

بررسی کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت و بهینه سازی

مصرف انرژی

مطالعه موردی: سیستم های SCADA

چکیده

بررسی کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی

مطالعه موردی: سیستم های SCADA

با توجه به افزایش قیمت حامل های انرژی در سالهای اخیر و مشکلات زیست محیطی که در اثر مصرف کنترل نشده این حامل ها ایجاد شده است امروزه بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی با هدف کاهش مصرف در کشورهای جهان جایگاه ویژه ای یافته است. مهمترین مرحله در مدیریت مصرف انرژی فرآیند ممیزی می باشد که به معنی بررسی دقیق اطلاعات محیطی و شناسایی عواملی است که کنترل آنها در کاهش مصرف انرژی موثر می باشد. در سالهای اخیر با پیشرفت های چشمگیر در علم فناوری اطلاعات امکان پایش و ثبت مداوم پارامترهای محیطی که در مصرف انرژی موثر هستند فراهم شده است و سیستم های¹ SCADA به عنوان بخشی از زیرساخت این فناوری در راستای پایش و کنترل داده های محیطی توسعه یافته اند. با به کارگیری سیستم های SCADA امکان یک ممیزی دقیق از مصرف انرژی فراهم می گردد همچنین با اعمال فرآیندهای کنترلی با استفاده از

¹ Supervisory Control And Data Acquisition

سیستم های SCADA امکان کاهش مصرف انرژی میسر می گردد که با دستیابی به این هدف ضمن کاهش هزینه ها ، بهره وری افزایش پیدا می کند. در رساله حاضر روش های کاربردی سیستم های SCADA در مدیریت و کاهش مصرف انرژی با توجه به تحقیقات پیشین مورد بررسی قرار می گیرد و در ادامه به عنوان یک مطالعه کاربردی ، روش استفاده از سیستم های نرم افزاری SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های الکتریکی که کاربرد زیادی در صنایع ایران دارند پیاده سازی می گردد و در انتها ضمن تحلیل نتایج حاصل از اجرای این روش کاربردی پیشنهاداتی در مورد بهبود عملکرد روش ها در تحقیقات آینده ارائه خواهد گردید .

کلمات کلیدی : سیستم های SCADA ، مصرف انرژی ، مدیریت انرژی ، بهینه سازی

منابع پارس پژوه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱- پیشگفتار
۱	۱-۱-۱- عوامل اقتصادی مدیریت مصرف انرژی
۲	۱-۱-۲- تعریف مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی
۳	۱-۳- نقش فناوری اطلاعات در بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی
۴	۱-۴- تعریف سیستم های SCADA
۵	۱-۵- سیستم های SCADA و مدیریت مصرف انرژی
۵	۱-۶- ضرورت انجام تحقیق
۶	۱-۷- اهداف تحقیق
۷	۱-۸- مروری بر فصل های پایان نامه
۸	فصل دوم: مبانی نظری تحقیق
۸	۲-۱- مقدمه
۸	۲-۲- تاریخچه مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی
۹	۲-۲-۱- دوره اول: صرفه جویی ۱۹۷۳-۱۹۸۱
۹	۲-۲-۲- دوره دوم: مدیریت انرژی ۱۹۸۱-۱۹۹۳
۱۰	۲-۲-۳- دوره سوم: خرید انرژی به بهای کمتر ۱۹۹۳-۲۰۰۰
۱۱	۲-۲-۴- دوره چهارم: توجه به مسائل زیست محیطی ۲۰۰۰-۲۰۱۰
۱۱	۲-۲-۵- دوره پنجم: فناوری پاک ۲۰۱۰-۲۰۲۰
۱۲	۲-۳- مراحل مدیریت مصرف انرژی
۱۲	۲-۳-۱- مرحله اول: شناسایی فرصت ها
۱۳	۲-۳-۲- مرحله دوم: اولویت بندی فعالیت ها
۱۳	۲-۳-۳- مرحله سوم: به انجام رساندن فرآیندها به طور موفقیت آمیز

۱۳	مرحله چهارم: مرحله بازبینی و اصلاح مستمر
۱۴	کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی
۱۴	نقش اینترنت و تجارت الکترونیک در مدیریت مصرف انرژی
۱۵	مدیریت و برآورد نیاز به مصرف انرژی
۱۶	روشهای کنترل شبکه ای
۱۶	سیستم های SCADA
۱۷	سیستم ذخیره سازی اطلاعات تجهیزات
۱۷	سیستم مدیریت انرژی EMS
۱۸	سیستم مدیریت تولید انرژی GMS
۱۸	سیستم مدیریت توزیع انرژی DMS
۱۹	سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS
۲۰	منابع اطلاعات در سیستم GIS
۲۰	کاربردهای GIS در صنعت انرژی
۲۱	سیستم اطلاعات مشتری CIS و CRM
۲۳	سیستم اطلاعات انرژی EIS
۲۴	برنامه ریزی منبع انرژی ERP
۲۴	ممیزی خریداران انرژی و برنامه های کاربردی
۲۵	بررسی سیستم های SCADA
۲۶	تاریخچه سیستم های SCADA
۲۷	ساختار سیستم های SCADA
۲۸	عملیات در سیستم های SCADA
۲۹	مزایای استفاده از سیستم های SCADA
۳۰	کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت مصرف انرژی
۳۱	نتیجه گیری فصل
۳۲	فصل سوم: پیشینه پژوهشی

۳۲	۳-۱-مقدمه
۳۲	۳-۲-کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی
۳۲	۳-۲-۱-صرفه جویی در مصرف انرژی
۳۲	۳-۲-۲-کاربرد سیستم های SCADA در افزایش بازدهی سازمان
۳۳	۳-۲-۳-مزایای صرفه جویی در مصرف انرژی
۳۳	۳-۲-۴-ROI آنالیز
۳۴	۳-۳-مراحل و روشهای به کارگیری سیستم های SCADA در مدیریت انرژی
۳۴	۳-۳-۱-آنالیز و بررسی دقیق میزان مصرف انرژی و اوج بار مصرفی
۳۵	۳-۳-۲-آنالیز و اندازه گیری سایر داده های مورد نیاز در مدیریت مصرف انرژی
۳۶	۳-۴-کاربرد سیستم های SCADA در افزایش راندمان
۳۸	۳-۵-زمانبندی کارکرد مصرف کننده ها به وسیله سیستم های SCADA
۳۸	۳-۶-کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم روشنایی
۴۰	۳-۷-کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت و کنترل تجهیزات
۴۰	۳-۸-کاربرد سیستم های SCADA در سازماندهی پرسنل فنی
۴۱	۳-۹-کاربرد سیستم های SCADA در کاهش استهلاک تجهیزات
۴۲	۳-۹-۱-کاهش استهلاک تجهیزات با کم کردن حجم کاری
۴۲	۳-۹-۲-کاهش استهلاک با اعمال روش های کنترلی
۴۲	۳-۱۰-کاربرد سیستم های SCADA در صنعت برق
۴۲	۳-۱۰-۱-کاربرد سیستم های SCADA درافزایش راندمان نیروگاه های برق
۴۳	۳-۱۰-۲-ایجاد شبکه های هوشمند و بهبود راندمان شبکه برق سراسری
۴۳	۳-۱۱-کاربرد منطق فازی و هوش مصنوعی در مدیریت و بهینه سازی مصرف
۴۳	۳-۱۱-۱-استفاده از هوش مصنوعی در پیش بینی مقدار مصرف انرژی
۴۴	۳-۱۱-۲-بهره گیری از منطق فازی برای پیش بینی مقدار مصرف
۴۵	۳-۱۲-کاربرد منطق فازی در کاهش مصرف انرژی در کوره های صنعتی
۴۶	۳-۱۳-کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم های مرتبط با دما
۴۶	۳-۱۳-۱-کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم های گرمایشی

۴۶	۳-۱۳-۲-پایش و ثبت دقیق دما بر حسب زمان
۴۷	۳-۱۳-۳-امکان پیاده سازی روشهای پیشرفته کنترل دما
۴۸	۳-۱۳-۴-امکان استفاده از تقویم زمانی برای کارکرد سیستم تهویه مطبوع
۴۸	۳-۱۴-داده کاوی اطلاعات سیستم های SCADA جهت افزایش امنیت
۴۹	۳-۱۵-استفاده از میکرو کنترلر جهت بهبود عملکرد سیستم های SCADA
۴۹	۳-۱۶-استفاده از قابلیت های نرم افزار SCADA در فرآیند کنترل
۵۰	۳-۱۷-امکان استفاده از OPC در نرم افزار SCADA
۵۰	۳-۱۸-استفاده از سیستم های SCADA بر مبنای وب
۵۱	۳-۱۹-استفاده از روشهای مدل سازی در مدیریت انرژی
۵۲	۳-۲۰-جمع بندی تحقیقات گذشته
۵۳	۳-۲۱-نتیجه گیری فصل
۵۵	فصل چهارم: روش پیاده سازی ، آزمایش ها و نتایج.....
۵۵	۴-۱-مقدمه
۵۵	۴-۲-اهداف مدیریت انرژی در کوره های الکتریکی
۵۶	۴-۲-۱-کاهش انرژی مصرفی در کوره های الکتریکی
۵۶	۴-۲-۲-کاهش اوج بار مصرفی در کوره های الکتریکی
۵۶	۴-۳-فرآیند مصرف انرژی در یک کوره الکتریکی
۵۹	۴-۳-۱-اندازه گیری دما
۶۰	۴-۳-۲-اندازه گیری پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی
۶۱	۴-۳-۳-کنترل توان در کوره های الکتریکی
۶۳	۴-۴-طراحی فرآیند مدیریت مصرف انرژی در کوره های الکتریکی
۶۳	۴-۴-۱-تعیین پارامترهای مورد نیاز جهت اندازه گیری و کنترل
۶۴	۴-۴-۲-انتخاب RTU ها جهت فرآیند مدیریت مصرف انرژی
۶۵	۴-۴-۳-ارتباط نرم افزار SCADA با RTU ها
۶۶	۴-۴-۴-پروتکل های ارتباطی
۷۱	۴-۴-۵-نصب تجهیزات جهت فرآیند آزمایشی

۷۶	۴-۴-۶- نصب RTU ها در نرم افزار SCADA
۷۸	۴-۴-۷- بررسی عملکرد سیستم کنترل توان
۷۹	۴-۵- آزمایش اول: بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل ON/OFF
۷۹	۴-۵-۱- طراحی نرم افزار جهت آزمایش اول
۸۲	۴-۵-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش اول
	۴-۶- آزمایش دوم: بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل ON/OFF
۸۵	با اعمال محدودیت در اوج بار مصرفی
۸۶	۴-۶-۱- اصلاح برنامه نرم افزاری جهت آزمایش دوم
۸۷	۴-۶-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش دوم
۸۹	۴-۷- آزمایش سوم: بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل PID
۸۹	۴-۷-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش سوم- روش کنترلی PID
۹۲	۴-۷-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش سوم
	۴-۸- آزمایش چهارم: بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل PID
۹۴	همراه با اعمال محدودیت توان
۹۵	۴-۸-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش چهارم
۹۵	۴-۸-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش سوم
	۴-۹- آزمایش پنجم: بررسی روند مصرف انرژی در روش PID همراه با
۹۷	اعمال محدودیت توان در پیش بینی کوتاه مدت
۹۷	۴-۹-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش پنجم
۹۹	۴-۹-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای آزمایش پنجم
۱۰۲	۴-۱۰- نتیجه گیری فصل
۱۰۴	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری و پیشنهادها.....
۱۰۴	۵-۱- مقدمه
۱۰۴	۵-۲- نتایج بدست آمده از فرآیندهای آزمایشی
۱۰۵	۵-۲-۱- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش اول
۱۰۶	۵-۲-۲- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش دوم

