانه شرکت بررسی شده است. جهت انجام این کار بار یک روز نمونه در نظر گرفته و میزان همکاری مشترکین

منحنی بار فیدر کشاورزی...



شکل ۷: منحنی بار ۲۴ ساعته فیدر نمونه کشاورزی

برای این روز نمونه با قطع ۶ عدد فیدر کشاورزی برای مدت ۴ ساعت میزان ۹,۳ مگاوات کاهش بار در ساعات ۱۲ الی ۱۶ اتفاق افتاده است.

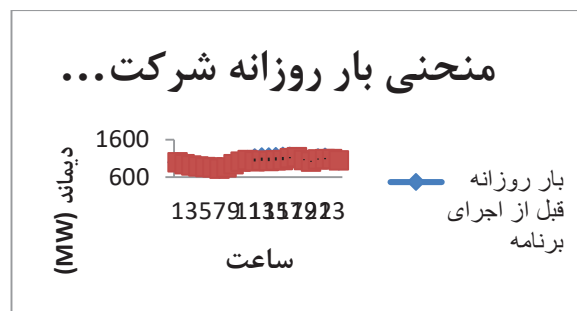
۲,۲- بکارگیری تکنیک‌های مدیریت سمت تقاضا برای مشترکین صنعتی

مشترکین صنعتی با در نظر گرفتن پتانسیل و عملکردشان انعطاف بیشتری نسبت به مشترکین سایر تعرفه‌ها برای شرکت در برنامه‌های پاسخگویی بار دارند. هزینه برق مصرفی مشترکین صنعتی طبق تعرفه‌های اعلام شده از سمت وزارت نیرو متناسب با زمان استفاده از برق تعیین می‌شود. قیمت برق در ساعات اوج بار ۴ برابر قیمت آن در زمان کم باری و دو برابر قیمت آن در زمان میان باری می‌باشد. بنابراین مشترکین صنعتی با جابجایی بار از ساعات اوج به زمان‌های بی‌باری و یا کم باری می‌توانند علاوه بر همکاری در برنامه‌های پاسخگویی بار و دریافت مشوق‌های مالی، میزان قابل توجهی در قبض برق مصرفی خود صرفه جویی نمایند. همکاری مشترکین در برنامه‌های پاسخگویی بار در زمان اوج بار شامل برنامه‌های تشویق محوری است که سالانه از طریق مراجع بالاتر به شرکت‌های توزیع ابلاغ می‌گردد. این برنامه‌ها شامل کاهش/قطع بار در زمان اوج بار و طرح ذخیره عملیاتی (برنامه پاسخگویی بار اضطراری) می‌باشد. مشترک صنعتی با در نظر گرفتن امکانات و قابلیت‌های خود و ماهیت تولید می‌تواند در هر یک از طرح‌های فوق مشارکت کند.

جهت بررسی اثرات اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار بر منحنی بار مشترک، دو صنعت نمونه شرکت کننده در طرح‌ها در نظر گرفته شده است. صنعت نمونه شماره ۱ در برنامه کاهش بار در ساعات پیک مشارکت نموده است. طبق قرارداد در ساعات ۱۲ الی ۱۷ کاهش بار به میزان ۲۰۰ کیلووات اتفاق افتاده است. شکل شماره

مصرف بهینه انرژی توسط مشترکین در کشور ما افق روشنی را برای اجرای تکنیک‌های مدیریت سمت تقاضا جهت افزایش بازدهی سیستم می‌گشاید. همان گونه که از نتایج بدست آمده از فعالیت‌های DSM انجام شده در توزیع شیراز مشخص است، مدیریت سمت تقاضا بهترین راه حل برای غلبه بر بحران انرژی فعلی و اصلاح منحنی بار شرکتها در زمان پیک بار می‌باشد. ذخیره انرژی در مقیاس بالا در حال حاضر امکان پذیر نیست بنابراین بایستی راه حل مناسبی جهت تولید، انتقال و توزیع انرژی به صورت همزمان وجود داشته باشد. مدیریت سمت تقاضا راه حلی قابل اعتماد برای پاسخ دهی به رشد تقاضای انرژی در آینده می‌باشد.

