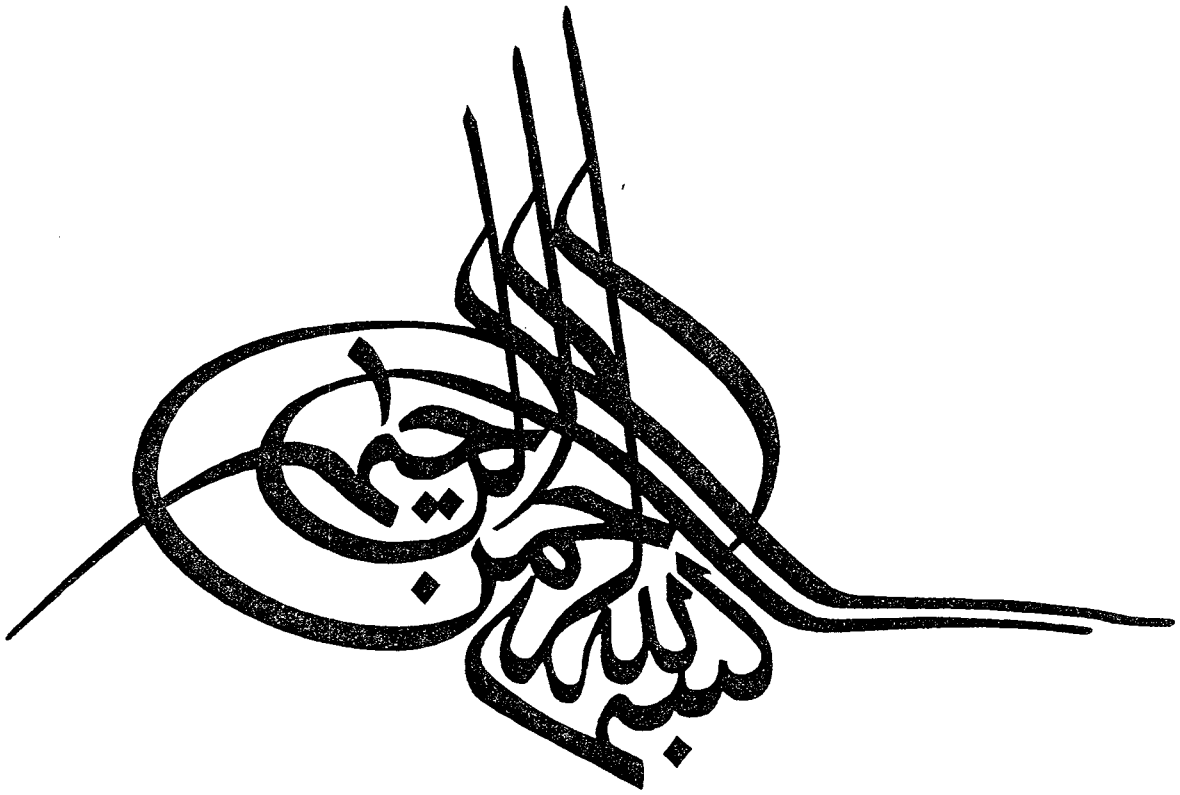
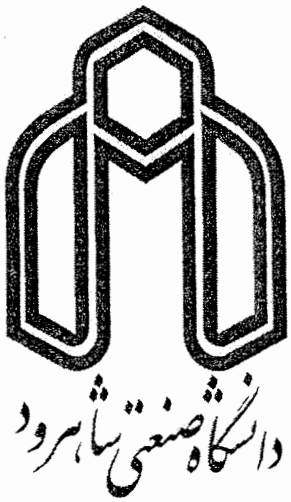

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده برق و روباتیک

سمینار کارشناسی ارشد

مدیریت بار در صنایع

استاد راهنما :

دکتر علی اکبر قره ویسی

ارائه دهنده :

محمد دخت میرزا حسن وحید

بهار ۱۳۸۴

تقدیم به :

همسر مهربان

و

پسر عزیزم

بی تردید اگر زحمات و راهنمائی های استاد گرامی جناب آقای **دکتر علی اکبر قره ویسی** نبود این سمینار هرگز به سرانجام نمی رسید. لذا برخود واجب می دانم در ابتدای این سمینار مراتب قدردانی را نسبت به ایشان بجای آورم.

فهرست

عنوان	صفحه
فصل اول : چکیده	۱
فصل دوم : مدیریت انرژی	۴
۲-۱- مدیریت انرژی و اهمیت آن	۵
۲-۲- لزوم مدیریت انرژی الکتریکی	۷
۲-۲-۱- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه تولید کننده	۷
۲-۲-۱-۱- بهینه سازی سیستم موجود	۸
۲-۲-۱-۲- استفاده از تجهیزات با راندمان بالا	۱۱
۲-۲-۱-۳- مدیریت مصرف برق	۱۲
۲-۲-۲- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه مصرف کننده	۱۵
۲-۲-۲-۱- بهینه سازی سیستم موجود	۱۶
۲-۲-۲-۲- افزایش راندمان استفاده از انرژی	۲۰
۲-۲-۲-۳- مدیریت بار	۲۱
۲-۳- شاخصهای مطالعات مدیریت بار	۲۳
فصل سوم : اعمال روشهای پیک سائی در صنایع	۳۰
۳-۱- تجربه کارخانجات سیمان	۳۱
۳-۱-۱- خلاصه	۳۱
۳-۱-۲- خط تولید سیمان	۳۲
۳-۱-۳- توان مورد نیاز در فرآیند های تولید	۳۳
۳-۱-۴- مقایسه بار سیمان و بار شبکه سراسری برقرسانی	۳۶
۳-۱-۵- مدل مدیریت بار روزانه در صنایع سیمان	۳۹
۳-۱-۶- اعمال محدودیت بار بر صنایع سیمان	۴۱
۳-۱-۷- تدوین نرخ سه تعرفه و تاثیر آن بر مدیریت بار صنایع سیمان	۴۳
۳-۲- اعمال مدیریت بار در کارخانه پویا گستر	۴۸
۳-۲-۱- مقدمه	۴۸
۳-۲-۲- معرفی چرخه کارخانه	۴۸

فصل اول

چکیده

در این قسمت از گزارش به بیان خلاصه ای از آنچه که در فصول آینده ارائه گردیده است می پردازیم .

در فصل دوم ضمن بیان مفهوم مدیریت انرژی و اهمیت آن به لزوم مدیریت انرژی الکتریکی اشاره می نمائیم . و مدیریت انرژی الکتریکی را از دو دیدگاه تولید کننده و مصرف کننده بررسی می کنیم .

پس از آشنایی با اهداف مدیریت انرژی از دیدگاه تولید کننده این مسئله را بصورت زیر تقسیم بندی نموده و هر یک را مورد شرح و تفصیل قرار می دهیم .

۱- بهینه سازی سیستم موجود

۲- استفاده از تجهیزات با راندمان بالا

۳- مدیریت مصرف برق

مهمترین مورد از موارد ذکر شده فوق (در ارتباط با موضوع این پروژه) مدیریت مصرف برق (از دیدگاه تولید کننده) می باشد که با تقسیم بندی آن بصورت :

الف – کنترل مستقیم بار (قطع بار)

ب – کنترل غیر مستقیم بار (مدیریت بارهای انعطاف پذیر)

به نتایج سودمندی می رسیم .

در قسمت بعدی این فصل به مسئله مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه مصرف کننده می پردازیم که این خود بصورت زیر تقسیم بندی می شود :

۱- بهینه سازی سیستم موجود

۲- افزایش راندمان استفاده از انرژی

۳- مدیریت بار

که بطور مفصل هر یک شرح داده خواهد شد و با مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده که اصلی ترین موضوع این سمینار می باشد آشنا می شویم در پایان این فصل شاخص های مطالعات مدیریت بار معرفی شده و شرح داده خواهند شد .

فصل سوم که " اعمال روشهای پیک سائی در صنایع " نام دارد به معرفی جامع دو نمونه از مواردی که مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده در آنها اعمال گردیده می پردازد و نتایج حاصل از اعمال این مدیریت را با حالت قبل از اعمال مدیریت بار مقایسه می کند .

در مثال اول این فصل مدیریت بار انجام شده در کارخانه سیمان آبیک معرفی خواهد شد و در مثال دوم این فصل مدیریت بار انجام شده در کارخانه پویا گستر معرفی می گردد .

فصل چهارم که آخرین فصل از این سمینار می باشد به معرفی مقالات معتبر و ارائه شده در IEEE در این زمینه (مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده) در سایر کشورها می پردازد.

در پایان نیز لیست مراجع و منابع مورد استفاده قرار گرفته در گرد آوری این سمینار ارائه می گردد .

فصل دوم

مدیریت انرژی الکتریکی

۲-۱- مدیریت انرژی و اهمیت آن

مدیریت انرژی به یک برنامه سیستماتیک جهت چگونگی کنترل استفاده منطقی از انرژی و همچنین کاهش اتلافات انرژی به حداقل ممکن، بدون اینکه به نیازهای اصلی ساختمان یا پروسه اثر بگذارد، اطلاق میشود.

وسعت برنامه های مدیریت انرژی به اندازه، پیچیدگی عملیاتی هر ساختمان و یا تاسیسات مربوطه بستگی دارد، به این معنا که در ساختمانهای کوچک مسئله کارآئی انرژی بوسیله خود صاحبان ساختمان یا افراد خدماتی قابل کنترل میباشد. در ساختمان یا تاسیسات بزرگ که پتانسیل های صرفه جویی بیشتری وجود دارد نیاز به برنامه های مدیریت انرژی می باشد.

۱- بهبود وضعیت عملیات و روش های تعمیراتی:

شامل عملیاتی از قبیل کاهش سطح روشنائی ، به حداقل رساندن درجه حرارت ترموستات در ماه های سرد سال و بالا بردن در ماه های دیگر، و همچنین تهیه روش های جهت بهینه مصرف انرژی. از آنجائیکه این روش ها در کوتاه مدت و بدون هزینه امکان پذیر هستند لذا با حداقل آموزش پرسنل و داشتن دستورالعمل های تعمیراتی و سرویس و برنامه های پیگیرنده نتایج موثری در استراتژی صرفه جوئی حاصل می شود.

۲- رعایت استانداردها در تاسیسات و تجهیزات جدید:

به ترتیب نوع درجه بندی در ساختمان ها و منطقه بندی آب و هوائی با رعایت استانداردها در ساختمان های جدیدالاحداث می توان تا میزان ۵۰ درصد مصرف کنونی ساختمان ها و تجهیزات صرفه جوئی نمود.

۳- اصلاح طراحی ها در تاسیسات موجود:

تعویض یا تغییرات در سیستم ها، ساختار ساختمان ها، تجهیزات ساختمان های موجود در جهت کاهش مصارف انرژی. از جمله این اصلاح طراحی می توان نصب سیستم های روشنایی یا کارائی بالا، گرمایش، تغییر در تجهیزات سیستم های تهویه مطبوع، تجهیزات بازیافت حرارت و عایق کاری را نام برد.

۴- ادغام فعالیت های گوناگون در یک مکان:

با کنترل و بازرسی ساختمان هائی که بعلت تعطیل بودن ساختمان و یا تاسیسات آن مورد استفاده قرار نمی گیرند میزان قابل توجهی کاهش در مصرف انرژی بوجود می آید، که بوسیله مجتمع نمودن فعالیت های مشابه در ساختمان های مختلف و انتقال آنها به یک ساختمان واحد می توان این کاهش را انجام داد.

۵- جانشینی منابع تجدید پذیر :

استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمانها یی که از انرژی خورشیدی فعالی برخوردار هستند برای آب گرم مصرفی و در بعضی مواقع برای گرمایش و سرمایش در ساختمان و نیزاستفاده از تکنولوژی هایی از قبیل : انرژی باد، زمین گرمایی، فتوولتائیک و سوخت های بیوماس علی رغم اهمیت و پتانسیلی که در بعضی از موارد بخصوص دارند ولی انتظار نمیرود که سهم بسزائی در اهداف کوتاه مدت و میان مدت داشته باشند.

۶- آگاهسازی در زمینه انرژی:

برای انجام یک برنامه موثر و مفید در استراتژی مدیریت انرژی، بایستی برنامه های آگاهسازی پرسنل در مورد مسائل انرژی را توسعه داد. برای جلب حمایت از برنامه های دیگر استراتژی مدیریت انرژی در جهت کاهش تقاضای انرژی، آموزش پرسنل و القای مسئله جدی بودن موقعیت انرژی و ایجاد انگیزه در فرد، فرد پرسنل از جمله مسائلی است که جهت صرفه جویی در انرژی باید در کلیه اوقات دنبال شود.

پس به طور کلی هدف از مدیریت انرژی تامین انرژی مورد نیاز کلیه مصرف کنندگان انرژی در هر کجا و هر زمان و به مقدار مورد نیاز و با کمترین هزینه آن می باشد. البته دسترسی به این اهداف زمانی تحقیق پیدا می کند که اطمینان کافی در امر تولید و مسائل زیست محیطی هم لحاظ شده باشد.

۲-۲- لزوم مدیریت انرژی الکتریکی

همزمان با توسعه سطح زندگی در جامعه، نیاز به انرژی الکتریکی در حال افزایش است. نرخ متوسط افزایش تقاضا برای انرژی الکتریکی سالانه حدود ۱۰٪ می باشد. و مسلماً بایستی تجهیزات تولید و انتقال و توزیع مناسب توام با افزایش تقاضای انرژی الکتریکی پیش بینی شود.

محدود بودن منابع انرژی اولیه قابل تبدیل به انرژی الکتریکی حائز اهمیت است و ممکن است منابع اولیه انرژی که بایستی مصرف شود تا انرژی برق حاصل از آن رشد بار را جوابگو باشد محدود می باشد و این مسئله باعث میشود که شرکت های برق به مدیریت مصرف توجه کنند. تا همزمان با توسعه تقاضا، ضمن سرمایه گذاری جدید برای نیروگاهها، کنترل منطقی بر میزان سرمایه گذاری و استفاده بهینه از آن را داشته باشد.

مدیریت انرژی الکتریکی از دو دیدگاه قابل بررسی می باشد:

۱- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه تولید کننده

۲- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه مصرف کننده

۲-۲-۱- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه تولید کننده

حفاظت محیط زیست و رسیدن به توسعه اقتصادی مطلوب از دیدگاه اجتماعی راهکارهای انگاشتنی برنامه ریزی است که از تولیدکنندگان یا فرآورندگان نیروی برق انتظار می رود.تحقق این خواسته ها از دیدگاه تولیدکنندگان برق در قالب اهداف زیر قابل تعریف است.

-قله تراشی یا پیک سایی:

منظور کاهش پیک بار شبکه است به گونه ای که ظرفیت چرخان شبکه افزایش یابد و بدینسان از میزان نیاز ساخت نیروگاههای جدید کاسته شود.

-پرکردن دره:

مقصود افزایش بار شبکه در ساعتهای کم بار است به گونه ای که ضریب بار شبکه و کیفیت بهره برداری از نیروگاهها افزایش یابد.

-جابجاکردن بار:

هدفهای یاد شده در بالاتوام در نظر گرفته می شود.

-منعطف سازی منحنی بار:

منظور عرضه انشعابهای برق با اطمینان بخشی کم و ارزان است به گونه ای که در قطع برق اینگونه انشعابها آزادی عمل بیشتری وجود خواهدداشت.

- صرفه جویی راهبردی:

منظور افزایش بازده مصارف برق نهایی است به گونه ای که فروش انرژی به مشترکین کنونی کاهش یابد و بدون ساخت ظرفیتهای جدید امکان عرضه انشعاب به مشترکین جدید فراهم شود.

-رشد بار راهبردی:

مقصود افزایش فروش انرژی الکتریکی است به گونه ای که با برقدار کردن مصرف کنندگان مختلف در بخشهای کشاورزی،صنعت وترابری،سهم برق در ساختار انرژی مصرفی بخشهای کشورافزایش یابد.

در ادامه مدیریت مصرف انرژی ازدیدگاه تولیدکننده رابه سه قسمت بصورت زیر تقسیم بندی می کنیم:

۱. بهینه سازی سیستم موجود
۲. استفاده از تجهیزات با راندمان بالا
۳. مدیریت مصرف برق

که به شرح تک تک آنها می پردازیم.

۲-۲-۱-۱ بهینه سازی سیستم موجود

الف- کنترل توان رآکتیو شبکه

با توجه به اینکه توان ظاهری مورد نیاز مصرف کننده ها (کیلوولت آمپر) از مجموع توان مفید (KW) و توان غیر مفید (KVar) تشکیل یافته است کنترل و کاهش مقدار KVar مورد تقاضای مصرف کننده های سلفی و تجهیزات شبکه باعث می شود که کیلووات آمپر کل مورد نیاز برای انجام کار مفید کاهش یابد. برای کاهش مقدار توان راکتیو سلفی، توان راکتیو خازنی در محل مصرف به شبکه تغذیه تزریق می شود و در واقع خاصیت

سلفی توسط خاصیت خازنی جبران میشود. اصلاح Cos φ مصرف کننده ها نتایج زیر را خواهد داشت.

- به ازای توان مصرفی معین تلفات خطوط انتقال و توزیع کمتر می شود در نتیجه هزینه ناشی از وجود تلفات کمتر خواهد شد.
- ظرفیت تجهیزات مانند ژنراتور ، ترانسفورماتور به ازای توان مصرفی معین کمتر اشغال می شود در نتیجه برای پوشش دادن توسعه بار نیاز به نصب تجهیزات جدید نبوده و هزینه های مربوط به سرمایه گذاری کم می شود.
- راندمان ترانسفورماتورها به ازای بار معین افزایش می یابد در نتیجه تلفات ترانس کم شده و هزینه ناشی از تلفات انرژی کم می شود.
- خطای ناشی از بخش توان مصرف کننده ها، کم شده در نتیجه در محاسبات ارزش انرژی مصرفی دقت کافی حاصل خواهد شد.

ب- شناخت دقیق مولفه های بار در زمان پیک

مطالعه منحنی بار در هر منطقه مصرف، نقطه آغاز مدیریت مصرف است. پس از بدست آوردن منحنی بار و تعیین زمانهای Peak تجزیه و تحلیل عناصر و مولفه های تشکیل دهنده بار حداکثر (peak) حائز اهمیت است. در سال ۱۳۷۴، حدود ۳۸/۵ ٪ مصارف خانگی تشکیل میداده و از مصارف خانگی نیز حدود ۷۰٪ را مصارف روشنایی به خود اختصاص داده است. پس اعمال روشهای استفاده بهینه در سیستمهای روشنایی تاثیر بمراتب زیادی در اصلاح منحنی بار و ضریب بار شبکه خواهد داشت.[۵]

با توجه به اینکه حدود ۱۰٪ از مصرف کل را، مصارف تجاری تشکیل می دهد، تصویب قانون مربوطه و تغییر ساعات کار اصناف و پاساژهای تجاری و تعطیل آنها در ساعات Peak بمقدار قابل ملاحظه ای از مصرف انرژی در شرایط Peak کاسته شده و ضریب بار اصلاح می شود.[۵]

با توجه به اینکه سهم صنایع در مصرف انرژی برق حدود ۳۰٪ از کل مصرف بوده و حدود ۷۰٪ از آن مربوط به موتورهای الکتریکی می باشد. اقدامات زیر در مدیریت بار در صنایع و بهبود شرایط بهره برداری شبکه و مصرف بهینه انرژی فوق العاده موثر است.

- از کارکرد حالت بی باری (خلاصی) موتورها پرهیز شود چرا که Cos φ موتورها در شرایط بی باری تا ۰/۲۰. کاهش می یابد.

- از انتخاب اندازه بزرگ برای موتورها پرهیز کرده و ظرفیت موتورها متناسب با بار کامل انتخاب شود.
- در انتخاب موتورها به راندمان موتور دقت شود و موتور با حداکثر راندمان انتخاب شود.
- برای بارهای کمتر از بار نامی از کنترل فرکانس متغیر استفاده شود.
- برای موتورهائی که کمتر از ۵۰٪ بار کامل میکنند از مبدل اتصال مثلث به ستاره استفاده شود.
- از خازنهای اصلاح ضریب قدرت (Cos φ)، برای کاهش تلفات خط تغذیه موتور و کاهش توان راکتیو موتور استفاده شود.

ج- استفاده از انرژی های تجدید پذیر برای مدیریت مصرف

با توجه به اینکه منابع انرژی فسیلی تجدید پذیر نبوده و بالاخره تمام خواهد شد و یا قابل استفاده در صنایع دیگر مثل پتروشیمی و ... میباشد، جایگزینی آنها با سایر منابع انرژی میزان تلفات شبکه داخلی با کشورهای پیشرفته، لازم است اقدامات جدی برای کاهش آن انجام پذیرد مثل باد، جذر و مد، انرژی خورشیدی، ... ضمن تامین محیط زیست سالم و جلوگیری از آلودگیهای محیط، شرایط استفاده بهینه از منابع انرژی را نیز فراهم می کند.

د- آرایش بهینه فیدرهای سیستم توزیع :

اکثر شبکه های نیرو متناوب سه فاز بوده و برای عملکرد متعادل طراحی می شوند عملکرد نا متعادل منجر به ایجاد مولفه های جریان توالی صفر و منفی می شوند. اینگونه مولفه های جریان اثرات نا مطلوبی مانند ایجاد تلفات اضافی در موتورها ومولدها، گشتاور نوسانی در ماشینهای متناوب، افزایش دندانگی یاریپل در یکسو کننده ها، عملکرد غلط انواع تجهیزات، اشباع ترانسفورماتورها و جریان اضافی سیم زمین را به دنبال خواهد داشت.

ه- بهینه سازی مصرف داخلی نیروگاه

می دانیم قسمتی از انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاهها صرف مصارف داخلی آنها می گردد. با بهینه سازی تولید با استفاده از سیستمهای مدرن تولید نظیر نیروگاههای سیکل ترکیبی و بکارگیری سیستمهای کنترل توزیعی در نیروگاهها می توان کاهش قابل ملاحظه ای در این مصارف ایجاد نمود. بعنوان مثال تلفات بخش تولید در سال ۱۹۵۱ در کشور ژاپن برابر ۵٪ تولید نیروگاههای آن بوده است ولی در سال ۱۹۸۹ این رقم به حدود ۳/۶٪ کاهش

یافته است . در کشور ایران با توجه به آمار ارائه شده بین سالهای ۱۳۶۶ الی ۱۳۷۲ متوسط این رقم بیشتر از ۵/۱٪ بوده است.

و- شناخت نقش تلفات شبکه های انتقال و توزیع در مدیریت مصرف انرژی الکتریکی

در سال ۷۴ حدود ۱۵٪ از مصارف کل را تلفات شبکه های انتقال و توزیع تشکیل داده است. اهم اقدامات جهت کاهش تلفات شبکه های انتقال و توزیع بشرح زیر میباشد:

- انتخاب سطح مقطع مناسب هادیهای فازها و نول در شبکه های فشار ضعیف
- مطالعات میزان عدم تعادل بار در شبکه های فشار ضعیف و انجام اقدامات لازم بمنظور تعادل بار.
- تجدید نظر و جایگزینی و انتخاب مناسب ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع
- اصلاح $\cos\varphi$ شبکه در مصارف سنگین صنعتی با بکارگیری خازنهای مناسب

به نظر میرسد تلفات انرژی در شبکه ایران با رقمی نزدیک به۱۵٪ از تولید تا مصرف نهایی یکی از عمده ترین محلهای صرفه جویی انرژی باشد. مطالعات در شبکه خرااسان (به عنوان شبکه نمونه) نشان می دهد که با روشهایی ازقبیل تقویت شبکه، اصلاح ساختار شبکه، اصلاح و بهبود وضعیت توان راکتیو در شبکه، متعادل نمودن جریان فازها و..... امکان کاهش این تلفات تا میزان حدود۳٪در طی برنامه ریزی ۵ تا ۱۰ ساله امکان پذیر است.و با توجه به اینکه تلفات در ساعت پیک دارای حداکثرمقدار خود است و با توجه به رقم بالای پتانسیل صرفه جویی در انرژی و نیز کاهش پیک مصرفی می شود می باید در راس مسایل برنامه ریزی قرار گیرد. مطالعات نشان می دهد که سرمایه گذاری دز این بخشها در مدت ۳ تا ۱۰ سال قابل برگشت است. [۱]

ز- توزیع بهینه بار سیستم انتقال :

اعمال پخش بار اقتصادی (Economic Dispatch)در سیستم انتقال باعث می گردد تا تابع هزینه تولید با توجه به قیود واحدهای نیروگاهی حداقل گردد و نقطه بهینه کار واحدهای تولیدی(سهم هر تولید کننده از کل مصرف)مشخص گردد. نقطه کاری که بدین روش تعیین می گردد از نظر اقتصادی ارزانترین قیمت انرژی الکتریکی تولیدی می باشد.

۲-۲-۱-۲- استفاده از تجهیزات با راندمان بالا

درطرحهای جدید احداث نیروگاهها، خطوط انتقال، توزیع، پستهای فشار قوی و فشار متوسط و ...ضمن انجام مطالعات دقیق و شناسایی کامل نیازها اقدام به طراحی نمود و تمام تجهیزات مورد استفاده در آنها اعم از ژنراتورها، توربینها، ترانسفورماتورها و سایر ادوات از استانداردهای معتبر تبعیت داشته باشند.بدیهی است چنین عملی هزینه اولیه بیشتری در بر دارد که طی چند سال این سرمایه گذاری مستهلک می گردد.

۲-۲-۱-۳- مدیریت مصرف برق:

عبارت است از مجموعه تدابیری که بکارگیری نیروگاهها و یا خرید وفروش انرژی الکتریکی را می تواند تحت تاثیر قرار دهد تا باعث افزایش کارایی اقتصادی عرضه انرژی الکتریکی گردد.که بطور عام بصورت حداقل نمودن هزینه تولید و عرضه برق یا خرید انرژی الکتریکی درک می گردد.

اقدامات مدیریت مصرف برق در راستای مسطح نمودن نمودار بار، به کاهش سهم نیروگاههای بار پیک و افزایش سهم نیروگاههای بار پایه در تولید برق منجر می شود. باید توجه داشت که در مدیریت مصرف برق(از دیدگاه تولید کننده)هدف تولید کننده کم کردن انرژی تحویلی به مشترکین نمی باشد(سطح زیر منحنی بار ثابت فرض می شود)بلکه هدف کاهش هزینه عرضه برق حاصل می باشد.

مزایای یکنواخت نمودن منحنی بار از دیدگاه تولید کننده عبارتند از:

- کاهش تقاضا برای احداث نیروگاههای بار پیک اضافی
- تقلیل مصرف سوخت گران قیمت در تاسیسات مربوط به بار پیک
- کاهش تلفات ناشی از ورود و خروج به شبکه برق
- تقیل هزینه تولید برق باحداکثربهره برداری از نیروگاههای بارپایه

مدیریت مصرف برق در یک تقسیم بندی بصورت زیر می باشد

الف- کنترل مستقیم بار (قطع بار)

ب- کنترل غیر مستقیم بار(مدیریت بارهای انعطاف پذیر)

که در زیر به شرح آنها می پردازیم:

الف- کنترل مستقیم بار (قطع بار)

به دسته ای از عملکرد عرضه کنندگان انرژی اطلاق می شود که بطور مستقیم روی زمان و یا سطح قدرت الکتریکی مصرف شده توسط مشتریان اعمال می شود و آنها را به دلخواه عرضه کننده تغییر می دهد.

یک اقدام موثر و مستقیم برای مدیریت بار، قطع یا کنترل بارهائی است که بمدت معینی بدون اینکه آثار سوء برای مصرف کنندگان داشته باشند، می توانند قطع شوند: مانند کوره های الکتریکی، پمپ ها، هیترهای آب، ریخته گری(ذوب فلزات)، فرآیندهای الکترولیت، کمپرسورها و دستگاههای زباله سوز.

بعضی از دستگاهها ممکن است منقطع کار کنند، می توان برنامه ریزیهای لازم را انجام داد تا زمان خاموشی دستگاه در ساعات پیک باشد.بعنوان مثال در حال حاضر بیش از ۵۰۰۰۰ حلقه چاه کشاورزی برقدار در سطح کشور موجود و در حال بهره برداری است.مجموع مصرف انرژی سالانه چاههای برقدار حدود ۸ میلیاردکیلو وات ساعت با دیماند مصرفی حدود ۱۵۰۰ مگا وات است.با اجرای طرح ۲۰ ساعته کار کردن چاههای کشاورزی برقدار موجود ۱۵۰۰ مگا وات از پیک بار شبکه آزاد میشود.با توجه به ضریب تلفات بالای شبکه بخصوص در ساعات پیک بار،این رقم معادل با آزاد سازی یک نیروگاه بزرگ(حدود ۲۰۰۰مگاواتی)خواهد بود و سبب عدم نیاز به سرمایه گذاری به میزان قابل توجه در بخش تولید و انتقال خواهد شد.

