

- الگوی بار
- سیستم مدیریت بار
- سیستم مدیریت انرژی
- اصول طراحی مراکز کنترل

سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی

• نشریه شماره ۲۹، زمستان ۱۳۷۳



پیشگفتار

در جهان کنونی، هرروز شاهد پیشرفتهای چشمگیری در زمینه علوم مختلف و به ویژه در شاخه مهندسی می باشیم. رشد و توسعه این بخش که از آن تحت عنوان تکنولوژی صنعتی یاد می شود، خود دارای جایگاه ویژه ای است که شاید بتوان آن را عامل پویایی و شکوفایی اقتصادی کشورها دانست. در این میان، صنعت برق همواره به منزله یکی از کلیدی ترین صنایع مطرح بوده است بطوری که شاید بدون آن چرخ هیچ صنعتی دیگری را یارای گردش نباشد.

در عین حال، شبکه عظیم انرژی الکتریکی که وظیفه تأمین پیوسته و مطمئن انرژی مورد نیاز مصارف صنعتی، تجاری و خانگی را بر عهده دارد، در زمره گرانترین صنایع است و از آنجایی که غالباً مسائل مهندسی از دیدگاه اقتصادی نیز مورد بررسی قرار می گیرند، بسیار مطلوب خواهد بود که تحقق این وظیفه با حداقل هزینه صورت پذیرد.

با توجه به اینکه تعرفه برق که از طرف تولید کننده به مصرف کننده تحمیل می شود مستقیماً با هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری طرف تولید کننده مرتبط است، چنانچه بتوان به نحوی هزینه های کلی شرکتهای تولید کننده را کاهش داد، این امر به طور مستقیم بر هزینه برق مصرف کنندگان تاثیر مطلوب خواهد گذارد. در این راستا، مدیریت بار و مدیریت انرژی می تواند به عنوان ابزاری توانمند و کارا به خدمت گرفته شود که اجرای آنها در يك سیستم قدرت، نیل به هدف کاهش هرچه بیشتر هزینه ها و در نتیجه تحصیل بیشترین صرفه جویی را امکان پذیر می سازد.

در این مجموعه، سعی گردیده است که به زبانی ساده موضوع مدیریت بار و مدیریت انرژی به رشته تحریر در آورده شود به گونه‌ای که از دیدگاه تولید کننده انرژی بتوان منافع حاصل از آنها را ارزیابی نمود.

بدیهی است که اجرای سیستمهای مدیریت بار و مدیریت انرژی، خود نیاز به سرمایه‌گذاری دارد اما بدیهی است که صرفه‌جویی حاصل آنقدر قابل توجه است که در مدت زمان بسیار کوتاهی سرمایه‌گذاری لازم در خصوص اجرای این سیستمها را جبران می‌کند.

مهندسین مشاور ره شهر، در ادامه حضور فعالانه خود در کنگره ملی انرژی و اقتصاد (بهمن ماه ۷۳) و نیز با توجه به سیاستهای جاری کشور در خصوص صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی، اهتمام به تهیه، تدوین و انتشار نشریه حاضر به منظور معرفی این سیستمها نموده است. با امید آنکه دست اندرکاران و مسئولین محترم با مطالعه نشریه، این مهندسین مشاور را از نظریات و دیدگاههای سودمند خود بهره‌مند سازند.

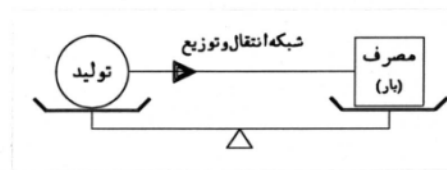
در پایان لازم می‌داند مراتب امتنان و سپاس فراوان خود را از جناب آقای مهندس محمدی، معاونت محترم وزارت نیرو که با راهنمایی خود ضرورت انجام تحقیقات و مطالعات در این زمینه را یاد آور شدند و ضمناً با بازنگری و ارائه راهنماییهای ارزنده، ما را در این امر یاری فرمودند، ابراز نماید.

سعید شهیدی

مدیربخش تحقیقات و مطالعات

۱- مقدمه

شبکه بسیار گسترده انرژی الکتریکی وظیفه تأمین پیوسته، مطمئن و با حداقل هزینه انرژی مورد نیاز مصارف خانگی، صنعتی و تجاری را بر عهده دارد. مصرف کننده می خواهد مطمئن باشد که در هر زمان که تصمیم می گیرد انرژی مورد نیاز خود را با حداقل تعرفه ممکن از این شبکه عظیم که در کنار شبکه اقتصادی بزرگترین سیستم^۱ دنیا شناخته شده است، بدست آورد. بدین منظور، ظرفیت نصب شده تولیدی سیستم (نیروگاههای بخار، آبی، گازی، اتمی) و شبکه انتقال و توزیع (خطوط هوایی، کابلها و پست ها) باید به گونه ای طراحی شده باشند که بتوانند مطابق با شکل ۱، مصرف پیوسته در حال تغییر را تأمین نموده و ترازوی شبکه را در حال تعادل حفظ نمایند.



شکل ۱: ترازوی تعادل بین تولید و مصرف

مسئولین تولید و انتقال انرژی الکتریکی در صورتی که نتوانند مصرف مورد نیاز مشتریان را تأمین نمایند با مشکلات عدیده ای از جمله کاهش سطح ولتاژ، تغییرات شدید فرکانس، ناپایداری و غیره مواجه می شوند.

