



بسمه تعالی

(ارزیابی روشهای مختلف مدیریت مصرف در جامعه ایران)

دانشگاه تربیت مدرس

دکتر محسن پارسامقدم

دانشگاه امیرکبیر

حبیب الله اعلمی

چکیده مقاله

ضرورت اعمال مدیریت مصرف در هر شبکه به هم پیوسته انرژی الکتریکی برکسی پوشیده نیست. در مزایای این روش همین بس که یک مدیریت مصرف صحیح، ساخت نیروگاههای جدید را ملغی کرده و یابسته تعویق خواهند افکند.

طبق نظر کارشناسان، بالابردن ضریب بار سالانه در شبکه ایران حتی به مقدار یک درصد ۲۴۰ مگاوات در تاسیسات صرفه جویی و بیش از ۲۰۰ میلیون دلار از بار ارزی مملکت کم خواهد کرد.

مادر این مقاله ضمن بررسی و توضیح انواع روشهای مدیریت مصرف موجود در جهان این روشها را از منظر مسائل اقتصادی، تکنولوژیکی، فرهنگی و اجتماعی... برای پیاده کردن در جامعه ایران مورد ارزیابی قرار داده و مناسبترین آنها را پیشنهاد خواهیم کرد.

مدیریت مصرف (D-S-M) Demand Side Management

مدیریت مصرف عبارتست از اعمال روشهای مدیریتی بر مصرف کنندگان انرژی الکتریکی و ارائه یک الگوی مصرف صحیح جهت افزایش راندمان انرژی الکتریکی از طریق کاهش پیک بار سیستم یا افزایش ضریب بار شبکه (که حداکثر امکان صدمه ای به تولید وارد نکند). دلایل اعمال مدیریت مصرف بر کسی پوشیده نیست و مزایای این کار زیاد بوده که از عمده این مقاله خارج میباشد. اما نسبت به ضرورت اعمال مدیریت مصرف در جامعه ایران با توجه به منحنی بار و اینکه قسمت اعظم انرژی الکتریکی در بخش خدمات مصرف میشود اشاره ای کوتاه میکنیم.

نمودارهای سال ۶۶ نشان میدهند که پیک بار در حدود ۷۷۴۳ مگاوات و بار پایه حدود نصف این مقدار، ۴۰۰۰ مگاوات و بار متوسط ۴۸۴۳ مگاوات میباشد. ضریب سالانه بار ۴/۶۲٪ میباشد که در حالت ایده آل چنانچه به ۱۰٪ برسد مقدار قابل توجه ۲۹۰۰ مگاوات (حدود ۲ برابر نیروگاه نکابا ظرفیت کامل) ظرفیت نصب شده تولید استفاده میشود [۱].

(شکل شماره ۱) در تمامی طول سال (۱۶۶ الی ۶۸) در ساعات اولیه صبح بعلت پایین بودن بار پایه سیستم، ضمن خروج بخش عمده ای از واحدهای گازی و آبی نیروگاههای بخار در وضعیت مینیمم غیر مجاز مورد بهره برداری قرار گرفته اند و حتی در مواردی واحد کنترل فرکانس شبکه به حالت موتوری رسیده و سیستم در حالت Over Frequency بهره برداری شده و از طرف دیگر در حالت حد اکثر تولید سیستم پاسخگوی Demand نبوده و حتی با اعمال خاموشیهای مکرر و طولانی، شبکه در وضعیت بحرانی قرار گرفته است [۲].

انرژی مورد نیاز شبکه سراسری در سال ۱۳۶۸، ۴۵۴۵۴ کیگاوات بوده است که ۶۶۱ کیگاوات ساعت بیشتر از انرژی تولیدی بوده و موجب خاموشی وسیع در سطح شبکه گردیده است.