ب- کنترل غیر مستقیم بار(مدیریت بارهای انعطاف پذیر)

همانطور که گفته شد هدف مدیریت مصرف برق ازدیدگاه تولیدکننده کاهش انرژی مصرفی نمی باشد بلکه هدف مدیریت مصرف(جابجایی مصرف کننده ها)به نحوی است که مطلوب تولید کننده بوده و در نهایت باعث ارزانتر تمام شدن قیمت انرژی الکتریکی تولیدی شود.

تدوین تعرفه های ویژه برق که بر مبنای آن مصرف کننده بنا به زمان ومقدار استفاده از انرژی الکتریکی بهای انرژی را پرداخت می کند،زمینه لازم برای مدیریت مصرف را فراهم می سازد.در این صورت مشترک برق می تواند در انطباق با هزینه مصرف برق تقاضای خود را برای بار وانرژی تنظیم و برنامه ریزی نماید.لازمه این امر آن است که متناسب با بار و انرژی الکتریکی قیت گذاری برق صورت گیرد.مشترک بطور کلی سعی دارد اقداماتی انجام دهد که برای وی اقتصادی است و در این حالت فعالیتهای تولیدی در فرآیندها وروند کار را

به شکلی تنظیم می کند که متناسب با تعرفه های برق،ارائه تولید و خدمات حداقل هزینه را در بر داشته باشد.بخش عده ای از اقدامات مشترک برق بر نمودار بار الکتریکی بطور جدی تاثیر خواهد گذاشت

تجربه در بعضی کشورها نشان میدهد که هزینه برق می تواند در اصلاح ضریب بار روزانه کمک نماید اگر چنانچه قیمت برق بر اساس قیمت تمام شده تولید محاسبه شود و برای پیک سائی نرخ انرژی برق در ساعات اوج بار خیلی گرانتر از روز باشد و عامل افزایش در قیمت انرژی در ماههای پیک گرانتر باشد موجب میشود که مصرف کننده ها سعی کنند منحنی بار خود را اصلاح کنند. و این موضوع بنوبه خود حداکثر تقاضا Peak demand را کاهش میدهد و شرکت برق لازم نیست که ظرفیت تولید را سریعاً افزایش دهد. و از طرف دیگر شرکت برق می تواند هزینه برق تمام شده را کاهش دهد چرا که می تواند آن دسته از نیروگاهها را که قیمت تمام شده کمتری دارند وارد مدار نماید.

صنعت برق رسانی، مجموعه ای از تعرفه ها را که جهت انعکاس الگوهای مصرف کنندگان مختلف تنظیم شده است، ارائه می دهد. این تعرفه ها نه تنها بر اساس نوع مصرف از جمله خانگی، تجاری ، کشاورزی و صنعتی تنظیم شده اند، بلکه بر اساس انواع عوامل بطور مثال، هزینه های ثابت، مصرف انرژی، حداکثر تقاضا، ضریب توان و ... هزینه تولید و انتقال و توزیع برق بطور قابل توجهی با ساعت روز و یا فصل سال تغییر می کند. با توجه به عدم امکان ذخیره سازی انرژی برق، هزینه های تامین برق برای یک مصرف کننده معمولاً وابسته به زمان و نرخ خاصی است که انرژی مصرف میشود.

در بیشتر سیاست گذاری تعرفه های برق بر اساس سیستم"هزینه گذاری نهائی" است که بر مبنای سه عامل زیر قیمت برق تعیین می گردد.

الف ـ ظرفیت تولید شبکه (مربوط به سرمایه گذاری جدید برای تولید، انتقال و توزیع هر KW اضافه شده است).

ب ـ انرژی (مربوط به هزینه های سوخت، تعمیرات و نگهداری به منظور تامین هر KW انرژی اضافی در نیروگاه است).

ج ـ مشترکین (هزینه هایی است که مستقیماً با نوع مشترک در ارتباط است و خدمات نظیر اندازه گیری، صورتحساب و ... را شامل است).

در واقع مبنای محاسبات فوق،تئوری معمول احتساب قیمت برق است که در آن مشترکین زمان اوج مصرف باید قیمت انرژی را با توجه به سرمایه گذاری تولید و انرژی مصرفی بپردازد.در حالیکه مشترکین زمان غیر اوج فقط قیمت انرژی مصرفی را می پردازند و از پرداخت هزینه ناشی از سرمایه گذاری معاف می باشند.مسلماً ضریب بار در هیچ نوع مصرفی مساوی یک نخواهد بود وقیمت الکتریسیته متناسب با زمان استفاده از آن تعیین میشود.اکثر صنایع بطور شبانه روزی کار می کند در حالیکه مشترکین تجاری(مغازه ها،رستورانها،دفاتر کارو...)فقط در ساعاتی از شبانه روزکار میکنند و اکثراً در ساعات پیک بار می باشد بخاطر این موضوع بهای واحد برق مصرفی برای این نوع مصارف بیشتر از بهای واحد برق صنایع خواهد شد.

۲-۲-۲- مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه مصرف کننده

عبارتست از بهبود راندمان استفاده از انرژی در طرف مصرف کننده در ساختمانها و اعمال روش هایی مطلوب برای صنایع موجود و جدید الاحداث که نهایتا" منجر به کاهش انرژی مصرفی، اوج بار و میزان بهای برق مصرفی مشترکین میشود و انرژی که ناشی از این عمل ذخیره میشود می تواند صرف پوشش دادن توسعه بار در آینده شود. در نتیجه میزان سرمایه گذاری جدید برای احداث نیروگاهها کاهش یافته و از سرمایه گذارهای بعمل آمده بطور منطقی استفاده میشود. بعنوان مثال در کشور تایلند ناشی از اجرای برنامه مدیریت انرژی الکتریکی از دیدگاه مصرف کنندگان در مدت پنج سال حدود 238 MW ظرفیت نیروگاه صرفه جوئی شده است. و پیش بینی میشود که با اجرای برنامه در سالهای آینده، امکان صرفه جوئی حدود 2000 MW وجود دارد.[۴]

نکته قابل توجه در مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده این است که ضمن جابجا کردن بارها جهت کاهش بار پیک سعی بر این است که سطح زیر منحنی بار نیز حداقل گردد.

مدیریت مصرف الکتریکی از دیدگاه مصرف کننده را به سه قسمت بصورت زیر تقسیم بندی می کنیم:

۱. بهینه سازی سیستم موجود
۲. افزایش راندمان استفاده از انرژی
۳. مدیریت بار

که به شرح تک تک آنها می پردازیم.

۲-۲-۲-۱- بهینه سازی سیستم موجود

الف- ضریب توان و اصلاح آن

تقریبا" همه واحدهای صنعتی به لحاظ مصرف توان راکتیو دارای ضریب قدرت کمتر از ۰/۹ می باشند. مصرف کنندگانی که ضریب قدرت (Cos Φ) آنها کمتر از ۰/۹ باشد باید طبق رابطه تعریف شده در تعرفه های برق هزینه مصرف راکتیو را بپردازند.

تاثیرات منفی پائین بودن ضریب قدرت:

- افزایش هزینه برق
- افزایش هزینه تجهیزات به لحاظ بزرگتر شدن اندازه آنها (مانند: کلیدها – فیوزها- کابلها- ترانسفورماتورها)
- ایجاد تلفات انرژی الکتریکی در خطوط انتقال و توزیع
- کاهش راندمان ترانسفورماتورها

روشهای اصلاح ضریب قدرت:

- استفاده از موتورهایی که خوب طراحی شده اند
- حتی الامکان استفاده از موتورهایی با سرعت زیاد به جای موتورهای با سرعت کم
- پرهیز از انتخاب موتور با توان نامی بزرگتر از بار
- نصب خازن
- در صورت امکان استفاده از موتور سنکرون

ب- تعمیر و نگهداری به موقع تجهیزات

تعمیر و نگهداری برنامه ریزی شده ، میتواند بر پایه عملکرد بخشی از تجهیزات الکتریکی انجام پذیرد. بطور مثال، در نظر گرفتن اینکه همه موتورها بطور متناوب تمیز و بازرسی گردند، حصول اطمینان از اینکه آلودگی و غبار همراه خنک کننده موتور وارد نشده باشد و اینکه هیچ نشتی روغن به داخل سیم پیچی های موتور وجود نداشته باشد، حائز اهمیت است، یاتاقانها نیز بایستی از نظر فرسودگی باز بینی شوند تا از تماس بین روتور و استاتور که

باعث ایجاد تلفات مکانیکی اضافی می شود و بازده بهره برداری را کاهش میدهد جلوگیری میشود.

ج- بهره برداری مناسب از موتورهای الکتریکی

انواع عمده موتورهای الکتریکی که در صنعت و تجارت با آنها مواجه می شویم از نوع موتورهای القائی بار و رتور قفس سنجابی یا روتور سیم پیچی شده جریان متناوب می باشند. موتورهای جریان متناوب از نوع آسنکرون هستند و تنها در بعضی موارد برای توانهای بیش از ۱۵۰ کیلووات از موتورهای سنکرون استفاده میشود. الکتروموتورها وقتی دارای بالاترین راندمان خود می باشند که در بار نامی بکار گرفته شوند.

تلفات الکتروموتورها با توجه به راندمان آنها و مدت کارکرد طولانی بسیار قابل توجه است. کل تلفات در موتورهای الکتریکی شامل چهار قسمت عمده می باشند که عبارتند از:

۱- تلفات آهنی (تلفات مغناطیسی کنندگی یا تلفات هسته) که مقدار آن به ولتاژ بستگی دارد.

۲- تلفات مسی، که به میزان تلفات گرمائی شناخته می شود و متناسب با مجذور جریان بار است.

۳- تلفات اصطکاکی (تلفات مکانیکی) و تلفات سیم پیچی که مستقل از میزان بار بوده و معمولا" مقدار آن ثابت است.

۴- تلفات مربوط به بار هرز

به منظور بهره برداری بهینه از الکتروموتورها موارد زیر پیشنهاد میگردد:

- امکان استفاده از موتورهای با دور قابل تنظیم مورد بررسی قرار گیرد.

- دقت شود که موتورهای الکتریکی با ولتاژ نامی کار کنند. از تنظیم کننده های ولتاژ تغذیه استفاده بعمل آید زیرا گاهی تغییر ۳٪ در ولتاژ تغذیه باعث افزایش تلفات انرژی به میزان ۲۵٪ خواهد شد.

- بار موتورها به اندازه توان نامی آنها باشد و در صورتیکه به قدرت کمتری نیاز است از موتورهای با قدرت کمتر استفاده گردد زیرا موتورهای بزرگ به راحتی موتورهای کوچک قابل مانور کردن نمی باشند و تلفات آنها در حالت کم باری زیاد تر است.

- با توجه به اینکه موتورها در محیط خنک بهتر کار می کنند باید محیط کار آنها طوری در نظر گرفته شود که گرمای ایجاد شده توسط موتورها به راحتی تهویه گردد. قابل ذکر است

در صورتیکه گرمای محیط کار موتور از ۲۷ درجه سانتیگراد به ۳۲ درجه سانتیگراد افزایش یابد به مقدار ۲٪ به تلفات انرژی موتور افزوده می گردد.

- دقت شود که موتورها با بار نامی کار کنند و با برنامه ریزی مناسب چه از لحاظ توان و چه از لحاظ زمان، از خاموش و روشن کردن بیش از حد موتورها جلوگیری بعمل آید.
- کاهش اصطکاک در سیستمهای مکانیکی که بوسیله موتورها میگردند مثل چرخ دنده ها ، غلطکها ، رولینگ ها ، زنجیرها و ... مد نظر قرار گیرد.

د- بهره برداری مناسب از ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورها تجهیزاتی هستند که به تعداد زیاد در همه واحدهای صنعتی و در همه بخشهای مصرف کننده انرژی الکتریکی بکار گرفته می شود. ترانسفورماتورها مبدل انرژی الکتریکی هستند نه مصرف کننده برق، تلفات ایجاد شده در ترانسفورماتورها به دلیل دائما" بر قدار بودن و عبور کل برق مصرفی از آنها قابل توجه است.

راندمان ترانسفورماتورها با تغییرات ضریب بار آنها تغییر می کند. بنابر این نقطه کار آنها از لحاظ بالاترین راندمان ۵۰ تا ۷۰ در صد ظرفیت اسمی است. چنانچه ترانس در کمتر از ۵۰ درصد و یا بیشتر از ۷۰ درصد ظرفیت اسمی زیر بار برود. راندمان آن کاهش می یابد. با افزایش ضریب قدرت راندمان ترانس افزایش و با کاهش ضریب قدرت راندمان ترانس نیز کاهش می یابد.

تلفات آهن در ترانسفورماتورها ثابت و تلفات مس تابع جریان بار است با توجه به اینکه تلفات آهن متناسب با اندازه ترانسفورماتورها افزایش می یابد با انتخاب منطقی ظرفیت ترانسفورماتورها از تحمیل تلفات آهن زیاد جلوگیری گردد. طبق آمار وزارت نیرو در سال ۷۳ ظرفیت بعضی از ترانسفورماتورهای منصوبه در شبکه فوق توزیع در حد سه برابر حداکثر قدرت بهره برداری در سال بوده است. و به این ترتیب تلفات آهن بیشتری در ترانس بوجود آمده است. و با توجه به اینکه ترانسفورماتور در طول سال تحت ولتاژ شبکه بوده است هزینه ناشی از تلفات مذکور قابل توجه خواهد بود.[۴]

در مورد ترانسفورماتورهایی که بطور موازی کار می کنند با محاسبه میزان مس و آهن به ازای بار معین در یک سیکل کاری معین می توان در مورد کارکرد موازی یا منفرد آنها در پست های فشار قوی تصمیم گیری کرد. مثلا" در یک پریود معین از سال بر اساس مطالعات منحنی بار در سنوات گذشته برای یک منطقه مشخص می توان بار اعمال شده به

ترانسفورماتور را در سیکل کاری معین پیش بینی کرد و با محاسبه میزان تلفات آهن برای تامین بار احتمالی محاسبه شده می توان حالت بهینه را برای کارکرد موازی یا منفرد ترانسفورماتورها تعیین کرد.

توزیع متقارن بار در سطح کارخانه بین سه فاز در هر فیدر در بهبود راندمان ترانسفورماتورها تاثیر دارد. ایجاد سیستم تهویه و خنک کردن فضا استقرار ترانسفورماتور در حفاظت و راندمان ترانس موثر است.

ه- استفاده بهینه از سیستم روشنائی

یکی دیگر از مواردیکه در بهینه سازی استفاده از انرژی تاثیر بسزایی دارد اعمال روشهای استفاده بهینه در سیستمهای روشنائی می باشد. بعنوان مثال حدود ۷۰ درصد از مصارف خانگی را روشنایی تشکیل می دهد که با اعمال مدیریت مصرف در این بخش نقش زیادی در اصلاح منحنی بار و ضریب بار شبکه خواهد داشت. اقدامات موثر در بخش مصارف روشنایی بشرح زیر است:

- حذف لامپهای اضافی در سیستمهای روشنایی
- حذف مدار چوک (Ballast) در لامپهای فلورسنت، در صورتیکه به هر دلیل از لامپهای فلورسنت استفاده نمی کنیم.
- استفاده و جایگزینی لامپهای پر بهره بجای لامپهای قدیمی و رشته ای
- بکارگیری کنترل زمانی و یا فتوسل در سیستم روشنایی
- استفاده از روشنایی موضعی (Zonal lighting) و پیش بینی امکان کنترل روشنایی توسط کلیدهای متعدد.
- استفاده از روشنایی موردی (Task lighting) که متناسب با کاربری های مختلف تعیین می شود.
- استفاده از روشنایی روز بجای روشنایی الکتریکی در ساختمانها
- استفاده از رفلکتورهای موثر برای افزایش کارآئی چراغهای روشنایی
- اصلاح شرایط فیزیکی محیط مثل رنگ آمیزی های روشن و مناسب در سقف و دیوار
- آموزش و آگاهی کارکنان موجود در کارخانجات و ادارات و عموم مردم برای کاهش مصرف

و- متعادل نمودن فازها

اکثر شبکه های نیرو متناوب سه فاز بوده و برای عملکرد متعادل طراحی می شوند عملکرد نا متعادل منجر به ایجاد مولفه های جریان توالی صفر و منفی می شوند. اینگونه مولفه های جریان اثرات نا مطلوبی مانند ایجاد تلفات اضافی در موتورها ومولدها، گشتاور نوسانی در ماشینهای متناوب، افزایش دندانگی یاریپل در یکسو کننده ها، عملکرد غلط انواع تجهیزات، اشباع ترانسفورماتورها و جریان اضافی سیم زمین را به دنبال خواهد داشت.

۲-۲-۲-۲- افزایش راندمان استفاده از انرژی

در یک پروژه بزرگ و جدید ، توجه به راندمان دستگاههای انتخاب شده، طراحی دقیق و مناسب سیستم گرمایش و سرمایش ساختمانها، بمنظور مصرف انرژی کم برای تهویه، تامین راندمان بالا در سیستم روشنائی، استفاده از روشنائی روز در ساختمانها، عایق بندی ساختمانها همگی اقدامات موثر در بهبود مصرف انرژی است. هزینه های زیاد ناشی از انتخاب دستگاههای با راندمان بالا، در مدت مشخص که بستگی به قیمت تجهیزات و انرژی دارد از محل صرفه جوئی در مصرف انرژی برق جبران خواهد شد. در مورد لوازم خانگی و کوچک، ممکن است این مدت کمی طولانی شود. سیستم روشنائی موثر (با راندمان بالا) سیستم سرمایش با راندمان بالا، سیستم تهویه air condition سیستم آبگرمکن با راندمان بالا حتی الامکان عدم استفاده از آبگرمکن های برقی، در مصارف خانگی از جمله موارد یاد شده است که کمک به بهینه سازی مصرف انرژی می کند. در کارخانجات، توجه به سیستم روشنائی با راندمان بالا، و موتورهای الکتریکی حائز اهمیت است.

بااستفاده از تجهیزات با بهره وری بیشتر می توان صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی بعمل آورد.طی این سالیان اخیر در کشورهای صنعتی وضع قوانین اجباری برای تحمیل استانداردهای ساخت و از طرفی افزایش قیمت انرژی و نفوذ تدریجی و طبیعی تکنولوژیهای جدید در ساخت کالا،باعث صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی شده است.بطوریکه برای کشور آمریکاطی سالهای ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۰ این امر منجر به صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان ۸/۵٪ شده است.[۱]

با توجه به خصوصیات فرهنگی جامعه ما که انرژی دارای یارانه بسیار زیادی است، همچنین با توجه به فرهنگ فن آگاهی ساخت تجهیزات موجود در جامعه ایران که عمدتاً

دارای تکنولوژی قدیمیتر از سال ۱۹۹۰ دنیاست(تولید یخچال،فریزر،ماشین رختشویی و...)به نظر می رسد که این محل یکی ار پر پتانسیل ترین روشهای موجود در جهت حرکت بسمت بهینه سازی مصرف انرژی و مدیریت مصرف برق باشد.و چنانچه بتوان در جهت حذف یارانه مداوی که دولت برای انرژی می پردازد و نیز در جهت بهبود استاندارد تجهیزات تولیدی حرکت کرد،قادر خواهیم بود که طی مدت ده سال بیش از ده در صد در زمینه مصرفی صرفه جویی داشته باشیم. [۱]

۲-۲-۲-۳- مدیریت بار

عبارتست از اعمال روشهای مدیریتی بر مصرف کنندگان انرژی الکتریکی و ارائه الگوی مصرف صحیح جهت افزایش راندمان انرژی الکتریکی از طریق کاهش پیک بار سیستم و یا افزایش ضریب بار شبکه (که حتی الامکان ضربه ای به تولید وارد نکند). با توجه به متغیر بودن میزان مصرف در ساعات شبانه روز و در فصول مختلف و تبعیت شرایط تولید از وضعیت مصرف کنندگان در شبکه های الکتریکی، ملاحظه می شود که رفتار بار و چگونگی تغییرات آن عامل مهم و تعیین کننده ای در ظرفیت تجهیزات منصوبه شبکه (اعم از نیروگاهها و شبکه های انتقال و توزیع) میباشد و معمولاً ظرفیت تجهیزات شبکه به منظور پوشش دادن بار در شرایط اوج مصرف (Peak) بعلاوه ضرایب ایمن برای حفظ پایداری دینامیکی شبکه تعیین میشود. از طرف دیگر زمان وقوع اوج مصرف در کشورهای مختلف با توجه به شرایط اجتماعی و فرهنگی و اقتصادی و اقلیمی متفاوت کشورها، با همدیگر تفاوت دارند. در کشور ما فقط چندین ساعت در شبانه روز، شرایط اوج مصرف اتفاق می افتد و در سایر ساعات شبانه روز (زمانهای partial Peak-Off - Peak) حتی به ۱/۳ مصرف زمان اوج میرسیم و عملاً از ظرفیتها و سرمایه گذاریهای موجود استفاده مطلوب نمیشود.

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد هدف در مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده این است که ضمن جابجا کردن بارها جهت کاهش بار پیک سعی بر این است که سطح زیر منحنی بار نیز حداقل گردد.

مطالعات منحنی بار لازمه مدیریت بار

مطالعات منحنی بار نقطه آغاز مدیریت بار است. منحنی بار، در واقع ارزیابی، کمی مصرف انرژی در یک پریود توسط مشترکین می باشد. چقدر و چگونگی انرژی توسط مشترک مصرف میشود. اطلاعات اضافه مانند انرژی مصرفی در زمینه های مختلف به مقدار

کمینه و بیشینه (max ، min) مصرف انرژی و زمان مربوط به آنها عنوان میشود. و هر نوع حالت غیر طبیعی در مصرف انرژی در زمانهای مختلف مشخص می کند.

مشترکین می توانند با مطالعه منحنی بار و زمان پیک آن و با در نظر گرفتن زمان اوج بار شبکه برق، با انتقال و جابجائی بارهای مصرفی، صرفه جوئی قابل توجهی در مصرف برق و بهای برق مصرفی خود داشته باشند.

بر اساس مطالعات منحنی بار، و آنالیز مولفه های تشکیل دهنده منحنی بار، حالات مختلفی برای کاهش بهای برق مصرفی قابل بررسی است. لازم است بارهای مختلفی که مجموعا" بار ماکزیمم را در ساعات اوج بار تشکیل میدهند شناسائی شود و سپس بسته به اهمیت آنها ، نسبت به حذف بخشی از آنها در ساعات اوج مصرف اقدام نمود. بعضی از بارها، حتی در شرایط پیک نبایستی قطع شوند. چرا که مستقیما" با میزان تولید در ارتباط است و یا اینکه در قسمت خدمات عمومی با رفاه مشتریان و ارباب رجوع در ارتباط است. این نوع بارها، در مدیریت بار نمی توانند مشارکت کنند.

انجام اعمال زیر می تواند به اصلاح منحنی بار کمک نماید:

الف- تنظیم ساعات کار صنایع در شبانه روز

ب- تنظیم فصول کار در طول سال (تعمیرات + تعطیلات)

ج- تنظیم ساعت کار اصناف

د- انتقال بعضی بارها از زمان پیک به زمان کم باری

در واقع با این کار، مقدار ماکزیم بار در شرایط پیک کم میشود و در نهایت قیمت برق مصرفی کم میشود. بعنوان مثال، با در نظر گرفتن تهویه مطبوع و یا فرآیند خنک کردن با استفاده از یخ، که در شرایط غیر پیک، یخ درست میشود و در زمان پیک از یخ استفاده میشود. و مستلزم سرمایه گذاری اضافی می باشد.

ه- پر کردن نقاط گودی منحنی بار

برای اصلاح ضریب بار و ایجاد مصارف در زمانهای کم باری OFF- Peak تا اینکه از مزایای برق ارزان قیمت استفاده شود. بعنوان مثال، استفاده از هیترهای آب با پیش بینی امکانات انبار کردن آن و سعی در تشویق مصرف کنندگان بزرگ با نرخ های ارزانتر جهت تنظیم شیفت کاری و خط تولید در این زمانها.

۲-۳- شاخصهای مطالعات مدیریت بار

۱- بار پایه

(Base Load)

میزان بار حداقل که در طی یک دوره زمانی محاسبه میگردد.

۲- تولید بار پایه

(Base Lode Generation)

بزرگترین و پر بازده ترین تجهیزات تولیدی در یک سیستم تولید انرژی الکتریکی

۳- ظرفیت

(Capacity)

حداکثر باری که در یک نیروگاه یا دیگر تجهیزات الکتریکی می تواند تحت شرایط و در مدت زمان مشخصی عمل کند بدون آنکه درجه حرارت و تنش آن از حدود تعیین شده تجاوز نماید.

۴- ظرفیت حذف بار

(Cut Off Load Capacity)

حداکثر ظرفیتی که یک عرصه کننده انرژی الکتریکی در دوره ای خاص با شرایط معین می تواند با حذف بارهای خاص در سیستم قدرت بدست آورد.

۵- ظرفیت تولید حداکثر

(Maximum Generation Capacity)

ظرفیت تولیدی که بطور عادی برای جوابگوئی به بار در دوره بار حداکثر و برای مدت زمان معینی طراحی شده است و شامل تمامی شکلهای تولید حداکثر و ظرفیت های اضافی ناشی از اعمال مدیریت بار می باشد.

۶- ظرفیت ذخیره

(Reserve Capacity)

عبارتست از اختلاف بین ظرفیت خالص سیستم و حداکثر بار مورد تقاضا موجود در آن سیستم، بار حداکثر بخشی از ظرفیت تولیدی سیستم که برای استفاده در پاسخگویی به برنامه های نگهداری تنظیم شده، خروجیهای اضطراری از مدار و مقتضیات عملیاتی سیستم و بارهای پیش بینی نشده اختصاص داده شده است لازم بذکر است هر چه شرایط بهره

برداری از سیستم قدرت اقتصادی تر باشد میزان این ظرفیت کوچکتر خواهد بود. مثلاً" ظرفیت ذخیره در ایران ۳۵٪ می باشد که با ظرفیت ذخیره آمار داده شده ژاپن که حدود ۲٪ میباشد قابل مقایسه نیست.[۲]

۷- انعطاف نسبی تقاضا

(Cross Elasticity Of Demand)

میزان تغییرات در کمیت تقاضای یک کالا به درصد به یک درصد تغییر در قیمت برخی کالاهای وابسته به آن کالا.

۸- طبقه مشتری

(Customer Class)

یک جداسازی بین استفاده کنندگان از انرژی الکتریکی. طبقه مشتری معمولاً" با احتساب الگوی مصرف، سطح مصرف و شرایطی که خدمات را دریافت می دارد تعیین میگردد. طبقات معمولاً" بواسطه فعالیت مشتری مقوله بندی می شوند. از قبیل خانگی، تجاری، صنعتی و ....

۹- نرخ کلی کاهشی

(Declining Block Rate)

الگوی نرخ گذاری در یک طبقه از مشتریان که طی آن بهای واحد انرژی مصرفی بواسطه افزایش مصرف کاهش می یابد.

۱۰- دیماند

(Demand)

کمیتی است که نشان دهنده میزان قدرت الکتریکی تحویلی لحظه ای یا متوسط در طی مدت زمان خاص به یا از یک سیستم الکتریکی یا قسمتی از آن و یا هر وسیله الکتریکی دیگر بوده و به کیلو وات و یا هر واحد مناسب دیگر بیان می شود.

۱۱- دیماند حداکثر سالانه

(Maximum Annual Demand)

بزرگترین دیماند سالانه بار که تحت ملاحظات ویژه و در طی دوره مشخصی از یکسال تقویمی اتفاق می افتد.

۱۲- دیماند متوسط

(Average Demand)

قدرت خروجی از یا ورودی به یک سیستم الکتریکی و یا هر بخش دیگر از آن در طی یک دوره زمانی بوده و از تقسیم کل کیلووات ساعت مصرفی یا تولیدی آن در همان دوره زمانی بر طول زمانی آن دوره بدست می آید.

۱۳- مجموع دیماند همزمان

(Coincident Demand)

جمع دو یا چند دیماند که بطور همزمان در یک دوره محاسبه دیماند اتفاق می افتد.