^۱-Large Scale Systems

از این رو باید همواره سعی نمایند تا قله^۱ باری را که ممکن است اتفاق افتد تأمین نمایند. از آنجا که بار معمولاً به صورت دوره ای^۲ است و تغییراتی روزانه، هفتگی، سالانه و غیره را تجربه می نماید، شبکه تولید و انتقال باید ظرفیت لازم را برای تحمل قله بار مصرفی داشته باشند. به عنوان مثال در صورتی که قله بار مصرفی در طول يك دوره به ۱۵۰۰۰ مگاوات برسد، ظرفیت نصب شده تولید و شبکه انتقال، حداقل باید مساوی ۱۵۰۰۰ مگاوات باشد. اگر هزینه نصب نیروگاهها را معادل ۱۰۰۰ دلار به ازاء هر کیلووات و هزینه شبکه انتقال و توزیع را حداقل معادل آن بدانیم [۱]، این بدان معناست که بدون در نظر گرفتن هزینه بهره برداری (هزینه سوخت، پرسنل و ...)، در يك شبکه برق ۱۵۰۰۰ مگاواتی، حداقل حدود ۳۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری شده است که تقریباً معادل ۶۰۰۰ میلیارد تومان است. اگر مقدار متوسط بار را در چنین شبکه ای، ۷۵۰۰ مگاوات در طول سال فرض کنیم، تنها هزینه سوخت (به ازاء هر کیلووات ساعت معادل يك تومان) رقمی در حدود ۶۶ میلیارد تومان در سال خواهد شد. آیا براستی می توان در جهت کاهش این ارقام هنگفت و سرسام آور گامی برداشت و یا حداقل سرمایه گذاریها را به تأخیر انداخت؟ مدیریت انرژی و بار پاسخی را برای این سوال فراهم می آورد. در این نوشتار هدف این است که به زبانی ساده موضوع مدیریت بار (Load Management System-LMS) و مدیریت انرژی (Energy Management System-EMS) را به رشته تحریر درآوریم به گونه ای که از دیدگاه تولیدکننده و مصرف کننده انرژی،

۱-Peak

۲-Cyclic

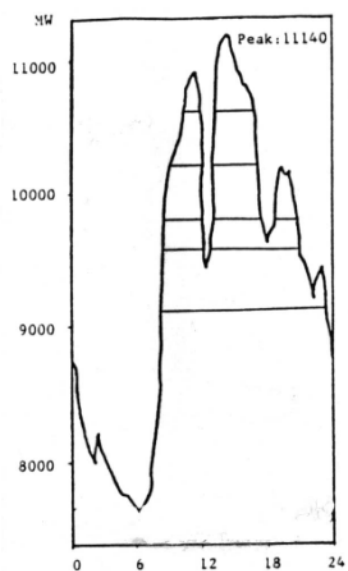
منافع آنها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- الگوی بار (مصرف)

از آنجا که بحث در خصوص مدیریت بار و انرژی مستقیماً به نحوه تغییرات بار مصرفی مصرف کنندگان بستگی دارد لازم است در ابتدا نگرشی کوتاه به الگو و نحوه تغییرات بار^۱ داشته باشیم. به طور کلی به دلیل مسائل فرهنگی، استانداردهای زندگی، مسائل اقتصادی و غیره و از طرف دیگر تأثیر آب و هوا، مسائل فصلی و غیره، مصرف در یک شبکه الکوی ناهموار را به صورت روزانه، هفتگی و یا سالانه تبعیت می نماید. به عنوان مثال در شکل ۲ یک الگوی روزانه دوره ای بار نشان داده شده است [۲]. مطابق با این شکل بار ممکن است از یک حداقل حدود ۷۷۰۰ مگاواتی در ساعت ۶ صبح به قله مصرفی در حدود ۱۱۱۰۰ مگاوات در ساعت حدود ۱۳ برسد. اگر این الگو را مصرف یک کشور بدانیم که در آن هزاران بار خانگی، صنعتی و تجاری وجود دارد، در حقیقت الگو، حاصل جمع آن بارهای گوناگون است. بدیهی است که قله مصرف مصرف کنندگان گوناگون نظیر تجاری، خانگی و صنعتی ممکن است در زمانهای مشابه اتفاق نیفتد (مثلاً مصرف کنندگان خانگی ممکن است قله مصرفی خود را در ساعتهای اوائل شب داشته باشند و مصرف کنندگان صنعتی این قله را در ساعات اولیه صبح تجربه نمایند) اما بهرحال حاصل کل تغییراتی را شبیه شکل ۲ خواهد داشت. این الگوی بار روزانه ممکن

۱- Load Pattern (Load Curve)

است بر طبق روزهای کاری و یا تعطیل، فصلی و غیره کاملاً تغییر نموده و شکل دیگری را تبعیت نماید.



