



چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو

مدیریت مصرف و مدیریت انرژی با اسکادا

حبیب‌الله علمی
دانشگاه امام حسین (ع)

چکیده :

استفاده از سیستم‌های نظارت، کنترل و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA) یکی از بهترین روش‌های مدیریت، نظارت و کنترل انواع سیستم‌ها، بخصوص سیستم‌های قدرت می‌باشد.

این سیستم‌ها که حدود دو دهه از عمر آنان می‌گذرد، توانسته‌اند نقش مهمی در اداره کارخانجات، بنادر، مجتمع‌های بزرگ صنعتی، پست‌های قدرت، مراکز انتقال نیرو، مرکز دیسپاچینگ نیروگاه‌ها و اخیراً در سیستم‌های توزیع نیرو ایفا کنند.

شکل شماره (۱) طرح کلی یک سیستم دیسپاچینگ را نشان میدهد.

امروزه تقریباً تمامی مراکز نوین بهره‌برداری و پخش بار سیستم‌های قدرت به نوعی از تجهیزات SCADA مجهز شده‌اند. این تجهیزات نشان‌دهنده‌اند که ابزارهای کارآمد و مفیدی برای بهره‌برداران سیستم‌های قدرت و پست‌های انتقال هستند و به آنها این امکان را میدهد که اطلاعات نسبتاً جامعی از محدوده تحت پوشش خود در اختیار داشته باشند و با استفاده از داده

های زنده (Real Time) که اسکادا در اختیار آنها قرار میدهد مطالعات دلخواه خود را از قبیل پخش بار بهینه، تخمین حالت، تحلیل ایمنی و ... انجام داده و با استفاده از نتایج بدست آمده کنترلهای مطلوب را انجام دهند و یا به عبده اسکادا بگذارند .

ما در این مقاله ضمن توفیح مختصری در مورد سیستمهای اسکادا و نحوه استفاده از آنها در شبکه های قدرت از لحاظ مدیریت انرژی (EMS) و مدیریت بار (LMS)، قابلیت های تازه اسکادا را که در مورد سیستمهای توزیع می باشد (DSCADA) شرح خواهیم داد.

شرح مقاله :

ساختار اسکادا : Supervisory Control & Data Acquisition (SCADA)

همانطور که در شکل شماره (۳) مشاهده می شود، یک سیستم اسکادا بطور کلی از سه قسمت اساسی تشکیل شده است :

۱- ایستگاه مرکزی، M-S (Master Station)

۲- خطوط ارتباطی، D-L (Data Link)

۳- پایانه های راه دور، R-T-U (Remote Terminal Unit)

- وظیفه کامپیوتر مرکزی، جمع آوری، جدول بندی و مرتب کردن داده هایی است که از سوی RTU ها ارسال می گردد . این داده ها در ایستگاه مرکزی دسته بندی شده و روی آن توسط نرم افزار های اسکادا پردازشهای لازم صورت گرفته و فرمانهای مطلوب استخراج و به RTU ها برای اجرا ابلاغ میگردد. همچنین کامپیوتر مرکزی می تواند با کامپیوتر های سیستمهای مدیریت انرژی (EMS)، مدیریت بار (LMS) و نقشه کشی اتوماتیک (AM/FM) ارتباط برقرار نموده و همزمان (Real Time) داده های خود را در اختیار این سیستمها قرار داده و فرامین لازم را اخذ کند .

همانطور که در شکل شماره (۳) مشاهده می شود ایستگاه مرکزی از قسمتهای زیر با شرح وظایف مشروحه تشکیل شده است .

الف) CIU واسطه های مخابراتی، که اطلاعات ارسالی از سوی RTU ها را از موج حامل (کاربر) جدا کرده و بصورت دیجیتال و آماده برای استفاده کامپیوتر مرکزی مهیا و بالعکس فرامین دیجیتالی کامپیوتر مرکزی را

آماده ارسال برای RTU ها می سازد .