بر آورد کارشناسان نشان میدهد که چنانچه تنها در زمینه بارهای سرمایه‌ی در تابستان که ۳۰٪ انرژی مصرفی را بخود اختصاص میدهد مدیریت صحیحی اعمال گردد حدود ۲۵۰۰ MW از ظرفیت نیروگاهها آزاد شده و هیچ نیازی به اعمال خاموشی خصوصاً در فصل تابستان نیست [۳].

یک بررسی دیگر بیان میدارد که چنانچه بتوان فقط یک درصد ضریب بار سالانه را بهبود بخشید حدود ۲۴ مگاوات در مصرف برق صرفه جویی شده و بیش از ۲۰۰ میلیون دلار از بار ارزی مملکت کم خواهد شد [۴].

اینک به بررسی انواع روشهای مدیریت مصرف و مزایا و معایب هر کدام میپردازیم .
روشهای مدیریت مصرف

۱- تغییر ساعات کاری: در این روش ساعات کار اداری و یا حتی ساعات کارمفازدها و موسسات تجاری را اجابجا میکنند تا بدینوسیله و با استفاده بیشتر از نور خورشید در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی گردد اما چون در کشور ما قسمت اعظم بار را بارهای خانگی تشکیل میدهند و پیک بار روزانه در ساعت ۲۰ الی ۲۲ اتفاق میافتد این روش در کاستن پیک بار موثر نبوده و تغییر چندانی در ضریب بار نمیدهد .

۲- تعرفه های چند قسمتی : در این روش شرکت برق مشترکین را که در ساعات پیک برق مصرف میکنند جریمه و آنهایی که در ساعات بار پایه کار میکنند تشویق میکند . این روش برای کارخانجاتی که دو یا سه شیفت کار دارند موثر میباشد شرکت برق میتواند ثابت کارکرد در ساعات (۶ - ۱ صبح) تخفیف قائل شده و برای کار در ساعت (۱۰ - ۲ شب) مبلغ بیشتری بگیرد تا مشترک تشویق به کار در ساعات بار پایه شود میباشد کارخانجاتی که در داخل شهر و یا نزدیک شهرها هستند و میتوانند در شیفت شبانه کارکنند شناسایی شده و آنها را موظف کرد که کار را به ساعات غیر پیک منتقل کنند و البته این روش از این جهت که محتملا در مقدار تولید اثر میگذارد زیاد مطلوب نیست اما از لحاظ سهولت و قابلیت دسترسی و اعمال مدیریت قابل تامل میباشد .

۳- تغییر شیفت کارخانجات و مرخصی کارگران: در این روش شرکت برق میتواند با توجه به اینکه پیک بار سالانه در ماههای تیر و مرداد (فصل تابستان) رخ میدهد کارخانجاتی را که در بعضی از ایام سال تعطیل میکنند (تعطیلات سالانه مانند عید - تابستان - مرخصی سالانه کارگران ...) موظف کند که تعطیلی کارخانه و مرخصی سالانه کارگران را در این دو ماه قرار دهند .

۴- محدود ساختن مصرف (Demand): در حال حاضر مبلغی که بابت برق مصرفی از مشترکین صنعتی دریافت میشود علاوه بر kWh مصرفی به ماکزیم مصرف نیز بستگی دارد و چنانچه برای مدت زمان معینی مصرف از مقدار مجاز بیشتر شود به مشترک جریمه ای تعلق میگیرد . شرکت برق میتواند با محدود ساختن مقدار مصرف خصوصا در ساعات پیک مثلا به مدت ۴ ساعت (شکل شماره ۲) ، کارخانجات را موظف کند که در این ساعات

دیزل ژنراتور اضطراری خود را وارد مدار کنند و یا با ظرفیت کمتر کار کنند. با توجه به اینکه این روش در اکثر قریب به اتفاق کارخانجات (بعلاوه داشتن دیزل ژنراتور اضطراری) قابل اعمال میباشد و در ساعات پیک بار بزرگی از دوش شبکه برمیآورد بسیار موثر و مفید میباشد اما از این لحاظ که میباید مقدار تنظیم کنترلدیماندمتر را در ساعات بخصی تغییر داد و لذا باید در ساخت این کنترورها دست برد (مثلا بصورت میکروپروسسوری ساخته شود که حافظه و تایمر داشته باشند و یا در فرم الکترومغناطیسی آنها تغییراتی داد) و یا جهت بررسی کارکرد درست کارخانه بازرسانی را به محل فرستاد این روش نسبت به روشهای قبل مشکلتر میباشد و مقداری هزینه در بردارد.