شکل ۲: نمونه ای از الگوی دوره ای بار (روزانه)

بدیهی است که تولیدکننده بایستی تجهیزاتی را در شبکه نصب نماید که در تحت هر شرایط مصرف را تامین نماید از این رو باید تجهیزات تولید و انتقال خود را بر اساس قله بار مصرفی طراحی و نصب نماید. در حقیقت اگر بتوان با تمهیداتی قله بار مصرفی را کاهش و دره های موجود در الگوی بار را پر کرد به گونه ای که انرژی مصرفی که سطح زیر منحنی است (بر حسب کیلووات ساعت) تغییر ننماید، در این صورت علاوه بر ارضاء مشتریان، الگوی بار نیز مسطح می شود که این موضوع علاوه بر کاهش و صرفه جوئی چندین میلیارد تومانی در ظرفیت نصب شده سیستم تولید و انتقال مورد نیاز، باعث استفاده حداکثر

از تجهیزات نصب شده خواهد شد. در عمل مسطح کردن کامل الگو امکان‌پذیر نیست، اما سعی يك سیستم مدیریت بار که در بخش آینده به آن خواهیم پرداخت، مسطح کردن حتی المقدور الگوی بار است. زمانی که الگوی بار مشخص شود، سیستم مدیریت انرژی (بخش ۴) تلاش خواهد کرد که تقاضای مورد نیاز مصرف‌کننده را با اقتصادی‌ترین صورت و کمترین هزینه بهره‌برداری تأمین نماید^۱. در دو بخش بعد به معرفی اجمالی سیستم‌های مدیریت بار و انرژی خواهیم پرداخت.

۳- سیستم مدیریت بار

در دو بخش قبل اشاره‌ای هر چند کوتاه به مسئله مدیریت بار داشتیم. در ابتدا باید این نکته را تذکر داد که تعرفه برق که از طرف تولیدکننده بر مصرف‌کننده تحمیل می‌شود مستقیماً با هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری طرف تولیدکننده مرتبط است. به عبارت دیگر اگر بتوان بنحوی هزینه‌های کلی شرکت‌های تولیدکننده را کاهش داد این امر مستقیماً بر هزینه برق مصرف‌کنندگان تأثیر مطلوب می‌گذارد. شاید در ابتدا بنظر رسد که مسطح کردن الگوی مصرف به نفع تولیدکننده است و نه مصرف‌کننده که با توضیح فوق این موضوع در حقیقت به نفع طرفین است. به طور خلاصه منافع اجرای يك سیستم مدیریت بار که به نحوی سعی در مسطح کردن الگوی بار دارد به صورت زیر است:

۱- لازم بذکر است که حتی اگر الگوی مصرف مسطح نشده باشد (یعنی شبکه‌ای فاقد سیستم مدیریت بار باشد)، سیستم مدیریت انرژی می‌تواند جهت تأمین مصرف با حداقل هزینه به کار رود اما ترکیب و وجود هر دوی این سیستم‌ها در بهره‌وری اقتصادی يك شبکه انرژی الکتریکی بسیار موثر است.

الف: کاهش مصرف قله و در نتیجه کاهش ظرفیت نصب شده (و سرمایه گذاری لازم)

ب: به تعویق انداختن مصرف قله به سالهای آتی و در نتیجه تأخیر در سرمایه گذاری لازم

پ: کاهش و یا به تعویق انداختن سرمایه گذاری لازم جهت شبکه انتقال و توزیع

ت: حداکثر بهره وری از ظرفیت های موجود شبکه تولید، انتقال و توزیع
ث: کاهش انرژی مورد نیاز خریداری شده از شبکه ها و کشورهای مجاور (زیرا عموماً خرید به علت عدم کفایت ظرفیت تولیدی نصب شده است)
ج: کاهش احتمال مسئله ناپایداری (اعم از دینامیکی و گذرا) و در نتیجه بهبود قابلیت اطمینان در شبکه .

چ: کاهش مسائل زیست محیطی حاصل از تولید نیروگاهها
ح : غیره

بدیهی است که صرفه جویی حاصل آنقدر بالاست که در مدت بسیار کم سرمایه گذاری لازم را در خصوص اجرای يك سیستم مدیریت بار جبران می نماید.

ممکن است خواننده با این سؤال اساسی مواجه شده باشد که مسطح کردن الگوی بار مصرفی به چه صورت انجام می شود و آیا این به معنای قطع بار تعدادی از مصرف کنندگان نیست. در حقیقت شاید قطع بار ساده ترین روش در کاهش قله بار باشد. اما خواهیم دید که سیستم مدیریت بار سعی دارد که حتی المقدور مصرف مورد نیاز مشتریان را تأمین نماید.

در تغییر شکل الگوی بار مصرفی، می توان شش ایده زیر را در نظر گرفت [۳]:

- الف: برش قله بار^۱
- ب: پرکردن دره بار^۲
- پ: جابجائی بار^۳
- ت: ذخیره سازی استراتژیک^۴
- ث: رشد استراتژیک بار^۵
- ج: الگوی قابل انعطاف بار^۶

روش های اجرایی را در زیر بخش بعد شرح خواهیم داد. اما بهر حال تاثیر مستقیم هریک از موارد شش گانه، بر شکل الگوی بار است و سعی در مسطح کردن آن می نمایند. به عنوان مثال در شکل (۳-الف)، بار ۳ حاصل دو بار ۱ و ۲ است. اگر بتوان بار ۲ را در محور زمان جابجا نمود، مطابق با شکل (۳-ب) مشاهده می کنیم که در بار ۳ حاصل، قله مصرف کاهش و دره بار تا حدی افزایش یافته است.