۱۴- حداکثر دیماند لحظه ای

(Instantaneous Peak Demand)

حداکثر دیماند که در لحظه وقوع حداکثر بار اتفاق می افتد.

۱۵- مجموع دیماند نا همزمان

(Non-Coincident Demand)

مجموع دو یا چند دیماند منفرد که نمی توانند بطور همزمان در یک دوره زمانی محدود نظیر یک روز، هفته، ماه فصل اتفاق بیفتد.و معمولا" برای دوره های بزرگتر از یکسال محاسبه نمی گردد.

۱۶- فاکتور دیماند

(Demand Factor)

نسبت حداکثر دیماند به جمع کل بارهای متصل شده به هر سیستم معین در یک دوره زمانی مشخص.

۱۷- کنترل بار مستقیم

(Direct Load Control)

فعالیتی که توسط بهره برداری کننده در طی دوره بار حداکثر و یا دوره های عملیاتی دیگر سیستم برای محدود کردن میزان دیماند بعضی از مشترکین انجام می گردد. .

۱۸- تنوع زمانی

(Diversity)

شاخصی از تنوع بارها که ناهمزمانی وقوع حداکثر بارهای منفرد را بیان می کند. تنوع زمانی بارهای مشترکین منجر به تنوع زمانی در بارهای ترانسفورماتورهای توزیع، واسطه های تغزیه و پست ها و همچنین کل سیستم میگردد.

۱۹- ضریب پراکندگی زمانی

(Diversity Factor)

نسبت مجموع مصارف حداکثر ناهمزمان دو یا چند بار به مصارف حداکثر همزمان آن بارها که به درصد بیان میشود.

۲۰- حفظ انرژی

(Energy Conservation)

استفاده موثرتر از منابع انرژی، حفظ انرژی در جستجوی کاهش میزان انرژی بکار رفته برای تهیه یک واحد از کالای تولیدی و خدمات ارائه شده و یا افزایش سود بدست آمده از کاهش هدر رفتن انرژی می باشد. حفاظت از انرژی و کاهش مصرف انرژی مترادف یکدیگر نمی باشند.

۲۱- مدیریت انرژی

(Energy Management)

آن قسمت از عملیات بهره برداری سیستم قدرت که طرح، هماهنگی و کنترل تغذیه و انتقال و توزیع و بهره برداری را بعهده دارد. هماهنگی با بکارگیری مدیریتی که از جانب شبکه ای از بهره برداری ها که این بهره برداری ممکن است عضو آن باشد و یا مدیریت داخلی بهره برداری در جهت افزایش قابلیت اطمینان سیستم بدست می آید.

۲۲- انرژی غیر پیک

(Off- Peak Energy)

انرژی که در طی روزهای (یا ساعات) با دیماند نسبتا" کم سیستم توسط عرضه کننده عرضه میگردد.

۲۳- انرژی پیک

(On- Peak Energy)

انرژی که در طی دوره های با دیماند نسبتا" زیاد سیستم توسط عرضه کننده عرضه میگردد.

۲۴- بار

(Load)

میزان قدرت الکتریکی تحویلی یا مورد نیاز در هر نقطه یا نقاط مشخص یک سیستم قدرت.

۲۵- منحنی بار

(Load Curve)

منحنی که نشان دهنده قدرت (کیلو وات) عرضه شده بر حسب زمان وقوع آن است و چگونگی تغییر اندازه بار تامین شده را در دوره مورد رسم قرار گرفته نشان میدهد.

۲۶- ضریب بار

(Load Factor)

نسبت متوسط بار عرضه شده در یک دوره زمانی در نظر گرفته شده به حداکثر باری که در آن دوره اتفاق می افتد. هر دوی این مقادیر بایستی به واحدهای یکسان بیان شده باشند. ضریب بار را همچنین میتوان از تقسیم کیلو وات ساعت مصرفی به حاصل ضرب دیماند ماکزیمم بر حسب کیلو وات در طول زمانی دوره بر حسب ساعت بدست آورد.

۲۷- شکل بار

(Load Shape)

نمایش میزان نسبی استفاده از قدرت الکتریکی در طی دوره های متوالی که معمولا" هر دوره آن یک سیکل کامل می باشد شکل بار نامیده می شود. برای مثال می توان نمایش ساعت به ساعت دیماند مشتری برای یک شبانه روز یا یک هفته کامل را نام برد.

۲۸- قطع بار

(Load Shedding)

تقلیل دیماند سیستم که بواسطه ایجاد وقفه های سیستماتیک و از پیش تعیین شده در تحویل بار به مشترکین بزرگ و یا مدارات توزیع صورت می گیرد و معمولا" جهت رفع

کمبود ظرفیت تولید کلی یا منطقه ای سیستم و یا بواسطه ملاحظاتی با مصرف کنترل ولتاژ بکار گرفته می شود.

۲۹- مدیریت بار پسیو

(Passive Load Management)

روشی از مدیریت بار که با تکیه بر نحوه پاسخگویی مشترکین به نرخ، مفاهیم متداول در حفظ انرژی، تبلیغات و مسائلی از این قبیل اهداف تقلیل دیماند، جابجایی زمانی الگوهای مصرف انرژی، بهبود ضریب بار و بهینه سازی ظرفیت و عرضه انرژی در سیستم را دنبال می نماید.

۳۰- بار کنترل پذیر

(Controllable Load)

بار کنترل پذیر یک فرآیند مصرف انرژی الکتریکی با الگوی خاص است که می تواند بخوبی با استفاده از روشهای مدیریت بار دگرگون شود بدون آنکه در میزان قدرت اجرائی آن کاهش حاصل شود.

نتیجه:

مدیریت بار وسیله بسیار موثری جهت بهبود کارآئی شبکه می باشد که عمدتا" بصورت بهبود ضرائب بارهای مختلف ظاهر میگردد. این تکنیک در اروپا، ژاپن و حتی آمریکا لازم الاجرا و ضروری محسوب می شود. در عمل تکنیک مزبور همگام با سیاست قیمت گذاری تا حدی که از نظر اقتصادی بیشترین کارآئی را داراست پیش می رود. باین ترتیب آینده ای در پیش رو خواهد بود که در آن توسعه تقاضای سودمند برق مورد ترغیب قرار گرفته و موارد غیر سودمند حذف میگردد. بمحض آنکه مدیریت بار در مقیاس وسیعی به اجرا درآید نیاز به یک سیستم ارتباطی بین مشترک و شرکت برق بوجود میآید.

هر بند این سیستم از راه برگشت سرمایه ها و هزینه های عملیاتی کمتر جبران میگردد.

معرفی یک سیستم مدیریت بار بایستی از همه لحاظ مورد تحلیل قرار گرفته باشد. زیرا روشهای مدیریت بار بسیاری در زمینه تئوری و عملی (اجرائی) وجود دارد. راه حلهای ایده آل برای الگوی تولید، انتقال و مصرف باید انتخاب گردد. بعنوان مثال چگونگی مدیریت بار در دو کشور که در یکی ظرفیت تولید آن شامل هزینه های گوناگون و بعضا" مغایر هم بوده، و دیگری دارای یک سیستم تولید متجانس می باشد، کاملا" با هم متفاوت خواهد بود.

شکل منحنی بار در انتخاب سیستم مدیریت بار مورد اجرا موثر است. یک منحنی بار روزانه که پیک آن باریک و دارای شیب بسیار تند باشد، مدیریت بار را بسیار ضروری و با اهمیت می نماید. نوع و حجم بارهائی که می تواند قابل کنترل و تنظیم باشد نیز بطور قابل توجهی در یک کشور با کشور دیگر تفاوت دارد.

فصل سوم

اعمال روشهای پیک سائی

در صنایع

۳-۱- تجربه کارخانجات سیمان

در این بخش چنانچه از عنوان آن بر می آید به نمونه ای از کاربرد روشهای اجرائی مدیریت بار در صنایع خواهیم پرداخت و نکته مهم در یادآوری این تجربه آن است که قسمت اعظم کاهش سهم بار صنعتی در تشکیل بار پیک از طریق بهینه سازی خط تولید و گردش زمانی تولید انجام می گیرد که خود به نوعی به معنای افزایش راندمان این صنایع نیز میباشد.

اهمیت کار انجام شده در صنایع سیمان که توسط معاونت انرژی وزارت نیرو صورت گرفته است ارائه یک روش برای بررسی صنایع از نقطه نظر مدیریت انرژی بطور اعم و مدیریت بار بطور اخص می باشد و بنابراین روش ارائه شده را میتوان با تغییرات کمی در مورد سایر صنایع نیز بکار برد.

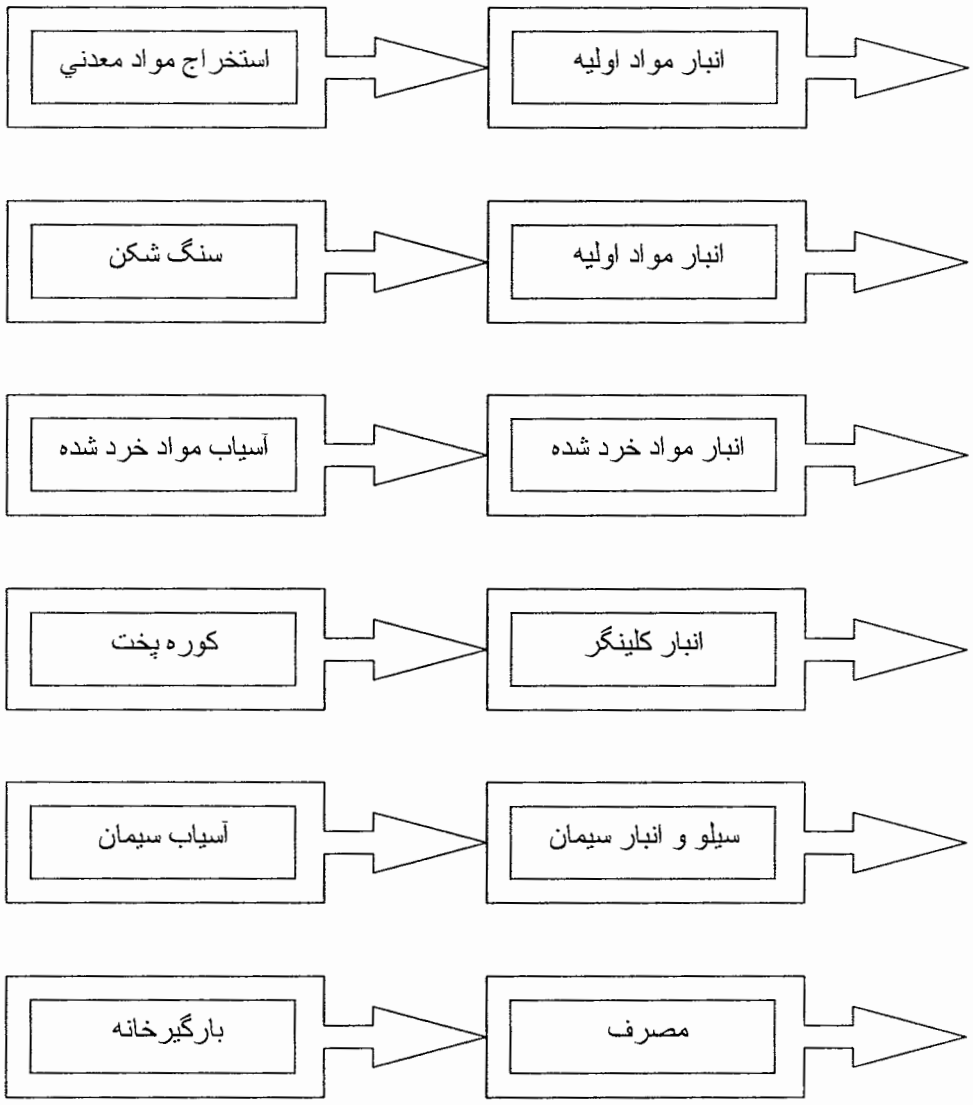
روش پیشنهادی برای اعمال مدیریت بار در صنایع سیمان متکی بر بهینه سازی روال تولید از لحاظ زمان می باشد. روشن است که تکنیکهای متنوعی را می توان برای اعمال مدیریت بار در صنایع بکار گرفت که از آن جمله اند: بهینه سازی خط تولید از لحاظ زمانی و کار مصرف شده و بهینه سازی عملیاتی پروسه های تبدیل کننده انرژی که در عملیات تولید نقش دارند. در اینجا نوع اول این بهینه سازی ها مورد بحث قرار گرفته است.

۳-۱-۱- خلاصه

هدف عمده مطالعه مصرف برق و بار مورد نیاز صنعت سیمان ارزیابی تاثیر آن بر نمودار بار شبکه برق رسانی است تا بر مبنای آن اقدامات لازم و عاجل جهت کاهش مصرف برق در ساعات پیک شبکه سراسری شناسائی شود. برای این منظور ابتدا خط تولید صنعت سیمان و فرآیندهای مهم آن در دوره زمانی یک شبانه روز ارزیابی می شود. سپس در بخش بعد مصرف برق در صنعت سیمان مطالعه و روند تغییرات روزانه بار در کارخانه های سیمان و شبکه سراسری با یکدیگر مقایسه میگردد. آنگاه مدیریت بار در صنعت سیمان مورد بحث قرار می گیرد. در این بخش از گزارش دو مدل برای ارزیابی تاثیر اعمال محدودیت فیزیکی بر کارخانه های سیمان در هنگام پیک بار شبکه سراسری و برای تجزیه و تحلیل تاثیر نرخ برق سه تعرفه ای بر شکل نمودار بار روزانه این صنعت عرضه می گردد.

۳-۱-۲- خط تولید سیمان

خط تولید سیمان مطابق نمودار (۱) از فرآیندهای بهم پیوسته ای تشکیل شده اســت که طی آن مـواد خام تـحت عملیـات مکانیـکی و حرارتـی تغییر شکل یافته و به شکل نهایی یعنی سیمان در می آید.



نمودار(۱)- مهمترین فرآیند های خط تولید در صنعت سیمان

۳-۱-۳-توان مورد نیاز در فرآیندهای تولید

مهمترین مورد استفاده از برق در صنایع سیمان ایجاد نیروی محرکه است. انرژی الکتریکی در سنگ شکن جهت وارد کردن ضربه، در آسیاب های مواد خام و سیمان به منظور گرداندن محفظه و غلطکها و در کوره پخت جهت چرخش و خنک کردن کوره بکار گرفته می شود. توان لازم برای هر یک از اعمال مزبور و نیز مقدار انرژی الکتریکی مصرف شده متفاوت می باشد. آسیاب های مواد خام و سیمان مهمترین مصرف کننده برق بوده و قدرت مورد نیاز برای کار این دستگاهها در اغلب کارخانه ها در حدود ۷۰ درصد کل توان بکار گرفته شده را تشکیل می دهد .بعد از آسیاب ها، کوره پخت و در نوبت بعدی سنگ شکنها عمده ترین مصرف کننده برق بشمار می آیند. جدول (۱) قدرت مورد نیاز در مهمترین فرآیندهای خط تولید برخی کارخانجات سیمان کشور را نشان می دهد.

جدول (۱)- توان مورد نیاز هر یک از فرآیندهای تولید (واحد: مگاوات)

کارخانه	سنگ شکن	آسیاب مواد خام	کوره پخت	آسیاب سیمان	جمع (دیماند قراردادی کارخانه)
آبیک	۲/٦	۱۳	۱۳	۱٦	٤٥
ارومیه	۱/٥	٥/٥	٤/۲	٥	۱٦
اصفهان	۱/٥	٤	۱/۷	٤	۱۲
بهبهان	۱/٥	٥/٥	٤/٥	۱۰	۲٥
تهران	۳	۱٥/٥	۱٤/٥	۲۰	٦۰
خزر					۱۲
دورود					۲۷
سپاهان	۲/۳	۸/٤	۷/٥	۱۳/٥	۳۳
شمال	۱/۰	٤/٤	۰/۲٦	٤/۹	۱٦
صوفیان	۱/۸	۷/۰	۳/۷	۹/۱	۲٦/۰
فارس	۱/۲	۱۰/۲	۱/۹	٦/۹	۱۷/۰
غرب	۱/۱	۳/۸	۳/۲	٤/۰	۱۲/۰
کرمان					۲٥/۰
لوشان	۰/۲	۱/٥	۰/۳	۱/٤	٤
مشهد	۱/۷	۲/۸	۱/٥	۳/۹	۱۰
نکاء	۰/۹	۲/٦	۳	٤	۱۲

کوره پخت در تداوم تولید و جریان مواد در خط تولید نقش تعیین کننده دارد و به سبب دمای بسیار بالا در کوره پخت (در حدود ۱٤۰۰ درجه سانتیگراد) لازم است که این دستگاه همواره در حال چرخش باشد. لذا این بخش از خط تولید در تمام ساعات شبانه روز بایستی کار کند. حال آنکه ساعات کار دیگر فرآیندهای تولید کمتر است. (جدول ۲)

جدول (۲) ساعات کاری مورد نیاز هر یک از فرآیندهای تولید در شبانه روز (واحد: ساعت)

کارخانه	سنگ شکن	آسیاب مواد خام	کوره پخت	آسیاب سیمان	بارگیری کارخانه
آبیک	۱۰	۱۸	۲٤	۱۸	۱٦
ارومیه	٦	۲۰	۲٤	۱٦	۱٦
اصفهان	۱۸	۲۲	۲٤	۲۰	؟
بهبهان	۱٦	۱۸	۲٤	۱۸	۱٦
تهران	۱٦	۲۰	۲٤	۲۰	۸
خزر	۱۲	*۲۴	۲٤	*۲۴	۱۲
دورود	۱٦	*۲۴	۲٤	*۲۴	۱٦
سپاهان	۱٦	۱۹	۲٤	۲۰	۱٦
شمال	٤	۱٦	۲٤	۱٦	؟
صوفیان	٤	۱۸	۲٤	۱۸	۱٦
فارس	۱۵	*۲۴	۲٤	*۲۴	۱۱
غرب	۱٦	۱۸	۲٤	۱۸	۱٦
کرمان	۱٦	۲۰	۲٤	۲۰	۱٦
لوشان	۱۲	*۲۴	۲٤	*۲۴	۱۲
مشهد	۱۸	*۲۴	۲٤	*۲۴	۸
نکاء	۵	۱۸	۲٤	۱۹	۱۲

(ساعات کاری مورد نیاز فرآیند بر اساس اظهارات مسئولین فنی کارخانه هاست.)

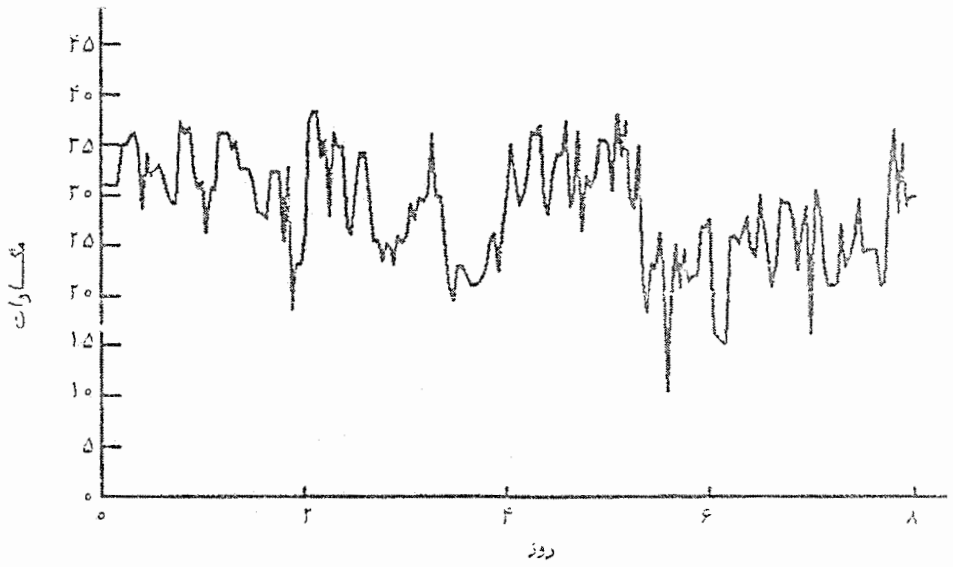
* - بنظر می آید این ارقام بیشتر از ساعات کاری مورد نیاز کارخانه در یک شبانه روز است زیرا در اغلب کارخانه ها ظرفیت آسیاب ها بیشتر از ظرفیت کوره است برای مثال: ظرفیت کوره پخت در کارخانه سیمان مشهد ۱۵۵۰ تن در روز است و ظرفیت آسیاب مواد خام (ظرفیت دو واحد آسیاب مواد خام) ۱۲۷ تن در ساعت گزارش شده

است. از این رو اگر آسیاب های مواد خام تنها ۲۰ ساعت کار کنند محصول آن (۲۵٤۰ تن در روز) برای تداوم فعالیتهای کوره پخت کفایت خواهد کرد.

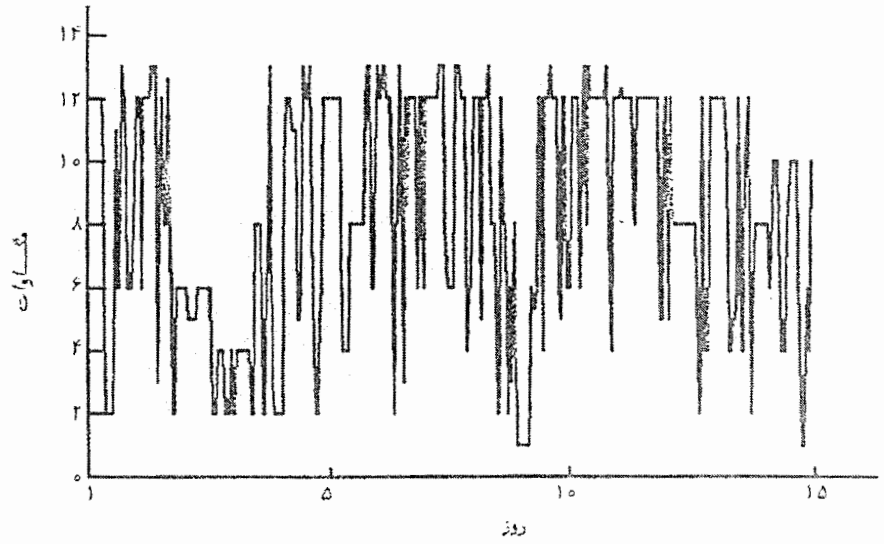
از آنجا که عملیات پخت در کوره در تمام ۲٤ ساعت شبانه روز بایستی ادامه داشته باشد کارخانجات سیمان در سه شیفت کار می کنند. اما ساعات کاری مورد نیاز در فرآیند تولید دیگر، همواره کمتر از ۲٤ ساعت است. و از این رو برخی از آنها در شیفت های مختلف کار می کنند. بنابراین این کارکرد سنگ شکن الزاما" به شیفت اول و دوم محدود می باشد و در بسیاری موارد کار بکارگیری نیز در شیفت اول و دوم سازمان می یابد. اما در فرآیندهای تولید دیگر، مانند آسیاب مواد خام و سیمان، محدودیت زمانی برای عملیات آنها وجود ندارد و می توانند در هر سه شیفت کاری مورد بهره برداری قرار گیرند.

۳-۱-۴- مقایسه بار سیمان و بار شبکه سراسری برقرسانی

بطوریکه در بخش های قبلی توضیح داده شد توان مورد نیاز کارخانه سیمان طی زمان در حال نوسان است و تنها در یک مجموعه زمانی چند ساعته حداکثر بار ظاهر می شود. نمودارهای(۲) و(۳) بار روزانه کارخانه سیمان تهران و یک خط تولید کارخانه صوفیان را به ترتیب طی ۸ روز (اول تا هشتم تیر ماه ۱۳٦۹) و ۱۵ روز (اول تا پانزدهم خرداد ماه ۱۳٦۸) نشان می دهد. در این نمودارها مشاهده می شود که قدرت بکار گرفته شده در کارخانه بطور مداوم در تغییر بوده و در ساعتهای مختلف حداقل و حداکثر بار ظاهر می گردد. حداکثر بار مورد نیاز کارخانه سیمان تهران ٤۵ مگاوات (بدون در نظر گرفتن خط تولید ری) است. اما نمودار (۲) نشان می دهد در مواردی حداقل قدرت مورد استفاده تا ۱۵ مگاوات (یک سوم بار قدرت قراردادی) تقلیل می یابد. همانطوریکه شکل (۳) نیز نشان می دهد توان بکار گرفته شده در یک خط تولید کارخانه سیمان صوفیان بین ۲ تا ۱۳ مگاوات در نوسان بوده و حداقل و حداکثر بار کارخانه بطور متناوب اتفاق افتاده است.



نمودار(۲)- بار روزانه کارخانه سیمان تهران طی ۸ روز

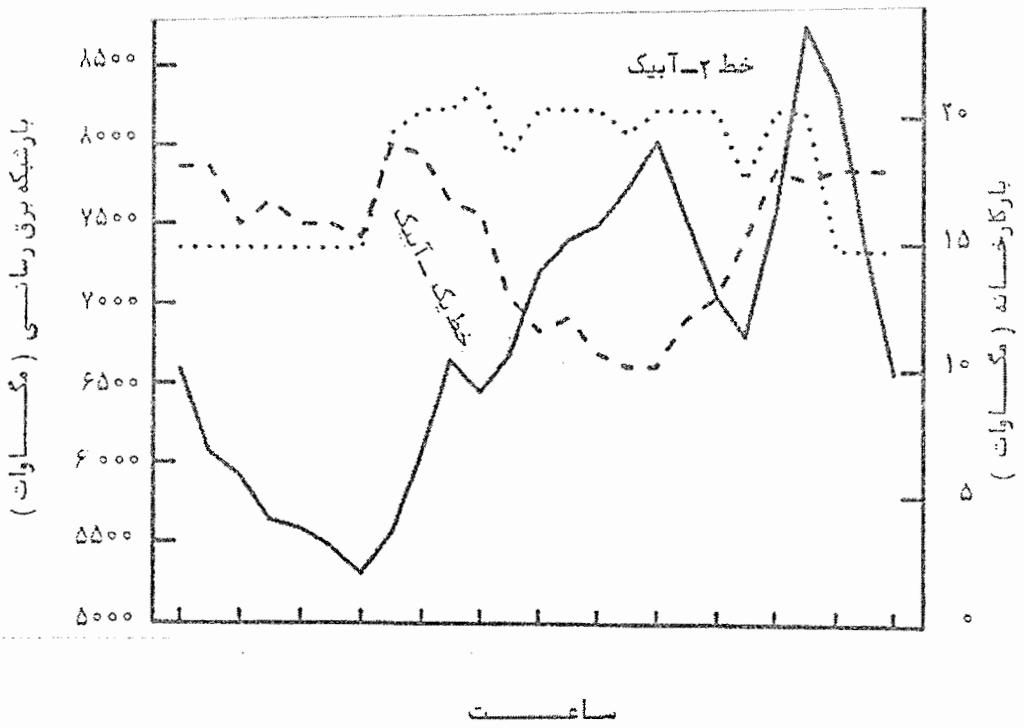


نمودار(۳)- بار روزانه یک خط تولید کارخانه سیمان صوفیان طی ۱۵ روز

بررسی مختصر نمودار بار روزانه کارخانه های سیمان نشان می دهد که نوسان مداوم قدرت مورد نیاز در صنعت سیمان امری اجتناب ناپذیر است. نیاز فراوان به انرژی الکتریکی

در این رشته صنعتی از یکسو و بکارگیری قدرت های بالا در آن از طرف دیگر. تاثیر تحولات نمودار بار روزانه کارخانه های سیمان بر تغییرات بار شبکه سراسری را روشن می سازد. اگر زمان وقوع حداکثر توان بکار گرفته شده در صنعت سیمان بر قله بار شبکه سراسری منطبق باشد این رشته صنعتی سهم عمدهای در قله بار شبکه خواهد داشت و از طرف دیگر، اگر از انطباق قله بار شبکه سراسری برق رسانی و کارخانه های سیمان بر یکدیگر ممانعت بعمل آید از قدرت مورد نیاز یکی از بزرگترین مصرف کنندگان برق کشور در ساعاتی که حداکثر بار روزانه شبکه سراسری اتفاق می افتد کاسته می شود. این امر می تواند تقاضای قدرت الکتریکی را از ساعات پیک جابجا سازد و به دوره های غیر پیک منتقل نماید.