کشاورزی و صنعتی در این روز نمونه اندازه گیری شده است. نمودار بار برای دو حالت اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار و عدم اجرای آن ترسیم شده است. شکل شماره ۱۰ این نمودار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: منحنی بار روزانه توزیع برق شیراز در زمان اجرای برنامه‌های DSM

۵ - منابع

- [1] Bayod Rujula A. Future "development of the electricity systems with distributed generation". Energy 2009;34:377e83
- [2] Infield DG, Short J, Home C, Freris LL. "Potential for domestic dynamic demand side management in the UKIEEE"; 2007.
- [3] Zarnikau J. "Demand participation in the restructured electric Reliability Council of Texas market". Energy 2010;35:1536e43.
- [4] A. Pina, C. Silva, and P. Ferao, "The impact of demand side management strategies in the penetration of renewable electricity," Energy 41, pp. 128-137 2012.
- [5] V. Figueiredo1, D. Rodrigues2, Z. Vale, "Simulating DSM Impact in the New Liberalized Electricity Market,"
- [6] G. Strbac., "Demand side management," Energy policy 36(2008), 4419-4426.
- [7] Jazayeri, P., Schellenberg, A., Rosehart, W.D., Doudna, J., Widergren, S., Lawrence, D., Mickey, J., Jones, S., 2005. "A survey of load control programs for price and system stability". IEEE Transactions on Power Systems 20 (3), 1504-1509.
- [8] محمد رضا شریف آزاده، علی اصغر اسماعیل نیا، "ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا (قیمتی و غیر قیمتی) بر صرفه جویی مصرف انرژی در کشور با استفاده از مدل یکپارچه انرژی" مجله علمی و پژوهشی اقتصاد و مدیریت، شماره ۷، پاییز ۱۳۸۵.
- [9] International Energy Agency Demand Side Management, "Strategic plan for the International Energy Agency demand-side management program 2004-2009," 2004, http://www.sef.org.nz/papers/IEA_DSM_Strategy_Aug04.pdf.
- [10] Aalami H.A, Moghaddam M.P, and Yousefi G.R. "Demand Response model considering EDRP and TOU programs." In Proc. The Transmission and Distribution Conference and Exposition IEEE/PES. 2008, pp.1-6..
- [11] Federal Energy Regulatory Commission, "Assesment of demand response and advanced metering," Department of Energy, Washington DC, 2006, <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf>

[۱۲] روزبه بابیری، زهرا شریفی، میترا خاکسار، "پایاده سازی برنامه‌های TOU در شرکت توزیع نیروی برق شیراز"، مجموعه مقالات بیست و دومین کنفرانس شبکه‌های توزیع برق، فروردین ۹۶، سمنان، ایران

همانگونه که از نمودار مشخص است در ساعات اوج بار روز و به دلیل اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار، منحنی به میزان تقریبی ۱۰۰ مگاوات جابجایی داشته است. برای ساعات اوج بار شب و به دلیل تنظیم کنتور تعدادی از مشترکین کشاورزی در این ساعات نیز به میزان ۳۰ مگاوات کاهش بار اتفاق افتاده است. بنابراین با اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار، میتوان منحنی بار را در زمان اوج بار اصلاح و جابجا نمود. در صورت کنترل بار تمام مشترکین کشاورزی و مشارکت بیشتر مشترکین صنعتی و همچنین نهادهای کردن فرهنگ بهینه سازی مصرف در میان مشترکین خانگی می‌توان به صورت قابل توجهی منحنی بار را اصلاح نمود.

۴ - نتیجه گیری

انرژی الکتریکی یکی از اصلی ترین نیازهای زندگی امروزه می‌باشد. رشد تقاضا برای این انرژی چالش‌های زیادی برای افزایش میزان تولید و گسترش زیر ساخت‌های انتقال و توزیع ایجاد کرده است. احداث نیروگاه و افزایش تولید تنها به دلیل گذر از چند روز پیک بار امری غیراقتصادی و غیر فنی می‌باشد. منحنی‌های تداوم بار در ۱۰۰ ساعت اولیه نشان می‌دهد تنها در ۲۰۰ ساعت از سال بیشترین مشکل از لحاظ تامین انرژی و برقراری تعادل بین تولید و مصرف برق وجود دارد. این موضوع لزوم اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا را بیش از پیش نمایان میکند. همچنین عدم