۱- Peak Clipping

۴- Strategic Conservation

۲- Valley Filling

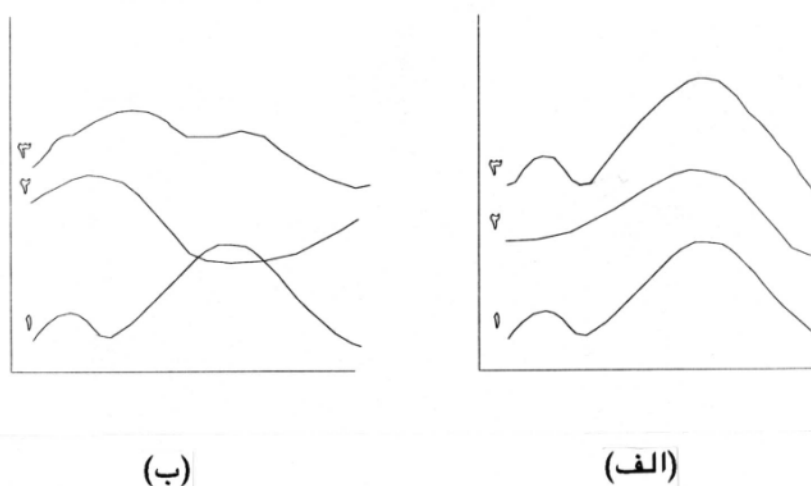
۵- Strategic Load Growth

۳- Load Shifting

۶- Flexible Load Shape

۳-۱- روش های اجرایی تغییر شکل الگوی بار

ممکن است این سوال اساسی برای خواننده پیش آمده باشد که با چه مکانیزم های اجرایی می توان شکل الگوی بار را به نحو مطلوب تغییر داد.



شکل ۳: تاثیر جابجایی بار در مسطح کردن الگوی بار

ساده ترین و قدیمی ترین روش این است که برخی از بارها را توسط کلیدهایی که با ساعت کنترل می شوند، به مدار وارد و یا خارج کرد [۴]. هر چند که با این روش، می توان به سهولت الگوی بار را به سمت دلخواه سوق داد، بدیهی است که منافع مصرف کننده چندان مورد نظر قرار نمی گیرد. هدف این است که روش هایی اندیشیده شوند که در عین تأمین منظور مسطح کردن حتی المقدور بار و کاهش قله مصرفی، نیاز مشتریان را نیز تأمین نماید. بدین صورت هزینه های عمومی تولید،

انتقال و توزیع و در نتیجه تعرفه ها، کاهش می یابد و منافع هر دو قشر تولیدکننده و مصرف کننده انرژی الکتریکی تأمین خواهد گردید.

به طور کلی ابزارهای اجرایی در مسئله مدیریت بار را به دو شاخه اصلی می توان تقسیم نمود:

الف : افزایش بهره وری در انرژی مصرفی

ب : تغییر شکل الگوی بار

در خصوص بند (الف) باید تذکر داد که اگر بتوان با تسهیلات لازم و بدون اینکه تاثیر منفی در سطح زندگی و تولید ایجاد شود، بهره وری را افزایش دهیم، به هدف نهائی کاهش قله مصرف دست یافته ایم. در این راه می توان از ابزارهای گوناگونی در خصوص کارخانجات صنعتی، ساختمانهای تجاری، مسکونی، اداری و غیره استفاده نمود از قبیل:

- ۱- استفاده از لامپهای کم مصرف در ساختمانها
- ۲- استفاده از وسائل خانگی و صنعتی با راندمان بالاتر (نظیر موتورها، خنک کننده ها، محرکه ها و غیره)
- ۳- اعمال استانداردهای پیشرفته ساختمان سازی جهت بهبود وضعیت عایقکاری ساختمانها
- ۴- بازیافت حتی المقدور حرارت در مراکز صنعتی، تجاری و مسکونی
- ۵- کاهش تلفات شبکه های مصرف الکتریکی
- ۶- غیره

جهت اطلاعات بیشتر می توان به مراجع ۵ و ۶ مراجعه نمود. باید تذکر داد که در این خصوص، همکاری و سیاست گذاری دولت به عنوان برنامه ریز و کنترل کننده اصلی می تواند نقش مؤثری داشته باشد که با اعمال استانداردها در خصوص ساخت تجهیزات صنعتی و لوازم خانگی، عایقکاری ساختمانها، ... تشویقهای گوناگون و پرداخت سوبسیدهای لازم، بهره وری انرژی مصرفی را به حداکثر رساند. جزئیات بیشتر در خصوص بند (ب) فوق الذکر در بخش (۳-۲) خواهد آمد.

۳-۲- تغییر شکل الگوی بار

مشتریان انرژی الکتریکی را به سه شاخه اصلی خانگی، تجاری و صنعتی می توان تقسیم نمود. ویژگی اصلی بارهای خانگی و تجاری در کم بودن نسبی مصرف (نسبت به بارهای صنعتی) جهت هر مصرف کننده است و به علاوه رفتار کلی اینگونه بارها بسیار با هم مشابه است. در خصوص بارهای صنعتی باید تذکر داد که علاوه بر بالا بودن نسبی مصرف، مشخصه رفتاری اینگونه بارها کاملاً با هم متفاوت است و بستگی به نوع صنعت، محل جغرافیائی، سیاستهای اجرائی و ... دارد. با ذکر این نکات متوجه می شویم که روشهای اجرائی در خصوص تغییر شکل الگوی بار در مورد این دو گروه مصرف کننده با هم یکسان نخواهد بود.

۳-۲-۱- تغییر شکل الگوی بار در بارهای خانگی و تجاری

عمده کارهای انجام شده در تحقیقات مربوط به مدیریت بار، در خصوص

بارهای تجاری و خانگی است. کشورهایی از قبیل امریکا، انگلستان، فرانسه و آلمان در این راه پیشتان بوده اند. بحث اساسی عمدتاً بر کنترل مصارف زیر استوار است.