- ۱۰۶ ۵-۲-۳-تحلیل نتایج حاصل از آزمایش سوم
- ۱۰۷ ۵-۲-۴-تحلیل نتایج حاصل از آزمایش چهارم
- ۱۰۷ ۵-۲-۵-تحلیل نتایج حاصل از آزمایش پنجم
- ۱۰۷ ۵-۳-مزایای استفاده از طرح ارائه شده در تحقیق
- ۱۰۸ ۵-۳-۱-کاهش هزینه های مستقیم
- ۱۰۸ ۵-۳-۲-کاهش هزینه های غیر مستقیم
- ۱۰۸ ۵-۳-۳-بهبود فرآین تولید و تاثیر آن بر افزایش کیفیت
- ۱۰۹ ۵-۴-پیشنهادات جهت ادامه کار در آینده
- ۱۰۹ ۵-۴-۱-استفاده از روش های کنترل نوین
- ۱۰۹ ۵-۴-۲-محاسبه نرخ بازگشت سرمایه
- ۱۰۹ ۵-۴-۳-استفاده از سیستم های مدیریت انرژی اقتصادی
- ۱۱۰ ۵-۵-۴-ارتباط با سایر نرم افزار های سازمانی
- ۱۱۰ ۵-۴-۵-افزایش راندمان تجهیزات با استفاده از ظرفیت بهینه
- ۱۱۱ مراجع
- ۱۱۵ چکیده به زبان انگلیسی

فهرست جدول ها

صفحه

۶۵	جدول ۱-۴- RTU های استفاده شده در فرآیند آزمایشی
۶۹	جدول ۲-۴- قالب بسته های اطلاعاتی در پروتکل Modbus RTU
۷۰	جدول ۳-۴- ارسال یک درخواست از Master
۷۰	جدول ۴-۴- ارسال یک پاسخ از Slave
۷۳	جدول ۵-۴- لیست تجهیزات استفاده شده در فرآیند آزمایشی مدیریت مصرف انرژی
۸۶	جدول ۶-۴- تعیین مقدار اوج بار در هر مرحله
۱۰۵	جدول ۱-۵- مشخصات ۵ فرآیند آزمایشی
۱۰۵	جدول ۲-۵- نتایج حاصل از ۵ فرآیند آزمایشی

فهرست شکل ها

صفحه

- شکل ۱-۱- ساختار کلی سیستم های SCADA ۲۸
- شکل ۱-۳- کاربرد سیستم های SCADA در کنترل اوج بار مصرفی ۳۵
- شکل ۲-۳- افزایش راندمان پمپ های آبرسان با استفاده از سیستم های SCADA ۳۷
- شکل ۳-۳- کاهش هزینه انرژی ماهینه در اثر افزایش راندمان پمپ ها ۳۸
- شکل ۳-۴- کاربرد سیستم های SCADA در کنترل سیستم های روشنایی ۴۰
- شکل ۳-۵- کاربرد سیستم های SCADA در پایش مداوم انرژی ۴۱
- شکل ۳-۶- کاربرد منطق فازی در پیش بینی مقدار مصرف انرژی ۴۵
- شکل ۳-۷- نمودار مقایسه مصرف انرژی در سیستم کنترل Fuzzy و ON/OFF ۴۷
- شکل ۱-۴- یک نمای کلی از یک کوره الکتریکی ۵۹
- شکل ۲-۴- تغییر ولتاژ موثر با تغییر زاویه آتش تریستور ها ۶۲
- شکل ۳-۴- سیستم کنترل توان SCR با ورودی آنالوگ ۶۲
- شکل ۴-۴- نحوه ارتباط RTU ها با سرور مرکزی در استاندارد RS485 ۶۶
- شکل ۴-۵- دیاگرام سیستم طراحی شده جهت مدیریت مصرف انرژی کوره های الکتریکی ۷۲
- شکل ۴-۶- تصویر تجهیزات نصب شده جهت فرآیند مدیریت مصرف انرژی ۷۶
- شکل ۴-۷- نصب RTU در نرم افزار SpecView ۷۷
- شکل ۴-۸- رابطه بین مقدار DAC و توان خروجی در فرآیند مورد آزمایش ۷۸
- شکل ۴-۹- نمودار فرآیند حرارتی آزمایشی ۷۹
- شکل ۴-۱۰- پروگرامر طراحی شده در محیط نرم افزاری SpecView ۸۰
- شکل ۴-۱۱- اضافه کردن نمودار ها در نرم افزار SpecView ۸۲
- شکل ۴-۱۲- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش اول ۸۳

- شکل ۴-۱۳- نمودار پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش اول ۸۴
- شکل ۴-۱۴- نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام در آزمایش اول ۸۵
- شکل ۴-۱۵- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش دوم ۸۷
- شکل ۴-۱۶- نمودار پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش دوم ۸۸
- شکل ۴-۱۷- نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام در آزمایش دوم ۸۹
- شکل ۴-۱۸- پیاده سازی الگوریتم کنترلی PID در نرم افزار SpecView ۹۱
- شکل ۴-۱۹- کنترلر PID طراحی شده در نرم افزار SpecView ۹۲
- شکل ۴-۲۰- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش سوم ۹۳
- شکل ۴-۲۱- نمودار پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش سوم ۹۳
- شکل ۴-۲۲- نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام در آزمایش سوم ۹۴
- شکل ۴-۲۳- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش چهارم ۹۵
- شکل ۴-۲۴- نمودار پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش چهارم ۹۶
- شکل ۴-۲۵- نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام در آزمایش چهارم ۹۷
- شکل ۴-۲۶- طراحی یک سیستم کنترل PID با قابلیت بیش بینی کوتاه مدت توان ۹۸
- شکل ۴-۲۷- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش پنجم ۹۹
- شکل ۴-۲۸- نمودار پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش پنجم ۱۰۰
- شکل ۴-۲۹- نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام در آزمایش پنجم ۱۰۱
- شکل ۴-۳۰- بررسی عملکرد پیش بینی کوتاه مدت توان ۱۰۲

۱-مقدمه

۱-۱-مقدمه

انرژی یکی از منابع بسیار مهم است که زندگی ما را تحت تاثیر خود قرار می دهد در حال حاضر جهان وابستگی زیادی به سوخت های فسیلی و انواع مختلف انرژی های تجدید ناپذیر دارد استفاده از انرژی های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی نیاز به زمان زیادی برای توسعه تکنولوژی دارد. در حال حاضر بحث مدیریت مصرف انرژی یکی از نیاز های بحرانی کشورهای مختلف جهان است. اهمیت ویژه صرفه جویی در مصرف انرژی در دومارحله عوامل اقتصادی و عوامل محیط زیست طبقه بندی می شود.

۱-۱-۱-عوامل اقتصادی مدیریت مصرف انرژی

صرفه جویی در مصرف انرژی بسیار مهم است و در کلیه سازمان های بشری موثر است. در تمام جهان به عنوان یک ملیت یک شرکت و یا به عنوان یک شخص صرفه جویی در مصرف انرژی هزینه ها را کاهش و بهره وری را افزایش می دهد. یکی از هدف های اصلی در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در هر کشور کاهش نیاز به واردات انرژی می باشد. شرکت های خصوصی هم به هزینه های انرژی حساس هستند که این مسئله سود دهی و حتی موجودیت آنها را در بسیاری از موارد تحت تاثیر قرار می دهد بخصوص کارخانه های صنعتی نگرانی بیشتری از این لحاظ دارند زیرا کاهش هزینه به واسطه مدیریت و صرفه جویی در مصرف انرژی به معنی قیمت های رقابتی تر برای محصولات در بازار جهانی می باشد و این مسئله باعث بهبود تولید ناخالص ملی می گردد.

۲-۱-۱- اثرات محیطی صرفه جویی در مصرف انرژی

صرفه جویی در مصرف انرژی به طور نسبتاً زیادی با مسائل محیط زیستی در ارتباط است. مشکلات گرم شدن کره زمین و شرایط آب و هوایی که به علت افزایش گاز دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای ایجاد می شود به طور قابل توجهی با افزایش مصرف انرژی نسبت مستقیم دارد و کاهش مصرف تا حد زیادی می تواند از تولید گازهای گلخانه ای و افزایش دمای کره زمین جلوگیری نماید [۱].

۲-۱-۲- تعریف مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی

مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی^۱ شامل برنامه ریزی و راهبری واحدهای مصرف و تولید مرتبط با انرژی می باشد اهداف مدیریت مصرف انرژی شامل صرفه جویی در منابع، حفاظت از محیط زیست و صرفه جویی در هزینه ها می باشند درحالیکه مصرف کنندگان به منابع کافی انرژی دسترسی داشته باشند و خللی در کارکرد آنان ایجاد نگردد. با توجه به این تعریف مدیریت مصرف انرژی با مدیریت محیط زیست و مدیریت تولید و حمل و نقل و سایر شاخه های صنعتی و تجاری مرتبط می باشد .

به عبارت دیگر مدیریت انرژی یک فرآیند است که در آن رسیدن به هدف کاهش مصرف انرژی و هزینه ها با توجه به نیاز واقعی مصرف کننده با توجه به عدم تأثیر منفی بر کارکرد آنان دنبال می شود .

در تعریف دیگری مدیریت مصرف انرژی به معنی استفاده آگاهانه و موثر از انرژی برای افزایش سود دهی و کاهش هزینه ها به منظور دستیابی به جایگاه رقابتی می باشد. نکته مهم در مدیریت مصرف انرژی این است که کاهش مصرف باید بدون تأثیر منفی در بازدهی سیستم انجام گردد [۲].

به طور کلی کاهش هزینه ها در مدیریت مصرف انرژی با اعمال روش های زیر بدست می آید:

¹ Energy Management

- محدود نمودن و در صورت امکان حذف مصرف غیر ضروری انرژی
- بهبود بازدهی^۱ به ازای انرژی مصرفی
- خرید انرژی به بهای کمتر
- انجام عملیات مورد نیاز جهت خرید انرژی به بهای کمتر [۳].

۳-۱- نقش فناوری اطلاعات در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی

فناوری اطلاعات بدون هیچ تردید تنها فناوری است که بر چگونگی مصرف انرژی در اقتصاد جهانی تاثیر می گذارد. اگرچه ممکن است فناوری زیستی در قرن ۲۱ تغییرات عمده ای در تولید ترکیبات و محصولات تجدیدپذیر به وجود آورد که این به نوبه خود در فرآیند مصرف انرژی موثر است با این حال نمی تواند جایگزین نقش فناوری اطلاعات در فرآیند بهینه سازی مصرف انرژی گردد. فناوری اطلاعات بر فرآیند مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیر مستقیم تاثیر دارد. به طور مثال فناوری اطلاعات به طور مستقیم در پیشرفت صنایع الکترونیک مرتبط با انرژی تاثیر دارد که این موضوع می تواند بر کاهش مصرف انرژی موثر باشد. در سالهای اخیر تاثیر فناوری اطلاعات در توسعه میکروپروسسور ها و میکرو کنترلر ها توانست باعث به کارگیری تکنولوژیهای جدید در سیستم های کنترل و در نتیجه بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی گردید.