ب - FEP پروسور های پیشینه ، این پروسور ها وظیفه پردازش اولیه شامل جداسازی اطلاعات مهم از غیر مهم و صحیح از خطا را بعهده دارند . چنانچه اطلاعات مهم و فوری باشند سریعاً برای کامپیوتر مرکزی می فرستند ، در غیر اینصورت اطلاعات را جمع آوری کرده و سپس یکجا ارسال می کنند تا وقت کامپیوتر به دریافت مداوم داده ها تلف نشود .

ج - Host کامپیوتر های مرکزی ، این قسمت که در حقیقت مغز سیستم اسکادا می باشد وظیفه پردازش اطلاعات را بعهده داشته و به اجرای نرم افزارهای استاندارد اسکادا که معمولاً شامل موارد زیر می باشد می پردازد :

ج - ۱) مقایسه داده ها با مقادیر مجاز (ولتاژ ، فرکانس ، توان ، ...)
ج - ۲) فعال کردن فرایند هشدار شامل آلام دادن ، برچسب زدن ، چشمک زدن ، تغییر رنگ ...

ج - ۳) ارتباط با کامپیوتر های جانبی EMS - LMS - AM/FM ...

ج - ۴) فعال کردن RTU ها (جمع آوری داده و ابلاغ فرامین)

ج - ۵) جدول بندی و مرتب کردن داده ها و تشکیل پایگاه اطلاعاتی

ج - ۶) تابع جستجو

ج - ۷) تجدید داده های اساسی

د) سویچ دیجیتال یا آنالوگ ، که در صورت بروز خرابی در کامپیوتر اصلی ، کامپیوتر رزرو را وارد مدار می کند .

ه) MMI رابط انسان و ماشین ، که در تمام سیستمهای کامپیوتری موجود است .

و) خروجی ها شامل پرده دیواری بزرگ (میمیک) - مونیتورهای تلویزیونی (CRT) چاپگرها ، که شمای سیستم تحت نظر را همرا با داده های آنی و زنده نشان میدهند .

ز) ورودیها شامل دو کنسول مجزای اپراتوری (دیسپاچر) و مهندسی برای ابلاغ فرامین یا تجدید و تصحیح داده ها ،

- خطوط داده : به مسیرهای ارتباطی بین RTU ها و M.S اطلاق می شود که

وظیفه ارسال اطلاعات از سوی RTU ها به MS و اسلخ فرامین از MS به RTU ها را بعهده دارند. بدیهی است که این خطوط یکطرفه بوده و بین RTU ها به تنهایی ارتباطی برقرار نیست و این تماس می تواند توسط PLC ، فیبر نوری ، سیستم های UHF- VHF ، مایکروویو ، تلفن شهری ، امواج رادیویی و غیره برقرار گردد .

- RTU ها ، اندازه گیری هایی هستند که اطلاعات آنالوگ شامل ولتاژ ، جریان ، وات ، وار... و اطلاعات دیجیتال مانند وضعیت دژکتورها ، تپ ترانسفورماتور ها... را از نقاط مختلف شبکه جمع آوری کرده و پس از مدولاسیون برای MS ارسال می کنند .

ساختار یک RTU در شکل شماره (۴) مشاهده می شود . اطلاعات دیجیتال و آنالوگ (مکانیکی یا الکتریکی) توسط مبدل های MR (کابینت) به سیگنال های الکتریکی و سپس در (HVI) از آنالوگ به دیجیتال تبدیل می شوند (DI) . آنگاه در پروسور (RTU) روی آنها پردازش اولیه صورت گرفته و وارد حافظه شده و اطلاعات مفید مدونه و توسط خطوط ارتباطی پر سرعت به مرکز ارسال میگردند . در مسیر برگشت نیز فرامین ارسالی از سوی MS توسط دمولاتور و پروسور RTU دریافت شده و بصورت دیجیتال (DO) تبدیل می شوند . آنگاه در قسمت کابینت (MR) به صورت سیگنال های کنترلی مطلوب در آمده و به فرم الکتریکی یا مکانیکی تغییرات لازمه را بوجود می آورند .