الف: آبگرم مصرفی

ب: سیستم های تهویه هوا

پ: پمپهای مربوط به استخرها

ت: گرمایش فضا

ث: روشنائی

هدف این است که مشتریان را به نحوی ترغیب کرد که بپذیرند مصارف فوق به صورت اتوماتیک و کنترل از راه دور و نزدیک و یا به صورت دستی در ساعات و ایامی صورت پذیرد که مطابق با بحثهای گذشته، تاثیر مطلوب را بر الگوی بار داشته باشد. روش اصلی در ترغیب مصرف کنندگان این است که با تعیین تعرفه، استفاده از ساختارهای چندگانه تعرفه ای بر روی کنتور اصلی، نصب کنتورهای مجزا با تعرفه ارزان در ساعات غیر پیک و ... مشتریان را قانع نمایند که از نظر اقتصادی صرفه کافی را خواهند برد. نمونه ای از اعمال موفق مدیریت بار در مرجع شماره ۷ آمده است. تحقیقاتی که در زمینه مدیریت بارهای خانگی و تجاری انجام شده است عمدتاً نسبت به زمینه های زیر با هم متفاوت است:

الف: نوع باری که کنترل می شود

ب: تعداد بارها

پ: استراتژی کنترلی

ت: سیستم مخابراتی که از طریق آن بار کنترل می شود.

ث: غیره

اینگونه تحقیقات فراوان و بسیار متنوع است. نمونه ای از آنها در مراجع ۸ تا ۱۵ ذکر شده اند. باید تذکر داد که در غالب روشها، با نصب تجهیزات لازم در نقطه مصرف و نیز مرکز کنترل، دستورات لازم از طریق خطوط مخابراتی توسط مرکز به تجهیزات نقطه مصرف ارسال می گردد. بدیهی است این کار مستلزم سرمایه گذاری کافی است. با توجه به اینکه مصرف مصرف کنندگان تجاری و خانگی عموماً کم است و از طرفی انرژی الکتریکی به منظور مسائل رفاهی به کار می رود، غالباً اعمال موفق و اقتصادی مدیریت بار بر اینگونه مصرف کنندگان با مشکلات عدیده ای روبرو است.

۲-۲-۳- تغییر شکل الگوی بار در بارهای صنعتی

با توجه به مصرف عمده بارهای صنعتی، اعمال سیستم های مدیریت بار بر اینگونه مصرف کنندگان آینده روشنی دارد. افزایش بسیار محتمل تعرفه های برق موجب خواهد شد که دست اندرکاران صنعت کشور سعی خود را بر اعمال اینگونه سیستم ها معطوف نمایند. بدون شك سرمایه گذاری انجام شده در مقابل صرفه جویی حاصل، توجیه پذیر است. در این بخش به شرح مختصری از روشهای اعمال مدیریت بارهای صنعتی خواهیم پرداخت. اطلاعات و نمونه هایی را می توان در مراجع ۱۶ تا ۲۰ یافت.

الف: سیستم های حرارتی با سوخت دوگانه

سیستم های حرارتی يك واحد صنعتی، اعم از آب گرم، گرمایش، پروسه تولید و غیره را می توان به سوخت دوگانه برق و يك سوخت فسیلی (نظیر گاز، مازوت و گازوئیل) مجهز کرد به گونه ای که بتوان در هر مقطع زمانی یکی از آن دو را که ارزانتر است استفاده نمود. هدف اصلی این است که مصرف برق مورد نیاز حرارتی را از ساعات پیک بار به ساعات غیرپیک منتقل نموده و بدین صورت تاثیر مطلوب را بر الگوی بار گذاشت. بدیهی است لزوم استفاده و برنامه ریزی چنین سیستمی، بستگی به تعرفه برق، قیمت سوخت، راندمان دیگ های بخار و ... دارد.

ب: سیستم های اولویتی بار^۱

این گونه سیستم ها به سیستم هایی اطلاق می شود که توسط آنها بارهای موجود در يك واحد صنعتی بر طبق اولویتی که توسط مصرف کننده تعیین می شود، کنترل می شود. به عنوان مثال بارهای مربوط به آب گرم مصرفی و یا پنکه ها را اولویت پائین و بارهای مربوط به پروسه و خط تولید را با اولویت بالا تعریف می نمایند. در این صورت به منظور کاهش بار در ساعات پیک، بارهای با اولویت پائین توسط این سیستم قطع می شود. در این سیستم، باید طول دوره ای را که يك بار می تواند قطع بماند، حداقل طول دوره بین دو قطعی و نیز مقدار بار مشخص باشد. پیچیدگی و نیاز به اعمال چنین سیستمی، بستگی به ساختار تعرفه، الگوی بار واحد صنعتی، تعداد و اولویت بارهای موجود دارد.

۱- Load Priority Systems

پ: تغییر در برنامه ریزی تولید

در این روش، قسمت‌هایی از خط تولید را به صورتی برنامه ریزی می‌نمایند که انرژی الکتریکی مصرفی از ساعات موجود به ساعات و زمانی دیگر منتقل شود که در این صورت تاثیر مطلوب بر الگوی بار را بدست آورند. اینگونه تغییرات در برنامه ریزی تولید معمولاً در مورد واحدهائی امکان پذیر است که خط تولید پیوسته نداشته باشند. بهر حال با اجرای چنین طرحی، می‌توان از قله بار کاست و در مقابل دره بار واحد را پر کرد.