نمودار (٤) بار روزانه شبکه سراسری در تاریخ پانزدهم تیرماه ١٣٦٩ را به همراه بار روزانه خط تولید یک و دو سیمان آبیک در روزهای پانزدهم و سی و یکم مرداد ١٣٦٨ را نشان می دهد. بطوریکه مشاهده می گردد قله بار روزانه شبکه سراسری در محدوده ساعت ١٩ الی ٢٣ ظاهر می شود. مقایسه بار روزانه خطوط تولید کارخانه مزبور با بار روزانه شبکه سراسری نمایانگر این واقعیت است که حداکثر قدرت مورد نیاز کارخانه در محدوده ساعت ١٨ الی ٢٣ ظاهر می شود. مقایسه بار روزانه خطوط تولید کارخانه مزبور با بار روزانه شبکه سراسری نمایانگر این واقعیت است که حداکثر قدرت مورد نیاز کارخانه در محدوده ساعت ١٨ الی ٢٣ اتفاق می افتد و تقریبا" با قله بار روزانه شبکه سراسری همزمان می باشد.



نمودار(۴)- بار روزانه شبکه سراسری به همراه بارهای خطوط تولید یک و دو سیمان آبیک

۳-۱-۵- مدل مدیریت بار روزانه در صنایع سیمان

برای اجرای مدیریت بار در کارخانه های سیمان، در چارچوب گزارش حاضر مدل بهینه سازی ریاضی با اعداد صحیح (Integer- Programming) ایجاد شده و به کمک آن امر اعمال محدودیت روی قدرت بکار گرفته شده در کارخانه در ساعات قله بار شبکه سراسری برق رسانی و نیز تاثیر نرخ سه تعرفه برق بر شکل بار روزانه کارخانه های سیمان مورد مطالعه قرار گرفته است. مدل مزبور به دو صورت مختلف توسعه یافته است. در مرحله اول، تابع هدف (Objective Function) حداقل نمودن قدرت مورد نیاز کارخانه در ساعات پیک شبکه سراسری (بین ساعت ۱۹ و ۲۳) است. محدودیت های مدل بر این امر مبتنی است که هیچگونه خدشه ای به تولید کارخانه وارد نشود. بنابراین، همه فرآیندهای تولیدی بایستی به تعداد ساعات کاری مورد نیاز در شبانه روز کار کنند. شکل کلی مدل بصورت زیر می باشد.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{9} (P_{i7} * X_{i7} + P_{i8} * X_{i8})$$

$$\text{S.t } \sum_{j=1}^{12} 2 * X_{ij} \geq h_j \qquad (1)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ or } 1$$

در مدل فوق i نمایشگر فرآیندهای تولید (سنگ شکن، آسیاب مواد خام، کوره پخت و ...) بوده و مجموعا" ۹ فرآیند تولیدی مندرج در جدول ۳ در نظر گرفته شده است. j دوره های زمانی طی شبانه روز را نشان می دهد. یک شبانه روز به ۱۲ دوره زمانی ۲ ساعته تقسیم شده است که آغاز شیفت اول کاری (ساعت ۷) شروع می شود (مراجعه به جدول ٤) بنابراین دوره های زمانی هفتم و هشتم بر قله بار مصرفی شبکه سراسری (ساعت ۱۹ الی ۲۳) منطبق است. X_{ij} (بر حسب کیلو وات) مقدار قدرت مصرفی فرآیند i در دوره زمانی j است. X_{ij} عدد صحیح صفر یا یک است. در صورتیکه فرآیند i در دوره زمانی j کار کنندX_{ij} برابر یک خواهد بود و در غیر اینصورت صفر می شود. h_j ساعات کاری مورد نیاز فرآیند j در یک شبانه روز است.

جدول ۳- فرآیندهای تولید سیمان منظور شده در مدل (۱)

i	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
فرآیند	سنگ شکن	آسیاب خاک رس	خشک کن	آسیاب مواد خرد شده	کوره پخت	آسیاب سیمان	کیسه سازی	بارگیر خانه	سایر فن عمومی

جدول ٤- دوره های زمانی منظور شده در مدل (۱)

j	۱	۲	۳	٤	٥	٦
محدوده ساعت	۷-۹	۹-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	۱۷-۱۹

ادامه جدول ٤

j	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
محدوده ساعت	۱۹-۲۱	۲۱-۲۳	۲۳-۱	۱-۳	۳-۵	۵-۷

لازم به تذکر است که در چارچوب مدل فوق تابع هدف Z که نمایشگر جمع قدرت مورد نیاز دو ساعت پیک است در دو دوره زمانی هفتم و هشتم حداقل می شود از آنجا که میتوان نیاز در هر یک از دوره های زمانی عدد مثبت می باشد تابع فوق هنگامی حداقل می گردد که هر یک از اجزاء آن بعضی قدرت مورد استفاده در دوره هفتم و هشتم کمترین مقدار را داشته باشد . لذا حداقل شدن تابع هدف به مفهوم آن است که توان مورد نیاز در هر یک از دوره های زمانی مورد اشاره به پایین ترین سطح می رسد. بطوریکه در مدل فوق ملاحظه می شود. مقدار قدرت لازم در کارخانه محدود می شود و برای کاهش توان مورد نیاز کارخانه در ساعات قله بار روزانه شبکه سراسری کنترل فیزیکی بار کارخانه در مد نظر قرار می گیرد. اما در صورتیکه ایجاد یک انگیزه اقتصادی برای تقلیل مورد نیاز واحدهای تولیدی در ساعات قله بار روزانه شبکه سراسری مورد توجه باشد مدل مدیریت بار کارخانه به شکل زیر در خواهد آمد.

$$\text{Min } W = \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^{9} (2 * C_j * P_{ij} * X_{ij})$$

$$\text{S.t } \sum_{j=1}^{12} 2 * X_{ij} \geq h_j \qquad (۲)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ or } 1$$

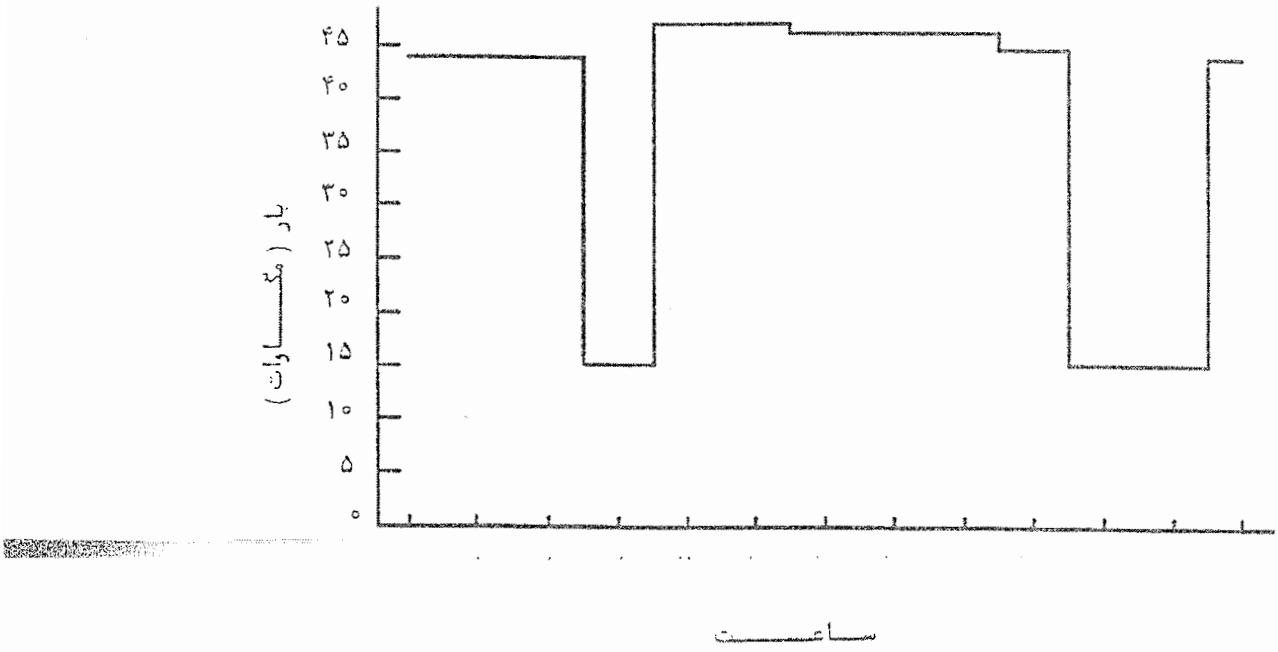
در مدل فوق کل هزینه برق در یک شبانه روز (W) بهینه می شود. در اینصورت C_j هزینه یک کیلووات ساعت برق در دوره زمانی j است. بقیه اجزاء مدل شبیه موارد مزبور در مدل (۱) می باشد. مدل (۲) ابزاری برای کنترل هزینه های برق کارخانه است. اگر چنانچه هزینه برق در ساعات قله بار روزانه شبکه سراسری از بهای انرژی الکتریکی در ساعتهای دیگر بمراتب بالاتر باشد در آنصورت تقلیل قدرت مورد نیاز کارخانه در ساعات قله بار

شبکه سراسری در راستای کاهش هزینه های کارخانه بوده و انگیزه های اقتصادی جهت اقدام هماهنگ با اهداف مدیریت بار بوجود خواهد آمد.

۳-۱-۶- اعمال محدودیت بار بر صنایع سیمان

مدلهایی که برای مدیریت بار کارخانه های سیمان در بخش قبلی توسعه یافت برای مطالعه واحدهای تولیدی، که در آنها آمارگیری انجام شده است، بکارگرفته شد در مرحله اول تقلیل قدرت مورد نیاز کارخانه در ساعات فله شبکه سراسری مورد نظر بود و برای این منظور از مدل (۱) استفاده شد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که در کارخانه های سیمان بدون اینکه آسیبی وارد شود می توان قدرت مصرفی را بطور وسیع کاهش داد.

شکل (۵) نمودار بار روزانه بهینه شده کارخانه سیمان آبیک را نشان می دهد. حداکثر توان مورد استفاده در کارخانه حدود ٤٥ مگاوات است که در هنگام کار همزمان تمام فرآیندهای تولید اتفاق می افتد. در صورتیکه عملیات خط تولید بطور مرتب برنامه ریزی شود حداکثر توان تنها در اوائل شیفت اول کاری لازم خواهد بود. با انتقال ساعات کاری برخی فرآیندها به شیفت اول و سوم تقلیل قدرت مورد نیاز در ساعات ۱۹ الی ۲۳ (در موقع پیک بار شبکه سراسری) امکان پذیر می شود. به این ترتیب، در کارخانه آبیک قدرت بکار گرفته شده می تواند در ساعات پیک بار شبکه سراسری تا یک سوم حداکثر توان لازم کارخانه کاهش داده شود.



نمودار(۵)- بار بهینه شده کارخانه سیمان آبیک

مطالعه کلی نمودار بهینه با ر روزانه اغلب کارخانجات سیمان نشان می دهد که با برنامه ریزی خط تولید و جلوگیری از انجام فعالیت اغلب فرآیندهای تولیدی (به غیر از فرآیندهای بحرانی مانند کوره پخت، در هنگام قله بار شبکه سراسری می توان بدون اینکه کوچکترین لطمه ای به تولید کارخانه وارد شود قدرت مورد استفاده در کارخانجات سیمان را به حدود ٤٠ درصد حداکثر قدرت خریداری شده تقلیل داد.

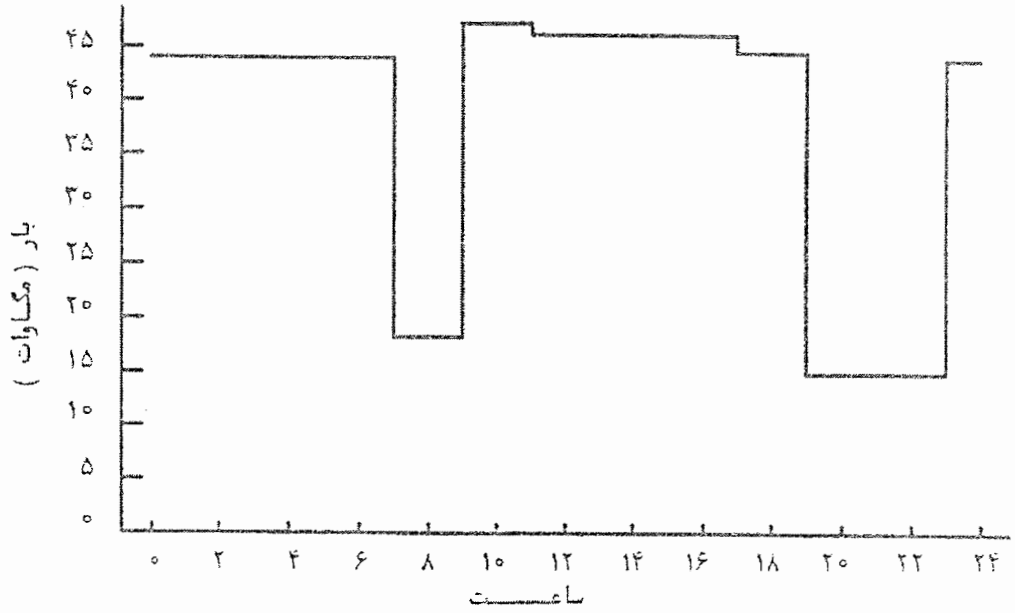
۳-۱-۷- تدوین نرخ سه تعرفه و تاثیر آن بر مدیریت بار صنایع سیمان

اعمال محدودیت فیزیکی جهت کاهش قدرت مورد نیاز کارخانجات در هنگام پیک بار شبکه سراسری امری است که به سبب حدت مسئله کمبود عرضه برق می تواند در کوتاه مدت به مرحله اجرا درآید. اما تداوم این روش در بلند مدت با دشواریهایی همراه است. موضوع اصلی مورد توجه مدیریت یک کارخانه سازماندهی تولید کارخانه و افزایش کارآیی اقتصادی آن است. اگر محدودیت فیزیکی بطور مستمر اعمال شود و هزینه های واقعی برق به مصرف کننده انرژی الکتریکی منعکس نگردد نه تنها انگیزه کافی برای مدیریت بار کارخانه وجود نخواهد داشت بلکه هزینه هایی جهت پیگیری اعمال این محدودیتها نیز به

صنعت برق تحمیل خواهد شد. علاوه بر آن، در صورتیکه محدودیت فیزیکی مانعی در راه تداوم تولید ایجاد کند کاهش قدرت مورد استفاده نیز هرگز مورد توجه نخواهد بود.

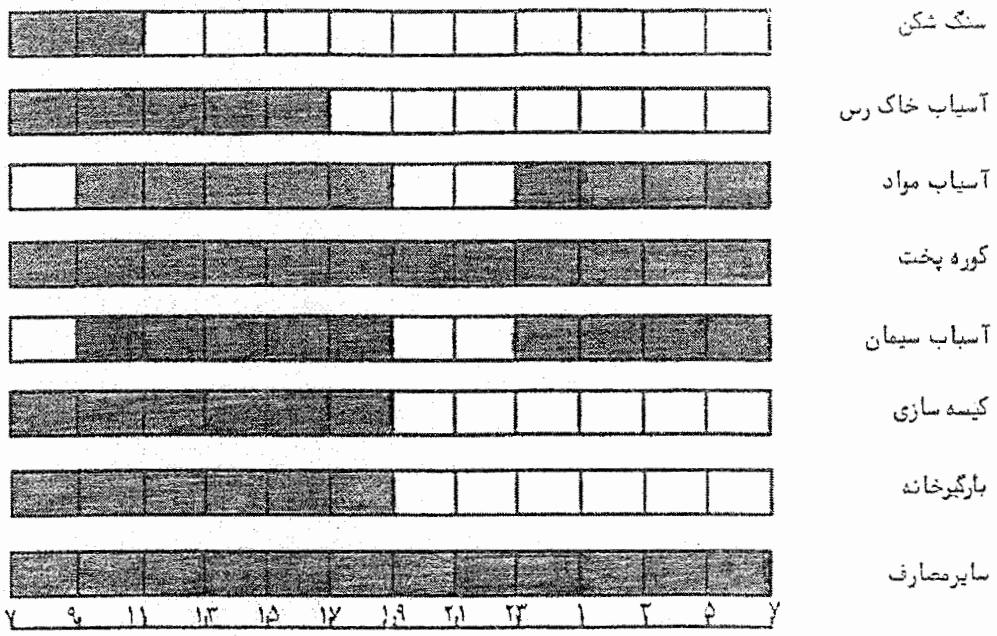
با توجه به موارد فوق در چارچوب گزارش حاضر سعی شده است تاثیر نرخ سه تعرفه برق بر اجرای مدیریت بار روزانه در صنعت سیمان مورد مطالعه قرار گیرد. در این محاسبات فرض بر این است که بهای انرژی الکتریکی در صنایع بطور متوسط ۸/۵ ریال برای یک کیلووات ساعت در ساعات روز می باشد و قیمت آن در ساعات پیک بار شبکه سراسری به مقدار ۳۰ درصد افزایش می یابد و معادل ۱۱ ریال برای هر کیلووات ساعت تعیین می گردد. نرخ برق در شیفت سوم کاری در حدود ٦۰ درصد کاهش داده می شود و به ۳/٤ ریال برای هر کیلووات ساعت تقلیل می یابد.

با در نظر گرفتن فرضهای فوق درباره نرخ سه تعرفه برق در صنعت، به کمک مدل (۲) مدیریت بار در کارخانه های سیمان مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این مدل، کل هزینه برق واحد در یک شبانه روز (W) بهینه می شود و هیچگونه محدودیت فیزیکی در مد نظر نیست. نتایج این مطالعه نشان می دهد که افزایش کارآیی اقتصادی و کاهش هزینه ها ایجاب می کند که مدیریت بار با هدف تقلیل قدرت مورد نیاز در هنگام پیک بار شبکه سراسری بطور جدی مورد توجه قرار گیرد. شکل (٦) نمودار بار روزانه بهینه شده کارخانه سیمان آبیک، با توجه به فرض های بالا در مورد نرخهای برق را نشان می دهد. بطوریکه ملاحظه می شود در این حالت قدرت مورد استفاده در کارخانه در هنگام قله بار شبکه سراسری به حداقل خود (در حدود یک سوم حداکثر توان مورد نیاز کارخانه) کاهش می یابد. تفاوت مهم این نمودار نسبت به نمودار (٥) (در حالتی که محدودیت بار بر کارخانه سیمان آبیک اعمال شود) آن است که در صورت اجرای سیاست نرخ سه تعرفه فعالیت بخش مهمی از فرآیندهای تولیدی به شیفت سوم کاری منتقل می گردد.



نمودار(۶)- بار بهینه شده کارخانه سیمان آبیک با درنظر گرفتن نرخ سه تعرفه

در صورتیکه نرخ سه تعرفه برق مطرح باشد مدیریت بار کارخانه سیمان از طریق جابجایی زمان فعالیت های فرآیندهای تولید در ساعات مختلف شبانه روز ممکن می گردد که نتیجه آن در نمودار(۷) نشان داده شده است. بر اساس این برنامه تولید، کوره پخت در تمام ساعات شبانه روز کار می کند و نیز از انرژی الکتریکی برای سایر مصارف (مانند روشنائی و امور اداری) در تمامی ۲٤ ساعت استفاده می شود. سنگ شکنها تنها در اوائل شیفت کاری (از ساعت ۷ الی ۱۱) فعالیت میکنند و آسیاب خاک، بارگیر خانه و پاکت سازی به ترتیب از ساعت ۷ الی ۱۷ و از ساعت ۷ الی ۱۹ مورد بهینه برداری قرار می گیرند. عملیات آسیابهای مواد خام و سیمان در اغلب ساعات شبانه روز، به استثنای زمان وقوع پیک بار شبکه سراسری تداوم می یابد.



نمودار(۷)- زمان فعالیت فرآیندهای تولید در ساعات مختلف شبانه روز

نتیجه مهمی که از اعمال مدیریت بار کارخانه در شرایط کاربرد نرخ سه تعرفه حاصل می شود فواید اقتصادی آن برای کارخانه است. اگر نرخ سه تعرفه اعمال نگردد و بهای انرژی برق بطور یکنواخت ۸/۵ ریال برای هر کیلووات ساعت در نظر گرفته شود در آنصورت هزینه برق یک واحد تولیدی مانند کارخانه سیمان آبیک، مشروط بر اینکه تمام فرآیندهای تولید با حداکثر کارآیی کار کنند در حدود ۷/۷۳۰/۰۰۰ ریال خواهد بود. در حالیکه اگر نرخ سه تعرفه تشریح شده در بالا اعمال شود کارخانه سیمان آبیک با بهینه سازی فعالیت های خود از طریق اعمال مدیریت بار و کاهش قدرت مورد نیاز در هنگام قله بار شبکه سراسری، هزینه برق را به ۶/۰۸۸/۰۰۰ ریال تقلیل خواهد بود. در اینصورت مدیریت بار کارخانه سبب خواهد شد معادل ۱/۶۶۴/۰۰۰ ریال در روز در هزینه های برق آن صرفه جویی شود و هزینه متوسط برق آن به حدود ۶/۷ ریال برای هر کیلووات ساعت انرژی تنزل می یابد. بنابراین با تدوین نرخ سه تعرفه برق برای مدیریت کارخانه انگیزه اقتصادی پایداری جهت کاهش قدرت بکار گرفته شده در کارخانه در هنگام قله بار شبکه سراسری بوجود می آید. و کنترل بار واحد تولیدی مانند یک موضوع برنامه ریزی عملیات کارخانه مطرح می شود.

همانطور که در مقدمه فصل گفته شد، بهینه سازی منحنی بار کارخانجات سیمان به کمک بهینه سازی خط تولید (از لحاظ زمانی) و تطبیق زمانی با مقتضیات شبکه بوده است. تجربه انجام شده ضرورت بکارگیری مدیریت بار در صنایع را روشن شناخته است ولی چگونگی اعمال این مدیریت را از نقطه نظر فنی و نه اجرائی مطرح ساخته است. از نقطه نظر فنی همانطور که گفته شد می توان به کمک تغییر زمانی زنجیره تولید کاهش قدرت مورد نیاز کارخانجات را عملی نمود اما اینکه انگیزه لازم برای اجرای چنین روشی در تولید را توسط چه ساختاری از تعرفه می توان در مدیران صنایع ایجاد نمود بحثی است که با توجه به شرایط کشور و بطور دقیق باید حل شود. برای روشن شدن مطلب همین نکته کافی است که در یک اقتصاد مبتنی بر بازار هنگامی می توان با تکیه بر رقابت در کاهش هزینه های تولید اقداماتی انجام داد که پرداختهای مستقیم از طرف دولت بصورت سوبسید و یا به نوعی جبران زیانهای صنایع وجود نداشته باشد.

بنابراین مسئله ای که در اعمال هر برنامه مدیریت بار در نهایت بایستی حل شود بوجود آوردن یک ساختار تعرفه و نرخ است که بتواند براحتی هم مصرف کنندگان را متقاعد سازد و هم برنامه مدیریت بار را جامه عمل بپوشاند.[۲]

۳-۲- اعمال مدیریت بار درکارخانه پویاگستر

۳-۲-۱- مقدمه :

کارخانه پویاگستر از زیر مجموعه کارخانجات پارت لاستیک می باشد که در شهرک صنعتی طوس واقع شده است. تولیدات آن نوارهای لاستیکی مختلف برای انواع خودروها بالاخص پژوهای ۴۰۵ و ۲۰۶ می باشد. این کارخانه انواع نوارهای دور درها , دور شیشه ها , دور چراغها و ..... را تولید می کند.

۳-۲-۲- معرفی چرخه کار کارخانه

این کارخانه فعلاً" دارای سه خط تولیدی می باشد به نامهای PG4, PG3, LCM2 (البته در حال افزایش خطوط تولید میباشند) که آرایش آنها وقتی از درب ورودی محوطه وارد می شویم بصورت زیر است:

از راست به چپ PG3, PG4, LCM2 و در قسمت انتهای سمت راست سالن قسمت تگمیل وجود دارد حال به توضیح مختصری از پروسه کاری کارخانه به تفکیک خطوط تولید می پردازیم.

۳-۲-۲-۱- خط LCM2

در ابتدای این خط، خوراک خط وجود دارد که کامپاند نامیده میشود البته بخش دیگری از این مواد اولیه فلزی است که شامل صفحه های بزرگ لوله شده فلز است که مثال نامیده می گردد. کامپانه ها از کارخانجات زیر مجموعه پارت لاستیک نظیر بسپار تهیه شده و به کارخانه پویا گستر منتقل می شود. از متالها در محصولاتی استفاده میشود که نیاز به استحکام و حالات خاصی دارند.

در ابتدا خط دستگاهی بنام preforming (پریفورمینگ) وجود دارد که خوراک آن همان نوارهای فلزی یا متال است که آنها را نرم یا حالت میدهد البته بسته به نوع تولید ممکن است در خط باشد یا نباشد.

(این کارخانه تا به حال ۵۵ نوع تولید داشته که ۱۵ نوع آن متال دار و مابقی بی متال است.)

الف- شکل دهنده:

توان مصرفی: 25 KW

وظیفه: شکل دهنده متال

متال شکل داده شده پس از خارج شدن از preforming وارد فضای گرمی میشود که از حالت سردی خارج شود و قبل از ورود به Extruder (اکسترودر) (که ذیلاً توضیح داده خواهد شد) گرمای کمی داشته باشد. لازم به ذکر است دو دستگاه فوق وقتی به کار می افتند که محصول تولیدی نیاز به متال (نوارهای فلزی) داشته باشد در غیر این صورت نیازی به این دو دستگاه فوق نیست (طبق توضیحات مسئول فنی کارخانه، پنجشنبه هر هفته نوع تولید و ساعت آن برای مدت یک هفته تعیین میگردد)

توضیحات فوق مختص خوراک فلزی محصول تولیدی بود. حال وارد قسمت خوراک کامپاند (نوارهای لاستیکی) محصول می شویم.

کامپاندها انواع مختلف دارند، گاهی در یک محصول از یک نوع کامپاند، گاهی دو نوع و در برخی از اوقات نیز از (که بسیار کم است) سه نوع کامپاند استفاده می کنند.

در حالتیکه در یک محصول از چند نوع کامپاند (بیش از یک انواع کامپاند) استفاده شود باید یک دستگاه کمکی به نزدیکی خط تولید منتقل شود آنگاه هر خط قادر است از طریق دو یا چند نوع کامپاند متفاوت تغذیه شود.

در این خط (LCM2) دو Extruder موجود هر Extruder یک Termoregolator (ترمورگولاتور) به همراه دارد یعنی بدین گونه که کامپاند وارد ترمورگولاتور می شود و پس از گرم شدن و حرارت دیدن وارد Extruder شده و در خروجی Extruder به شکل خاصی تبدیل می شود (نکته ای که حائز اهمیت می باشد بسته به نوع محصول ممکن است یک Extruder روشن و یا دو Extruder روشن باشد که در هر حال سیکل کاری بصورت فوق است.

حال به طور موجز مجدداً سیکل کاری را به همراه هر دو Extruder و متال بیان می کنیم. از دو طرف کامپاند وارد Extruder شده و از وسط، متال شکل داده شده وارد می شود. کامپاندهای حرارت دیده و متال گرم با هم ترکیب شده و از خروجی Extruder که دای نام دارد به شکل مورد نظر تغییر یافته، و وارد کوره پخت میشود.

حال مشخصات ترمورگولاتور ۷۰ ،ترمورگولاتور ۹۰ Caterpillar, Extruder ,90نوار کش Extruder 70,90 را در ذیل بیان می کنیم.

ب- ترمورگولاتور ۷۰ :

توان مصرفی:24. 6 KW

وظیفه: فرستادن آب گرم به داخل سیلندرهای Extruder با توجه به setpoint تعریف شده از روی کنترل دماهای خود ترمورگولاتور

ج- ترمورگولاتور ۹۰ :

توان مصرفی: 27 KW

وظیفه: فرستادن آب گرم به داخل سیلندرهای Extruder با توجه به setpoint تعریف شده از روی کنترل دماهای خود ترمورگولاتور

د- اکسترودر ۷۰ :

توان مصرفی: 42.3 KW

وظیفه: این دستگاه وظیفه گرم کردن مواد اولیه (کامپاند) و نرم کردن آنها از طریق عبور جریان آب گرم از سیستمهای مربوطه را بر عهده دارد این مواد پس از نرم شدن با توجه به شکل دهانه خروجی (دای) به همان شکل جهت مرحله بعدی (پخت) آماده میشود.