سیستم های مدیریت انرژی و اسکادا : (EMS) Energy Managment System

اسکادا با در اختیار گذاشتن اطلاعات وسیعی از سیستم قدرت که آن به آن با توجه به وضعیت شبکه تجدید می شود کمک بسیار بزرگی به سیستم های مدیریت انرژی و مدیریت بار می نماید . این سیستمها با استفاده از اطلاعات زنده اسکادا می تواند تحلیلهای فراوانی از شبکه قدرت انجام داده و نتایج این تحلیلهای را در اختیار اسکادا یا مهندسان قدرت برای اتخاذ تصمیم گیریهای مناسب قرار دهند . فاز مطالعاتی در سیستم مدیریت انرژی و ارتباط آن با اسکادا در شکل شماره (۵) مشاهده می شود .

سیستم های مدیریت انرژی با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده توسط اسکادا ، وضعیت سیستم قدرت را مشخص کرده (دامنه و زاویه ولتاژ شین

ها) و پخش بار بهینه یا آنالیز ایمنی را انجام می دهند .

تخمین حالت و تحویل ایمنی ، وقوع حوادث بالقوه را در آینده پیش بینی کرده و پخش بار بهینه کنترلهایی را مشخص می کند تا از بروز تخطات (فرکانس ، ولتاژ ، جریان ، ...) و وقایع احتمالی جلوگیری بعمل آید و یا در صورت بروز آنها را تصحیح کند و در پایان فاکتورهای اقتصادی نیز مد نظر قرار میگیرد . این عملیات ممکن است ۵ تا ۳۰ دقیقه طول بکشد و در یک دوره زمانی معین تکرار شود • بدیهی استکه در صورت بروز تخطات مانند اضافه بار در خطوط ، یا کاهش ولتاژ شین ها و یا افتادن فرکانس ، EMS فرمانهای سریعی را برای قطع و وصل دژنکتورها ، ورود یا خروج خازنها و راکتورها ، وضعیت سب ترانسفورماتورها از طریق اسکادا به RTU ها ارسال می کند .

کنترل توان اکتیو و راکتیو مستقل از یکدیگر صورت گرفته و کنترل اکتیو عموماً شامل کنترل اتوماتیک تولید و پخش بار اقتصادی می باشد .

همانطور که در شکل شماره (۶) مشاهده می شود کنترل اتوماتیک تولید شامل دو سیستم کنترلی مجزا می باشد ، سیستم کنترل فرکانس (LFC) و سیستم پخش بار اقتصادی (EDC) • سیستم کنترل فرکانس یک سیستم سریع العمل است و بعضی بروز خطای فرکانس عمل می کند (در حد ثانیه) ، ولی سیستم EDC یک سیستم بطئی تر است و وضعیت Speed Changer را هر ۳۰ ثانیه یا یک دقیقه کنترل می کند ، اما این تغییر با ملاحظات اقتصادی توأم نبوده و ممکن است موجب اضافه بار بعضی از واحدها و خطوط گردد لذا فرمان EDC با سیگنال ارسالی از SCADA مرکزی (CEDC) همراه می شود تا پخش بار بین واحدها بصورت بهینه و اقتصادی صورت پذیرد .

علاوه بر حالت اتوماتیک دوره ای ، دستور اپراتور یا بروز یک حادثه خارجی مانند عمل کردن نادرست یک دژنکتور یا افت ولتاژ روی یک شین ممکن است سیستم EMS را فعال کند . همچنین اپراتور می تواند با تغییر وضعیت موجود یا شرایط اولیه ، مشکلات بخصوصی را مورد بررسی قرار دهد .