ت: ذخیره سازی گرمایش، سرمایش یا واسطه های مربوط به تولید ذخیره سازی بدین معناست که بتوان بنحوی گرمایش، سرمایش و یا واسطه های مربوط به تولید را ذخیره سازی نمود تا در هنگام پیک بار، بتوان از آنها استفاده نمود. ذخیره سازی گرمایش معمولاً در آب، سرامیک و ... و ذخیره سازی سرمایش در یخ یا آب یخ صورت می‌پذیرد. واسطه های مربوط به تولید موادی هستند که در پروسه تولید به کار می‌روند. از جمله آنها می‌توان به بخار یا گاز هیدروژن اشاره کرد. به طور کلی انرژی الکتریکی مورد نیاز ذخیره سازی را بایستی طی دوره غیرپیک بار تامین نمود و در طی دوره پیک بار، ذخیره را مورد استفاده قرار داد. بدین صورت قله بار کاهش می‌یابد و دره بار پر می‌گردد.

ث: تولید محلی انرژی الکتریکی

در این روش ژنراتورهائی در واحد صنعتی درصددی از بار مصرفی آن واحد را به صورت محلی و در طی دوره پیک بار تامین می‌نمایند. این

ژنراتورها می توانند توسط موتور دیزل یا از طریق توربینهایی که با بخار موجود در پروسه به حرکت در می آیند، تغذیه گردند. درصد فوق الذکر می تواند بخش کوچکی از مصرف تا تمام مصرف باشد. گاهی، بسته به قوانین، می توان اضافه تولید انرژی الکتریکی را به شبکه سراسری برق فروخت. تاثیر روش، باز مسطح کردن حتی المقدور الگوی بار است.

۴- سیستم مدیریت انرژی (EMS)^۱

زمانی که الگوی بار مصرفی با و یا بدون اعمال مدیریت بار مشخص باشد، سوال این است که اکنون برای تامین این مصرف پیش بینی شده در يك محدوده زمانی مشخص (مثلاً ۲۴ ساعت تا يك هفته)، چگونه باید شبکه عظیم و گسترده تولید، انتقال و توزیع را مورد بهره برداری قرار دهیم. از دیدگاه مصرف کننده:

الف: ولتاژ باید مطلوب باشد

ب: فرکانس باید مطلوب باشد

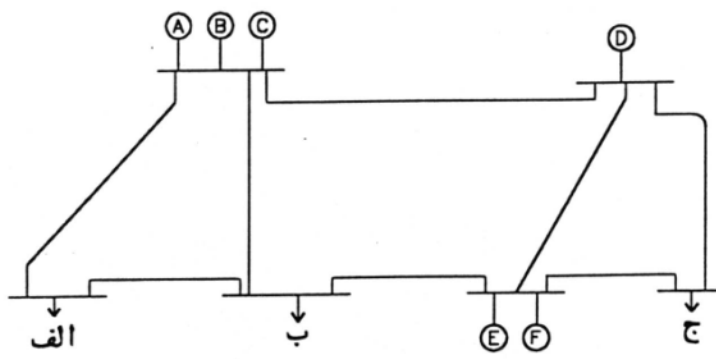
پ: قطعی برق نباید پیش آید

ت: تعرفه برق باید حداقل ممکن باشد

تولید کننده به منظور تامین نظر مشتریان، ابزار مختلفی را در اختیار دارد. به شبکه نمونه در شکل ۴ مراجعه نمایید. در این شکل شین های^۲ ۱ تا ۶ نقاط عمده مصرف و تولید، واحدهای A تا F نیروگاههای تولید کننده، مصارف عمده الف، ب و ج و خطوط انتقال واسط بین شینها نشان داده شده است.

۱- Energy Management System (EMS)

۲- Bus



شکل ۴: شبکه نمونه

تولیدکننده می تواند:

- الف: تمام واحدهای تولید A-F را روشن و در مدار داشته باشد و تمامی آنها به طور مساوی در تامین کل مصرف شرکت باشند.
- ب: تمام واحدهای تولید A-F را روشن و در مدار داشته باشد اما تمامی آنها به طور مساوی در تامین کل مصرف شرکت ننمایند.
- پ: بعضی واحدهای تولید را در مدار داشته باشد اما واحدهای در مدار به طور مساوی در تامین کل مصرف شرکت ننمایند.
- ت: بعضی واحدهای تولید را در مدار داشته باشد اما واحدهای در مدار به طور مساوی در تامین کل مصرف شرکت ننمایند.
- ث: در هر يك از حالات فوق (الف تا ت) تمام خطوط در مدار باشند.
- ج: در هر يك از حالات فوق (الف تا ت) بعضی خطوط در مدار باشند.
- چ: غیره