۵- استفاده از واحدهای گازی: با توجه به اینکه در کشور ما نیروگاههای آبی و بخاری میتوانند حداقل بار (و یا حتی بار پایه) را تامین کنند لذا در هنگام پیک بار میتوان از نیروگاههای گازی که سرعت وارد مدار میشوند و بسهولت نیز میتوان خارج ساخت بود حست. این روش یک روش عملی و سودمند بوده و برای خرید و ساخت نیروگاههای جدید میتوان در نظر داشت.

۶- تصحیح ضریب بار و استفاده از بانکهای خازنی: در این روش میباید $\cos \phi$ اقتصادی هر کارخانه مجتمع را محاسبه کرد و با تصحیح آن از ظرفیت ژنراتورها، ترانسفورماتورها و کابلها حداکثر استفاده نمود و البته این کار کم و بیش در مجتمعهای صنعتی صورت میپذیرد لذا تاثیر چندانی در شکستن پیک بار نخواهد داشت.

۷- اولویت بندی بارها: در این روش شرکت برق بارها را به نسبت اهمیت اولویت بندی میکند (کشاورزی - صنعتی - تجاری - مسکونی) و در هنگام پیک بار، بارهای غیر ضروری را از مدار خارج کرده و به آنها خاموشی اجباری میدهد. این همان روشی است که فعلا صورت میگیرد و بعنوان آخرین راه جاره پیشنهاد میگردد و هیچگونه امتیازی ندارد.

۸- ذخیره سازی انرژی الکتریکی: در این روش در ساعات حداقل بار انرژی الکتریکی را ذخیره میکنند و در ساعات پیک آن انرژی را به شبکه تزریق مینمایند.

نیروگاههای تلمبه ذخیره‌ای و باتریهای بزرگ الکتریکی نمونه‌هایی از این روش میباشند .

بدیهی است که روشهای فوق گران قیمت بوده و نیاز به محاسبات و برآوردهای کافی اقتصادی دارد. ذخیره سازی انرژی الکتریکی در محل مصرف کننده نیز میتواند صورت گیرد به این ترتیب که مصرف کننده در ساعات غیر پیک انرژی الکتریکی را به نوع دیگری از انرژی تبدیل کرده و ذخیره میکند مثلاً هتلهای و مجتمعهای تجاری و صنعتی ، بیمارستانها و ... که دارای چیلرهای بزرگ میباشند در هنگام بار پایه اقدام به ساختن یخ نموده و در ساعات پیک از تانکهای یخ برای سرمایش فضا سود ببرند . [۳]

با توجه به اینکه پیک بار سالانه در تابستان و فصل گرما و قسمت بزرگی از بار ناشی از بارهای سرمایشی است لذا این روش موثر میباشند. اما چون صاحبان حرف فوق بعلت عدم آگاهی از مزایای این سیستم تمایلی به این اقدام نشان نمیدهند لذا شرکت برق با اعمال سیاستهای خاص (مانند بند ۲) میتواند آنها را وادار به این کار کند .