بررسی و مطالعه شبکه با داده های واقعی (Real Time) از امتیازات مهم و قابل ملاحظه سیستمهای اسکادا می باشد .

کلیه مطالعات فوق و عملکرد هر یک از قسمت های شبکه مانند دژنکتورها ، سیستمهای حفاظتی از قبیل رله های دیستانس و اضافه جریان و ... در قسمت بانک اطلاعاتی اسکادا ذخیره شده و روی صفحه مونیטور یا میمیک بمورت سبلیک (دیاگرام تک خطی) یا جدول بندی شده نمایش داده می شوند . داده های آنالوگ مانند ولتاژ باسبارها و توان اکتیو و راکتیو خطوط در کنار هر جزء نوشته می شود و وضعیت دژنکتورها نیز با رنگهای مختلف نمایش داده می شوند .

سیستمهای مدیریت بار و اسکادا : Load Managment System (LMS)

مدت زمانی که برای طراحی و ارائه مشخصات و خریداری و نصب و تصحیح یک برنامه مدیر بار با ارزش برای یک شرکت برق منطقه ای لازم است ممکن است بیش از ده سال طول بکشد . علت این امر اینست که یک برنامه موفق مدیر بار موجب می شود که ساختن مراکز تولید جدید به تعویق بیافتد و یا ملغی شود با استفاده از برنامه های مدیریت بار ، منحنی های بار سالانه ، ماهانه و روزانه مورد بررسی قرار می گیرند . پارامترهای مربوط به مصرف ، طبیعتا از تغییرات طرف تولید پیچیده تر هستند زیرا می باید در طی سالیان متمادی با جمع آوری اطلاعات از نوع مصرف کنندگان (مسکونی ، تجاری ، صنعتی ، کشاورزی) مولفه های بار را بدست آورد . این داده ها از طریق بازدیدهای مکرر ، بررسی های همه جانبه و انجام پروژه های کوچکی در زمینه تجهیزات سیستم بدست می آیند .

لیست بارهایی که هر کدام از مشترکین دارند عبارتست از :

بارهای مسکونی شامل : سیستم تهویه مرکزی ، گرم کننده های آب ، پمپ های حرارتی ، سیستمهای گرم کننده های هوا .

بارهای تجاری شامل : سیستم تهویه مرکزی ، سیستمهای گرم کننده هوا ؛

بارهای کشاورزی شامل : پمپ های آبیاری .

شرکت های بهره برداری کوچک می توانند مقدار مصرف (Demand) را زیر یک مقدار از پیش تعیین شده نگهدارند ، در حالیکه شرکتهای بهره برداری بزرگ با استفاده از برنامه های مدیریت بار می توانند پیک های سیستم را جابجا کرده و در نتیجه ظرفیت نصب شده تولید را کاهش دهند . در

حقیقت این شرکتها مشغول تصحیح یا تراشیدن پیک های مصرف هستند که البته این کار به راهنمایی های مشترکین نیز نیاز دارد . برنامه های مدیریت بار منحنی بارهای مختلف را تفکیک کرده و بهترین ترکیب را از مجموع آنان بدست می دهند و بدینوسیله منحنی کلی بار (سالانه ، ماهانه ، روزانه) تا حد ممکن صاف شده و فریب بار (Factor Load) بهبود می یابد .

شکل شماره (۷) ترکیب سیستمای مدیریت انرژی و مدیریت بار را با اسکادا در یکپست انتقال فرضی نشان میدهد .