فناوری اطلاعات در زمینه کنترل فرآیندهای صنعتی می تواند به تنهایی یا به صورت ترکیبی با سایر تکنولوژیها در زمینه کنترل و بهینه سازی فرآیندهای صنعتی امکانات زیر را فراهم نماید.

۱- تکنولوژی کنترل : تکنولوژیهای کنترل مکانیکی یا الکترومکانیکی در حال حاضر با سیستم های کنترل الکترونیکی که در کارایی بسیار دقیق تر و همچنین از لحاظ هزینه ارزانتر هستند جایگزین شده است و این سیستم ها قابلیت برنامه ریزی و تغییر عملیاتی سریع متناسب با شرایط مورد نیاز را دارند.

¹ Efficiency

۲- جمع آوری اطلاعات: به وسیله تکنولوژیهای فناوری اطلاعات امکان جمع آوری دقیق و سریع اطلاعات از فرآیند ها فراهم می گردد که باعث بازدهی بیشتر در تولید و کاهش مصرف انرژی می گردد.

۳- ذخیره سازی اطلاعات و پردازش: اطلاعات در حجم بسیار زیاد می تواند ذخیره گردد و بعد از پردازش نتیجه مورد نظر به نمایش در آید افزایش توانایی کامپیوتر ها در سالهای اخیر باعث شده که این فرآیند جمع آوری و پردازش اطلاعات به سهولت انجام گیرد .

۴- ارتباطات داده ای : اطلاعات و دستورالعمل ها و برنامه ها می تواند به سرعت ارسال یا بازیابی شود که این مورد فرآیند کنترل متمرکز را تسهیل می کند همزمان با گسترش کاربرد فناوری اطلاعات در فرآیند های صنعتی سیستم های^۱ SCADA به عنوان زیر مجموعه ای از علم فناوری اطلاعات توسعه یافتند [۴].

۴-۱- تعریف سیستم های SCADA

سیستم های SCADA مخفف Supervisory Control And Data Acquisition می باشد که به معنای اعمال یک سیستم کنترل نظارتی و اکتساب داده های مورد نیاز است. از زمانی که سیستم های کنترل به وجود آمد سیستم های SCADA هم مورد توجه قرار گرفته است. در فرآیند های صنعتی و تولیدی، صنایع کوچک، صنایع همگانی و خصوصی ، معادن و صنایع حساس جهت ارتباط با وسایل و سیستم هایی که در فاصله ای دور از محل کنترل قرار دارند اندازه گیری و سنجش از راه دور مورد توجه قرار می گیرد. این فاصله می تواند از چند متر تا هزاران کیلومتر باشد. لذا از سیستم های سنجش و کنترل از راه دور جهت ارسال برنامه ها و فرامین دریافت اطلاعات پایشی^۳ سیستم استفاده می شود [۵].

¹ Supervisory Control And Data Acquisition

² Telemetry

³ Monitoring

با توجه به توسعه روز افزون علم فناوری اطلاعات و تاثیر آن در توسعه سیستم های SCADA امروزه این سیستم ها نقش بسیار مهمی در بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی دارا می باشند و اعمال یک سیستم مدیریت انرژی موثر بدون استفاده از فناوری اطلاعات امری ناممکن می باشد.

۱-۵- سیستم های SCADA و مدیریت مصرف انرژی

در فرآیند مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در ابتدا متغیر های موثر در مصرف انرژی شناسایی می شود و این متغیر ها جهت تحلیل و بررسی باید تحت پایش دقیق قرار بگیرد و تغییرات آنها بر اساس زمان ثبت گردد. با توجه به اینکه فرآیند مدیریت مصرف انرژی با حجم انبوهی از داده ها مواجه هستیم استفاده از قابلیت های علم فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA در پایش و تحلیل داده های محیطی می تواند بسیار موثر باشد. دقت و سرعت عمل سیستم های SCADA در ثبت متغیر های محیطی می تواند به یک تحلیل و استراتژی دقیق در مورد مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی بیانجامد و رسیدن به اهداف مدیریت مصرف انرژی در کاهش هزینه ها و حفظ محیط زیست با اطمینان بیشتری انجام شود.

۱-۶- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به محدودیت منابع جهانی انرژی لزوم حفظ محیط زیست امروزه در جهان بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است. در کشور ایران هم فعالیت های در زمینه بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی انجام شده است. با توجه به قابلیت های علم فناوری اطلاعات، استفاده از این فناوری در بهبود عملکرد سیستم های مدیریت انرژی ضرورتی انکار ناپذیر است. با توجه به اینکه در زمینه کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت مصرف انرژی در ایران تاکنون فعالیت چشم گیری انجام نشده است لذا انجام تحقیقات در در این زمینه امری لازم و بدیهی است. این تحقیق به جنبه های مختلف کاربرد فناوری اطلاعات و سیستم های نرم افزاری SCADA در مدیریت مصرف انرژی می پردازد و در متن این تحقیق با تکیه بر مستندات آزمایشگاهی یک نمونه کاربردی تحت عنوان مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی کوره های الکتریکی به وسیله سیستم های SCADA ارائه خواهد شد با

توجه به اینکه تجهیزات گرمایشی و بخصوص کوره های الکتریکی در کشور ایران کاربرد زیادی دارند و معمولا دارای مصرف انرژی بالایی هستند نتایج حاصل از این پایان نامه در بهینه سازی مصرف انرژی آنها و کاهش هزینه ها می تواند موثر باشد و همچنین با توجه به راهکارهای ارائه شده در این پایان نامه راه برای افزایش کاربرد این فناوری در سایر زمینه های مدیریت مصرف انرژی در کشور هموار می گردد.

۱-۷-اهداف تحقیق

در این تحقیق مفاهیم و جنبه های مختلف کاربرد فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA در بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی با توجه به تحقیقات انجام شده و مقالات علمی مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد و شناسایی روش های کاربردی مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی بر پایه علم فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA از اهداف اولیه این پژوهش می باشد. در مرحله بعد با توجه به مفاهیم و روشهای مدیریت مصرف یک مدل کاربردی بر مبنای سیستم های SCADA جهت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های الکتریکی طراحی و ارائه می گردد که یکی از اهداف مهم این پژوهش است. در این بخش با اعمال روشهای مختلف مدیریت مصرف انرژی و انجام آزمایشهای مرتبط سعی خواهد گردید که مصرف انرژی الکتریکی و اوج بار مصرفی در مدل آزمایشگاهی تا حد ممکن کاهش یابد و با مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایشات مختلف سعی می شود بهترین روش جهت مدیریت مصرف انرژی در کوره های الکتریکی معرفی گردد بدین ترتیب یکی از اهداف اصلی این پژوهش محقق خواهد شد. در انتهای با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاداتی در مورد بهبود روشها در فعالیت های آینده ارائه خواهد گردید. با توجه به گستردگی کاربرد سیستم های گرمایشی و کوره های الکتریکی در صنایع ایران نتایج بدست آمده در این پژوهش می تواند در بهینه سازی مصرف و کاهش هزینه ها در این صنایع موثر باشد و با کاهش اتلاف انرژی در افزایش بهره وری و حفظ محیط زیست موثر باشد.

۸-۱- مروری بر فصل های پایان نامه

فصل دوم پایان نامه به مبانی نظری تحقیق می پردازد در این فصل تاریخچه و اصول کلی مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد بررسی قرار می گیرد و همچنین نقش فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی و تاریخچه پیدایش سیستم های SCADA و توسعه آن در طول زمان و امکاناتی را که جهت مدیریت و بهینه سازی انرژی در دسترس قرار می دهد مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

فصل سوم تحقیق به بررسی پیشینه پژوهشی می پردازد در این قسمت تحقیقات پیشین در مورد به کارگیری علم فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی و نتایج بدست آمده از این پژوهش ها مورد بررسی قرار می گیرد .

فصل چهارم به بیان روش تحقیق می پردازد در این فصل با توجه به پژوهش های قبلی و راهکارهای ارائه شده یک روش طراحی سیستم های SCADA جهت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع حرارتی و کوره های صنعتی الکتریکی ارائه می گردد و همچنین در این فصل داده ها و نتایج مستند آزمایشگاهی که از سیستم طراحی شده در مرحله قبل بدست آمده بررسی می گردد و نتایج استفاده از هر یک از روشها و تاثیر آن بر روند مصرف انرژی در فرآیند آزمایشی همراه با تحلیل نمودارها ارائه می گردد.

فصل پنجم با توجه به اطلاعات بدست آمده در مراحل قبلی در مورد نتایج بدست آمده در تحقیق بحث می گردد و در انتها پیشنهاداتی جهت اجرای بهینه سیستم های مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی ارائه می گردد.

۲- مبانی نظری تحقیق

۱-۲- مقدمه

این فصل به مبانی نظری تحقیق می پردازد در این فصل تاریخچه و اصول کلی مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد بررسی قرار می گیرد و همچنین نقش فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی و تاریخچه پیدایش سیستم های SCADA و توسعه آن در طول زمان و امکاناتی را که جهت مدیریت و بهینه سازی انرژی در دسترس قرار می دهد مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

۲-۲- تاریخچه مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی

مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی از گذشته های دور تا به حال برای صنعت و تجارت مهم بوده است .موتورهای بخار اولیه بولتون و جیمز وات مزیت رقابتی داشته چون دارای بازدهی بیشتری به نسبت مصرف سوخت بودند در طول جنگ جهانی دوم افزایش راندمان در مصرف سوخت برای جنگ حیاتی بود و صنایع در سالهای پس از جنگ که جهان با کمبود سوخت مواجه بود در پی راه های صرفه جویی در مصرف انرژی بودند .مدیریت انرژی به عنوان یک راهکار مستقل در بحران نفتی سال ۱۹۷۳ به تدریج آشکار شد و در بحران سوخت جهانی در سال ۱۹۷۹ نقش موثری یافت .به طور کلی در تاریخچه مدیریت مصرف انرژی دوره های زیر قابل تشخیص است.

۱-۲-۲- دوره اول: صرفه جویی ۱۹۸۱-۱۹۷۳

پیدایش و شروع به کار گیری مدیریت انرژی در این دوران یک پاسخ فوری به افزایش ناگهانی در بهای مصرف انرژی و کمبود تولید آن بود. در این مرحله با تنوع روشهایی که شرکت های مختلف برای مدیریت انرژی به کار می گرفتند مواجه هستیم و سازمان ها عموماً از مهندسانی که در شاخه های مختلف سازمان مشغول به کار بودند دعوت نمودند که وظیفه مدیریت انرژی در سازمان را بر عهده بگیرند. در آن دوره با توجه به محدودیت فناوری سازمان های کمی دارای سیستم پایش^۱ و هدف گذاری^۲ مصرف انرژی بودند و توافق در نوع روشها کمتر به چشم می آمد. بسیاری از سیستم ها به صورت دستی کنترل می شد و بسیاری از متغیرها مانند شرایط آب و هوایی و خروجی تولید کارخانجات در نظر گرفته نمی شود. بسیاری از تلاش ها در این مرحله به این موضوع خلاصه می شد که برای کاهش مصرف انرژی بسیاری از مصرف کننده ها که نیاز حیاتی به وجود آنها نبود از مدار خارج شوند که این روش روش موثری نبود.