۹ - انرژیهای جایگزین : در این روش انرژیهای دیگر جایگزین انرژی الکتریکی میشوند . مثلاً سیستمهای تبرید جذبی را که مصرف برق کمی دارند . میتوان جایگزین سیستمهای تبرید تراکمی که بیش از (۱۰۰) برابر آنها برق مصرف میکنند کرد. [۵]

با توجه به منابع سرشار گاز که در کشور وجود دارد و همچنین امکان ساخت سیستمهای تبرید جذبی در داخل کشور، و دیگر مزایای این سیستمها بر نوع تراکمی آن و همچنین تاثیر فراوان این عمل بر کاهش قله مصرف ، این روش بسیار عملی و سودمند بوده و شرکت برق میتواند صاحبان صنایع را مجبور کند که به جای سیستمهای تبرید تراکمی از نوع جذبی استفاده کنند. توضیح اینکه هزینه ساخت و بهره‌برداری این سیستم از سیستم تراکمی کمتر و راندمان آن نیز بالاتر میباشد .

همچنین بسیاری از لوازم الکتریکی مانند سماور برقی ، هیتر برقی ، آبگرمکن برقی ، میتواند توسط لوازم گازسوز مشابه جایگزین گردند .

استفاده از انرژیهای نو مانند باد، تابش و گرمایش خورشیدی ، حرارت اقیانوسها، امواج دریاها ، بیومس ، جذر و مد و ... برای تولید برق خصوصاً در

هنگام پیک بار نیز از راههای جدید و موشر مشر میباید .

۱۰ - مالیات : در این روش روی وسایل الکتریکی پر مصرف مانند المانهای حرارتی ، لامپهای روشنایی فیلامنت و لوکس و از طرف دولت مالیات بیشتری بسته میشود و از محل این مالیات میتوان جهت تهیه وسایل گازسوز مورد نیاز استفاده کرد این روش نیز یک روش موثر و عملی بوده و در دراز مدت نتیجه خوبی دربر خواهد داشت .

۱۱ - بالا بردن کیفیت محمولات : در این روش محمولات الکتریکی از لحاظ استاندارد مورد بررسی قرار میگیرند که راندمان بالایی داشته باشند و انرژی الکتریکی داده شده تا حد امکان به کار مفید تبدیل شود . انجام تعمیرات دوره ای در کارخانجات خصوصاً روی دستگاههای پرمصرف موجب بالا رفتن راندمان و کاهش تلفات انرژی میگردد .

۱۲ - بهینه سازی مصرف بکمک کامپیوتر : در این روش کد با استفاده از برنامه های نرم افزاری مدیریت بار برای یک کارخانه یا مجتمع بزرگ صنعتی صورت میگیرد ابتدا منحنی بارهای هر مجتمع $P(t)$ را بدست میاورند سپس قیود و محدودیتهای هر مجموعه را (از قبیل وابسته بودن کار دستگاهها به هم ، ساعت کاری پرسنل ، اوقات نهار نماز ، مد نظر گرفته و بصورت ریاضی مدل میکند سپس با استفاده از الگوریتمهای ریاضی تابع هدف را که عبارتست از محدود کردن دیماند زیر یک منحنی مشخص با توجه به قیود مربوطه مینیمم میکند . (بدون صدمه زدن به تولید)

تابع هدف ($f(t)$ منحنی محدودیت توان) $\text{Min} (P_i(t) - F(t))$

S.T 1/ قید اول

2/ قید دوم

3/ قید سوم

.

.

.

n/ قید nام

و در نتیجه زمان بهینه آغاز کار هر دستگاه و یا هر کارخانه بدست میاید . این برنامه های نرم افزاری میتواند برای یک کارخانه یا چند کارخانه نوشته شود و در صورت هر گونه تغییر در روند کاری کارخانجات فوق تنها پارامترهای

ورودی تغییر کرده و نتایج جدید توسط کامپیوتر اعلام و کارفرما موظف به رعایت برنامه تعیین شده میگردد . |۶|

۱۳ - استفاده از SCADA در مدیریت بار |۷| :