ه - اکسترودر ۹۰ :

توان مصرفی: 77 KW

وظیفه: این دستگاه وظیفه گرم کردن مواد اولیه (کامپاند) و نرم کردن آنها از طریق عبور جریان آب داغ از سیلندرهای مربوطه را بر عهده دارد این مواد پس از نرم شدن با توجه به شکل دهانه خروجی (دای) به همان شکل، جهت مرحله بعدی (پخت) آماده میشود هم طول سیلندر این دستگاه از 70 Extruder بیشتر بوده و هم کامپاند و هم مواد اولیه سخت (گرانول) را به علت قدرت موتور بیشتر می تواند به عنوان خوراک بطلبد.

و- نوارکش:

توان مصرفی: 1.1 KW

شرح وظیفه: این دستگاه وظیفه کشش پروفیل را در کل طول خط بر عهده دارد.

حال ماده شکل داده شده پس از خارج شدن از Extruder وارد کوره پخت یا LCM میشود. LCM این خط بدین گونه است که توسط المنت، نمک را به حالت مذاب درمی آورند و ماده شکل داده شده در طی عبور از این نمک مذاب پخته می شود که طول این کوره حدود ۳۳ متر می باشد.

ز- شستشو گر- خنک کننده- تونل پخت

شستشو گر:

توان مصرفی: 2.2 KW

وظیفه: شستشو پروفیل پخته شده و آماده کردن آن جهت مرحله خنک نمودن پروفیل

خنک کننده:

توان مصرفی: 2.2 KW

وظیفه: خنک کننده پروفیل شسته شده

تونل پخت:

توان مصرفی: 160 KW

وظیفه: پخت پروفیل توسط نمک مذاب وارد پخت شده پس از خارج شدن از کوره وارد شیکر می شود که وظیفه تکان دادن نوار و ریختن نمکهای چسبیده شده به نوار را دارد این شیکر دارای یک میل لنگ است که آن لنگ خوردن و ضربه وارد کردن به نوار را بر عهده دارد. پس از خارج شدن از شیکر وارد Washing (واشینگ) و سپس Cooling (کولینگ) میشود Washing وظیفه شستن نوار را با آب گرم دارد و کولینگ وظیفه خنک کردن نوار را دارد.

سپس محصول خروجی از Cooling توسط caterpillar (کاترپیلار) کشیده میشود یعنی کاترپیلار وظیفه کشیدن نوار در طول مسیر را دارد در بعضی مواقع ممکن است از دو کاترپیلار جهت کشیدن نوار استفاده شود یکی تقریبا" در وسط خط و یکی در آخر خط قرار دارد.

ح – برشگر:

توان مصرفی: 1.1 KW

وظیفه: این دستگاه وظیفه برش پروفیلهای تکمیل شده پس از کلیه مراحل شکل گیری و پخت و شستشو و غیره را بر عهده دارد.

۳-۲-۲-۲- خط PG4 (Hot Air)

در ابتدا این خط دستگاه preforming برای فرم دادن متال (فلز) قرار دارد. خروجی این دستگاه متال فرم داده شده است که برای اینکه وارد Extruder شود ابتدا توسط سشوار (پیش گرم کن) گرم میشود مشخصات preforming در صفحات قبل در قسمت توضیح خط LCM2 داده شده است.

نام دستگاه: preheating

توان مصرفی: 5~6.7 KW

وظیفه: این دستگاه وظیفه پیش گرم کردن متال را بر عهده دارد.

حال برای اینکه بتوانیم کامپاند را وارد Extruder کنیم لازم است وسیله ای این کامپاند را کشیده و به سهولت در اختیار Extruder قرار دهد که این کار توسط دستگاه

(رابرفیدر)rabberfeider صورت می گیرد بدین گونه که کامپاند را از روی بالت کشید، و مقداری اندک حدود 2 m (یعنی حدود 2 m می کشد) در خود نگه می دارد تا کامپاند براحتی واردExtruder شود.

نام دستگاه: rubberfeider

توان مصرفی: 1 KW

کامپاند پس از کشیده شدن وارد قیف Extruder می شود در این خط دو ترمورگولاتور و Extruder دو موجود است. ترمورگولاتور دو نوع است یکی ۷۰ و دیگری ۹۰ که وظیفه هر دو گرم کردن آب و فرستادن آن به سمت سیلندرهای Extruder جهت نرم کردن کامپاند می باشد. اما با توجه به setpoint تعریف شده از کنترل دمای خود رگلاتور صورت می گیرد.

بنابراین هر Extruder متصل به یک رگلاتور است حال که کامپاند وارد Extruder شد و از طرفی آب گرم هم وارد سیلندر Extruder شد. پس از نرم شدن کامپاند با توجه به دهانه خروجی (دای) به همان شکل جهت مرحله بعدی آماده می شود.

قطر و طول سیلندر Extruder 70 از Extruder 90 کمتر بوده و کامپاند را به عنوان خوراک می طلبد مشخصات Extruder 70 و Extruder 90 در قسمت توضیح خط LCM2 آورده شده است.

محصول شکل گرفته خارج شده از Extruder وارد دستگاهی بنام UHF می شود که تقریبا" شبیه مایکروفر می باشد (از لحاظ عملکرد) و دارای ۹ ژنراتور برای تولید اشعه می باشد که این ژنراتورها قابل تنظیم اند. در حالت min یک ژنراتور روشن شده و در حالتmax ژنراتورهای روشن شده ۷ تا بوده است. محصول در این دستگاه به حالت نیم پخت در می آید. محصول نیم پخت پس از خارج شدن ازUHF وارد Hot Air میشود.

مشخصات بصورت زیر است:

توان مصرفی: 32 KW

محصول پس از خروج ازUHF و قبل از ورود به Hot Air از زیر یک هواکش عبور می کند تا دود حاصله از پخت خارج می شود و سپس محصول وارد Hot Air می گردد در این خط دو Hot Air موجود می باشد که به عنوان کوره پخت محسوب می شود سیستم Hot Air بطور کل با سیستم LCM متفاوت است بدین صورت که هر Hot Air به سه قسمت تقسیم می شود و هر قسمت یک فن و یک المنت مجزا دارد (یک سری فن و المنت) یعنی با روشن شدن المنتها، فنها روشن می شوند در ضمن دور

موتور و درجه حرارت المنتها قابل تنظیمند. این دستگاه تا حرارت300 را تحمل می کند. از این دستگاه تا کنون حداقل دمایی که با آن کار کرده اند حدود بوده و حداکثر دما همان بوده است.

بعد از Hot Air اول Hot Air دوم وجود دارد با همان مشخصات قبلی ولی در موقع استفاده معمولا" دمای آن از دمای اولی پایین تر است و ممکن است در بعضی مواقع خاموش باشد.

مشخصات Hot Air بصورت زیر است:

توان مصرفی: 97 KW

شرح وظیفه: این دستگاه مرحله پخت پروفیل شکل گرفته را کامل می کند به عبارت دیگر با پخت دو مرحله ای پروفیل (پس از شوک هیتر) پروفیل دیگر شکل گرفته و آماده شستشو و برش است.

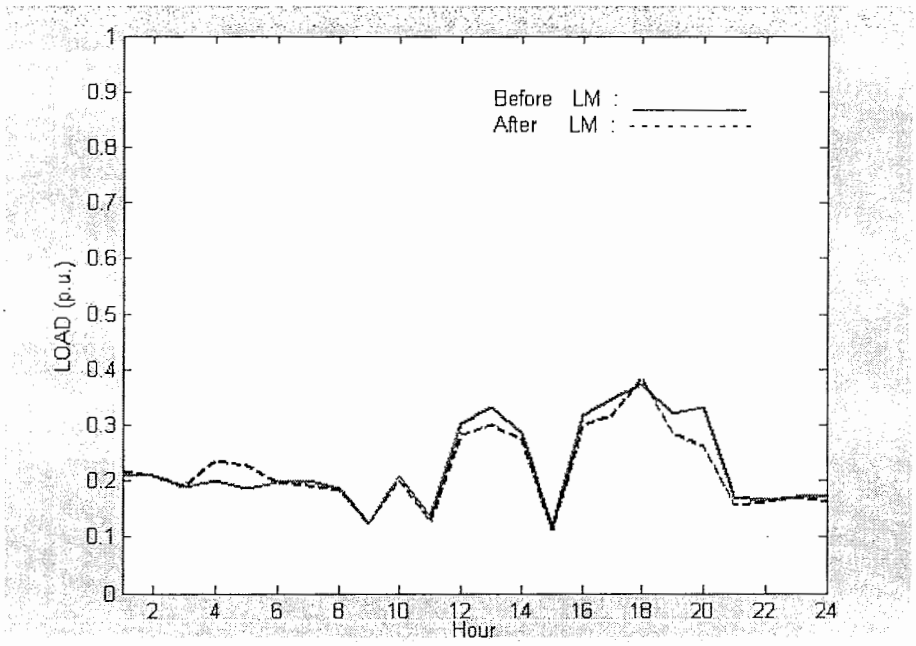
پس از کامل شدن مرحله پخت پروفیل آماده cooling می باشد که مسئولیت خنک نمودن محصول را دارد. در این خط قسمت واشینگ (washing) نداریم بدلیل اینکه در کوره پخت از نمک استفاده نمی شود و لزومی برای استفاده از washing نیست بعد از دو دستگاهcooling یک دستگاه کاترپیلار به جهت کشش محصول وجود دارد که مشخصات آن قبلا آورده شده است.

۳-۲-۲-۳- خط PG3

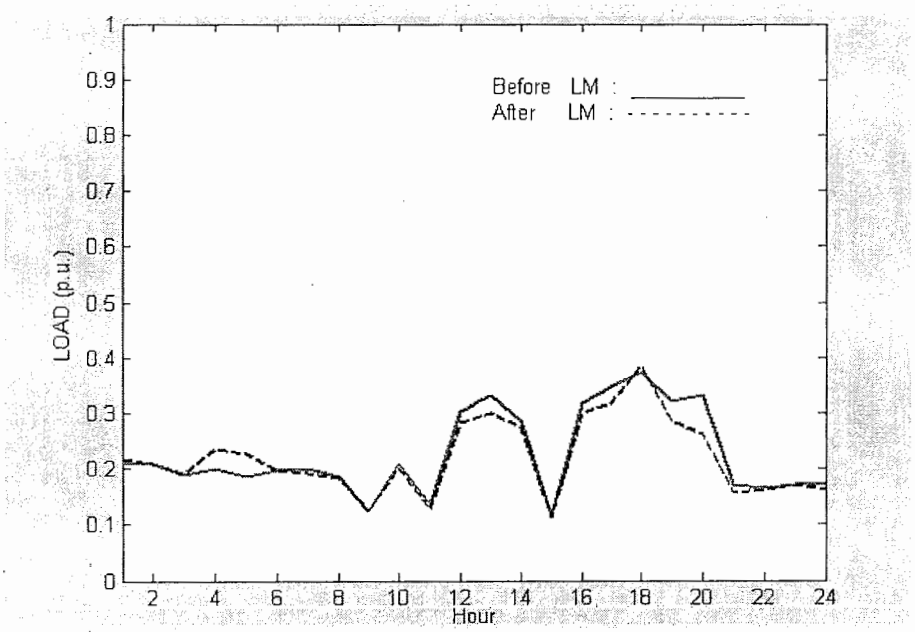
این خط دقیقا" شبیه خط تولید LCM2 می باشد و تنها تفاوتی که با آن دارد این است که در LCM2 توسط المنتهایی که در آن تعبیه شده نمک بصورت مذاب درآمده و باعث پخت کامپاندها می گردد اما در PG3 توسط روغن داغ نمک مذاب می گردد. در مابقی سیکل تولید دقیقا" همان مراحل LCM2 است.

۳-۲-۳- بررسی منحنی بار کارخانه

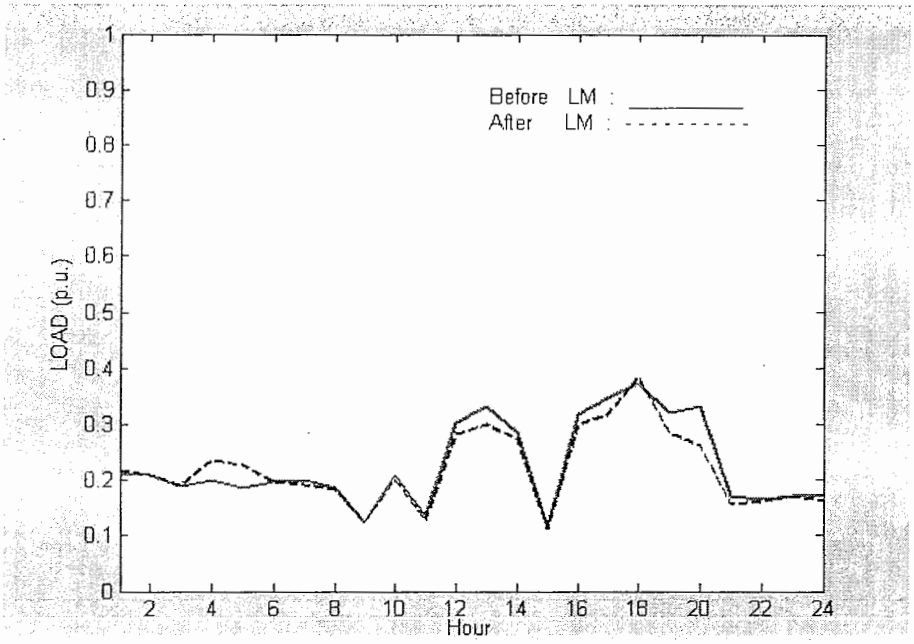
در این کارخانه صنعتی متشکل از ۸ قسمت تأثیر گذار کوچک و بزرگ مـی باشـد . بـا توجه به نمونه برداریهای با زمان یک ساعته به منحنـی هـای مـصرف دسـتگاه هـا و در نهایت کل کارخانه دسترسـی حاصـل شـده اسـت. کـه در ادامـه نمودارهـای (۱) الـی (۹) منحنی مصرف این ۸ دستگاه و کل کارخانه را نشان می دهد .



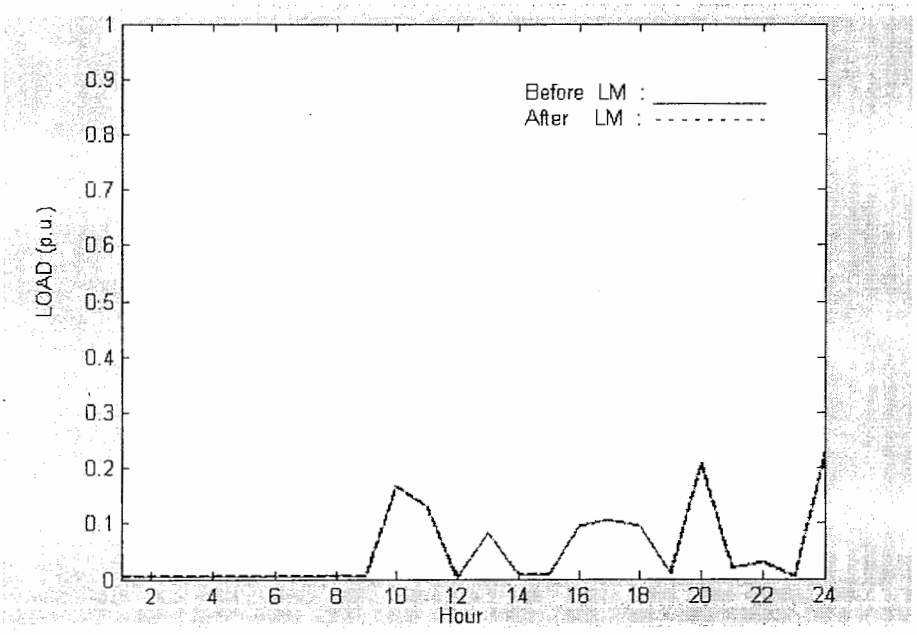
شکل(۱) – منحنی بار دستگاه شماره ۱



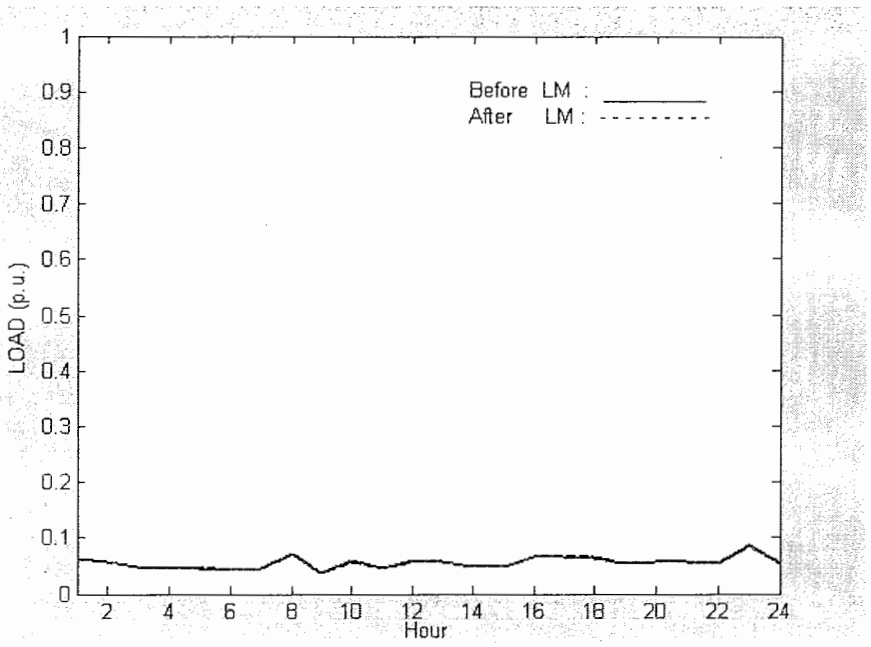
شکل(۲) – منحنی بار دستگاه شماره ۲



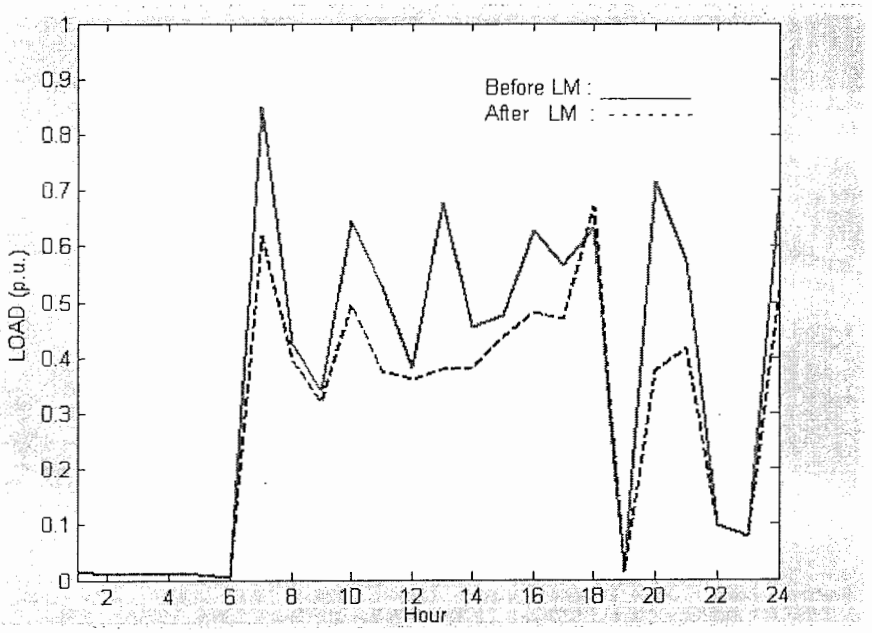
شکل(۳) – منحنی بار دستگاه شماره ۳



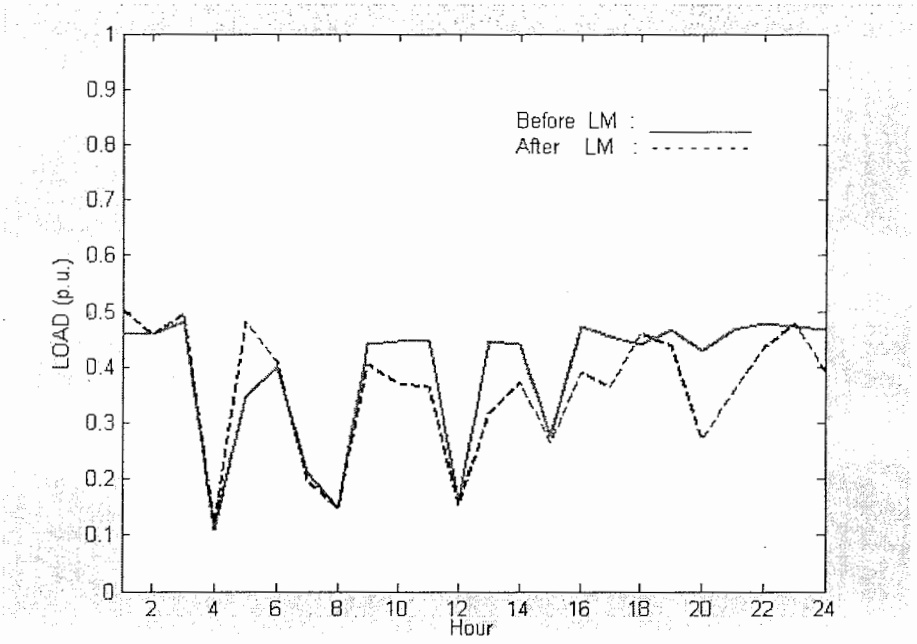
شکل(۴) – منحنی بار دستگاه شماره ۴



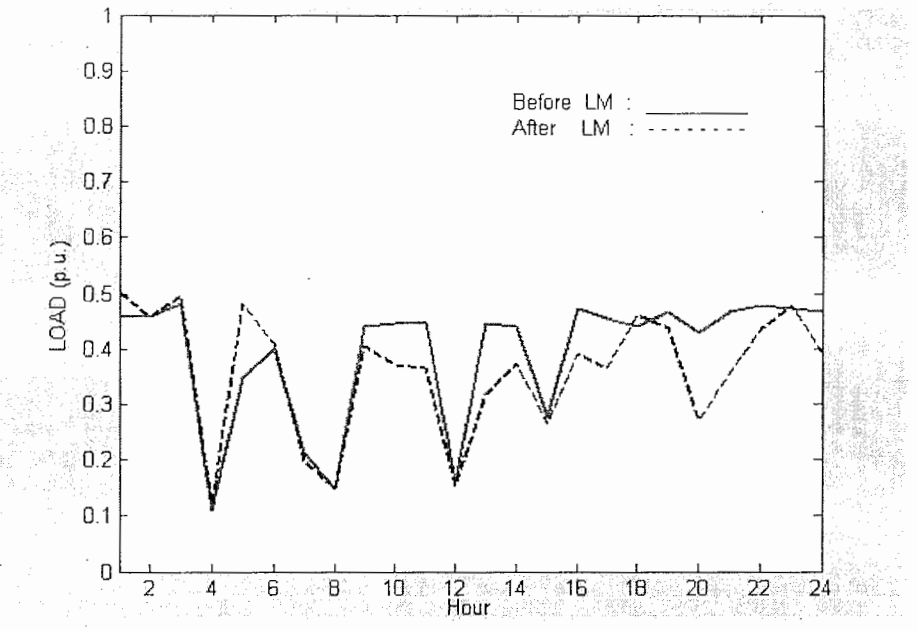
شکل(۵) – منحنی بار دستگاه شماره ۵



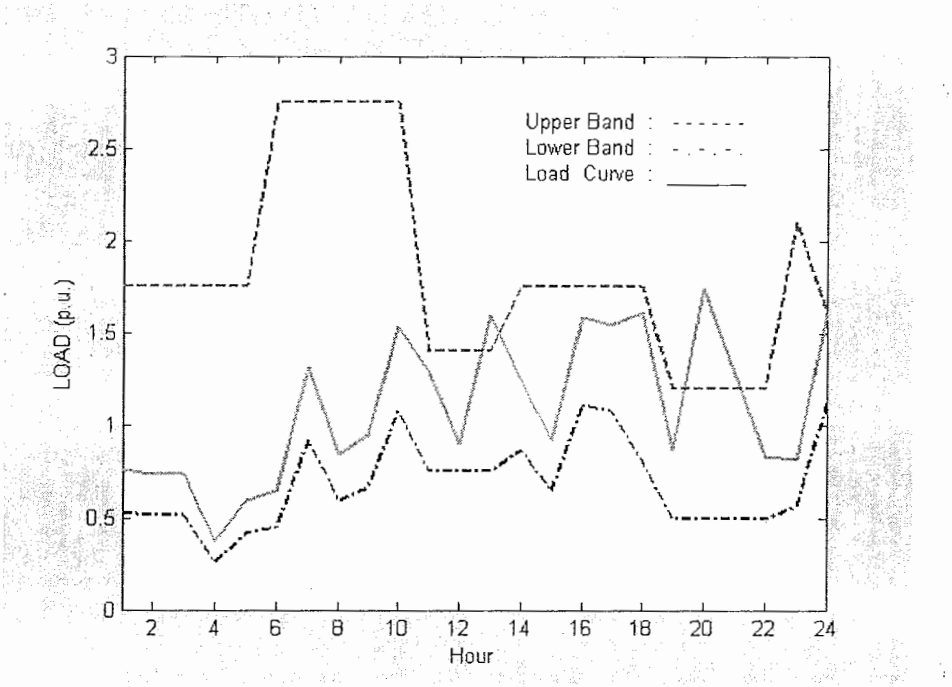
شکل(۶) – منحنی بار دستگاه شماره ۶



شکل(۷) – منحنی بار دستگاه شماره ۷



شکل(۸) – منحنی بار دستگاه شماره ۸



شکل(۹) – منحنی بار کل کارخانه

۳-۲-۴- مدل سازی مسئله مدیریت بار از دیدگاه مصرف کننده :

منظور از مدل سازی مسئله اصلاح بار ، بیان این خواسته به صورت یک مسئله بهینه سازی ریاضی به صورت زیر است :

$$\min f(X)$$

$$g_i(X) \le 0 \qquad i = 1,2,\ldots,m$$

$$h_j(X) = 0 \qquad j = 1,2,\ldots,p \qquad (1)$$

$$X = [\, x_1, x_2, \ldots, x_t \,]^T$$

که در روابط فوق $f(X)$ تابع هدف ، $g_i(X)$ ها قیدهای نامساوی ، $h_j(x)$ ها قید های مساوی هستند و X نیز بردار طراحی می باشد .
حل مسئله مزبور در چند مرحله زیر انجام می پذیرد :

۱- تعیین تابع هدف مناسب برای اصلاح منحنی بار

۲- تعیین قیدهای واقعی مسئله بهینه سازی با توجه به واقعیتهای حاکم بر مصرف کل

۳- اصلاح منحنی بار هر دستگاه با توجه به منحنی بار بهینه کل کارخانه (فرض بر این است که مصرف کل کارخانه مجموع n بار یا دستگاه باشد .)

۳-۲-۴-۱- تعیین تابع هدف :

برای این مسئله تابع هدف را به صورت زیر در نظر می گیریم :

$$J(X) = \sum_{i=1}^{24} c_i \frac{x_i - Min(X)}{Max(X)} \qquad (2)$$

که بردار طراحی X دارای ۲۴ عضو به صورت x_1 تا x_{24} می باشد که به ترتیب همان مصرف مجموعه تحت بهینه سازی از ساعت ۱ الی ۲۴ است .
لازم به ذکر است که در مدل سازی این مسئله نمونه برداری از بار هر یک ساعت یک بار انجام گرفته شده است و تعداد نمونه برداری را تا ۸ نمونه در ساعت (هر هفت و نیم دقیقه یک نمونه) در صورت لزوم می توان افزایش داد .

$Min(X)$: حداقل مصرف انرژی (بار پایه)

$Max(X)$: حداکثر مصرف انرژی (بار پیک)

C_i : ضریب تأثیر مصرف x_i در تابع هدف $J(X)$

C_i ها در حقیقت بیانگر مضربی از هزینه مصرف انرژی در ساعت i ام می باشند بدین صورت که در ساعات پیک c_i ها را بزرگتر از سایز ساعات در نظر می گیریم تا ضمن انجام عملیات بهینه سازی خود به خود تأثیر مصرف در ساعات پیک کاهش یابد .

۳-۲-۴-۲- تعیین قیدهای مسئله بهینه سازی مصرف :

قیدهایی که به طور طبیعی در مسئله بهینه سازی باید مورد بررسی قرار گیرند به صورت زیر می باشند :

اولاً : متغیرهای طراحی کمیتهای مثبتی هستند و فرض می شود هیچ مصرف کننده ای نمی تواند در هیچ بازه زمانی به تولید کننده تبدیل شود .