مهندسی که به فعالیت در زمینه مدیریت مصرف انرژی مشغول بودند شروع به سرمایه گذاری در این زمینه کردند و نرخ بازگشت سرمایه^۳ ROI را در این موارد در نظر نمی گرفتند این باعث اختلاف نظر بین کارشناسان فنی و کارشناسان بازرگانی در سازمان می شد و به علت در نظر نگرفتن این متعیر بسیاری از تلاش ها به نتیجه دلخواه از لحاظ اقتصادی نمی انجامید. تامین انرژی در آن زمان توسط منابع دولتی انجام می شد و انرژی مازاد تولید شده توسط بخش خصوصی مورد توجه قرار نمی گرفت. تمامی تلاش ها در این جهت بود که با خاموش کردن هرچه بیشتر دستگا ه ها و لوازم غیر حیاتی مصرف انرژی کاهش یابد .

۱-۲-۲- دوره دوم: مدیریت انرژی ۱۹۹۳-۱۹۸۱

این مرحله مرحله توسعه علم مدیریت مصرف انرژی است در این دوره بود که مدیر انرژی به عنوان یک شغل مطرح گردید و دولت ها از تربیت کارشناسان متخصص در مدیریت انرژی

¹ Monitoring

² Targeting

³ Return Of Investment

حمایت کردند. به تدریج اصطلاح مدیریت انرژی به جای صرفه جویی در مصرف انرژی مطرح گردید و چندین مدل موثر برای مدیریت مصرف انرژی توسعه یافت و در محدوده وسیع اجرا گردید و به تدریج که یک توافق برای چگونگی مدیریت مصرف انرژی پدید آمد. عرضه کامپیوترهای شخصی در اوایل دهه به توسعه مدیریت مصرف انرژی کمک شایانی نمود و برای اولین بار روش های نرم افزاری برای مونیتورینگ و هدف گذاری مصرف انرژی پدید آمد. از روش های دیگر در این دوران توجه به شاخص های بهره وری¹ NPI بود. سیستم های مدیریت ساختمان² BMS در این دوره توسعه پیدا کردند.

۳-۲-۲- دوره سوم: خرید انرژی به بهای کمتر ۲۰۰۰-۱۹۹۳

در این دوره شاهد افول در توسعه روشهای مدیریت مصرف انرژی هستیم که ناشی از کاهش بهای مصرف انرژی در جهان بود بنابراین در این زمان سازمان ها به جای توجه به روشهای مدیریت و صرفه جویی در مصرف انرژی به دنبال خرید انرژی به بهای ارزانتر بودند. در این دوره خرید انرژی به بهای کمتر می توانست ریسک کمتری نسبت به اعمال روشهای مدیریت مصرف انرژی به همراه داشته باشد.

۴-۲-۲- دوره چهارم: توجه به مسائل زیست محیطی ۲۰۱۰-۲۰۰۰

در این دوره دو عامل در توسعه مدیریت مصرف انرژی موثر بود. افزایش بهای انرژی در جهان و لزوم کاهش آلاینده های زیست محیطی عواملی بودند که باعث شد توجه سازمان ها به روش های مدیریت مصرف انرژی معطوف گردد. بسیاری از کشورهای پیشرفته قوانین جدیدی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش آلاینده های زیست محیطی وضع نمودند که از این قوانین می توان به افزایش مالیات جهت مصرف انرژی های تجدید ناپذیر اشاره نمود. در این دوران با توجه

¹ Normalized Performance Index

² Building Management Systems

به نیاز به تهیه انرژی با بهای کمتر برون سپاری^۱ در تامین انرژی مصرفی رواج یافت. در این مرحله فناوری‌هایی که در آن از اطلاعات برخط برای تصمیمگیری های مهندسی استفاده می شد توسعه یافت و این اصل مورد قبول واقع شد که استفاده از این فناوریها می تواند کاهش هزینه ها و افزایش بازدهی گردد.

فناوری اطلاعات با تکیه بر اندازه گیری و کنترل برخط که در توسعه سیستم های SCADA متجلی شد و همچنین امکان کنترل از طریق اینترنت فاصله بین ظرفیت اسمی و بازدهی واقعی صنایع را به نحو محسوسی کاهش داد. همچنین در این دوره تلاشهای بسیاری برای تولید انرژی های نو و برگشت پذیر انجام گردید.

۵-۲-۲- دوره پنجم : فناوری پاک ۲۰۲۰-۲۰۱۰

در این دوره توجه به فناوری پاک جهت تولید انرژی معطوف شده است که از آن ها می توان به تلاشهایی که برای ساخت پیل های سوختی^۲ و تولید انرژی پاک انجام شده است اشاره نمود. همچنین در این دوره تلاشهایی برای استفاده از ابر رساناها^۳ در انتقال انرژی الکتریکی انجام می شود. در این دوره طراحی سیستم های هوشمند^۴ بر مبنای فناوری اطلاعات که بتواند به طور خودکار کنترل یک بخش را بر عهده بگیرد و یا در مواقع ضروری به صورت برخط تصمیم لازم را اتخاذ نماید بسیار مورد توجه قرار گرفته است . در این دوره سعی بر این است که بسیاری از فناوری های جدید تولید انرژی که به علت هزینه بالامقرون به صرفه نبودند به صورت تجاری در بیاید [۶].

¹ Outsourcing

² Fuel Cells

³ Superconductors

⁴ Intelligent Systems

۲-۳- مراحل مدیریت مصرف انرژی

مدیریت مصرف انرژی به طور کلی دارای چهار مرحله زیر است

- مرحله اول: شناسایی فرصت ها
 - مرحله دوم: اولویت گذاری برای انجام فعالیت ها
 - مرحله سوم: به انجام رسانیدن فرآیندها به صورت موفقیت آمیز
 - مرحله چهارم: بازبینی فعالیت ها و در صورت نیاز اصلاح آنها .
- حال در ادامه به تفصیل به هر یک از این موارد می پردازیم .

۱-۳-۲- مرحله اول: شناسایی فرصت ها

قبل از شروع هر فرآیند در مدیریت انرژی باید تمامی فرصت ها شناسایی شوند. در مدیریت مصرف انرژی متغیرهای بیشماری در نظر گرفته می شوند و در انتها آن متغیر هایی که دارای اهمیت بیشتری هستند انتخاب می گردد. بزرگترین خطری که یک مدیر انرژی موفق را تهدید می کند انجام هر فرآیند قبل از دانستن کامل روش ها و راهکار ها می باشد. برای انتخاب بهترین برنامه مدیریت انرژی باید تمامی جوانب در نظر گرفته شود و قبل از آن از صرف هرگونه هزینه خودداری نمود. یک مدیر انرژی^۱ موفق نباید منتظر پیشنهادات بماند باید به صورت فعالانه کلیه راهکارهایی که می تواند به کاهش مصرف انرژی بینجامد در نظر بگیرد که این فرآیند ممیزی انرژی^۲ نامیده می شود. ممیزی انرژی اولین قدم و زیر ساخت کلیه فعالیت های مرتبط با آن است. عدم انجام یک ممیزی انرژی دقیق در مرحله اول به شکست کل طرح مدیریت انرژی می انجامد بنابراین یک ممیز انرژی باید دارای تحصیلات علمی در زمینه مهندسی و دارای تجربه بسیار در این زمینه باشد. یک ممیز انرژی باید بتواند کلیه فرصت ها در مدیریت مصرف انرژی شناسایی نماید .

¹ Energy Manager

² Energy Audit

۲-۳-۲- مرحله دوم: اولویت بندی فعالیت ها

توالی انجام فرآیندها در مدیریت مصرف انرژی نقش بسیار مهمی در بازدهی اقتصادی برنامه مدیریت مصرف انرژی ایفا می نماید. برای اولویت بندی فعالیت ها باید تمامی جنبه ها در نظر گرفته شود و در صورت لزوم درجه اهمیت هر یک از فعالیت ها به صورت مستند و به صورت عددی بیان گردد. در این مرحله توجه به این نکته ضروری است که گرایش فرآیندهای مرتبط با مدیریت مصرف انرژی باید به روش هایی باشد که قبلا موثر بودن آنها اثبات شده است و همچنین توان نیروی انسانی یک سازمان برای انجام یک فرآیند مدیریت انرژی باید در نظر گرفته شود. در مرحله ارزیابی روش ها گاهی نیاز به صرف هزینه می باشد که این هزینه ها در برگشت سرمایه حاصل از فرآیند مدیریت مصرف انرژی جبران می گردد.

۲-۳-۳- مرحله سوم: به انجام رساندن فرآیندها به طور موفقیت آمیز

مرحله سوم انجام دادن هر یک از فرآیندها به صورت موفقیت آمیز است هر فرآیند در مدیریت مصرف انرژی به صورت یک پروژه است که مهارت و دانش و تجهیزات و نیروی انسانی مختص به خودش را نیاز دارد. بنابراین برای انجام هرگونه فعالیت در مدیریت مصرف انرژی موارد فوق برای جلوگیری از شکست پروژه بسیار مهم است .

۲-۳-۴- مرحله چهارم: مرحله بازبینی و اصلاح مستمر

بعد از پیاده سازی یک پروژه مدیریت انرژی قدم بعدی بازبینی و اصلاح مستمر فعالیت ها می باشد . ممکن است اتخاذ یک استراتژی برای مدیریت مصرف انرژی برای مدت کوتاهی موثر باشد و با بازبینی مجدد فرآیند نقاط ضعف آن شناسایی شده و کل فرآیند مورد اصلاح و

بازبینی قرار می‌گیرد و این بازبینی و اصلاح مداوم از شکست پروژه مدیریت مصرف انرژی جلوگیری می‌نماید [۳].

۲-۴- کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی

امروزه در بسیاری از سیستم‌ها برای عملکرد قابل اعتماد و بازدهی بالا از فناوری اطلاعات بهره گرفته می‌شود راه حل‌های فناوری اطلاعات برای مدیریت مصرف انرژی در سالهای اخیر توسعه بسیاری یافته‌اند و با توجه به نیازها و میزان سرمایه‌گذاری مشتریان با امکانات مختلف عرضه می‌شوند. فناوری اطلاعات در برنامه ریزی - نظارت - پایش - کنترل کلیه فعالیت‌هایی که با مدیریت انرژی در ارتباط است نقش مهمی ایفا می‌نماید. بهره‌وری - بازدهی و قابل اتکا بودن و مسائل اقتصادی موضوعاتی هستند که در به‌کارگیری فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌طور کلی کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت مصرف انرژی را می‌توان در شاخه‌های زیر دسته‌بندی نمود [۷].

۱-۴-۲- نقش اینترنت و تجارت الکترونیک در مدیریت مصرف انرژی

اینترنت این فرصت را به مصرف‌کنندگان می‌دهد که بتوانند به راحتی به اطلاعاتی در مورد چگونگی تدارک انرژی دسترسی پیدا کنند. در این رابطه می‌توان به پورتال‌های انرژی^۱ اشاره نمود که توسط شرکت‌های فراهم‌کننده انرژی ایجاد می‌شود و مشتریان می‌توانند با مراجعه به این پورتال‌ها نیازهای خود را تامین نمایند. همچنین مشتریان با دسترسی به پورتال‌هایی که فناوری‌های جدید را ارائه می‌نمایند به آخرین فناوریها در مورد تامین و مدیریت مصرف انرژی دسترسی داشته باشند. از کاربردهای تجارت الکترونیک توسعه برنامه‌های کاربردی در بستر وب برای تامین و تدارک انرژی است. مصرف‌کنندگان به واسطه آن می‌توانند انرژی مورد نیاز خود را با پایین‌ترین قیمت خریداری نمایند. با استفاده از امکانات تجارت الکترونیک می‌توان به صورت برخط به اطلاعات و نمودارهای مربوط به مصرف انرژی دسترسی داشت و و برای

¹ Energy Portals

خرید انرژی به بهای کمتر می توان از امکان تدارک الکترونیکی انرژی استفاده نمود. امروزه با توسعه خدمات بر مبنای وب دسترسی به نرم افزار های مدیریت انرژی با هزینه کمتر امکان پذیر شده است [۷].