Superrvisory Control And Data Aquisisoin

سیستمهای کنترل نظارت و جمع آوری داده ها : این سیستمها همان روش بند ۱۲ را بصورت اتوماتیک انجام میدهند داده ها را از نقاط مختلف و مورد نیاز شبکه جمع آوری کرده و توسط کامپیوتر پردازش نموده و فرامین لازم را به قسمت های مختلف ابلاغ میکنند . بطور کلی SCADA از سه بخش عمده تشکیل شده است . (شکل شماره ۳)

۱- کامپیوتر مرکزی Master Station M.S

۲ - خطوط ارتباطی جهت ارسال و دریافت اطلاعات و فرامین Data Link D.L

۳- پایانه های دور دست (واحدهای کنترل راه دور R.T.U Remote Terminal Unit)

روش کار بدین ترتیب است که اطلاعات توسط RTU ها جمع آوری شده و از طریق خطوط داده ها به کامپیوتر مرکزی جهت پردازش و انجام عملیات لازم فرستاده میشود و پس از پردازش و تصمیم گیری ، کامپیوتر مرکزی توسط خطوط داده فرامین را به RTU ابلاغ میکند و آنها سیستمها را مطابق فرمان رسیده تنظیم مینمایند . ارتباط بین RTU ها و MS میتواند از طرق مختلف مانند تلفن شهری - سیستمهای UHF ، VHF - فیبر نوری - ارتباط رادیویی و بالخصوص PLC باشد . |۸|

کامپیوترهای مرکزی میتوانند مجهز به صفحه های تلویزیونی (CRT) جهت نمایش پلان سیستم همراه با داده های آنی Real Time و نقشه های دیواری بزرگ Mimic و کنسولهای مجزای دیسپاچر و مهندسی و چاپگرهای پر سرعت جهت ثبت وقایع مهم روزانه باشند . (شکل شماره ۴)

آنها همچنین میتوانند علاوه بر مدیریت بار (LMS) و مدیریت انرژی (EMS) در دوره های زمانی بسیار کوتاه (مثلا ۵ دقیقه) تحلیلهای و مطالعات فراوانی را (از قبیل پخش بار ، تحلیل ایمنی ، تخمین حالت ، پخش بار بهینه ، ...) روی شبکه قدرت انجام داده و مهندسان را از نتایج بررسیهای خود آگاه سازند و آنها را در تصمیم گیری صحیح یاری نمایند یا خود بطور اتوماتیک اقدام به تعیین توان مصرفی بارها ، تسپ تراانسفورماتورها ، قطع و وصل دژنکتورها کنند . |۹|

در نهایت SCADA ابزاری مهم ، ساده ، پر قابلیت جهت مدیریت بار برای یک سیستم قدرت میباشد هر چند که اکنون دیسپاچینگ مرکزی ایران در حال تکمیل میباشد و اکثر پستهای مهم مجهز به RTU و تحت نظر مرکز دیسپاچینگ تهران میباشد (راه اندازی نشده است) اما با توجه به دانش فنی نسبتا بالا و تجهیزات گران قیمتی چون RTU ها در کوتاه مدت بکار گیری SCADA جهت مدیریت بار امکانپذیر نمیشد اما چنانچه سرعت نسبت به تربیت پرسنل متخصص و خرید لوازم مورد نیاز اقدام گردد چشم انداز روشنی پیش روی خواهیم داشت .

نتیجه گیری:

در پایان در یک جدول کلیه روشهای فوق الذکر را با هم مقایسه کرده و با توجه به پارامترهای مختلف و ارزش هر کدام ، نمره ای منظور داشته ایم . همانطور که مشاهده میشود بالاترین امتیاز به انرژیهای جایگزین داده شده است که تاثیر زیادی بر روی کاهش قله مصرف دارند و زمان به نتیجه رسیدن آنها کوتاه است و به تکنولوژی بالایی نیز نیاز ندارند . و پایینترین امتیاز به اعمال خاموشی داده شده است که آخرین راه چاره میباشد . و بقیه روشها نیز بین این دو حد امتیاز بندی شده اند .