ثانیاً : انرژی مصرفی کل مجموعه پس از بهینه سازی نباید تغییر کند . برای محاسبه انرژی مصرفی کل که همان انتگرال منحنی بار است از تقریب ذوزنقه ای به صورت زیر استفاده می شود :

$$E = [\frac{1}{2}(x_1+x_{24})+\sum_{i=2}^{23} x_i\ ] \times (\text{یک ساعت}) \qquad (3)$$

که رابطه فوق به صورت یک قید مساوی و به صورت زیر در مسئله بهینه سازی وارد می شود .

$$\Delta E = [\ 1/2(x_1+x_2)+\sum_{i=2}^{23} x_i\ ] \times (\text{یک ساعت}) - E^* = 0 \qquad (4)$$

که E^* کمترین مقدار انرژی الکتریکی مصرفی واحد صنعتی است طوری که چرخه کار واحد صنعتی مختل نگردد .

سایر قیدهای نامساوی نیز به صورت زیر می باشند :

$$x_{iL} \le x_i \le x_{iu} \qquad i=1,2,\ldots,24$$

قیدهای اخیر از این واقعیت سرچشمه می گیرند که تغییر میزان مصرف بار در هر ساعت در یک محدوده ای امکان پذیر و عملی است که توسط مدیریت توزیع بار شهرک صنعتی تعیین می گردد .

بنابر آنچه که گفته شد مسئله بهینه سازی جهت اصلاح منحنی بار به صورت زیر فرموله می شود :

$$J(X) = \sum_{i=1}^{24} C_i \frac{x_i - Min(X)}{Max(X)}$$

$$E=[1/2(x_1+x_{24})+\sum_{i=2}^{23} x_i\ ] \times (\text{یک ساعت}) - E^* = 0 \qquad (5)$$

$$X_{iL} \le X_i \le X_{iu} \qquad i = 1,2,\ldots,24$$

که با انجام شبیه سازی کامپیوتر بر روی روابط (۵) منحنی بار کارخانه به صورت بهینه سازی شده به دست می آید .

۳-۲-۴-۳- اصلاح منحنی بار هر دستگاه بر اساس منحنی بار کارخانه :

فرآیند بهینه سازی منحنی بار ارائه شده در بخشهای قبلی هنوز کامل نشده است . هرچند که منحنی مصرف مطلوب پس از حل مسئله بهینه سازی ارائه شده است ولی هنوز یک سؤال بدون پاسخ مانده است و آن چگونگی تقسیم مازاد و کمبود مصرف در هر ساعت که ناشی از تفاوت منحنی مصرف واقعی و منحنی مصرف به دست آمده از حل مسئله بهینه سازی بین دستگاه های مختلف موجود در کارخانه تحت بررسی می باشد . تعیین سهم هر بار در کاهش یا افزایش مصرف خود به صورت یک مسئله بهینه سازی قابل بیان می باشد .

الف : انتخاب تابع هدف

هر مرحله بعدی از فرآیند مدیریت بار توزیع مناسب تفاوت بار موجود و بار بهینه بین دستگاه ها است به گونه ای که تغییرات نسبی مصرفی بارها در هر ساعت کمترین مقدار ممکن را داشته باشد برای این منظور ابتدا متغیرهای g_1 تا g_{24} را بصورت زیر تعریف می کنیم :

$$g_i = x_i - x_i^* \qquad i = 1,2,\ldots,24$$

که در آن

x_i : توان مصرفی کل مجموعه بهینه شده در ساعت i ام

x_i^* : توان مصرفی کل مجموعه قبل از بهینه سازی در ساعت i ام

y_i : افزایش مصرف لازم در ساعت i ام

می باشند .

در آن صورت تابع مصرف به صورت زیر خواهد شد :

$$j_1(p_r) = a_{ij}p^2_{ij} \quad , \quad p_{ij} = x_{ij} - x_{ij}^* \qquad (6)$$

که در آن

p_{ij}: میزان افزایش مصرف بار j ام در ساعت i ام می باشد .

تابع فوق یک تابع درجه دوم است و ضریب a_{ij} اهمیت میزان تغییر توان هر واحد را تعیین می کند . هر چه مقدار a_{ij} بیشتر در نظر گرفته شود تغییرات بار در آن واحد کمتر می شود . انتخاب ضرائب a_{i1} تا a_{in} طوری در نظر گرفته می شود که هر باری در ساعت i ام دارای مصرف بیشتری بود تغییرات بیشتری داشته باشد به عبارت دیگر :

$$a_{ij} = \frac{1}{x^*_{ij}} \qquad i = 1,2,\ldots,24 \quad , \quad j = 1,2,\ldots,n \qquad (7)$$

(n تعداد بارها را نشان می دهد .)

بنابراین تابع هدف به صورت زیر تبدیل می شود :

$$j_2(X) = \sum_{j=1}^{24} x_{ij}\left(\frac{p_{ij}}{x^*_{ij}}\right)^2 \qquad (8)$$

این تابع هدف تضمین می کند که بارهای با مصرف بیشتر نقش بیشتری در بهینه سازی را داشته باشند .

ب : انتخاب قیدهای مسئله بهینه سازی :

قید هایی که برای این مسئله در نظر گرفته می شوند به صورت زیر می باشند :

$$\sum_{j=1}^{n} P_{ij} = y_i \qquad i= 1,2,\ldots,24 \qquad (9)$$

و نیز

$$P_{ij}^{L} \le P_{ij} \le P_{ij}^{u}$$

$$P_{ij}^{u} = \left|\frac{x_i - x_i^*}{x_i^*}\right| x_{ij}^* \qquad i= 1,2,\ldots,24 \qquad (10)$$

$$P_{ij}^{L} = - \left| \frac{x_i - x_i^*}{x_i^*} \right| x_{ij}^* \qquad j= 1,2,\ldots,n$$

قید (۹) بیانگر این واقعیت است که مجموع توانهای توزیع شده بین بارها در هر ساعت باید با تفاوت مصرف موجود و بهینه در آن ساعت برابر باشند و روابط (۱۰) نیز کران بالا و پائین تغییرات هر بار در هر ساعت را بیان می کند که محدوده مجاز تغییرات هر بار ضریبی از مقدار بار در همان ساعت است و ضریب آن یعنی $\pm \left| \frac{x_i - x_i^*}{x_i^*} \right|$ به میزان تغییرات نسبی کل منحنی بار مجموع در ساعت i ام بستگی دارد یعنی هرچه تغییرات نسبی کل بار بیشتر باشد پیش بینی می نمائیم که تغییرات لازم برای هر بار نیز بیشتر باشد .

که در نهایت این مسئله با تابع هدف (۸) و قیود (۹) و(۱۰) به یک مسئله بهینه سازی تبدیل می شود و سهم هر دستگاه در تأمین منحنی بار بهینه شده قابل تعیین می باشد .

۳-۲-۵- اعمال مسئله مدیریت بار به واحد صنعتی پویا گستر

در این قسمت از مقاله به بررسی منحنی بار واحد صنعتی پویا گستر و اعمال تئوریهای مدیریت بار به آنها می پردازیم .

لازم است که منحنی مصرف حتی الامکان ثابت و به عبارت دیگر دارای حداکثر ضریب بار باشد . لیکن اصلاح منحنی بار باید به گونه ای انجام گیرد که مصرف کل به حالت بهینه آن نزدیکتر شود و بار کل در ساعات پیک به حداقل خود برسد .

۳-۲-۵-۱- شبیه سازی جهت دستیابی به منحنی مصرف (بار) بهینه :

روشی که برای حل مسئله بهینه سازی به کار رفته است مبتنی بر نزول گرادیان (Steepest Descent) می باشد .

فرم کلی تابع هدف و قیدها مانند روابط (۵) می باشد . به منظور کاهش منحنی بار در ساعات پیک بار (۱۰ الی ۱۳) و (۱۸ الی ۲۱) مقادیر ضرائب وزن C_1 تا C_{24} (مضربی از هزینه مصرف انرژی در آن ساعت) به صورت زیر است :

$$C = [\, c_1\ c_2\ \ldots\ c_{24}\,]^T$$

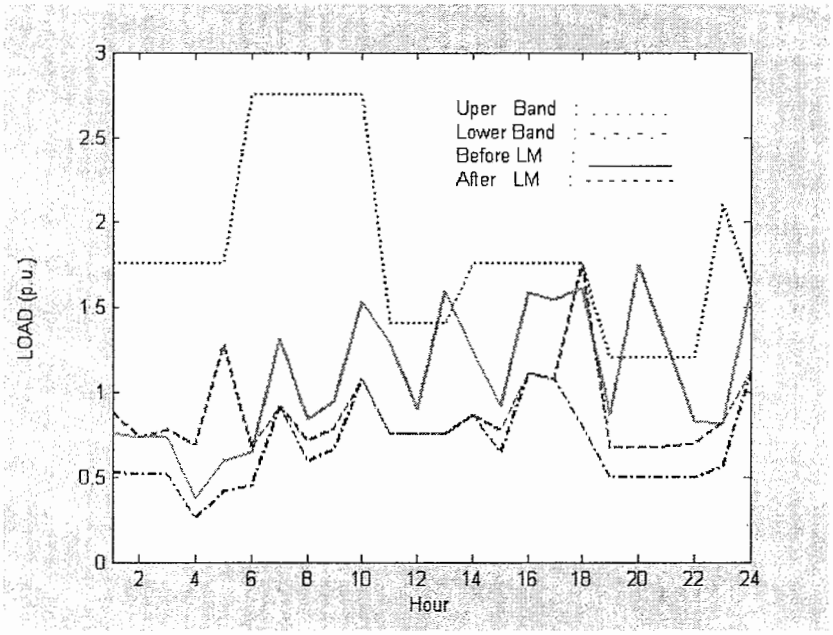
$$c_1=c_2=\cdots=c_9=c_{14}=c_{15}=\cdots=c_{17}=c_{22}=c_{23}=c_{24}=\alpha$$

$$c_{10}=c_{11}=c_{12}=c_{13}=\beta$$

$c_{18}=c_{19}=c_{20}=c_{21}=\gamma$

که در آن $\alpha\langle\beta\langle\gamma$

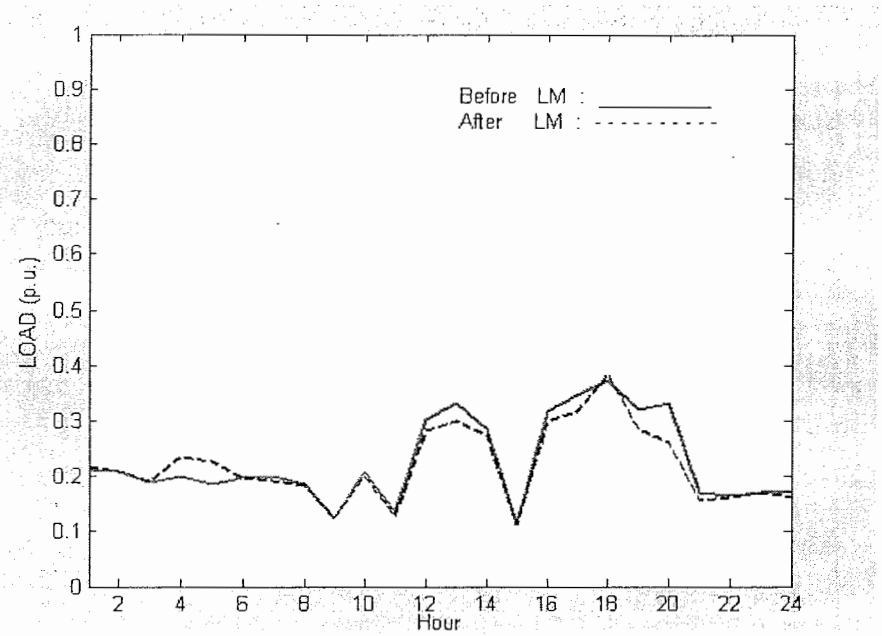
یا به عبارت دیگر برای پیک بعد از ظهر هزینه بیشتری در نظر گرفته شده است . برای قید های نا مساوی در این شبیه سازی کران بالا (X_{iu}) ، ۱/۲ برابر و کران پائین (X_{il}) ، ۰/۸ برابر X_i می باشند که این سه i مصرف در ساعت i ام قبل از بهینه سازی می باشد . شکل زیر منحنی مصرف قبل و بعد از بهینه سازی را نشان می دهد .شکل (۱۰) منحنی بار بهینه شده کارخانه بعد از شبیه سازی را نشان می دهد.



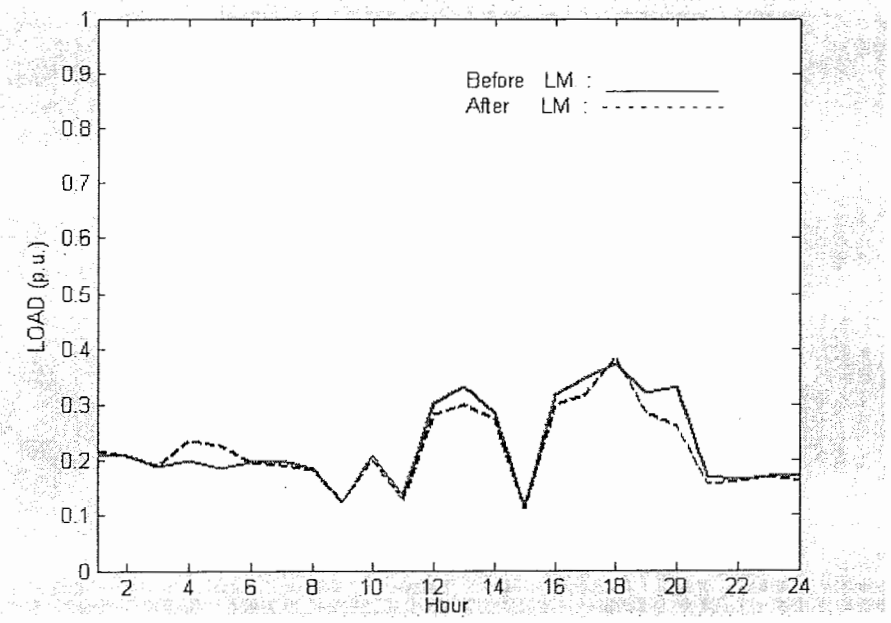
شکل(۱۰) – منحنی بار کل کارخانه پس از بهینه سازی

۳-۲-۵-۲- شبیه سازی جهت دستیابی به سهم هر دستگاه از منحنی بار :

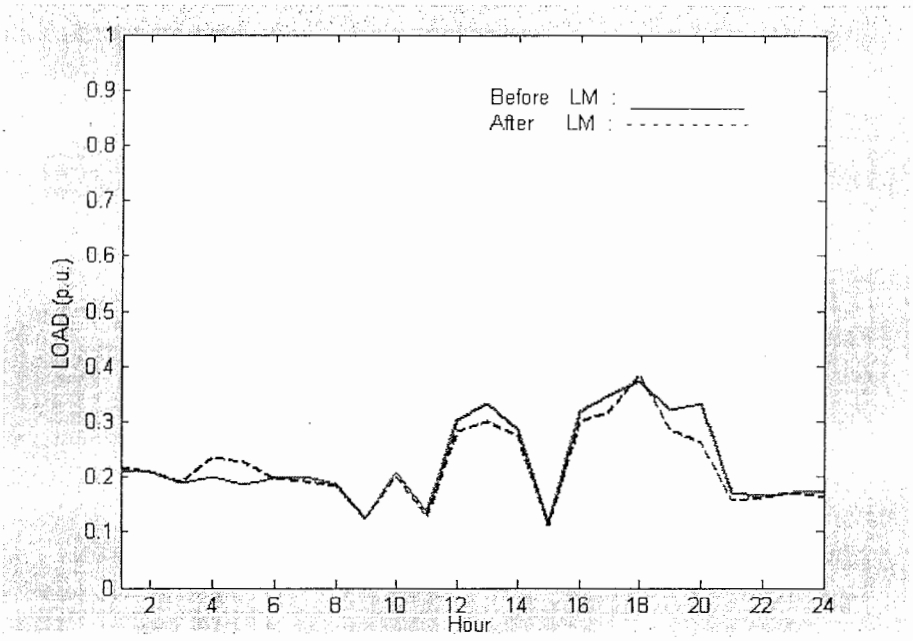
با انجام شبیه سازی مشابه آنچه که ذکر گردید و با استفاده از روابط (۸) ، (۹) و (۱۰) جهت بهینه سازی به منظور دستیابی به منحنی بار جدید برای ۸ دستگاه ارائه شده مسئله به اتمام می رسد . شکلهای (۱۱) الی (۱۸) سهم هر دستگاه را برای دستیابی به منحنی بار مطلوب نشان می دهد .



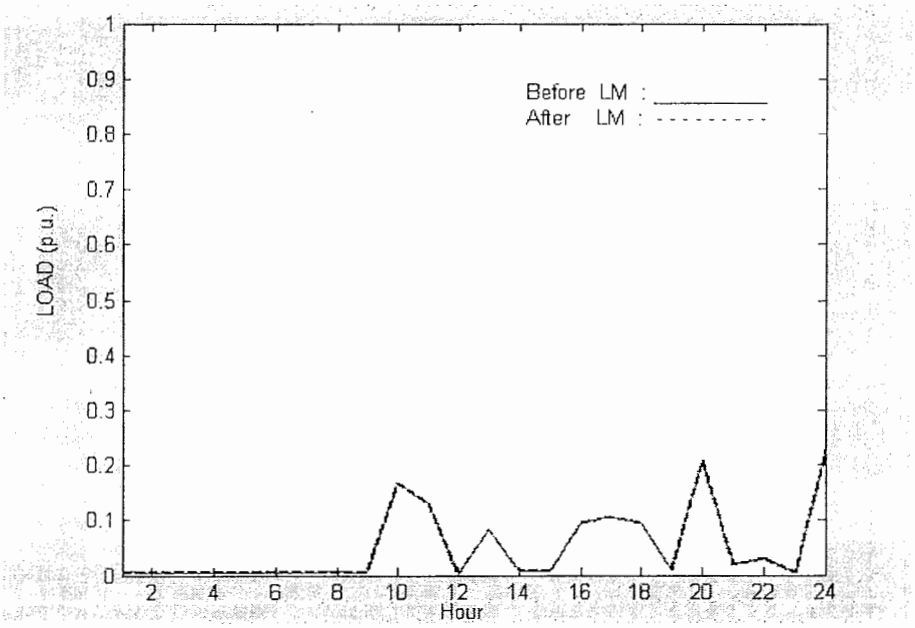
شکل(۱۱) – منحنی بار دستگاه شماره ۱



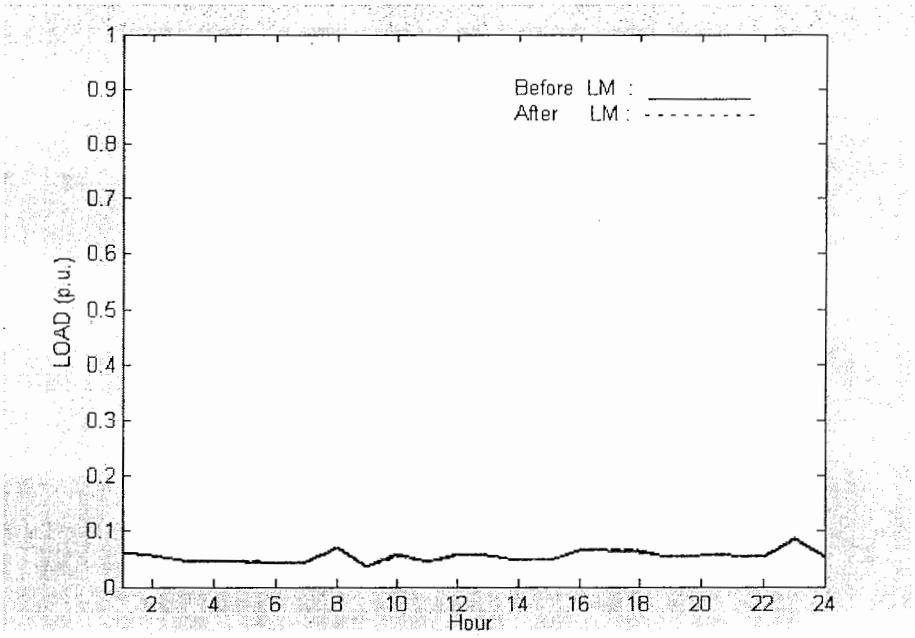
شکل(۱۲) – منحنی بار دستگاه شماره ۲



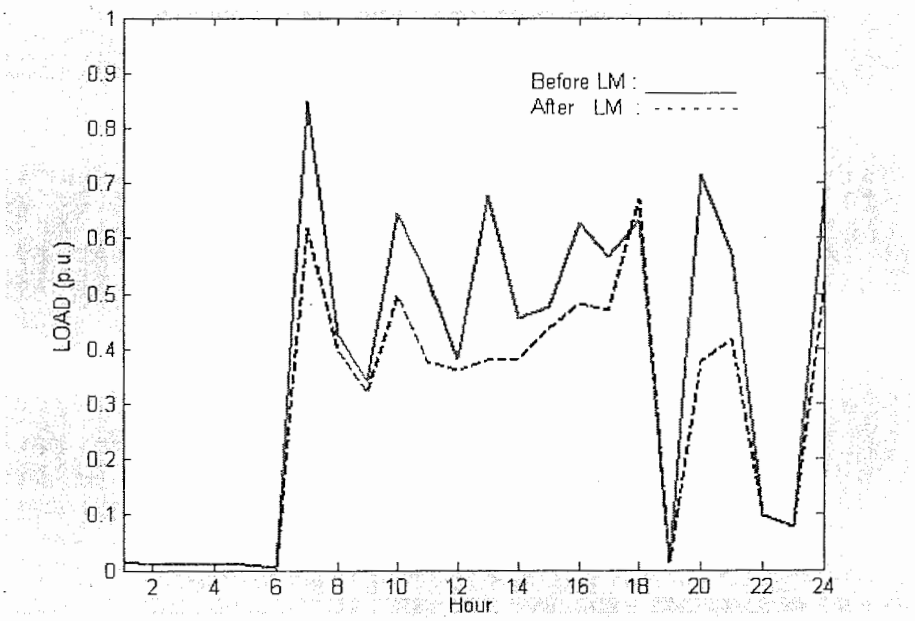
شکل(۱۳) – منحنی بار دستگاه شماره ۳



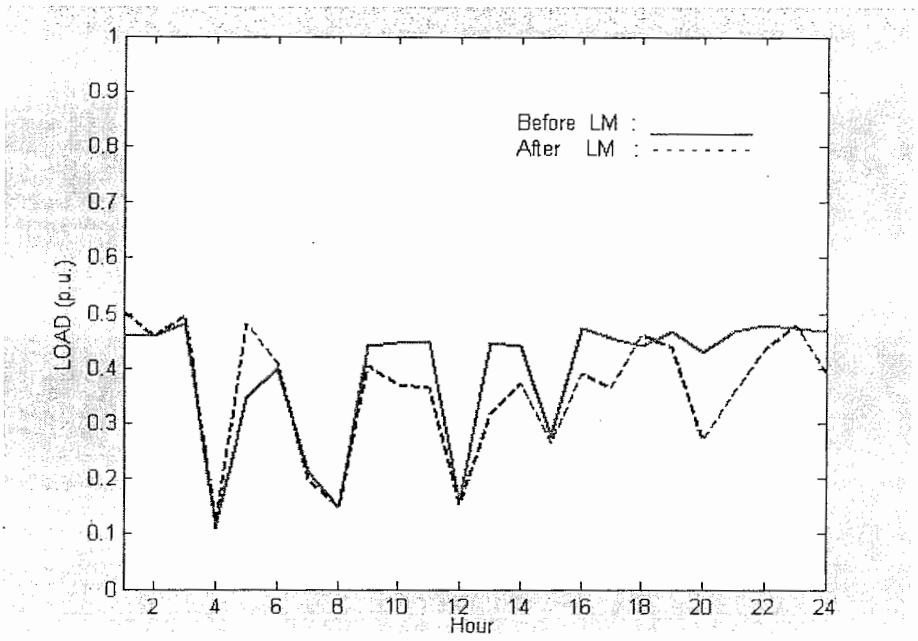
شکل(۱۴) – منحنی بار دستگاه شماره ۴



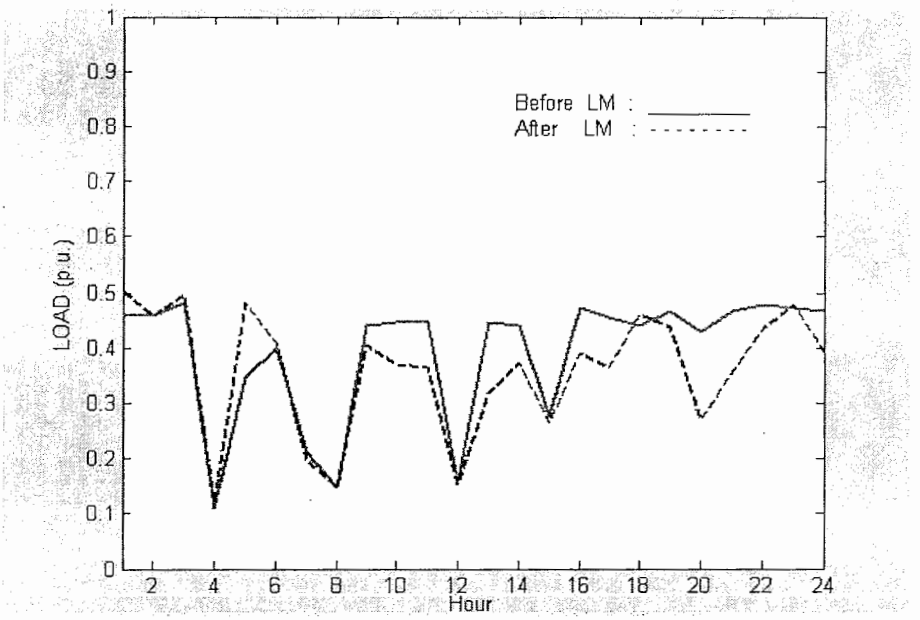
شکل(۱۵) – منحنی بار دستگاه شماره ۵



شکل(۱۶) – منحنی بار دستگاه شماره ۶



شکل(۱۷) – منحنی بار دستگاه شماره۷



شکل(۱۸) – منحنی بار دستگاه شماره ۸

فصل چهارم

مروری بر مقالات مدیریت بار

در این فصل از گزارش مروری بر فعالیتهای انجام شده در زمینه مدیریت بار در سایر کشورها با تکیه بر مقالات معتبر بین المللی منتشر شده در IEEE انجام می گیرد .

۴-۱- دانمارک

در کشور دانمارک پروژه مدیریت باری با همکاری ۵۰۰ مصرف کننده صورت گرفت که مدت یک سال و نیم طول کشید . این گزارش به اصول و نتایج حاصل از این پروژه اشاره دارد . نتیجه حاصل از این پروژه نشان می دهد که نظام چند تعرفه ایی بر اساس زمان مصرف انرژی الکتریکی تغییر مناسبی در الگوی مصرف مشتریان (مخصوصا مصرف کنندگان خانگی) و نیز سایر مصرف کنندگان مانند صنعتی و تجاری ایجاد می نماید .

مقدمه

از اواسط سال ۱۹۸۶ تا آخر سال ۱۹۸۷ در کشور دانمارک دو شرکت بزرگ از شرکتهای برقی بنامهای NEAS A/S و SEAS A/S با همکاری چند شرکت برقی دیگر پروژه مدیریت بار انجام دادند که نتایج آن در کنفرانس CIRED سال ۱۹۸۷ توضیح داده شد .

در شکل (۱) ساختار پروژه مدیریت بار دیده می شود . عمل مخابره کردن به عهده دو عنصر مستقل از یکدیگر قرار دارد . ارتباط از شرکت برق به پستهای ۵۰/۱۰ kv یا (kv ۱۳۲/۱۰) از طریق خطوط تلفن صورت می گیرد . در صورتیکه ارتباط با یک مشتری خاص از طریق خطوط انتقال نیرو (بصورت دو طرفه) انجام می پذیرد . این قسمت اخیر مهمترین و فنی ترین قسمت این پروژه می باشد .