اسکادا در توزیع یا DSCADA:

یکی از وظایف روزمره اپراتور سیستم توزیع ، جواب دادن به تلفن های شکایت کنندگان در شرکت های برق منطقه ای می باشد، زیرا بلحاظ وسعت شبکه توزیع و زیاد بودن اجزاء سیستم، عنده شبکه باستانداز شاید پست های فرعی توزیع توانایی کنترل یا اندازه گیری از راه دور را ندارند. لذا اغلب اپراتور مجبور است که مظهرایی را که ممکن است اعمال کوتاه یا خرابی روی دهد با رجوع به یک مجموعه وسیع از نقشه های مناطق تحت پوشش ، حدس زده و سپس گردد تعمیر را به محل مربوطه هدایت کند . ما در این بخش توضیح میدهیم که چگونه سیستم نقشه کشی (AM/FM) با سیستم اسکادا ترکیب می شود بنحوی که یک اسکادای پیشرفته و توسعه یافته برای شبکه توزیع حاصل می شود .

Automated Mapping & Facilities Management Systems (AM/FM)

این نقشه های دیجیتالی تمام رنگ شامل سبیلها و نشانه های بخصوصی هستند که بصورت دینامیکی توسط داده های اسکادا جدید و تازه می شوند و حالت جاری سیستم توزیع را بیان می کنند . اپراتور می تواند هر نقطه مورد نظر را روی نقشه زوم داخل یا زوم خارج کند و حدود مقیاس نقشه ها را تغییر دهد و هر قسمت از نقشه را که بخواهد توسط پنجره هایی بیرون بکشد و فرمانهای کنترلی صادر کند . معمولا در هر شرکت توزیع تعداد زیادی نقشه های کاغذی از محدوده تحت پوشش در اختیار بهره برداران قرار دارد . تا این اواخر این نقشه ها بوسیله یک دیپارتمان بزرگ نقشه کشی

بمورت‌دستی رسم می‌شدند و به صورت دستی نیز مورد تجدید نظر و تصحیح قرار می‌گرفتند. اما اینک با ظهور قدرتمند و با ارزش و مطمئن روش‌های طراحی بکنک‌کامپیوتر (Auto CAD) استقبال زیادی برای استفاده از کامپیوتر برای رسم اتوماتیک و مدیریت آن از طریق فوق بعمل آمده است.

سیتم (AM/FM) و اسکادا توسط یک شبکه کامپیوتری (LAN) بهم متصل می‌شوند و فایلها می‌توانند بین طرفین منتقل شوند. طبق طراحی قبلی معمولاً در طول شیف‌ت شب نقشه‌های جدید و تازه از (AM/FM) به اسکادا منتقل می‌شوند بطوریکه زمان صدا زدن یک نقشه روی اسکادا کمتر از ۵ ثانیه طول می‌کشد و اپراتور ها همیشه به جدیدترین نقشه‌ها دسترسی دارند. در این قسمت بعضی از توابع بسیار پیشرفته نقشه‌کشی را ذکر می‌کنیم که روی اسکادا مورد استفاده قرار می‌گیرند:

الف) اطلاعات دینامیکی روی نقشه‌ها: نقشه‌ها شامل مقدار زیادی از نشانه‌ها و سمبل‌ها هستند. بعضی از این نشانه‌ها حالت‌وسایل مشخصی مانند بویج‌ها، بریکرها، ری‌کلوزرها، سکیورها و غیره را (که از راه دور قابل اندازه‌گیری و کنترل می‌باشند) بیان می‌کنند. این سمبلها بمورت‌دینامیکی تجدید و تازه می‌شوند تا حالت واقعی و جاری وسیله را نشان دهند.

ب) نرم افزار زوم: اپراتور می‌تواند روی نقشه زوم داخل یا خارج را اجرا کند. زوم داخل مقیاس نقشه را افزایش داده و عوجب‌می‌شود تا اپراتور جزئیات را بهتر ببیند و بالعکس زوم خارج، مقیاس نقشه را کاهش می‌دهد و یک‌نمای کلی از منطقه تحت پوشش را در اختیار می‌گذارد.

ج) استخراج کردن: اپراتور می‌تواند روی نقشه‌ها عمل جستجو را بوسیله حرکت نقطه راهنما انجام دهد و قسمت‌های مختلف نقشه را مورد بازیابی و دقت قرار دهد.