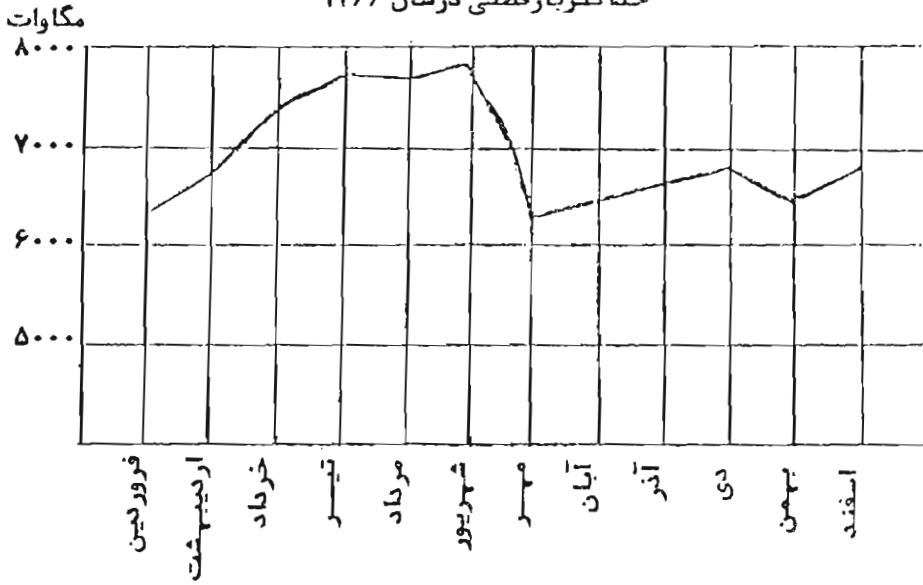
لازم به توضیح است که جهت بدست آوردن یک نتیجه سریع و موفق میتوان دو یا چندین روش را همزمان بکاربرد .

مثلا استفاده از روشهای جایگزینی (۹) بسته های نرم افزاری (۱۳) محدود ساختن مصرف (۴) تغییر شیفت کارخانجات (۳) بطور همزمان مسلما بیک بار را تا حد زیادی خواهد شکست .

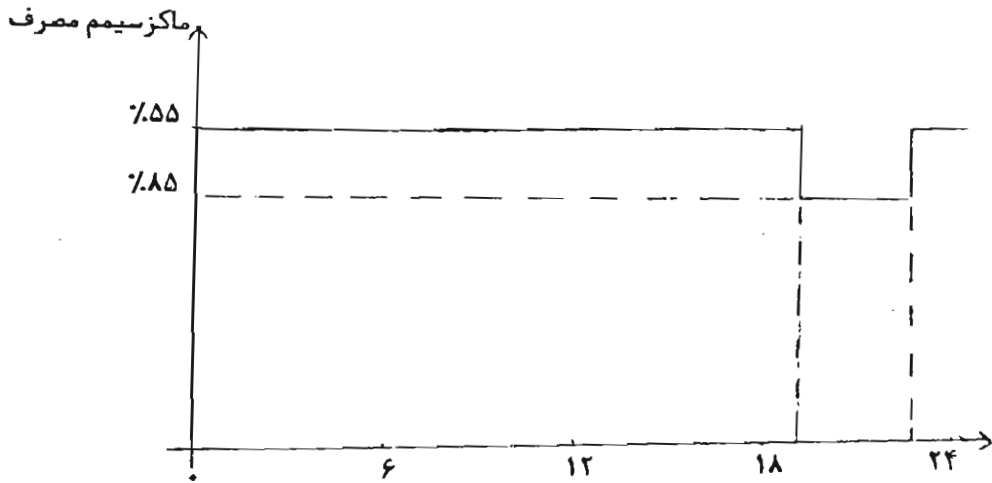
در پایان امیدواریم که مسئولین امر با توجه بیشتر به مدیریت مصرف D.S.M. بپراحتی و به سرعت بتوانند مشکلات کنونی کمبود برق را مرتفع سازند .