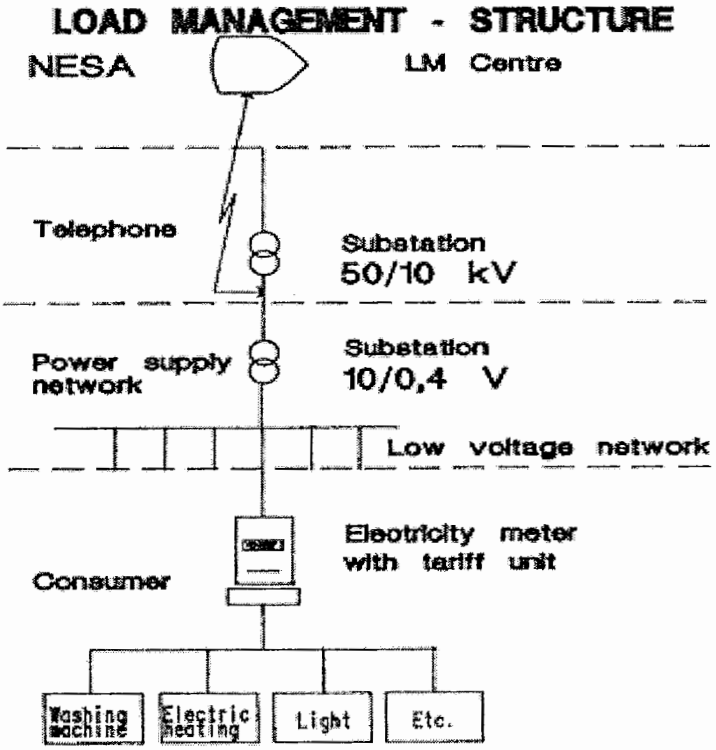
کل مراحل پروژه مدیریت بار به سه زیر مجموعه زیر (زیر پروژه) تقسیم می گردد :

الف – توسعه تجهیزات تعرفه ای و تجهیزات کنترل بار

ب – یک پروژه شامل نمایش پیشرفت (بهبود) عملکرد مشتریان

ج – توسعه ارتباط دو طرفه از طریق شبکه توزیع انرژی الکتریکی

در ابتدای پروژه عقیده بر این بود که تمام تجهیزات و تاسیسات توسط این روش می تواند کنترل گردند ولی در انتهای کار مشخص شد که این عمل تقریبا غیر ممکن می باشد .



شکل (۱) – ساختار پروژه مدیریت بار

الف – توسعه تجهیزات تعرفه ای و تجهیزات کنترل بار

بدیهی است برای انجام این پروژه نیاز به یک سیستم تعرفه می باشد که این کار توسط یک کامپیوتر برنامه ریزی شده صورت می پذیرد و بدین ترتیب هر مشتری قادر به ایجاد ارتباط و دریافت اطلاعات از آن می باشد .

اساسا پیدا است که در محل مصرف انرژی الکتریکی مشتریان باید تجهیزاتی جهت کنترل بار نصب شده باشد . برای بعضی از مصارف برق از رله هایی جهت کنترل بار استفاده گردیده است .

بعضی از مشتریان که از واحدهای (TARIFF) جهت کنترل بار استفاده نمی کنند (بنابراین نیازی به رله های کنترل بار ندارند) از کلیدهای زمانی که قابل برنامه ریزی هفتگی به دلخواه مشتریان می باشند استفاده می کنند . بعنوان مثال این کلیدها در زمان پیک بار شبکه که گرانترین زمان برق می باشد دستگاههای فریزر را خاموش می کند .

این عمل برای ۳۴۰ واحد بصورت نصب سیستم کامپیوتری و ۱۷۰ واحد بصورت نصب کلیدهای زمانی انجام پذیرفت قرائت کنتورها هر ماه یکبار بطور منظم صورت گرفت .

ب – پروژه نمایش نتایج

دومین قسمت از این پروژه مربوط به نمایش نتایج حاصل از بهبود عملکرد مشتریان در رابطه با نرخ چند تعرفه ای می باشد .

این نتایج از بررسی ۳۴۰ مشتری که از ژوئن ۱۹۸۶ الی پایان نوامبر ۱۹۸۷ صورت گرفته است حاصل گردیده است . البته محاسبات و نتایج بر اساس یک سال تمام یعنی اول اکتبر ۱۹۸۶ الی اول اکتبر ۱۹۸۷ صورت گرفته است . سیستم (تعرفه) کامپیوتری علاوه بر محاسبه انرژی مصرفی بصورت ماهیانه برای هر واحد منحنی بار متوسط برای هر روز هفته برای تمام مشتریان را نیز محاسبه می نمود .

تعرفه انجام گرفته شده مشتریان به دو طبقه B (مشتریان بزرگ) و C (سایر مشتریان) تقسیم شدند . تعرفه هر دو طبقه B و C در جدول (۱) نشان داده شده است .

Month	Time of day	Level B (øre/kWh)	Level C (øre/kWh)
April - September	06-08	14,4	21,4
(Monday - Friday)	08-10	75,4	86,4
	10-20	14,4	21,4
	20-06	10,4	12,4
January - March	05-07	14,4	21,4
October - December	07-10	75,4	86,4
(Monday - Friday)	10-16	14,4	21,4
	16-19	75,4	86,4
	19-21	14,4	21,4
	21-05	10,4	12,4
Saturdays, Sundays, and Public Holidays		10,4	12,4

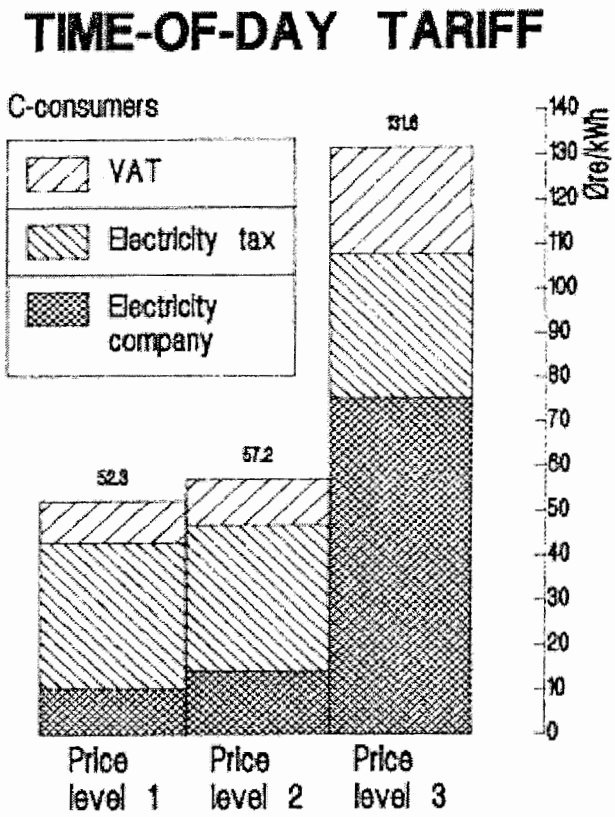
جدول (۱) – تعرفه های پروژه در مصارف خانگی

(اول نوامبر ۱۹۹۶ الی ۱۲ دسامبر ۱۹۸۷)

برای مصارف خانگی و بعضی مشتریان دیگر مانند مشتریان خدماتی ۳۲/۵ Φre / kwh به عنوان مالیات به عدد تعرفه اضافه می شود و بعلاوه ۲۲ درصد VAT به مبلغ کل اضافه می گردد .

(100Φre = 14 US . cent)

با مطالعه شکل (۲) مشاهده می گردد که یک اختلاف قیمت قابل ملاحظه ای در قسمت شرکت برق (حدود ۱ به ۷) وجود دارد که با اضافه کردن مالیات به قیمتها تا حدودی تعدیل می گردد .



شکل (۲) – نرخ چند تعرفه ای برای مشتریان طبقه C

بهبود عملکرد مشتریان

- مشتریان خانگی :

مشتریان خانگی که در این پروژه مشارکت داشتند به چهار گروه طبقه بندی می شوند :

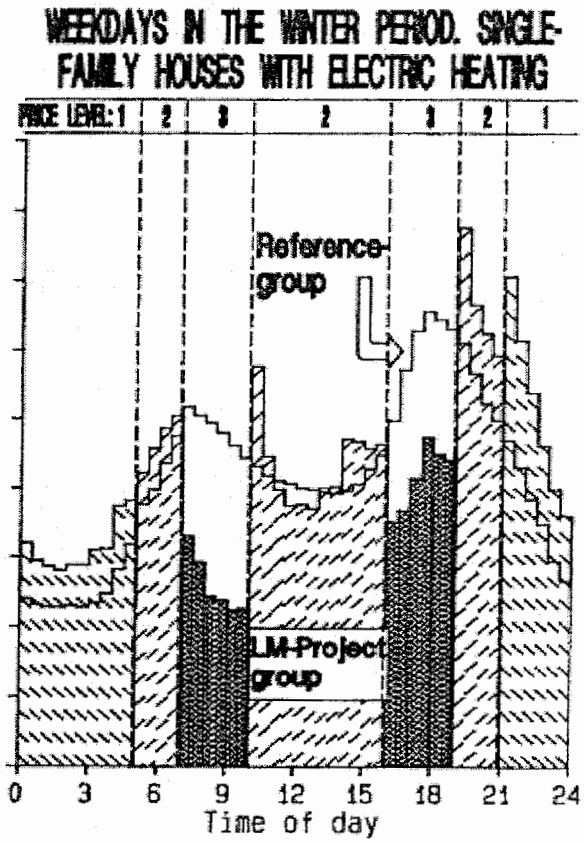
- آپارتمانهایی با گرمایش الکتریکی
- آپارتمانهایی بدون گرمایش الکتریکی
- منازل ویلائی با گرمایش الکتریکی
- منازل ویلائی بدون گرمایش الکتریکی

با استفاده از قیمتهای نشان داده شده در جدول (۱) قیمت متوسط انرژی مصرف شده برای یک سال مشتریان محاسبه شده است . نتایج حاصل در جدول (۲) بصورت زیر خلاصه شده است .

Average Prices (Nov. 86 to Sep. 87)	Test Group		Control Group		
Domestic customers	Number of customers	Average Price øre/kWh	Number of customers	Average Price øre/kWh	Difference øre/kWh
Flats without electric heating	7	21,67	6	23,17	-1,50
Flats with electric heating	11	24,03	3	24,54	-0,51
Single-family houses without electric heating	30	23,40	12	25,24	-1,84
Single-family houses with electric heating	53	22,50	12	24,82	-2,32

جدول (۲) – قیمت متوسط انرژی برای چهار گروه مشتریان خانگی

نتایج جدول (۲) نشان می دهد که مشتریان خانگی عادت خود را تغییر داده اند . شکل (۳) منحنی میانگین بار برای ۲۴ ساعت در یکی از روزهای هفته را در پریود زمستانی برای یک منزل ویلائی با گرمایش الکتریکی نشان می دهد .



شکل (۳) – منحنی بار میانگین برای روزهای هفته در دوره زمستان

فرض بر این است که مشتریان آزمایش شده با سایر مشتریان مشابه مصرف یکسانی در طول شبانه روز داشته باشند و تغییر در منحنی بار آنها فقط ناشی از تغییر در الگوی مصرف آنها باشد . البته این فرض خیلی درست نمی باشد زیرا در مصاحبه های بعدی با مشتریان در حال آزمایش مشخص گردید که آنها بیشتر مصارف خود را در پایان هفته انجام می داده اند .

از طرف دیگر مدت زمان محدود نیمسال (شش ماه) مشتریان شرکت کننده در آزمایش حدود ۱۰ درصد صرفه جویی در مصرف برق نیز داشتند که احتمالا این بخاطر آگاهی از مشارکت در آزمایش مصرف انرژی و نیز تجهیزات استفاده شده می باشد .

- تغییر الگو در مشتریان صنعتی و تجاری

برای تعدادی از مشتریان صنعتی و تجاری نتایج خیلی تغییر نکرده بود و تغییر الگوی مصرف آنها بسیار محدود و اندک بود . البته در بیشتر موارد این بدلیل عدم وجود علاقه و انگیزه بود نه بخاطر اینکه امکان پذیر نمی باشد . یکی از دلایل این است که این هزینه نسبت به سایر هزینه های شرکتها بسیار نا چیز و اندک است .

دلیل دیگر این است که تغییر عادت در شرکتها و مراکز صنعتی و تجاری نیاز به زمان دارد .

با مقایسه قیمت متوسط برای گروه آزمایش شده و گروه معمولی همانگونه که برای مشتریان خانگی انجام پذیرفت به نتایج حاصل در جدول (۳) برای ۷ طبقه مشتری می رسیم .

Average Prices (Nov. 86 to Sep. 87)	Test Group		Control Group		
C-customers (Industrial and commercial)	Number of customers	Average price øre/kWh	Number of customers	Average price øre/kWh	Difference øre/kWh
Agriculture	26	23,13	13	24,98	-1,85
Industry	28	32,15	17	29,19	+3,04
Public	47	28,51	17	30,50	-1,99
Service	72	27,47	26	29,79	-2,32

B-customers (Industrial and commercial)	Number of customers	Average price øre/kWh	Number of customers	Average price øre/kWh	Difference øre/kWh
Industry	34	23,70	20	24,61	-0,91
Public	18	21,42	9	21,98	-0,56
Service	14	22,17	16	22,36	-0,19

جدول (۳) – مقایسه بین گروههای آزمایش و کنترل شده برای مشتریان صنعتی و تجاری

نتایج حاصل برای گروههای صنعتی و تجاری از نظر آماری رضایت بخش نمی باشند . بعنوان مثال در بخش صنعتی نمی توان انتظار داشت که با تغییر الگوی مصرف هزینه برق بیشتری داشته باشد .

بنابراین بر خلاف مشتریان طبقه خانگی مشتریان طبقه صنعتی و تجاری میلی به تغییر در الگوی مصرف نشان نداده اند .

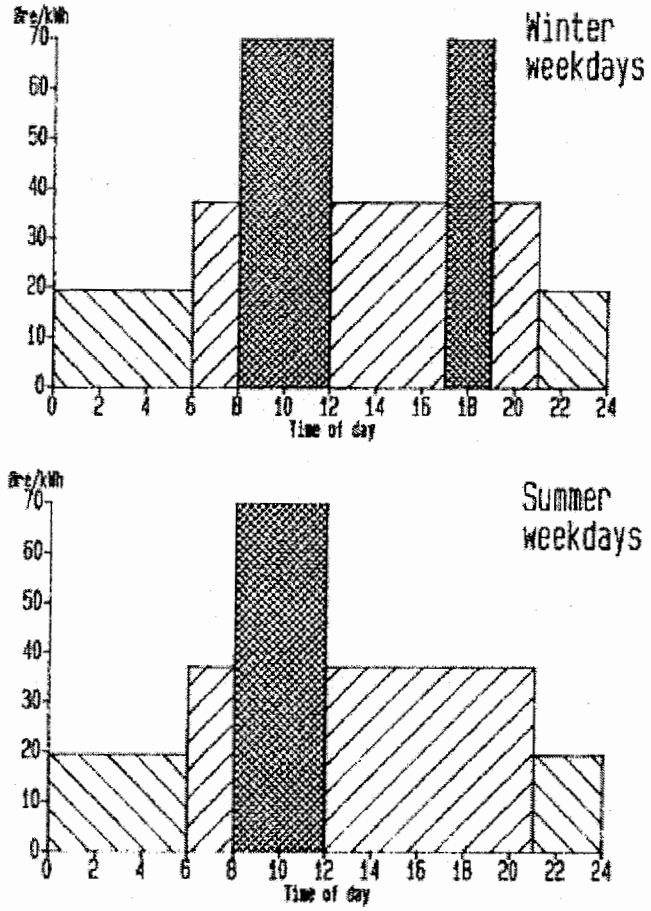
ج – انتقال داده ها

با توجه به اینکه این موضوع به مبحث اصلی این گزارش ارتباط کمتری دارد علاقه مندان می توانند به مرجع [۹] جهت بررسی نحوه انتقال دادهها مراجعه نمایند .

پروژه فوق در پایان سال ۱۹۸۷ پایان پذیرفت . به مشتریان شرکت کننده در این پروژه امکان داده شد که همچنان از این روش تعرفه ای استفاده کنند که ۶۵٪ از آنها با استقبال از ادامه پروژه در حال استفاده از تجهیزات پروژه می باشند .

بعنوان یک نتیجه مثبت از این پروژه NEAS و SEAS و سایر شرکتها تصمیم به ایجاد قیمت گذاری چند تعرفه بر اساس زمان استفاده از برق گرفتند . برای NEAS این بدان معنی است که هر واحد صنعتی یا تجاری که سالانه ۲۰/۰۰۰ کیلو وات ساعت انرژی مصرف می کند می بایست ظرف مدت سه سال طبق تعرفه های جدید رفتار نماید . بر اساس این توضیحات یک سیستم جدید با قابلیتهای گوناگون جهت تعرفه گذاری قیمت در حال پیاده سازی می باشد .

نوع دیگر تعرفه گذاری بر اساس ساعت استفاده از انرژی بر مبنای قیمتهای سال ۱۹۸۸ در شکل (۴) نشان داده می شود که قیمت شامل هزینه برق مصرفی ، مالیات و VAT می باشد . [۹]



شکل (۴) – نرخ جدید چند تعرفه بر اساس زمان استفاده از انرژی در روز
برای مشتریان طبقه C در سال ۱۹۸۸

۴-۲- مالزی

در یک کارخانه مصارف گوناگونی از انرژی الکتریکی مانند : روشنائی ، سرمایش ، گرمایش و تامین انرژی ماشینها و تجهیزات وجود دارد . در بسیاری از کارخانه ها انرژی زیادی صرف پروسه های مختلف می گردد سهم هر کدام از مصارف از مصرف کل انرژی الکتریکی به توجه به آب و هوا ، تولید ، نوع ساختمان کارخانه ، نوع تجهیزات در حال استفاده و نیز زمان استفاده از آن متغییر می باشد . بهترین راه برای تشخیص نحوه مصرف انرژی الکتریکی در یک کارخانه ممیزی انرژی الکتریکی می باشد .

بطور کلی ممیزی انرژی در دو سطح کلیات و جزئیات تولید صورت می گیرد . البته در بیشتر موارد ممیزی انرژی بین حالتهای کلی و جزئی قرار می گیرند . بدین معنی که از ممیزی کلی بسیار پیچیده تر است ولی نیازی به دقت در حد ممیزی کامل جزئیات نمی باشد . اساسا مراحل معمول در ممیزی انرژی بصورت زیر می باشند :

۱- گفتگوی مختصر با کارکنان کارخانه

۲- بررسی اجمالی ممیزی و آشنایی با چرخه کار

۳- جمع آوری آمار و تاریخچه کارخانه

۴- اندازه گیری انرژی الکتریکی

با بررسی منحنی بار کارخانه و علامت گذاری نقاطی که صرفه جویی در انرژی الکتریکی در آنجا مؤثر تر می باشند می توان دید خوبی بدست آورد . سپس با انجام محاسبات اقتصادی با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده به جواب مطلوب رسید .

تعرفه انرژی الکتریکی مصرفی در اکثر بخشهای صنعتی از عوامل زیر تشکیل می شوند :

- هزینه انرژی مصرف شده (kwh)
- هزینه ضریب توان
- هزینه ماکزیمم دیماند (kw) در طی دوره ساعات پیک

در کشور مالزی اصولا B چهار تعرفه برای بخشهای صنعتی به نامهای D ، E1 ، E2 و E3 وجود دارند .

تعرفه D ، یک تعرفه ولتاژ پائین می باشد بعبارت دیگر مخصوص مصرف کننده های زیر ۶/۶ kv می باشد .

تعرفه های E1 و E2 ، تعرفه های ولتاژ متوسط می باشند بعبارت دیگر مخصوص مصرف کننده های بین kv ۶/۶ و kv ۶۶ می باشند .

تعرفه های E3 ، یک تعرفه ولتاژ بالا می باشد . بعبارت دیگر مخصوص مصرف کننده های kv ۱۳۲ و بیشتر می باشد . علاوه بر آن تعرفه های E1 و E2 دارای هزینه دوگانه (زمان پیک و غیر پیک) می باشند . در کشور مالزی ساعات پیک از ۸ صبح الی ۲۲ می باشد و ساعات غیر پیک از ۲۲ الی ۸ صبح می باشد .

جزئیات این تعرفه ها در جدول (۱) نشان داده می شوند .

Tariff D -Low voltage tariff	
For all units	RM 0.24
Tariff E_1 - Medium voltage general tariff	
For all units	RM 0.16
For each kW maxi.demand per month	RM 12.00
Tariff E_2 - Medium voltage peak/off peak tariff	
For all units on peak period	RM 0.16
For all units on off-peak period	RM 0.08
For each kW maxi.demand per month	RM 17.00
Tariff E_3 - High voltage peak/off peak tariff	
For all units on peak period	RM 0.15
For all units on off-peak period	RM 0.07
For each kW maxi. demand per month	RM 15.00

جدول (۱) – تعرفه های هزینه برق در صنایع

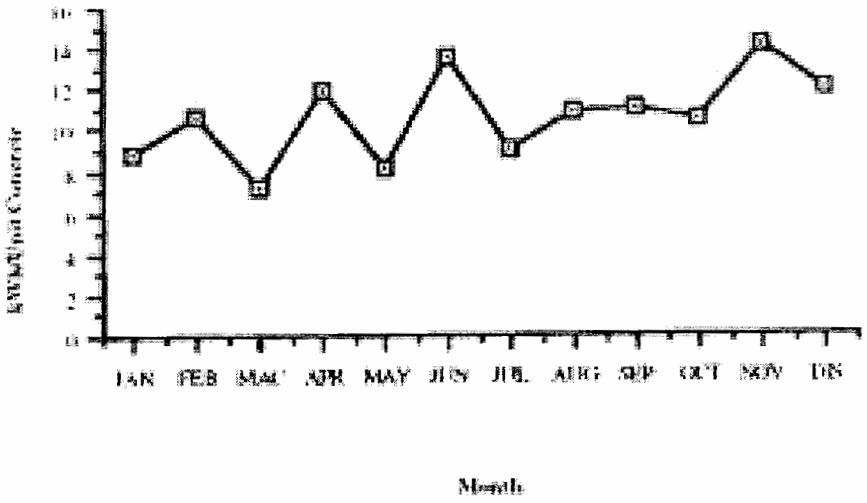
برای تعرفه های صنعتی اگر ضریب توان کارخانه اگر هر کدام از مقادیر زیر باشد :

الف – زیر ۰/۸۵ و بالای ۷۵ /۰ پس فاز ۱/۵ ٪ جهت جبران سازی با ازای هر ۰/۰۱ کاهش ضریب توان در صورت حساب ماهیانه اضافه می گردد .

ب – برای زیر ۰/۷۵ پس فاز علاوه بر مقدار بند الف ۳ ٪ جهت جبران سازی به ازای هر۰/۰۱ کاهش ضریب توان از ۰/۷۵ به صورتحساب ماهیانه اضافه می گردد .

مصرف ویژه برق

مصرف ویژه برق (SEC) نسبت انرژی الکتریکی مصرفی به میزان تولید کارخانه است . مصرف ویژه برق با ازای یک روز یا یک ماه قابل ترسیم می باشد . نمودار مصرف ویژه برق برای یک کارخانه بتون در شکل (۱) نشان داده شده است . این کارخانه یک کارخانه با ولتاژ پائین می باشد . از منحنی زیر مشخص می گردد که مقدار مصرف انرژی الکتریکی به تولید ارتباط ندارد . ذر ماه مارس ۱۹۹۱ نسبت انرژی الکتریکی مصرفی به تولید ۷/۹۱ می باشد در صورتیکه در ماه نوامبر ۱۹۹۱ این مقدار بسیار بالاتر از مقدار قبل می باشد . بنابراین بعنوان یک نتیجه گیری از این نمودار می توان مدیریت بار در این کارخانه را پیشنهاد نمود .

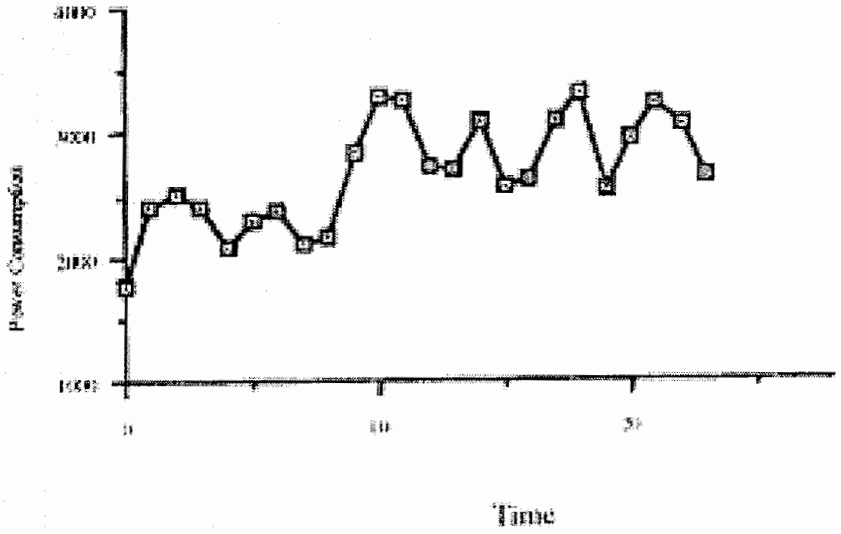


شکل (۱) – مصرف ویژه برق در یک کارخانه بتون

مدیریت بار

برای انجام مدیریت بار دستیابی به منحنی بار کارخانه ضروری است . با داشتن منحنی بار کارخانه با اعمال روشهای معمول در مدیریت بار : پیک سائی ، پر کردن دره و جابجا نمودن بار می توان به نتایج دلخواه رسید .

شکل (۲) منحنی بار روزانه در یک کارخانه سیم را نشان می دهد و ماکزیمم دیماند توان در ساعت ۶ بعد از ظهر که زمان پیک می باشد اتفاق می افتد و ماکزیمم مصرف بین ساعات ۹ الی ۱۰ شب می باشد . اگر کارخانه بتواند ۱۰ ٪ از مصرف پیک خود را به زمان غیر پیک انتقال دهد هم در هزینه ماکزیمم دیماند ساعات پیک و هم در هزینه انرژی مصرفی در ساعات پیک صرفه جوئی نموده است . صرفه جوئی انجام گرفته برابر ۱۰ ٪ هزینه مربوط به ماکزیمم دیماند و یا حدود ۵ ٪ از هزینه ماهیانه برق می باشد که بطور مفصل در جدول (۲) نشان داده شده است .



شکل (۲) – منحنی بار روزانه نمونه برای یک کارخانه سیم

	Unshifted	Shifted
Total kWh	64070 kWh	64070 kWh
Load Factor	0.808	0.869
On-peak period Load	41314 kWh	37183 kWh
On-peak period Cost	RM6,610	RM 5,949
Off-peak period Load	22756 kWh	26887kWh
Off-peak period Cost	RM1,820	RM2,151
kW maximum demand	3302 kW	2972kW
kW max. demand Cost	RM56,134	RM50,521
daily load Cost	RM8,431	RM8,100
Monthly Cost	RM275,333	RM261,126
Monthly Cost Saving = RM14,207 Percentage saving = 5.16%		

جدول (۲) – صرفه جوئی در هزینه برق با ۱۰٪ جابجائی بار

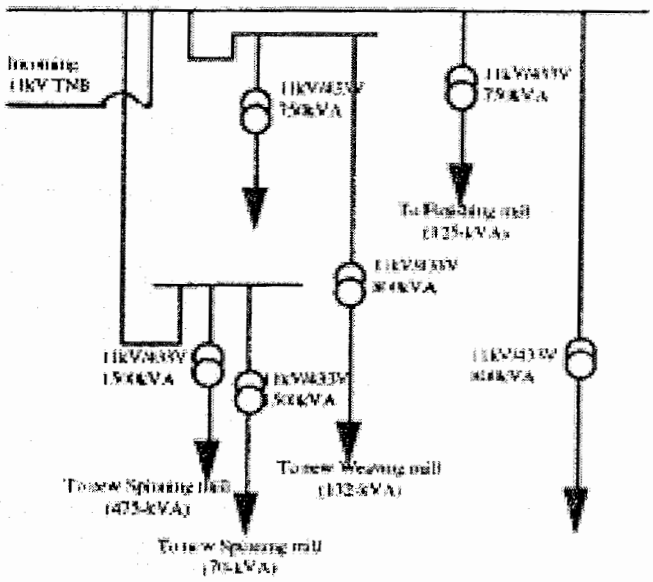
جدول فوق با فرض یکسان بودن منحنی بار روزانه در طی یک ماه و برای ۲۶ روز کاری در ماه محاسبه گردیده است .