۲-۴-۲- مدیریت و برآورد نیاز به مصرف انرژی

مدیریت و برآورد نیاز به مصرف انرژی^۲ به معنای برنامه ریزی، اجراء، کنترل و پایش میزان مصرف انرژی برای تعیین میزان بازدهی انرژی و استفاده از این اطلاعات برای کاهش مصرف انرژی و بهبود کارکرد فرآیندها می باشد. با مدیریت و برآورد نیاز به مصرف انرژی امکان برنامه ریزی کوتاه مدت و بلند مدت برای تامین کنندگان انرژی و طبقه بندی مصرف کنندگان انرژی فراهم می گردد و با استفاده از این اطلاعات می توان برای مصرف کنندگان تعرفه مختلفی وضع نمود و بدین وسیله اوج بار مصرفی را در ساعات پیک مصرف کاهش داد. از دیگر موارد کاربرد فناوری اطلاعات در مدیریت نیاز به مصرف انرژی می توان به راه حل های اندازه گیری اشاره نمود. گردآوری اطلاعات مربوط به مصرف انرژی توسط مشتریان به تولید کنندگان انرژی کمک می کند ارزیابی و برنامه ریزی دقیقی از نیازها داشته باشند و بتواند برنامه ریزی دقیقی را انجام دهند همچنین مشتریان می توانند به اطلاعات مصرف انرژی خودشان به صورت برخط دسترسی داشته باشند. اطلاعات مربوط به مصرف انرژی مشتریان به صورت ماهانه و یا در دوره های کوتاه مدت مانند روز و یا ساعت جمع آوری می گردد. انتقال اطلاعات به مرکز کنترل اصلی به روش های مختلفی صوت می گیرد که شامل شبکه تلفن عمومی^۳ PSTN - شبکه GSM با استفاده از سامانه پیام کوتاه سامانه GPRS^۴ و مودم های رادیویی^۵ و همچنین ارتباطات ماهواره ای^۶ می باشد [۸].

¹ E-Procurement

² Energy Demand

³ Public Switched Telephone Network

⁴ Global System For Mobile Communication

⁵ General Packet Radio Service

⁶ Radio Frequency Modems

⁷ Satelite communication

۳-۴-۲- روشهای کنترل شبکه ای

در بحث مدیریت مصرف انرژی راهبری سیستم ، برنامه ریزی منابع ، اتوماسیون صنعتی و ارتباط تجهیزات از اهمیت ویژه ای برخوردار است . کاهش اتلاف انرژی ، بهبود سیستم توزیع و خدمات مشتری ، افزایش بازدهی و ایمنی سیستم و بهبود فرآیند کنترل از مزیت هایی است که راه حل های شبکه ای فراهم می نمایند راه حل های شبکه شامل موارد زیر هستند .

۱-۳-۴-۲- سیستم های SCADA

سیستم های SCADA یک پایش موثر از سیستم های قدرت را فراهم می کند و با استفاده از آنها اطلاعات مورد نیاز از سیستم گرد آوری می شود. سیستم های SCADA امکان جمع آوری اطلاعات به صورت منظم و تناوبی را از RTU^۱ ها فراهم می نماید. سیستم های SCADA دارای ارتباط شبکه ای داخلی برای افزایش مقدار امنیت هستند و امکان نمایش اطلاعات به صورت نمودار یا به صورت گزارش های در فرمت EXCEL جهت استفاده از بانک های اطلاعاتی فراهم می نماید . با استفاده از اطلاعات بدست آمده از سیستم های SCADA می توان زمان های تعمیر و نگهداری را پیش بینی نمود با استفاده از این امکان میزان بازدهی سیستم افزایش پیدا کرده و از اتلاف انرژی در اثر خرابی و عدم کارکرد صحیح دستگاه ها تا حد بسیار زیادی جلوگیری می شود . با استفاده از سیستم های SCADA مزیت های زیر در مدیریت انرژی فراهم می گردد :

- دسترسی سریع به اطلاعات مصرف انرژی
- بررسی سریع امنیت سیستم قدرت
- تشخیص سریع ناهنجاری ها و مشکلات در صورت بروز آن

¹ Remote Terminal Unit

- گزارش تغییرات ناگهانی
- گزارش تفصیلی با قابلیت انتقال به سایر نرم افزارها و بانک های اطلاعاتی
- فراهم نمودن امکان کنترل فرآیندها و تصمیم گیری مناسب [۷].

۲-۳-۴-۲- سیستم ذخیره سازی اطلاعات تجهیزات

سیستم ذخیره سازی اطلاعات تجهیزات امکانات لازم را برای ذخیره سازی اطلاعات برای تمامی نیازهای عملیاتی سیستم فراهم می نماید که شامل اطلاعات رویدادهای قبلی HIS^۱ می گردد. ذخیره سازی اطلاعات با برچسب گذاری زمانی^۲ صورت می گیرد. با استفاده از روش های داده کاوی^۳ در رویدادهای گذشته ناهنجاری ها و مشکلات به وجود آمده در سیستم مشخص می گردد. و اطلاعات حاصله می تواند دستیابی به یک بانک اطلاعاتی جهت راهبری سیستم را تسهیل نماید.

۲-۳-۴-۳- سیستم مدیریت انرژی^۴ EMS

سیستم مدیریت انرژی برای تولید انرژی الکتریکی و انتقال آن یکی از شاخه های سیستم های SCADA می باشد. این سیستم دارای ابزارهایی جهت آنالیز و شبیه سازی عملیات روزانه می باشد. علاوه بر EMS دارای توابعی هستند که می تواند در مکان هایی که مصرف انرژی نامنظم است تولید و انتقال آن را به بهترین صورت تنظیم نماید به طور کلی EMS ها امکانات زیر را فراهم می نمایند :

- امکان مشاهده سریع وضعیت فعلی سیستم قدرت
- کنترل اتوماتیک تولید انرژی
- آنالیز برخط شبکه توزیع

¹ Historical Information System

² Time Tagging

³ Data Mining

⁴ Energy Management System

- تعیین شرایط کارکرد بهینه
- ایجاد یک محیط امن برای انتقال اطلاعات انرژی
- تهیه یک برنامه زمانبندی برای تولید و توزیع انرژی
- پیش بینی مقدار مصرف انرژی و پارامترهای مرتبط با آن
- امکان شبیه سازی برای آموزش کاربران

۴-۳-۴-۲- سیستم مدیریت تولید انرژی^۲ GMS

سیستم مدیریت تولید انرژی یکی از شاخه های سیستم های SCADA می باشد . این سیستم شامل توابع کنترلی جهت مراکز تولید انرژی می باشد. سیستم مدیریت تولید انرژی با آنالیز انرژی مصرفی روزانه و کنترل سیستم های تولید انرژی این اطمینان را ایجاد می کند که در هر زمان انرژی کافی برای مصرف کنندگان وجود داشته باشد سیستم های GMS علاوه بر قابلیت های سیستم های EMS امکان کنترل مراکز تولید انرژی که در مکان های مختلف قرار دارند از یک سیستم کنترل مرکزی دارا می باشد.

۴-۳-۵- سیستم مدیریت توزیع انرژی^۳ DMS

کاربرد سیستم های مدیریت توزیع در کنترل شبکه های توزیع با و لتاژ متوسط و پایین می باشد. این سیستم ها با استفاده از توابعی وضعیت شبکه و بهترین ساختار عملیاتی را تحت کنترل مستمر قرار می دهند. همچنین در سیستم های DMS یک بخش ارتباط با مشتری تعبیه شده است که در صورت بروز مشکل در هر منطقه با اطلاع رسانی مشتریان سریعاً پرسنل فنی به محلی که مشکل رخ داده است گسیل می شوند تا مشکل را برطرف نمایند [۹].

¹ Simulation

² Generation Management System

³ Distribution Management System

۴-۴-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS^۱ و برنامه های کاربردی مکان محور

سیستم اطلاعات مکان محور یک ابزار قدرتمند برای مدیریت تجهیزات صنعتی مرتبط با انرژی می باشد. برای اینکه بتوان با بازدهی بالا سوخت یا انرژی الکتریکی را به مشتریان رساند امروزه شرکتها بر روی روشهای عملیات مستقیم فعالیت می نمایند و همراه با کاهش هزینه ها کیفیت خدمات به مشتریان را بهبود می بخشند. اطلاعات مکان محور برای طراحی و جهت دهی به ساخت تجهیزات جدید یا بهبود سیستم های فعلی نقش بسیار مهمی دارد. سیستم اطلاعات مکان محور به شرکتها کمک می کند بتوانند به طور سریع به اختلالات در شبکه پاسخ دهند و سریعاً به رفع اشکال در سیستم پرداخته و سطح رضایت مشتریان را افزایش دهند. این برنامه های کاربردی موقعیت مکانی اشکال به وجود آمده را مشخص می نمایند علت به وجود آمدن آن را تعیین می کنند و پرسنل فنی را برای رفع مشکل گسیل می نمایند و وضعیت سیستم بعد از تغییر را نمایش می دهند سرعت عمل و بهبود سیستم رفع عیب رضایت مشتریان را در بردارد. در دهه های اخیر شرکتهای تولید انرژی الکتریکی سیستم های انتقال نیرو را همسو با رشد نیاز به مصرف انرژی گسترش داده اند به عبارت دیگر و با توجه به مسائل زیست محیطی انتخاب مکان مناسب برای اجرا و تاسیس مراکز تولید انرژی دشوار شده است. بررسی هایی مانند انتخاب مکان مناسب و پیدا کردن بهترین مسیر و طراحی بهینه ساختمان و مسیرهای انتقال نیرو و برآورد هزینه آن از مواردی است که به کمک سیستم های GIS مشخص می شود و این اطلاعات به برنامه ریزان و مهندسين کمک می کند که با توجه به برآوردهای مهندسی و مسائل محیط زیستی بهترین مسیر انتقال انرژی را طراحی نمایند و همچنین دسته بندی اطلاعات در بانک های اطلاعاتی آسان تر می گردد. با تکیه بر اطلاعات مکان محور در حوزه انرژی می توان مقدار مصرف انرژی بر حسب مکان را مورد تحلیل و بررسی قرار داد. GIS یک ابزار قوی برای افزایش قدرت تصمیم گیری و مدیریت بهتر زیر ساخت می باشد.