ردیف	نام روش	از ماگیری	روش و پریک	تخصصی و	هر سبب	طرز بیمه	سفری بودی	با شیر	در سوسپ	مستلزمات و	امسار
۱	بمبوساغات کاری	مطر	کم	سیارزی	بسیست	مطر	مطر	با شیر	سوسپ	سوسپا د ارد	۱۰
۲	سمرله های چند لسمتی	مستوسپ	زیاد	سیارزی	بسیست	کم	مطر	سوسپا	سوسپا	سوسپا د ارد	۷۰
۳	بمبوساغات کاری	مطر	مستوسپ	سیارزی	بسیست	مطر	مطر	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۸۰
۴	محدود باطن مسرک	مطر	زیاد	سیارزی	بسیست	مطر	در سا طت	"	"	سوسپا د ارد	۹۰
۵	وامدهای کاری	زیاد	زیاد	لازم است	لازم است	زیاد	در سا طت و	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۵۰
۶	بمبوساغات کاری	مستوسپ	کم	در	در	مستوسپ	در دسترس است	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۴۰
۷	اولویت بندی بارها	مطر	زیاد	سیارزی	بسیست	مطر	مطر	با شیر	سوسپا	زیاد د ارد	۰
۸	دظیره سازی انوزی	زیاد	زیاد	لازم است	لازم است	زیاد	در سا طت و	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۴۰
۹	انوزیها جان بگرسن	کم	زیاد	در	در	مطر	در دسترس است	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۱۰۰
۱۰	ماتریات	مستوسپ	مستوسپ	سیارزی	بسیست	مطر	سیارزی	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۶۰
۱۱	بالا بردن کیفیت	مستوسپ	کم	در	در	مستوسپ	در دسترس است	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۶۰
۱۲	استفاده از کامپیوتر	کم	زیاد	در	در	کم	در دسترس است	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۹۵
۱۳	SCADA	مستوسپ	زیاد	لازم است	لازم است	زیاد	در سا طت و	با شیر	سوسپا	سوسپا د ارد	۷۰

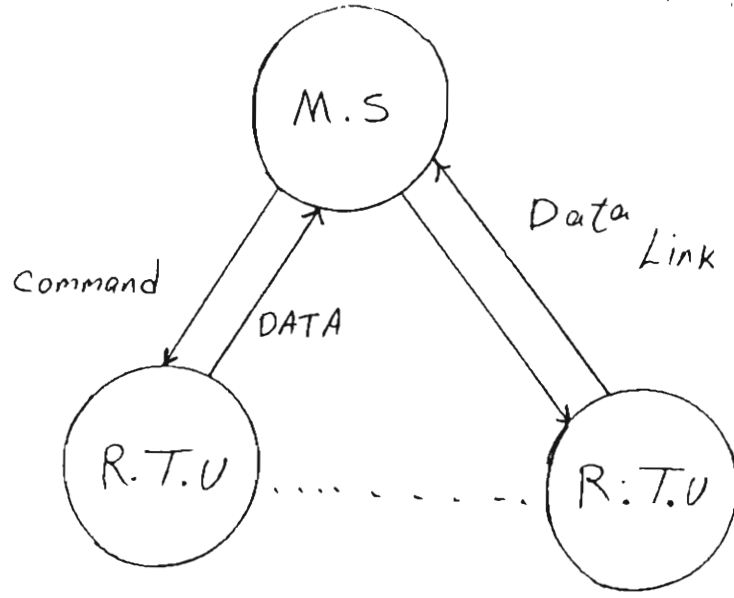
حداکثر بار قطعی در سال ۱۳۶۶



شکل شماره ۱ (۱)