آنالیز تلفات ترانسفورماتور ها

برای مشترکین ولتاژ پائین صنایع ولتاژ تحویلب بصورت ۴۱۵ v می باشد در صنایع با ولتاژ متوسط و بالا ولتاژ تحویلی به مشترکین ۶/۶ kv می باشد که معمولا هر واحد برای خود یک پست اختصاصی داشته که برای انرژی مورد نیاز خود استفاده می شوند .

در ترانسفورماتورها تلفاتی وجود دارد که با تغییر بار ثابت می باشند که به تلفات آهن موسوم می باشند . که تلفات بی باری ترانس نیز نامیده می شوند . تلفات بی باری ترانسفورماتور معمولا با توجه زمان کار آنها ۸۷۶۰ ساعت در سال می باشند . بعنوان مثال برای ۱ kw بی باری در یک ترانس ۸۷۶۰ kwh در سال تلفات داریم . برای یک کارخانه با تعرفه E1 این مقدار در سال برابر ۱۴۰۱ RM می باشد . هرچه ظرفیت ترانسفورماتور بیشتر باشد این تلفات و در نتیجه هزینه آن بیشتر می باشد .

در یک ممیزی انرژی انجام گرفته در یک کارخانه نساجی که توسط برق ۱۱ kv تغذیه می شود توسط ۶ ترانسفورماتور به ولتاژ ۴۱۵ v تبدیل و توزیع می شوند . در شکل (۳) شماتیک این توزیع و تبدیل نشان داده شده است .



شکل (۳) – سیستم توزیع انرژی در کارخانه نساجی

ظرفیت ترانسفورماتورهای نصب شده بسیار بیشتر از حد نیاز می باشند ضریب بار ترانسفورماتورها بین ۵ ٪ الی ۳۲ ٪ می باشد و پیشنهاد می گردد که ترانسفورماتور خط جدید که ظرفیت MVA ۱/۵ دارد از خط خارج گردد . که حدودا مبلغ RM ۳۰۰۰ در هزینه برق سالیانه صرفه جویی بعمل می آید .

مدیریت ضریب توان

با توجه به ممیزی انرژی صورت گرفته در سال ۱۹۸۹ در یک کارخانه الکترونیکی کوچک که ضریب توان آن حدود ۰/۷۷۵ می باشد ضریب جریمه ای که به صورت حساب برق این کارخانه تخصیص می یابد حدود ۱۱/۲۵ ٪ می باشد هزینه برق ماهیانه این کارخانه باید مبلغ RM ۲۷۷۷۳ باشد در صورتیکه این کارخانه ماهیانه مبلغ RM ۳۰۸۹۸ می پردازد یعنی ماهیانه مبلغ RM ۳۱۲۵ بیشتر می پردازد . که این عمل توسط بانکهای خازن و موتورهای سنکرون قابل جبران سازی می باشد .

مدیریت تلفات موتورها

تلفات موتورها معمولا بین ۲/۵ ٪ الی ۷/۵ ٪ مقدار نامی آنها می باشد . که این مقدار به ساعات کار با بار نامی ، بی بار ، سایز کابلها و فاصله آنها از تابلوی تغذیه بستگی دارد .

در یک ممیزی انرژی الکتریکی که در یک کارخانه قدیمی انجام پذیرفته است نتایج بررسی روی موتورهای کارخانه در جدول (۳) نشان داده شده است . نتایج زیر نشان دهنده آن است که راندمان و ضریب توان موتورها کمتر از حد استاندارد است .

بنابراین تلفات در موتورها زیاد می باشد . دلیل این امر عدم سرویس و نگهداری بموقع از این موتورها می باشد .

برای این کارخانه پیشنهاد می گردد که موتورهای با راندمان پائین با موتورهای جدید جایگزین گردد . بعنوان مثال با تغییر فقط یکی از موتورها (Rolling) سالیانه مبلغ RM ۲۰۳۴۹ در هزینه برق صرفه جویی می گردد .[۱۰]

Machinery	Rating	Measured	% load	efficiency	P. Factor
lathe machine	15HP, 22A	10.5A	48%	76%	0.68
Verticle lathe	40HP, 56.8A	28A	49%	77%	0.69
Rolling machine	30HP, 42.6A	16.3A	38%	70%	0.63
Blower	30HP, 56A	6.2A	11%	35%	0.40
Compressor	30HP, 40.5A	22A	54%	78%	0.69
lathe.I machine	25HP, 33A	15.2A	46%	75%	0.67
Planning machine	15HP, 22A	13A	59%	79%	0.72

جدول (۳) – نمونه ای از تجهیزات مورد استفاده در یک کارخانه

۴-۳- هندوستان

مدیریت بار انجام شده در هندوستان در یک کارخانه آرد بصورت زیر فرموله شده است:

- فواصل زمانی

این فرموله کردن با فرض گسسته بودن فواصل کاری دستگاهها در یک دوره زمانی H (مثلا یک روز) در نظر گرفته شده است . روشن و خاموش شدن دستگاهها در ابتدا و انتهای این دوره های زمانی در نظر گرفته می شوند . طول مدت هر زمان i را با t_i نمایش می دهیم در آن صورت :

$$\sum_{i=1}^{N} t_i = H \qquad \text{for the total intervals } N \text{ in the time horizon.} \tag{1}$$

- متغییر تصمیم گیری

متغییر I_{mi} بصورت زیر مقدار می پذیرد :

$$I_{mi} = 1 \Rightarrow \text{the machine } m \text{ is on in the interval } i \tag{2}$$

$$= 0 \Rightarrow \text{the machine } m \text{ is off in the interval } i \tag{3}$$

- قید تولید

برای این مسئله باید یک حداقل تولید (Q) بعنوان خروجی در نظر بگیریم .

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} P_{mi} * t_{mi} * I_{mi} \geq Q \qquad (4)$$

که در آن

M : تعداد کل ماشینها و چرخه تولید

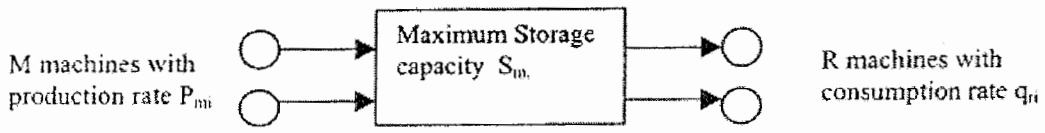
P_{mi} : قدرت مورد نیاز پروسه یا ماشین m ام در دوره زمانی i

می باشد .

با در نظر گرفتن P_{mi} بعنوان متغییر امکان این عمل که قدرت مورد نیاز یک ماشین یا پروسه را در دوره های مختلف زمانی با تغییر پارامترهای دیگر جبران گردند وجود دارد .

- قید ذخیره

بارهای هر پروسه با فضای ذخیره همراه با محدودیت در حداکثر ظرفیت در شکل (۱) نشان داده می شود و بصورت زیر می توان مدل نمود .



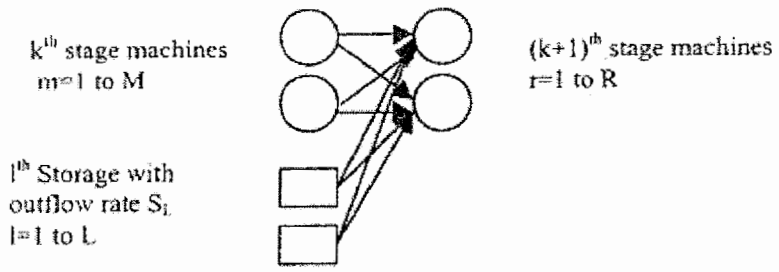
شکل (۱) – قید ذخیره

$$\sum_{i=1}^{T}\left[\sum_{m=1}^{M} P_{mi} * t_{mi} * I_{mi} - \sum_{r=1}^{R} q_{ri} * t_{ri} * I_{ri}\right] \leq S_m$$

$$\text{for } T = 1 \text{ to } N. \qquad (5)$$

- قید چرخه کار

برای کارکرد رضایت بخش ماشینها در هر چرخه تولید یک مقدار حداقل از مواد اولیه در چرخه مورد نیاز می باشد که در حالت کلی در شکل (۲) نشان داده شده است که برای ارضای مواد اولیه مورد نیاز هر چرخه از چرخه قبلی داریم :



شکل (۲) – قید چرخه کار

$$\sum_{i}^{T}\left[\sum_{m=1}^{M} P_{mi} * t_{mi} * I_{mi} + \sum_{l=1}^{L} S_l\right] \geq \sum_{i}^{T}\left[\sum_{r=1}^{R} q_{ri} * t_{ri} * I_{ri}\right] \quad \text{for } T = 1 \text{ to } N. \qquad (6)$$

همچنین در بعضی موارد نیز ما نیازمند این هستیم که مقداری مواد اولیه نیز بصورت ذخیره داشته باشیم که در آن صورت به رابطه زیر می رسیم :

$$\sum_{i}^{T}\left[\sum_{m=1}^{M} P_{mi} * t_{mi} * I_{mi}\right] \geq C_{min} + \sum_{i}^{T}\left[\sum_{r=1}^{R} q_{ri} * t_{ri} * I_{ri}\right] \quad \text{for } T = 1 \text{ to } N. \quad (7)$$

– قید ترتیب مراحل

ضروریت که در مراحل تولید ترتیب مراحل رعایت گردند تا وقفه ای در تولید ایجاد نگردد در این صورت شرط شروع ماشینm ام در دوره زمانی i ام بعد از t دوره زمانی پس از آنجا به کار ماشین (m – ۱) ام ، بصورت زیر مدل می گردد :

$$t * I_{mi} \leq \sum_{j=i-t}^{i} I_{(m-1)j}. \qquad (8)$$

- قید حداکثر دیماند

محدودیت دیماند پیک یک فاکتور بسیار مهم می باشد که در برنامه ریزی زمانی بارها باید قابل توجه قرار گیرد . در این صورت برای دوره i ام داریم :

$$\sum_{m=1}^{M} (k_{mi}/Pf_{mi}) * I_{mi} \leq \text{kVA}_i \qquad (9)$$

که در آن

kvA_i : محدودیت دیماند ماکزیمم

k_{mi} : توان الکتریکی ورودی برحسب کلید وات

Pf_{mi} ضریب توان ماشین m ام برای دوره زمانی i ام

- زمان خاموشی ماشینها

ضروریت که در هر دوره برنامه ریزی زمانهایی جهت خاموشی ماشینها برای انجام سرویس ، تعمیرات و . . . در نظر گرفت . که اگر این دوره تعمیر و خاموشی در مرحله j ام باشد در آن صورت :

$$I_{mj} = 0. \qquad (10)$$

- تخمین بار الکتریکی

توان الکتریکی ورودی بر حسب کیلو وات برای ماشین m ام در دوره زمانی i ام به صورت زیر می باشد :

$$k_{mi} = \{(R_m * U_{mi})/E_{mi}\} * I_{mi} \qquad (11)$$

که در آن

R_m : ظرفیت نامی ماشین m ام بر حسب کیلو وات

u_{mi}: ضریب کار کرد ماشین m ام در دوره زمانی i ام می باشند .

- تابع هدف :

تابع هدف حداقل نمودن هزینه برق مصرفی می باشد اکثر کارخانه های صنعتی دارای دو تعرفه برای هزینه های برق می باشد . یکی برای انرژی مصرفی و دیگری برای ماکزیمم دیماند ثبت شده . در هندوستان هزینه دیماند انرژی مصرفی با زمان تغییر نمی کند ولی

هزینه انرژی مصرفی با زمان تغییر است بنابراین در تابع هدف فقط هزینه انرژی مصرفی در نظر گرفته می شود و سپس هزینه دیماند (که ثابت است) به آن اضافه می شود .

اگر C_i هزینه برق مصرفی در دوره i ام باشد در آن صورت تابع هدف بصورت زیر می باشد :

$$\text{Min.} \sum_{i=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} (k_{mi} * I_{mi} * t_{mi}) * C_i \qquad (12)$$

برای اجرای پروژه مدیریت با نیاز به یکسری هزینه دیگر شامل هزینه نصب تجهیزات جدید و نیز هزینه شیفت زمان کاری به تابع هزینه اضافه می گردد بنابراین تابع هدف بصورت زیر می باشد :

$$\text{Min.} \sum_{i=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} [(k_{mi} * I_{mi} * t_{mi} * C_i) + (C_{ai} * I_a) * t_i] \qquad (13)$$

که در آن

C_{ai} : هزینه اضافی مدیریت بار برای دوره i ام می باشد

I_a : متغیر انتخاب که اگر برابر یک باشد مدیریت بار متناظر با C_{ai} در حال وقوع می باشد و در غیر این صورت برابر صفر می باشد .

- تجزیه و تحلیل منحنی بار

بار کل در هر دوره زمانی i به صورت زیر خواهد بود :

$$\sum_{m=1}^{M} k_{mi} * I_{mi} \qquad (14)$$

بنابراین برای رسیدن به منحنب بار برای تمام دورها به ازای i=۱ تا N مقدار قبل را محاسبه می کنیم .

- برنامه بهینه سازی

مزیت اصلی فرموله کردن مسئله بصورت فوق سادگی حل مسئله با استفاده از نرم افزارهای مبتنی بر برنامه ریزی اعداد صحیح (integer – programming) می باشد .

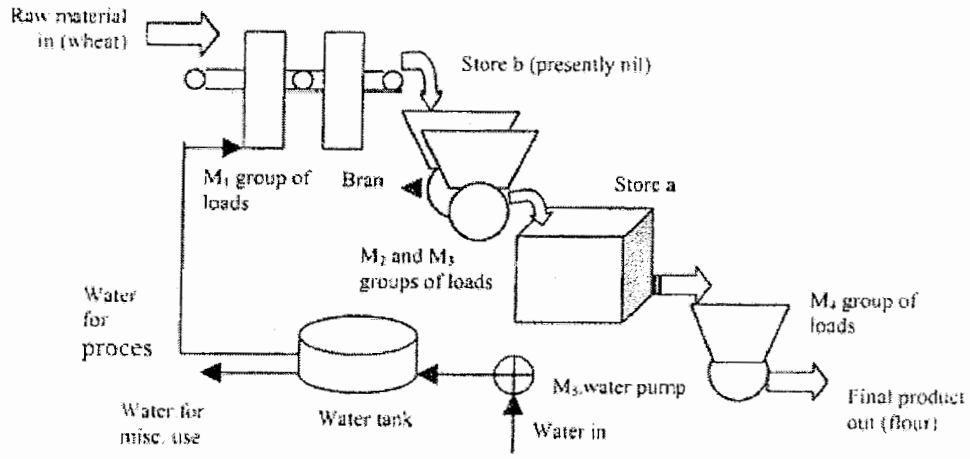
متغییر تصمیم گیری I این اجازه را به می دهد که با انتخاب مقادیر صفر یا یک نشان دهد که کدام ماشین در حال کار کردن یا خاموش می باشد .

۴-۳-۱- مدیریت باردر مثال واقعی

برای نشان دادن کارایی روش فوق مسئله را برای یک کارخانه آرد در هندوستان بررسی می کنیم . کل بار متصل به شبکه ۲۳۵ kw و قرار داد دیماند ۲۰۰ kva می باشد . متوسط مصرف انرژی الکتریکی روزانه ۲۲۰۰ kwh است که شدت انرژی مصرفی (به ازای هر تن آرد) مقدار ۷۳ kwh/t می باشد . مجموعه دارای سیستم اصلاح ضریب قدرت اتوماتیک می باشد که ضریب قدرت واحد را تقریبا برابر یک تنظیم می نماید .

- تولید و پروسه آن

ظرفیت تولید مجموعه ۴۸ t در روز به ازای ۳ شیفت کاری می باشد (۲ تن در هر ساعت) که معمولا بصورت ۲ شیفته از آن بهره برداری می شود . که بطور متوسط روزانه ۳۰ تن تولید دارد (۶۶٪ ظرفیت کل) ضریب بار به ازای ۲ شیفت کاری حدود ۸۳٪ می باشد . در حالیکه دیماند مجموعه از آن بیشتر می باشد . این واحد در چند روز از ماه به صورت ۳ شیفته کار می کند . دیاگرام نحوه عملکرد و پروسه های مجموعه در شکل (۳) نشان داده شده است .



Group of process interlocked loads
M_0 - conveyor belts, dry stirrer, separators, washers and conditioners
M_2 - grinder mills, conveyors set 1
M_3 - grinder mills, conveyors set 2
M_4 - roller mills, plansifiers, pneumatic lifters
M_5 - water pump

شکل (۳) – دیاگرام چرخه کارخانه

تجهیزات مورد نیاز در ۵ گروه بر اساس کنترل پذیری آنها دسته بندی شده اند . جدول شماره (۱) مقادیر نامی و جزئیات هر گروه را نشان می دهد . بار روشنائی و اداری مجموعه به ازای ۲ شیفت کاری ۷۴ kwh و برای ۳ شیفت کاری ۹۸ kwh می باشد .

ماکزیمم دیماند عملکرد بصورت ۲ شیفت ۱۶۶ kw می باشد و انرژی مصرفی روزانه ۲۱۹۸ kwh است .

Description	Production capacity	Rated kW	Capacity Utilisation (U)	Efficiency (E)
M1 group	2.33 t/hr	22	0.95	0.9
M2 &	1.33 t/hr	12.75	0.96	0.9
M3 groups	1.66 t/hr	36.5	0.80	0.75
M4 group	2 t/hr	78	0.9	0.9
M5	Head 30m, Discharge 60 kl/hour, Power input 8 kW at best efficiency point			
Store (a) - 6 t (12.5%), Store (b) - Presently nil, Water tank - 180 kl (50%)				

جدول (۱) – تجهیزات کارخانه برای انجام مدیریت بار

در این ایالت از هندوستان قیمت برق از سال ۲۰۰۰ بر اساس تعرفه های زمان استفاده (Time of use) محاسبه می گردد . هزینه دیماند مقدار ۲۸۰ Rs / kva / month می باشد . در حالیکه مبلغ پایه انرژی ۳/۲۵ Rs / kwh می باشد . (IUS = ۴۲ Rs)

ضرائب هزینه برق مصرفی در تعرفه های مبتنی بر زمان استفاده از انرژی برای واحدهای تیپ (a) که منحنی بار یکنواخت تری دارد بصورت ۰/۸۵ : ۱/۱۸ : ۱/۰۹ : ۱ و برای واحدهایی که پیک آنها اختلاف زیادی با سایر ساعات استفاده از آن می باشد بصورت ۰/۵ : ۱/۵ : ۱ می باشد .

با فرض استهلاک هزینه های اضافی در اثر اجرای پروژه مدیریت بار با نرخ ۱۵٪ و مدت زمان ۱۰ سال و هزینه ذخیره سازی اضافی ۲۴۰ Rs/t و تانک آب ۳۰۰ Rs/kl و نیز هزینه اضافی برای شیفت شب ۱۵۰۰۰ Rs/month فرموله کردن مسئله فوق و بدست آوردن نتایج با استفاده از برنامه ریزی اعداد صحیح دارای ۹۹ قید و ۱۲۰ متغیر تصمیم گیری برای مدت ۲۴ ساعت می باشد .

– نتایج شبیه سازی

جدول (۲) چندین استراتژی بهینه را با یکدیگر مقایسه می کند . مشاهده می شود که به ازای ۲ شیفت کاری انعطاف پذیری چندانی در اثر برنامه ریزی و مدیریت بار ایجاد نمی گردد . و کل هزینه های برق فقط ۱/۵ ٪ کاهش می یابد در صورتیکه به ازای ۳ شیفت کاری

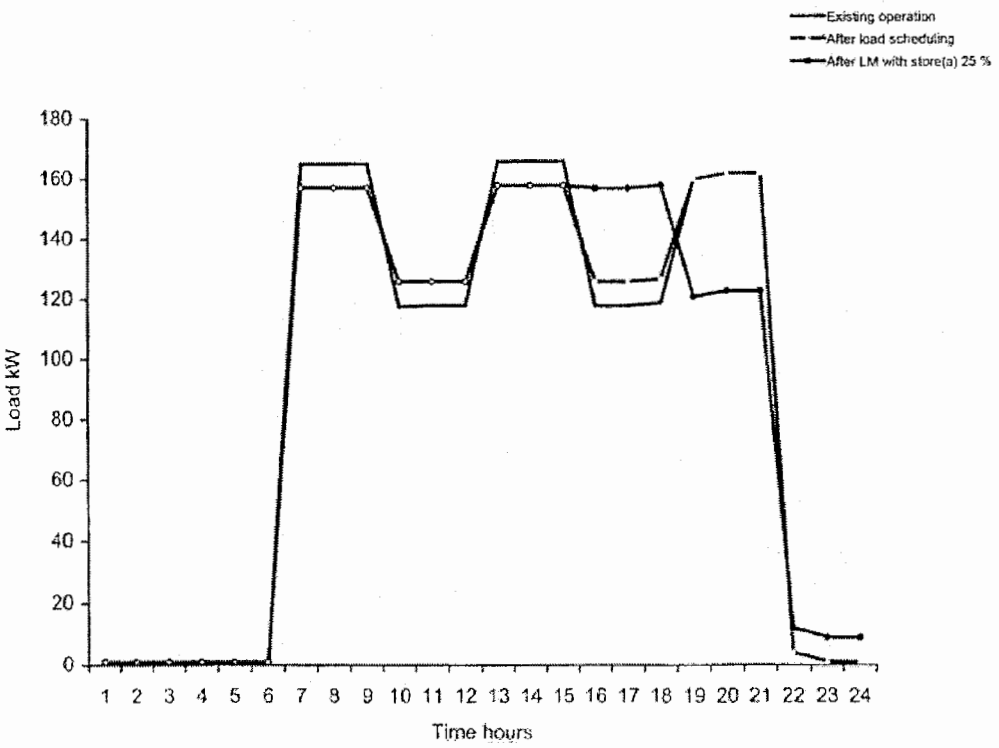
۶٪ در هزینه ها صرفه جویی می گردد و توان مصرفی در زمان پیک از ۱۲۱ kw به۵/۵ kw کاهش می یابد .

LM options	TOU tariff (a)							TOU tariff (b)
	Average power kW				MD kW	Electricity charges as % of base cost	Total cost including LM cost as % of base cost	Total cost including LM cost as % of base cost
	Off peak 10pm-6am	Partial peak 9-12am	Peak 6-10 pm	Base rest of day	Base cost - Electricity charges for existing 2 shift operation under TOU charge (a) - Rs 273000/-			
2 shift strategy								
Existing operation	1	115	121	149	166	100	100	99.0
Increasing Store (a) 12 t (25%) with LM	3	122	121	145	158	98.9	99.0	98.5
3 shift strategy								
With Existing capacities	80	118	5.5	105	158	94.0	99.5	89.4
Providing Store (b) 7t (12.5%) and LM	118	3	5.5	88	158	87.8	93.1	71.0

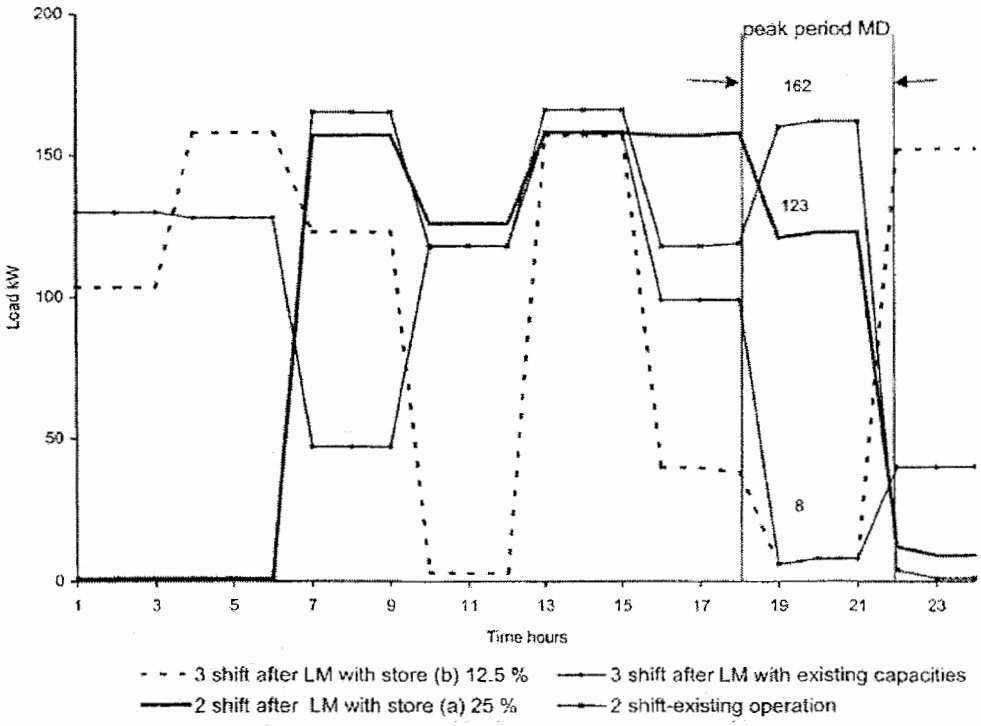
جدول (۲) – نتایج شبیه سازی

در صورت استفاده از تعرفه های مبتنی بر زمان استفاده از انرژی ۳ شیفت کاری توصیه می گردد و در صورت استفاده از قیمت یکنواخت ۲ شیفت کاری مناسب می باشد .

شکل (۴) منحنی بار قبل از مدیریت بار همراه با منحنی بار پس از اعمال مدیریت بار برای ۲ شیفت کاری را نشان می دهد . شکل (۵) مقایسه حالات مختلف ، قبل از مدیریت بار و بعد از مدیریت بار (۲ شیفت و ۳ شیفت کاری) را نشان می دهد .



شکل (۴) – منحنی بار برای ۲ شیفت کاری



شکل (۵) – مقایسه منحنی های بار با انجام مدیریت بار

نتیجه گیری

یک روش برای مدیریت بارهای صنعتی مبتنی بر مدلهای بارهای فیزیکی پیشنهاد گردیده است . مدل نشان داده شده توانایی آنالیز بارهای صنعتی را با توجه به تعرفه های مختلف ، با شیفتهای مختلف کاری (۲ یا ۳) ، تغییر در ظرفیت ذخیره و هزینه های نصب تجهیزات جدید را دارد . در این مثال قابلیت کاهش ۹۵٪ از پیک بار نشان داده شد . و در حالت کار بهینه قابلیت کاهش ۲۹٪ از هزینه های برق مصرفی را نیز دارد .[۱۱]

منابع و مراجع

[۱] – "مدیریت مصرف برق" تالیف نادر گلستانی داریانی

[۲] – "مدیریت بار در صنایع سیمان ایران" از انتشارات دفتر برنامه ریزی انرژی وزارت نیرو

[۳] – مجموعه مقالات ارائه شده در اولین دوره مدیریت انرژی تخصصی جهت شرکتهای مشاور انرژی (ESCO) ۴ الی ۶ خرداد ماه ۱۳۸۳

[۴] – جزوات مربوط به دوره مدیریت بار و انرژی الکتریکی – مجتمع سازندگی و آموزش خراسان

[۵] – "مدیریت مصرف انرژی الکتریکی در ایران" تالیف مهندس داود بابائی (سازمان بهره وری انرژی ایران) و مهندس علی زراعت پور (مجتمع سازندگی و آموزش آذربایجان) اردیبهشت ماه ۱۳۷۶

[۶] – "مدیریت مصرف برق صنایع" – روابط عمومی و دفتر مدیریت مصرف و برآورد بار شرکت برق منطقه ای خراسان

[۷] – پایان نامه کارشناسی تحت عنوان مدیریت بار یک کارخانه صنعتی - دانشکده برق و روباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود تابستان ۱۳۸۲

[۸] – "بروشورهای مدیریت مصرف برق صنایع" – معاونت برنامه ریزی دفتر مطالعات بار و انرژی و مدیریت مصرف اردیبهشت ماه ۱۳۷۴

[9] P. Erichsen and N. Haase NESA A/S (Ltd.) , Denmark " THE RESULTS FROM A MAJOR LOAD MANAGEMENT PROJECT "

[10] Putri Zalila Yaacob and Dr.Abdullah Asuhaimi . Zin Faculty of Electrical Engineering University Teknologi Malaysia " ELECTRICAL, ENERGY MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM SIZE INDUSTRIES "

[11] S. Ashok and Rangan Banerjee "An Optimization Mode for Industrial Load Management "