¹ Geographical Information System

² Infrastructure

۱-۴-۲- منابع اطلاعات در سیستم GIS

- دورسنجی^۱: یک تکنولوژی بر پایه تصاویر دریافتی از ماهواره می باشد. اطلاعات در این سیستم بر اساس پردازش تصاویر بدست می آید با استفاده از اطلاعات حاصل از دورسنجی می توان بهترین مسیر را برای نصب دکل ها و خطوط انتقال نیرو مشخص نمود. با استفاده از پردازش تصاویر یک مدل سه بعدی بدست می آید که اطلاعات آن در به وجود آمدن بانک های اطلاعاتی در مورد عوارض سطحی مفید است.
- نقشه برداری با استفاده از پرتو لیزر^۲ LIDAR: دقت اطلاعاتی مکانی که از این روش بدست می آید با اطلاعات حاصل از سیستم موقعیت یاب جهانی^۳ GPS قابل قیاس است. در این روش سرعت اندازه گیری ارتفاع یک مکان نسبت به سایر روشها بیشتر است. با استفاده از اطلاعات بدست آمده از این فناوری می توان محل نصب دکل ها و خطوط انتقال نیرو را با دقت بیشتری مشخص نمود.
- نقشه برداری خودکار^۴ AM: در تهیه نقشه های دیجیتال به وسیله نرم افزار نقش موثری دارد. نقشه های رقومی^۵ حاوی اطلاعات دقیق مکانی و سایر اطلاعات مهندسی مورد نیاز در سیستم های توزیع و انتقال نیرو هستند.
- مدیریت تجهیزات^۶ FM: بعد از تهیه نقشه های رقومی این نقشه ها می تواند جهت مدیریت تجهیزاتی که در مکان های مختلف نصب شده است مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۴-۲- کاربردهای GIS در صنعت انرژی

- بازیابی اطلاعات: با توجه به نقشه های تولید شده به وسیله تکنولوژی AM مشخات تجهیزات نصب شده با حرکت نشانگر و یک کلیک قابل دسترسی خواهد بود همچنین

¹ Remote Sensing

² Light Detection And Ranging

³ Global Positioning System

⁴ Auto Mapping

⁵ Digitized Maps

⁶ Facility Management

با توجه به بانک اطلاعاتی ایجاد شده امکان حذف اجزاء غیر مرتبط و جستجو در نقشه جهت رسیدن به هدف مورد نظر قابل دسترسی می باشد .

- نگهداری و پایش: با تکیه بر اطلاعات موقعیت مکانی در هنگام بروز مشکل در تجهیزات می توان سریعا با در اختیار دادن نقشه محلی که در آن مشکل رخ داده به پرسنل فنی به طور سریع و موثر به رفع آن اقدام نمود.
- تشخیص محل نصب سایت: با تکیه بر اطلاعات حاصل از دورسنجی می توان بهترین موقعیت مکانی برای تاسیس سدهای نیروگاهی مشخص نمود که این اطلاعات رقومی شامل توپوگرافی و مشخصات ساختار زمین شناسی منطقه مورد نظر برای احداث سد می باشد.
- پردازش اطلاعات: پردازش اطلاعات کلیدی برای بهبود بهره وری و کم کردن هزینه های تولید می باشد. تبدیل اطلاعات جغرافیایی به اطلاعات رقومی در شبکه های توزیع برق فوائد بسیاری دارد و کاربران می توانند با یک کلیک ساده بر روی نقاط مورد نظر به کلیه اطلاعات مرتبط با آن مکان به راحتی دست پیدا کنند استفاده توام از فناوریهای GIS و GPS در پایش و آنالیز شبکه توزیع برق سطح بهره وری را در حد قابل توجهی افزایش می دهد [۱۰].

۵-۴-۲- سیستم اطلاعات مشتری^۱ CIS، مدیریت ارتباط مشتری^۲ CRM

بازار انرژی در جهان در سالهای اخیر با تغییرات شدیدی همراه بوده است و برای تامین کنندگان انرژی یک بازار رقابتی برای جذب هرچه بیشتر مشتریان ایجاد شده است. امروزه موفقیت در فروش انرژی در گرو پاسخ سریع به نیاز مشتریان با استفاده از یک برنامه فروش انعطاف پذیر می باشد. در بازار رقابتی غیر از بهای انرژی موارد بسیار مهم دیگری هم باید مورد توجه تامین کنندگان انرژی قرار گیرد. در گذشته در هنگام محاسبات بهای انرژی مصرفی به

¹ Customer Information System

² Customer Relationship Management

نوع مصرف کننده توجه نمی شود فقط بسته به میزان مصرف انرژی بهای آن محاسبه می شد این روش در عمل برای مصرف کننده های بزرگ مانند کارخانجات و صنایع راه حل مناسبی نبود.

سیستم های CIS از چند دهه قبل به عنوان بخشی از صنعت انرژی مطرح بوده اند و طراحی آنها در جهت رفع نیاز در آن دوران بوده است ولی با تغییراتی که در سالهای اخیر در فناوری ، فعالیت های تجاری و ریسک های مرتبط با آن ایجاد شده است سیستم اطلاعات انرژی به تنهایی در دنیای امروز جوابگوی نیازها نیست و با توجه به نیاز های مشتریان افزودن یک سیستم ارتباط با مشتری CRM در سیستم قبلی ضروری می نمود. بنابراین به تدریج مدل CIS به مدل CIS/CRM تبدیل می گردد.

هدف اصلی این سیستم نگهداری مشتریان است زیرا جذب مشتریان جدید هزینه بسیار بیشتری در بردارد برای نیل به این هدف ارتباط با مشتریان باید تقویت شود و از این موضوع اطمینان حاصل گردد که مشتری خدمات مورد نیاز خود را دریافت می کند. با توجه به اینکه در این سیستم دریافت بازخورد مشتری امری ضروری است بنابراین اینترنت نقش مهمی در این فرآیند ایفا می نماید. در این سامانه مشتری می تواند در تمام اوقات با سیستم CRM در ارتباط باشد و در صورت نیاز با اپراتور سیستم ارتباط برقرار نماید و این یکی از قابلیت های بسیار مهمی است که فناوری اطلاعات در اختیار قرار می دهد.

بخش CRM تنها به ارتباط با مشتریان محدود نمی شود بلکه هدف اصلی یکپارچه سازی سیستم ارتباط با مشتری با سایر قسمت ها مثل قسمت برنامه ریزی سازمان می باشد. در واقع اطلاعات حاصل از بخش ارتباط با مشتری در برنامه ریزی استراتژیک سازمان نقش بسیار مهمی ایفا می نماید. همچنین برای مصرف کنندگان بزرگ انرژی مانند صنایع و کارخانجات با استفاده از سیستم اطلاعات انرژی این امکان ایجاد می شود که بتوانند به صورت برخط به هزینه انرژی مصرفی خود در بازه های زمانی مختلف دسترسی داشته باشند [۱۱].

۶-۴-۲- سیستم اطلاعات انرژی EIS

سیستم اطلاعات انرژی برای بخش های مختلف مانند تولید کننده انرژی ، انتقال دهنده انرژی ، مصرف کننده نهایی فواید بسیار زیادی در بر دارد. یک سیستم EIS اطلاعات گوناگونی مانند مقدار مصرف انرژی در یک دوره زمانی مشخص همراه با ارائه نمودار در دسترس مشتریان قرار می دهد و مشتریان می توانند از طریق اینترنت و یا پست الکترونیک از میزان مصرف خود در یک دوره زمانی مطلع شوند. همچنین این اطلاعات جهت برنامه ریزی تامین انرژی در آینده مورد استفاده قرار می گیرد. یکی دیگر از کاربردهای EIS اندازه گیری برخط مقدار مصرف انرژی مشتریان است که به وسیله ارتباط بی سیم و یا ارتباط شبکه ای از طریق اینترنت انجام می شود. با توجه به مقدار مصرف انرژی بهترین روال برای محاسبه بهای انرژی مشتری انتخاب می گردد که این انتخاب هزینه پرداختی انرژی از سمت مشتری را کاهش می دهد و افزایش رضایتمندی او را در بر دارد. با به کار گیری سیستم EIS مشتری به هزینه مصرف انرژی خود به صورت برخط دسترسی دارد.

اطلاعات بدست آمده از طریق سیستم EIS و برای تامین کنندگان و توزیع کنندگان انرژی فواید بسیاری در بر دارد و این شرکت ها می توانند برای آنالیز ریسک^۲ و پیش بینی^۳ مقدار انرژی مورد نیاز استفاده نمایند و همچنین با بررسی اطلاعات مقدار و هزینه انرژی مصرفی امکان قیمت گذاری رقابتی بر روی انرژی جهت جذب مشتریان جدید فراهم می گردد. در یک سیستم EIS پیشرفته غیر از اطلاعات مصرف انرژی توسط مشتریان اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی که در مصرف انرژی موثر هستند مورد توجه قرار می گیرد و با تکیه بر این اطلاعات امکان پیش بینی کوتاه مدت میسر می گردد اطلاعات حاصل از سیستم EIS در شاخه های دیگر مدیریت سازمان مانند نرم افزار های دارایی و هزینه ، مدل های مالی ، گزارش های ماهانه و سالانه و سیستم های برنامه ریزی منابع می تواند مورد استفاده قرار گیرد و سازمان ها می توانند با در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به هزینه انرژی به یک برآورد دقیق از میزان مصرف انرژی به ازای تولید دسترسی داشته باشند و به برنامه ریزی هدفمند در جهت

¹ Energy Information System

² Risk Analysis

³ Forecasting

کاهش مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید بپردازند و راندمان تولید و بهره‌وری را افزایش دهند [۷].

۷-۴-۲- برنامه ریزی منابع انرژی^۱ ERP

یک مجموعه برنامه ریزی منابع انرژی است که جهت مدیریت و شناسایی نیازهای یک سازمان تامین کننده انرژی مناسب می باشد که از بخش های زیر تشکیل می شود :

- مدیریت مواد
- کاربری و نگهداری تجهیزات
- مدیریت منابع انسانی
- صدور صورتحساب مصرف انرژی برای مشتریان
- حسابداری انرژی
- مدیریت سوخت
- مدیریت مالی

در یک سیستم برنامه ریزی منابع انرژی هدف اصلی این است که با یکپارچه سازی بخش های مختلف یک سازمان تولید انرژی به واسطه برنامه های کاربردی بهره‌وری در سازمان افزایش یابد و همراه با کاهش هزینه ها سطح رضایت مندی مشتریان از خدمات آن سازمان افزایش یابد [۹].

۸-۴-۲- ممیزی خریداران انرژی و نرم افزارهای کاربردی

¹ Energy Resource Planning

امروزه شرکت های تامین کننده انرژی قبل از تنظیم قرارداد با مشتریان با تهیه فرم هایی به جمع آوری اطلاعات مربوط به آنها می پردازند که این اطلاعات شامل تعداد ساکنین هر محل ، سن و سایر مشخصات فردی ، محل قرارگیری و توالی استفاده از دستگاه های مصرف کننده انرژی و سایر اطلاعات مورد نیاز در مورد ساختمان و یا سازمان یا صنعتی که تحت بررسی قرار گرفته است می شود. در گذشته این پرسشنامه ها به صورت فرم های کاغذی تهیه می شد ولی با پیشرفت علم فناوری اطلاعات و تولید دستگاه هایی مانند کامپیوتر های جیبی قابل حمل و تلفن های همراه هوشمند با قابلیت اتصال به اینترنت این روند به طور کلی تغییر کرد و فرم های قبلی جای خود را به فرم های الکترونیک دادند. استفاده از تجهیزات جدید به جای فرم های کاغذی مزایای زیر را بر دارد :

- کاهش زمان دستیابی به اطلاعات مورد نیاز
- کاهش خطا در گرد آوری اطلاعات
- امکان انتقال سریع اطلاعات به سایر برنامه های کاربردی

امروزه علاوه بر نرم افزار های ممیزی مصرف انرژی نرم افزارهای دیگری جهت طراحی تجهیزات مصرف کننده انرژی با راندمان بالا وجود دارند. که در طراحی تجهیزات صنعتی و ساختمان های مسکونی و تجاری ، برآورد آلاینده های محیط زیست ، محاسبه هزینه مصرف انرژی کاربرد دارند و در نهایت در افزایش راندمان مصرف انرژی و جلوگیری از اتلاف آن نقش مهمی دارد [۱۰].