مشاهده می کنیم که تولیدکننده با سوالات متعددی مواجه است. او در

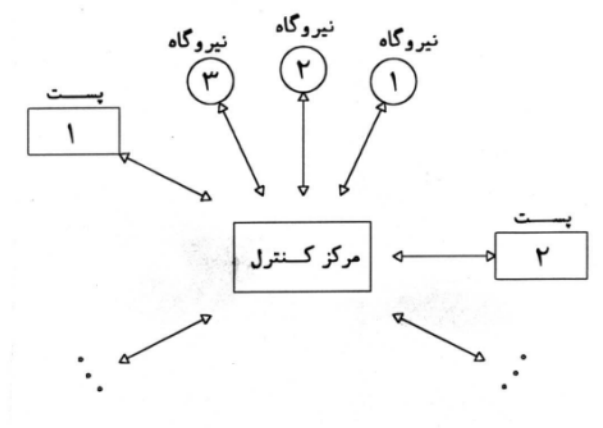
تصمیم‌گیری بایستی به گونه‌ای عمل نماید تا ضمن حفظ کیفیت مطلوب ولتاژ و فرکانس، حداکثر پیوستگی در تامین نیاز مشتری فراهم شود و در عین حال هزینه بهره‌برداری از سیستم (که عمدتاً مربوط به سوخت است) حداقل باشد تا بتواند برق را با حداقل تعرفه ممکن به مشتریان عرضه دارد. در انجام این وظیفه سنگین، او با مشکلات اساسی زیر مواجه است:

الف: شبکه بسیار عظیم است و تصمیم‌گیری‌ها آسان نیست.
ب: شبکه در يك محدوده وسیع جغرافیایی گسترده است و دریافت اطلاعات و ارسال دستورات از نقاط مختلف آن، سهولت امکان‌پذیر نیست.

پ: نیروگاههای متعددی اعم از بخاری، آبی، گازی و اتمی با مشخصه‌ها و عملکردهای گوناگون در شبکه وجود دارد که این موضوع تصمیم‌گیری‌ها را مشکل‌تر می‌سازد.

به منظور تمرکز فرماندهی و اخذ تصمیمات مقتضی و صدور فرمانهای لازم به نیروگاهها و خطوط انتقال، مرکزی را در يك شبکه باید تاسیس نمود که به مرکز دیسپاچینگ یا مرکز کنترل^۱ موسوم است. شمای کلی کنترل توسط این مرکز در شکل ۵ نشان داده شده است.

۱- Energy Control Center



شکل ۵: شمای کلی کنترل توسط مرکز کنترل (دیسپاچینگ)

اطلاعات لازم از قبیل سطوح ولتاژ، توانهای انتقالی خطوط و غیره که توسط اندازه گیرهائی تعیین می شوند، توسط خطوط مخابراتی به مرکز دیسپاچینگ می رسند. این اطلاعات در ابتدا توسط مرکز کنترل پردازش می شود و سپس گردانندگان مرکز تصمیم گیریهای لازم را به انجام می رسانند و بدنبال توسط همان خطوط مخابراتی دستورات لازم از قبیل سطح تولید یک نیروگاه، قطع و وصل خطوط و غیره را به مراکز مربوطه صادر می نمایند. در اینجا ذکر سه نکته ضروری است:

الف: دریافت و ارسال اطلاعات کار بسیار عظیم و پیچیده ای است که نیاز به اصول دقیق طراحی دارد. این موضوع در سیستم های قدرت به سیستم های کنترل نظارتی و کسب اطلاعات^۱ (SCADA) موسوم است. اصول طراحی را می توان در مرجع شماره ۲۱ یافت.

۱- Supervisory Control and Data Acquisition

ب: دریافت اتوماتیک اطلاعات، تصمیم گیریهای پیچیده و ارسال دستورات توسط پرسنل قابل انجام نیست. این کار بایستی توسط کامپیوتر صورت پذیرد. از این رو مرکز کنترل باید به کامپیوترهای قدرتمند مجهز باشد.

پ: محدوده تصمیم گیریها بسیار متنوع و پیچیده است و کامپیوترهای مرکز کنترل باید به نرم افزارهای لازم جهت کمک به این تصمیم گیریها مجهز باشند.

مجموعه مزبور شامل مرکز کنترل، خطوط مخابراتی و تصمیم گیریهای لازم به سیستم مدیریت انرژی (EMS) موسوم است. در بخش (۴-۱) مروری بر SCADA خواهیم داشت. بخش (۴-۲) به بحث کلی در مورد اصول طراحی مراکز کنترل خواهد پرداخت. در بخش (۴-۳) اصول نرم افزارهایی که به منظور کمک به تصمیم گیری به کار می روند و به توابع کاربردی^۱ موسومند، شرح داده خواهند شد.

۴-۱- مروری بر سیستمهای کنترل نظارتی و کسب اطلاعات (SCADA)

سیستمهای SCADA به معنای سیستمهایی است که اطلاعات گوناگون را از نقاط مختلف و گسترده قدرت کسب نموده و با پردازش مناسب آنها را در اختیار اپراتور و برنامه های کاربردی مرکز کنترل قرار می دهند و به دنبال دستورات صادره از طرف این برنامه ها و نیز اپراتورها را به

^۱- Application Functions

مراکز مربوطه ارسال می نمایند. اینگونه سیستمها بیش از ۲۵ سال است که به گونه ای موفقیت آمیز در شبکه های برق در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار گرفته اند [۲۲].