د) چرخش: توسط این تابع اپراتور نقشه را روی صفحه نمایش در هر جهتی که بخواهد می‌تواند بچرخاند. معمولاً برای هماهنگی با گروه تعمیرات و جهت‌یابی سیر آنان، اپراتور نقشه را منطبق با بیامهای

رادیویی ارسالی میچرخاند.

ه) جستجو : تابع جستجو لیستی از اسامی و موقعیت‌های مربوطه را از روی پایگاه داده‌ها میخواند .

و) پنجره‌ها : دو نوع تابع پنجره وجود دارند، پنجره‌های دیگرام تک خطی و پنجره‌های دستورالعملی .

دیگرام تکخطی یک‌نمایش‌سببلیکاز پست‌فرعی می‌باشد که ترکیبات باسبار، ترانسفورماتور، بریکر و غیره را نشان می‌دهد . آنها همچنین اطلاعات آنالوگ مانند جریان هر فاز برای تمام فیدرها، شرایط اضطراری و ... را نشان می‌دهند .

پنجره‌های دستورالعملی شامل انواع نمایش‌های سیستم‌های اسکادا مانند لیست‌های هشدار، گزارش‌ها و ... می‌باشند . این پنجره‌ها برای طلب کردن برنامه‌ها و بررسی نتایج آنها بکار می‌روند .

ز) کنترل‌های نظارت‌کننده : چون که نقشه‌ها به بانک اطلاعاتی سیستم اسکادا مرتبط هستند لذا اپراتور‌ها می‌توانند از هر پنجره فرمان‌های کنترلی و نظارت‌لازمه را صادر کنند . بعنوان مثال بریکرهای پست‌های فرعی توسط دیگرام‌های تک خطی ذکرشده قابل هدایت می‌باشند . بطور خلاصه می‌توان گفت که ترکیب کردن سیستم‌های نقشه‌کشی بنا سیستم‌های اسکادا ابزار نیرومندی را در اختیار اپراتورها قرار می‌دهد تا وظایفشان را بهتر انجام دهند همیشه نقشه‌های مدرن و جدید در اختیار آنهاست و در صورت‌نیاز سرعت روی صفحات نمونه‌ی‌تصور به نمایش در می‌آیند و از آنها می‌توان بعنوان پشتیبانی برای سیستم‌های اسکادا استفاده کرد .

نتیجه

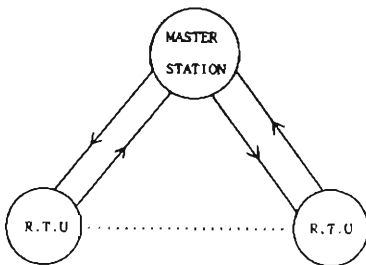
همانطور که ذکر گردید استفاده از سیستم‌های پیشرفته SCADA روشی موثر برای مدیریت، نظارت و کنترل شبکه‌های قدرت می‌باشد . خصوصاً ترکیب سیستم‌های (AM/EM) با سیستم‌های اسکادا بروز هر گونه خرابی در اقصی نقاط شبکه را سرعت با اطلاع اپراتور رسانده و تعمیرکاران می‌توانند با اعزام نوری و رفع خرابی‌های احتمالی از ایجاد حوادث ناگوار جانی

و مالی جلوگیری کنند .

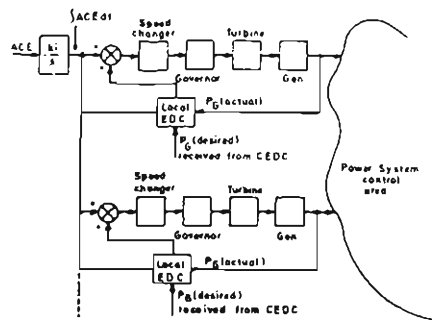
در پایان اضافه میگردد که این سیستمها می توانند بطور کامل در داخل ساخته ، نصبو آماده بهره برداری شوند . یک نمونه ساده و کوچک اسکادا همراه با RTU های مربوطه در سال ۶۹ توسط گروهی از دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر ساخته شده است .