شکل شماره ۲ (۲) منحنی توان مصرفی



شکل شماره (۳) شمای کلی یک SCADA

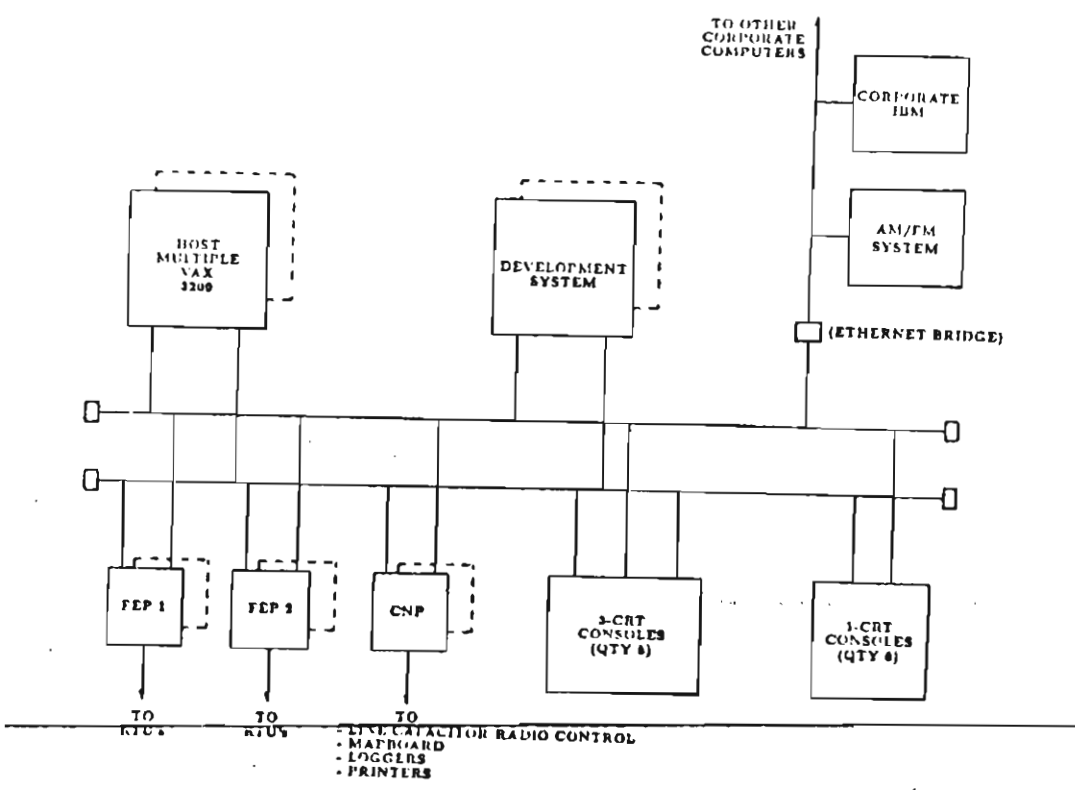


Figure 1: SCADA System Basic Architecture

شکل شماره (۴) تجهیزات جانبی SCADA

مراجع :

- ۱- افزایش راندمان در صنایع ... نوری سمینار بهینه سازی مصرف برق
- ۲- تحلیلی بر عملکرد شبکه براساس ۶۸ سال اطمینان " "
- ۳- بهینه سازی مصرف برق دکتر بهدشتی " "
- ۴- مدیریت مصرف برق حجت " "
- ۵- پروژه سیستمهای جذبی فواد آقامیری-دکتر حمشیدی دانشگاه امیرکبیر
- ۶- پروژه کنترل توان مصرفی علیرضا کریمی-دکتر کوهساری " "
- ۷- E.M.VARDAMAN "INTTEGRATING A LOAD-MANAGEMENT COMPUTER..", IEEE.CAP1988
مجله شماره ۷
- ۸- روشهای مخازراتی برای SCADA توزیع
- ۹- D.TRODEAV " INTTEGRATING AM/FM MAPS WITH DSCADA " IEEE CAP 1990