۶-۲- بررسی سیستم های SCADA

همانطور که در قسمت مقدمه به آن اشاره شد اصطلاح SCADA مخفف کلمات Supervisory Control AND Data Acquisition به معنی سیستم کنترل نظارتی و اکتساب داده های مورد نیاز می باشد. یک سیستم SCADA از تعدادی واحد سنجش از دور

RTU¹ تشکیل شده که اطلاعات محیطی را گردآوری کرده و به یک مرکز کنترل با پروتکل ارتباطی خاص انتقال می دهد. مرکز کنترل اطلاعات در یافتی را به روشهای مختلف مانند نمودار ، منحنی و یا به صورت عددی برای اپراتور نمایش می دهد و به اپراتور امکان می دهد که بتواند اعمال کنترلی مورد نیاز را به فرآیند اعمال نماید. اطلاعات دقیق و منظم امکان بهینه سازی عملیات در کارخانه یا فرآیند را ایجاد می کند از دیگر مزیت های آن بالابردن سطح اطمینان در عملیات است در مقایسه با سایر روش های غیر خودکار هزینه بسیار کمتری را جهت عملیات در بردارد.

۱-۶-۲- تاریخچه سیستم های SCADA

اصطلاح SCADA از اواسط دهه ۱۹۶۰ با به کار گیری نخستین سیستم های کامپیوتر مرکزی جهت پایش فرآیند های صنعتی متداول شد. در این زمان شرکت های GE^۲ و Westinghouse در آمریکا پردازنده هایی که قابلیت استفاده در سیستم های SCADA را داشت تولید کرده بودند. با توجه به پیچیدگی ساختار نرم افزاری سیستم های SCADA ضرورت استفاده از سیستم های کامپیوتری با قابلیت های بیشتر احساس می شد. بنابراین شرکت های دیگری مانند DEC^۳ و SDS^۴ وارد این عرصه شدند و کامپیوترهایی را به عنوان ایستگاه اصلی^۵ سیستم های SCADA طراحی نمودند. و قابلیت بازخوانی مداوم و پایش اطلاعات ، امکان هشدار و نمایش اطلاعات بر روی نمایشگرهای دیجیتال و ذخیره سازی اطلاعات به طور مداوم به این سیستم ها اضافه شد. بسیاری از سیستم های SCADA بر اساس بازخوانی مداوم اطلاعات از طریق ارسال درخواست از طریق سرور مرکزی و ارسال پاسخ از طرف درگاه های ارتباط از راه دور RTU^۶ عمل می کردند. درگاه های ارتباطی RTU در ابتدا توسط عرضه کنندگان سیستم SCADA توسعه یافته اند. RTU ها از قطعات

¹ Remote Terminal Unit

² General Electric

³ Digital Equipment Company

⁴ Scientific Data Systems

⁵ Master Station

⁶ Remote Terminal Units

الکترونیک که بر روی بردهای مدار چاپی^۱ PCB نصب شده بودند در مکان هایی که لازم بود اطلاعات جمع آوری شود مانند تابلوهای کنترل نصب می شدند از آنجا که RTU ها با سیستم کنترل مرکزی ارتباط مداوم داشتند نیاز به یک پروتکل ارتباطی برای پاسخ سریع ضروری می نمود که دارای امنیت بالایی در انتقال اطلاعات باشد. بنابراین برای اطمینان از رسیدن صحیح اطلاعات هر بسته از کاراکترهای CHECKSUM استفاده می شد. با توجه به لزوم انتقال سریع و امن اطلاعات تلاشهای بسیاری از طرف متخصصین IEEE^۲ جهت استاندارد سازی پروتکل های ارتباطی انجام شد. توسعه درگاه های ارتباطی بر مبنای تکنولوژی میکروپروسسور در ایستگاه مرکزی بسیاری از مشکلات را کاهش داده و یک پردازنده می تواند با RTU ها پی که دارای پروتکل های ارتباطی مختلف هستند در یک زمان ارتباط برقرار نماید. یک ساختار ساده از RTU ها شامل درگاه های ارتباطی، کنترلر منطقی مرکزی^۳، ورودی و خروجی های دیجیتال^۴ و آنالوگ^۵ تشکیل شده است سیستم های SCADA توسعه یافته ممکن است دارای صدها RTU باشند [۱۲].

۲-۶-۲- ساختار سیستم های SCADA

۱- درگاههای ارتباطی که شامل سیستم های RTU^۶ و PLC^۷ که با ادوات حسگر محیطی متصل شده اند و یا دستگاه های دیگری را کنترل می نمایند.

۲- یک سیستم ارتباطی که برای انتقال اطلاعات بین حسگرها سیستم های کنترل و کامپیوترهایی که در مرکز کنترل SCADA هستند استفاده می شود.

۳- یک سیستم سرور مرکزی که به عنوان یک میزبان برای نصب نرم افزار SCADA مورد استفاده قرار می گیرد این سرور MTU^۸ هم نامیده می شود.

¹ Printed Circuit Board

² Institute of Electrical and Electronic Engineers

³ Central Logic Controller

⁴ Digital

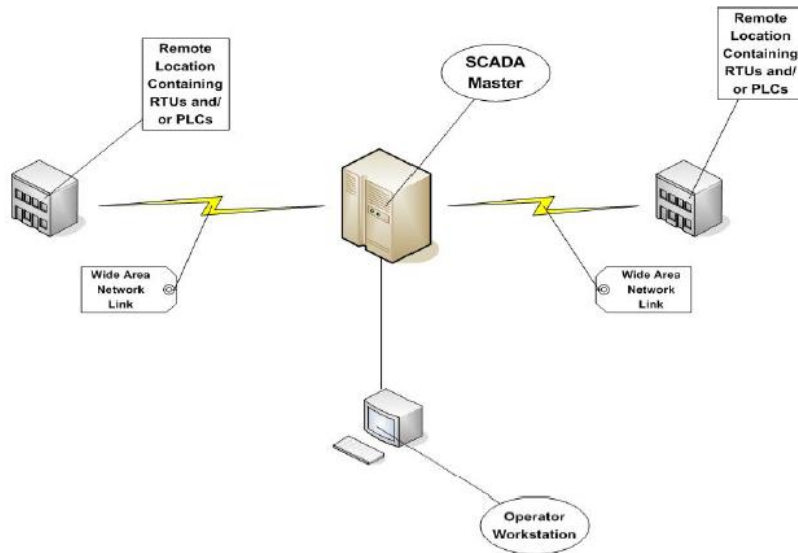
⁵ Analog

⁶ Remote Terminal Unit

⁷ Program Logic Controller

⁸ Master Terminal Unit

۴-درگاه ارتباطی انسان-ماشین^۱ HMI که شامل یک مجموعه از نرم افزارهای سفارشی و یا استاندارد است که ارتباط کاربر را با سیستم میزبان فراهم می کند و از طریق آن کاربر می تواند اطلاعات ناحیه ای را مشاهده کند و یا فرامین کنترلی مورد نیاز را اعمال نماید [۱۳].



شکل ۲-۱- ساختار کلی سیستم های SCADA [۱۳]

۲-۶-۳- عملیات در سیستم های SCADA

در سیستم های SCADA عملیات زیر به طور معمول انجام می گیرد:

- جمع آوری اطلاعات : در این مرحله کلیه اطلاعات محیطی مورد نیاز توسط سیستم های سنجش و سنسور ها اندازه گیری می شود. اطلاعات محیطی شامل گستره وسیعی از پارامترهای فیزیکی مانند دما ، فشار ، شدت جریان ، توان ، ولتاژ و... می

¹ Human Machine Interface

باشد. که در هر مورد به وسیله تجهیزات مشخصی که به منظور سنجش اطلاعات محیطی طراحی شده اند اندازه گیری می گردد.

- انتقال اطلاعات به سایت اصلی یا اتاق کنترل مرکزی : بعد از مرحله اندازه گیری پارامترهای محیطی اطلاعات بدست آمده توسط مبدل های آنالوگ به دیجیتال به صورت اطلاعات رقومی در می آید و تحت پروتکل های مشخص ارتباطی به سایت اصلی انتقال می یابد.
- استخراج آنالیزها و یا کنترل های مورد نیاز: بعد از وارد شدن اطلاعات به سیستم SCADA این اطلاعات مورد پردازش قرار می گیرد و نتایج مورد نیاز از پردازش اطلاعات بدست می آید و در صورت نیاز بر اساس الگوریتم های از پیش تعیین شده فرآیند کنترلی مورد نیاز استنتاج می گردد.
- نشان دادن اطلاعات بر روی مونیتورهای بهره برداران یا نمایشگرها: بعد از مرحله پردازش اطلاعات با توجه به ساختار نرم افزار و شکل برنامه آن اطلاعات مورد نیاز بهره برداران به صورت عددی و یا نمودار نمایش داده می شود .
- در نهایت ارسال اعمال کنترلی مورد نیاز به فرآیند: در مرحله آخر فرآیندهای کنترلی که از مراحل قبلی استنتاج شده است جهت اعمال به سیستم های کنترل ارسال می گردد [۱۳].

۴-۶-۲- مزایای استفاده از سیستم های SCADA

- کامپیوتر می تواند مقدار بسیار زیادی از اطلاعات را ثبت و ذخیره نماید.
- اطلاعات می تواند به هر طریقی که بهره بردار می خواهد نمایش داده شود.
- هزاران حسگر در یک محدوده وسیع می تواند به سیستم متصل گردد.
- بهره بردار می تواند از ترکیب شبیه سازی اطلاعات واقعی سیستم استفاده نماید.
- اطلاعات می تواند در هر جایی بدون محدودیت مکانی دیده شود .

با توجه به مطالب گفته شده در سیستم های SCADA با حجم انبوهی از داده ها مواجه هستیم که باید انتقال یابد و پردازش شود [۱۴].

۵-۶-۲- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت مصرف انرژی

وقتی ازدید صرفه جویی در مصرف انرژی به این موضوع مدیریت انرژی پردازیم ، مدیریت انرژی فرآیند پایش و کنترل و صرفه جویی در مصرف انرژی در سازمان ها و صنعت و منازل مسکونی می باشد. با توجه به این تعریف ما با چهار مرحله در مدیریت انرژی مواجه هستیم :

- اندازه گیری مصرف انرژی و جمع آوری اطلاعات بر اساس یک قانون کلی هرچقدر حجم اطلاعات دریافتی از مصرف کننده زیاد و با جزییات کافی باشد در تصمیم گیری برای کاهش مصرف انرژی نتیجه بهتری را در بردارد. در گذشته با توجه به فناوری های موجود اندازه گیری پارامترهای انرژی در دوره های زمانی طولانی و به وسیله اشخاص انجام می شد که نمی توانست نتیجه و دقت مورد نیاز را در بر داشته باشد و لی با پیشرفت تکنولوژی در سیستم های SCADA این امکان فراهم گردید که بتوان این پارامترها را در بازه های زمانی بسیار کم اندازه گیری و ذخیره نمود. جمع آوری اطلاعات در دوره هایی با فاصله زمانی کمتر، امکان آنالیز دقیق و شناسایی عواملی که باعث هدر رفتن انرژی می شود را تسهیل می کند.
- یافتن فرصت هایی برای کاهش مصرف انرژی. با توجه به اطلاعات بدست آمده از مصرف انرژی و بررسی منحنی ها در یک بازه زمانی می توان زمانهایی را که افزایش ناگهانی مصرف انرژی رخ داده مشخص نمود. و با ارزیابی مصرف کننده های مختلف در آن زمان خاص عوامل افزایش مصرف را شناسایی نمود. سیستم های SCADA این قابلیت را دارا هستند که مقدار مصرف انرژی را در بازه های زمانی کم ثبت نمایند با بررسی نمودار های حاصله در سیستم های SCADA می توان با توجه به زمان رویداد عواملی که باعث مصرف انرژی در یک بازه زمانی می شود را شناسایی نمود و با رفع آن عوامل مصرف انرژی را کاهش داد.