منابع

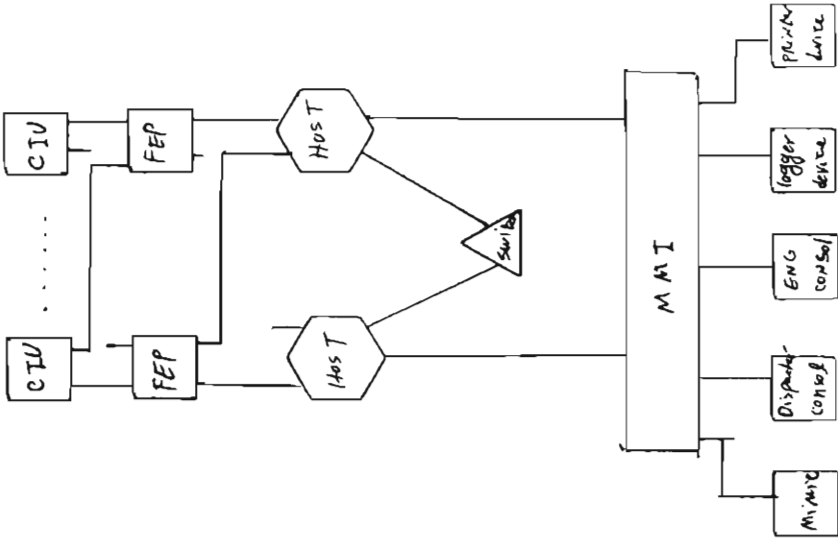
- ۱- سیستمهای کنترل ، نظارت و ... کوهساری ، میرلیم ،اعلمی دانشگاه امیرکبیر .۱۳۷۰
- ۲- R.H.Miller , "Supervisory , Control & Data Acquisition " 1983
- ۳- T.W.Kay , " Microcomputer - Based At Commonwealth Edison Company IEEE , CAP , 1988
- ۴- E.M.Vardaman, " Integrated a Load Management System Into Existing Computer Systems " IEEE , CAP , 1988
- ۵- Wasley,Stadin, " Network Application In Energy Managment Systems , IEEE , PD , 1991
- ۶- Trudeauv,Hoffman,Seymour, "Integrating AM/FM Maps With Distribution SCADA ", IEEE , PD , 1990
- ۷- سیستمهای مدرن انرژی الکتریکی Negreh ، دکتر عابدی ، امیرکبیر