۴-۱-۱- کسب اطلاعات

با تجهیزات مناسب که در پستها و نیروگاهها نصب می شود، اطلاعات لازم درمورد شبکه جمع آوری می شود. این اطلاعات راه دور وارد کامپیوترهای مرکز کنترل می شود. از طرفی می توان اطلاعات را توسط اپراتور به طور دستی وارد کرد و یا اینکه در مورد اطلاعات محاسبه شده ای، این کار را انجام داد. به عنوان مثال یکی از این اطلاعات، وضعیت کلیدهای قطع و وصل خطوط انتقال است. اگر اپراتور وضعیت خط خاصی را توسط تلفن دریافت نماید، می تواند آن وضعیت را به طور دستی وارد نماید. از طرفی اگر مقادیر مگاوات و مگاوات آمپر راکتیو به طور اتوماتیک به کامپیوتر برسد، مقدار محاسبه شده مگاوات آمپر^۱ می تواند وارد پایگاه اطلاعاتی کامپیوتر شود.

$$\text{مگاوات آمپر}^1 = \sqrt{(\text{مگاوات})^2 + (\text{مگاوات آمپر راکتیو})^2}$$

۲-۱-۴- نظارت

اطلاعات دریافتی مورد پردازش کامپیوتر قرار گرفته و به صورت مناسبی در اختیار اپراتور قرار می گیرد. به عنوان مثال ولتاژهای اندازه گیری شده با محدوده های مجاز مقایسه شده و در صورت انحراف از حدود، اخطار لازم به صورت پیامهای مناسب کامپیوتری در معرض دید اپراتور قرار می گیرد. از آنجا که اطلاعات دریافتی مرتباً بهنگام^۱ می شود، ثبت آنها بخصوص هنگام بروز خطاها و اتفاقات می تواند بسیار مفید واقع شود. اطلاعات دریافتی بسیار متنوع است و بستگی به نوع آنها، شیوه ارائه و استفاده آنها توسط اپراتور متفاوت است.

۳-۱-۴- توابع کنترلی

بعد از اینکه با توضیحات قبلی، دستورات لازم صادر گردید، این دستورات باید به نحو مقتضی به نیروگاهها و پستها ارسال گردد تا کنترل لازم بر آنها صورت پذیرد. این نوع کنترلها را می توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

الف: کنترل منفرد تجهیزات

ب: پیغام های کنترلی به تجهیزات تنظیم شونده

پ: روشهای کنترلی ترتیبی

ت: روشهای کنترل اتوماتیک

^۱-Update

در مورد (الف)، می توان به دستور ON/OFF (روشن یا خاموش) جهت کلیدهای قطع و وصل خطوط انتقال و یا دستور STOP/START (توقف یا شروع) در مورد ژنراتورها اشاره کرد. این نوع دستورات ساده ترین نوع کنترل اعمال شده توسط مرکز کنترل است. در نوع (ب)، که تابع کنترلی پیچیده تری است به بعضی تجهیزات دستور و پیغام لازم جهت تنظیم صحیح ارسال می گردد. به عنوان مثال مقدار تپ^۱ یک ترانسفورمر را می توان پائین و یا بالا برد. مورد سوم به روشهایی اطلاق می شود که باید کنترلها به نحو ترتیبی بر تجهیزات خاصی اعمال شوند. به عنوان مثال ممکن است ابتدا سیستم گرمایشی و سپس سایر اجزاء پروسه را کنترل و راه اندازی نمود.

غالب روشهای فوق را می توان به صورت دستی وارد کرد تا توسط سیستم مخابراتی به مراکز مربوطه ارسال شود هر چند ممکن است بعضی از آنها را بدون دخالت اپراتور و توسط کامپیوتر محاسبه و اعمال کرد. باوجود این لازم است بعضی دستورات به صورت اتوماتیک وارد شوند. از جمله آنها می توان به کنترل اتوماتیک تولید^۲ اشاره کرد [۲۳]. این نوع توابع کنترلی در بند (ت) قرار می گیرند.

۱- Tap

۲- Automatic Generation Control

۴-۱-۴- سیستم های مخابراتی

گسترده‌گی و پراکندگی مراکز تولید نیرو، پست ها و ایستگاههای کلیدزنی، ترانسفورمرها و همچنین اطلاعات زیاد مربوط به وضعیت این سیستم ها، اهمیت سیستم های مخابراتی مورد نیاز را که می بایستی از کارائی و سرعت بالائی برخوردار باشند، آشکار می سازد. به طور کلی، اطلاعات را می توان به دو صورت انتقال داد:

الف: آنالوگ

ب: دیجیتال

از آنجا که ارسال اطلاعات به صورت آنالوگ ممکن است باعث اعوجاج پذیری یا اغتشاش پذیری آنها شود، تبدیل این نوع اطلاعات به مقادیر یا اطلاعات دیجیتال و ارسال آنها ارجح است. علاوه بر این، هزینه سیستم های مخابراتی دیجیتالی نسبت به نوع آنالوگ کمتر بوده و تکنیک های زیادی برای تبدیل اطلاعات از آنالوگ به دیجیتال و سپس مخابره آنها وجود دارد که بسته به شرایط از یکی آنها استفاده می شود. شیوه ارسال اطلاعات به یکی از دو صورت زیر است:

الف: موازی

ب: سری

شیوه مخابرات سری به یکی از دوروش سنکرون یا آسنکرون انجام پذیر است. هر يك از روشهای فوق دارای معایب و مزایائی است

۵- نتیجه گیری

ابعاد مختلف مدیریت بار و مدیریت انرژی در سیستم های انرژی الکتریکی به طور خلاصه بیان گردید. بدون شك ذکر جزئیات در هر مورد در مقوله این نوشتار نمی گنجد. خواننده علاقمند را برای مطالعه بیشتر به مراجع انتهایی رجوع می دهیم.

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۲۹ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شویی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کپهولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم-انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)