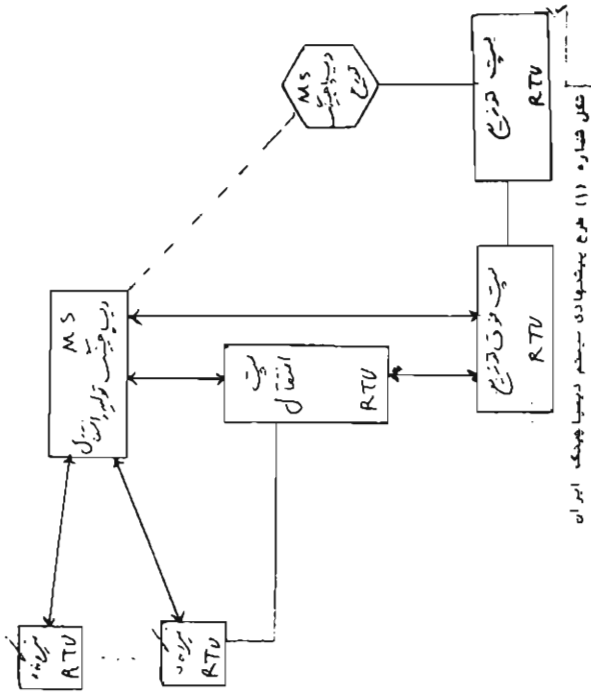
نکل شماره (۲) - نمای ساده یک SCADA



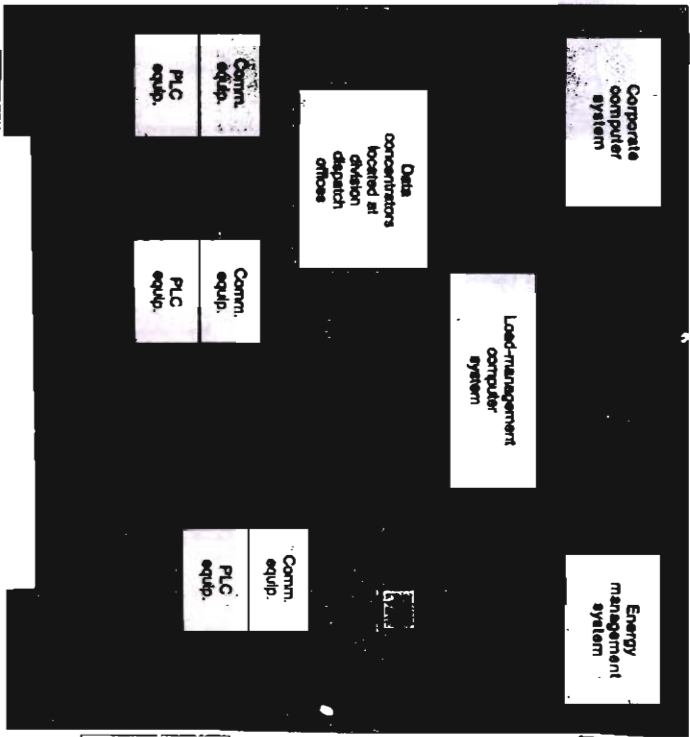
نکل شماره (۶) سیمچم (جوامعیک تولید



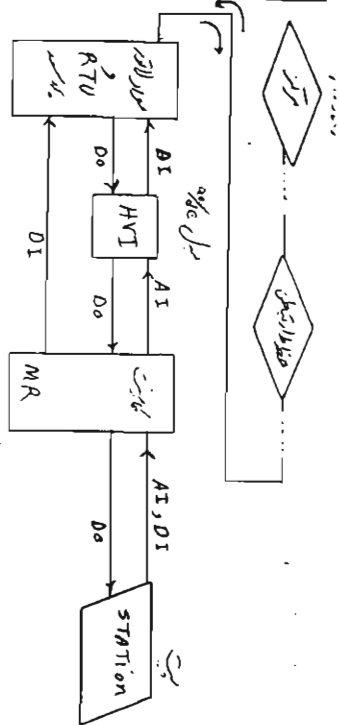
شکل شماره ۱۳) معماری یک سیستم SCADA



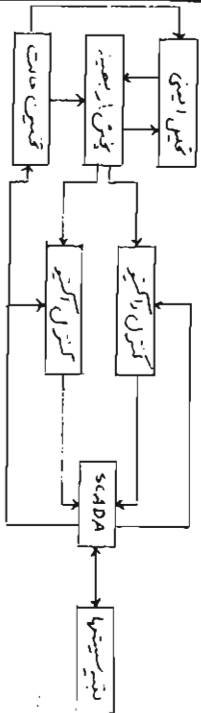
شکل شماره ۱۱) طرح پیشنهادی سیستم دیتابیس تولید ایران



محل شماره (۷) ارتقاء سیستم SCADA به EMS , LMS



محل شماره (۸) ارتقاء سیستم SCADA به EMS



محل شماره (۹) ارتقاء سیستم SCADA به EMS