- هدف گذاری فرصت ها برای کاهش مصرف انرژی : فقط شناسایی فرصت ها نمی تواند به صرفه جویی در مصرف انرژی کمک کند بلکه باید این مزیت ها هدف گذاری شوند یعنی باید با تکیه بر اطلاعاتی که از سیستم های SCADA حاصل می شود راه حل های موجود را اولویت بندی کرده و به ترتیب انجام دهیم .
- ارزیابی میزان تاثیر فرایند بر صرفه جویی در مصرف انرژی : هنگامیکه عملیات مورد نیاز جهت صرفه جویی در مصرف انرژی انجام شد باید میزان تاثیر فرآیندها بر کاهش مصرف انرژی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد . با توجه به اینکه سیستم های SCADA قابلیت پایش و کنترل فرآیند ها را دارند با استفاده از این سیستم ها عمل ارزیابی فرآیند را می توان به نحو رضایتبخشی انجام داد [۱۵] .

۷-۲- نتیجه گیری فصل

در این فصل مبانی نظری تحقیق شامل تاریخچه مدیریت مصرف انرژی و مفاهیم آن و جنبه های مختلف کاربرد علم فناوری اطلاعات در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه ضمن تعریف سیستم های SCADA تاریخچه و ساختار این سیستم ها مورد بررسی شد و با توجه با اصول مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی جایگاه سیستم های SCADA در مراحل مختلف مدیریت مصرف انرژی مورد تحلیل قرار گرفت .

۳- پیشینه پژوهشی

۳-۱- مقدمه

در این فصل پیشینه پژوهشی کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی بررسی می گردد و سپس نقاط ضعف و قوت هر روش مورد تحلیل قرار می گیرد و در ادامه روش هایی که جهت انجام این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند و دلایل استفاده از این روش ها مورد بررسی قرار می گیرد .

۳-۲- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف

انرژی

(Fisher,2010) [۱۶] نقش سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی را به صورت زیر بیان می کند :

۳-۲-۱- صرف جویی در مصرف انرژی

۳-۲-۱ صرفه جویی در مصرف انرژی به صورت مستقیم

- کاهش هزینه برق مصرفی
- کاهش هزینه سوخت مصرفی

۳-۲-۲- صرفه جویی در مصرف انرژی به صورت غیر مستقیم

- کاهش هزینه های پرسنلی و نیروی کار
- کاهش هزینه مواد اولیه مورد نیاز

۳-۲-۲- کاربرد سیستم های SCADA برای افزایش بازدهی سازمان

- کاهش در تعداد کارکنان
- شناسایی سریع مشکلات سیستم

- افزایش طول عمر دستگاه ها

۳-۲-۳- مزایای صرفه جویی در مصرف انرژی

- کاهش هزینه ها :
 - هزینه های مستقیم
 - هزینه های نیروی انسانی
 - هزینه های غیر مستقیم
- کاهش اثرات مخرب زیست محیطی :
 - کارخانه های تولید انرژی
 - سیستم های انتقال و توزیع
 - کاهش مصرف سوخت های فسیلی (گازطبیعی - نفت - ذغال سنگ) [۱۶].

۳-۲-۴- آنالیز ROI:

(Enrenreich,2005) [۱۷] آنالیز ROI را به عنوان یکی از موارد مهم مورد بررسی قرار می دهد.

یکی از موارد بسیار مهم در بکار گیری سیستم های SCADA آنالیز ROI^۱ ضریب بازگشت سرمایه می باشد در این آنالیز جهت سیستم های SCADA موارد زیر مورد توجه قرار می گیرد:

- هزینه سرمایه یا Capital Cost که در آن نرخ بهره سرمایه گذاری مد نظر است .
- استهلاک سالانه Annual Depreciation که در آن استهلاک سالانه زیر ساخت و تجهیزات سیستم SCADA مورد توجه قرار می گیرد .

¹ Return Of Investment

- هزینه های عملیاتی Operating Cost که شامل کلیه هزینه های عملیاتی مانند دستمزد نیروی انسانی مورد نیاز جهت اجراء و نصب سیستم و هزینه آموزش کاربران و هزینه حمل و نقل و نگهداری می گردد .

- اطمینان به تامین Supply Reliability این عامل هردو موضوع فواید عملیاتی و اقتصادی سیستم های SCADA را به طور همزمان مورد توجه قرار می دهد [۱۷].

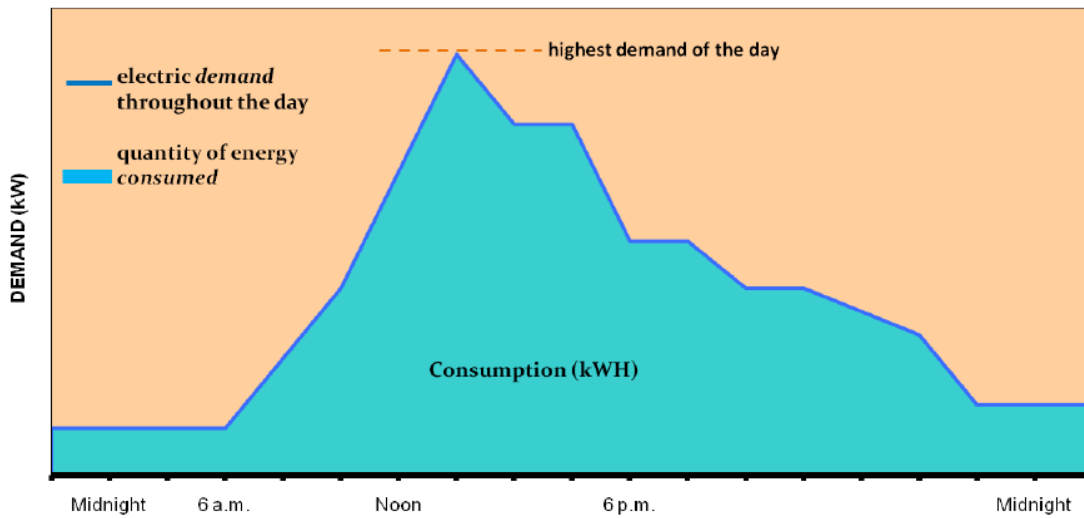
۳-۳-۳- مراحل و روش های مدیریت مصرف انرژی با استفاده از سیستم های SCADA

۱-۳-۳- آنالیز و بررسی دقیق میزان مصرف انرژی و اوج بار مصرفی :

(Pricket et.al, 2011) [۱۸] اندازه گیری و ثبت میزان مصرف انرژی و اوج بار به وسیله سیستم های SCADA را به عنوان یکی از موارد مهم در مدیریت مصرف انرژی بیان می کند. یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت مصرف انرژی کاهش اوج بار مصرفی یا Demand می باشد. در محاسبه تعرفه برق مصرفی برای مشترکین عبور از حد مشخص مصرفی مجاز که از قبل تعریف شده می تواند هزینه انرژی مصرفی را تا حد زیادی افزایش دهد. سیستم های SCADA در مدیریت اوج بار مصرفی در موارد زیر به کار گرفته می شود :

- کنترل مداوم اوج بار مصرفی : با استفاده از سیستم های SCADA و آنالیزر های انرژی می توان مقدار مصرف انرژی را تحت پایش و اندازه گیری مداوم قرارداد . در سیستم های SCADA می توان یک سقف معین برای اوج بار تعریف نمود . هنگامی که میزان مصرف انرژی به حدکثر مقدار مجاز نزدیک شود با اجرا نمودن فرامین کنترلی و از مدار خارج کردن سیستم های غیر ضروری می توان مقدار

حداکثر مصرف را کاهش داد که این عمل باعث خارج شدن سیستم از اوج مصرف بار و کاهش هزینه انرژی مصرفی می گردد (شکل ۳). همچنین از دیگر راه حل های موجود استفاده از سیستم های ژنراتور STAND BY می باشد که در مواقع ضروری وارد مدار می شود و با کاهش بار مصرف از شبکه باعث کاهش Demand می گردد [۱۶,۱۸].



شکل ۳-۱- کاربرد سیستم های SCADA در کنترل اوج بار مصرفی Demand [۱۶]

برنامه زمانی برای کاهش مصرف در هنگام لزوم: با توجه به اینکه با توجه به شرایط زمانی کم باری و میان باری و اوج بار تعرفه برق مصرفی متغیر است با بهره گیری از سیستم های SCADA می توان برنامه کاری تجهیزات مختلف در مراکز مصرف کننده را با توجه به این شرایط تعیین نمود. به عنوان مثال با استفاده از سیستم SCADA زمان روشن بودن تجهیزات پر مصرف را می توان به گونه ای تنظیم نمود که از کارکرد همزمان آنها جلوگیری و در نتیجه اوج بار مصرف کاهش یابد [۱۸].

۲-۳-۳- آنالیز و اندازه گیری سایر داده های مورد نیاز در مدیریت مصرف انرژی:

(Pechmann et.al, 2012) [۱۹] اندازه گیری مداوم پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی را به عنوان یک اصل در مدیریت انرژی بیان می کند. دومین مرحله از کاربرد سیستم های SCADA اندازه گیری و پایش سایر پارامترهای موثر در مصرف انرژی می باشد مانند ولتاژ

و شدت جریان و بار راکتیو. اندازه گیری و پایش این پارامترها باعث می شود مشکلات احتمالی در سیستم که باعث هدر رفتن مصرف انرژی است به سرعت شناسایی و رفع گردد. به طور مثال مشکل افزایش بار راکتیو که می تواند ناشی از عدم کارکرد صحیح سیستم های کنترل بار راکتیو باشد به وسیله سیستم های پایش SCADA این مسئله تشخیص داده می شود و در رفع مشکل به وجود آمده در سیستم کمک بسیاری می نماید [۱۹].

۴-۳- کاربرد سیستم های SCADA در افزایش راندمان

(Enrenreich,2005) [۱۷] اهمیت اندازه گیری راندمان^۱ در مدیریت مصرف انرژی را بیان می کند و تاثیر به کارگیری سیستم های SCADA در کاهش مصرف انرژی در پمپ های آبرسان را مورد بررسی قرار می دهد.

یکی از پارامترهای تاثیر گذار بر مدیریت مصرف انرژی پایش و اندازه گیری راندمان مصرف انرژی بر روی سیستم های SCADA می باشد. راندمان انرژی نسبت خروجی سیستم به مصرف انرژی می باشد.

$$\text{Energy efficiency} = (\text{System output} / \text{Energy consumption}) \quad (3-1)$$

محاسبه راندمان مصرف انرژی با استفاده از پایش پارامترهای میزان خروجی و میزان انرژی مصرفی میسر می شود و به ما کمک می کند بهترین شرایط کارکرد سیستم را تشخیص دهیم. در مدیریت انرژی بهترین شرایط کارکرد سیستم حالتی است که به ازای هر واحد از انرژی مصرفی سیستم بیشترین خروجی را داشته باشد. اندازه گیری راندمان به دو روش صورت می گیرد.

- اندازه گیری راندمان سیستم به صورت لحظه ای : این اطلاعات در انتخاب بهترین شرایط کارکرد سیستم مورد استفاده قرار می گیرد.

¹ Efficiency

- اندازه گیری راندمان دستگاه به صورت دوره ای :این اطلاعات در بازشناسی مشکلاتی که باعث کاهش راندمان شده اند و برنامه ریزی برای نگهداری و تعمیرات دوره ای سیستم کمک بسیاری می نماید [۱۷].

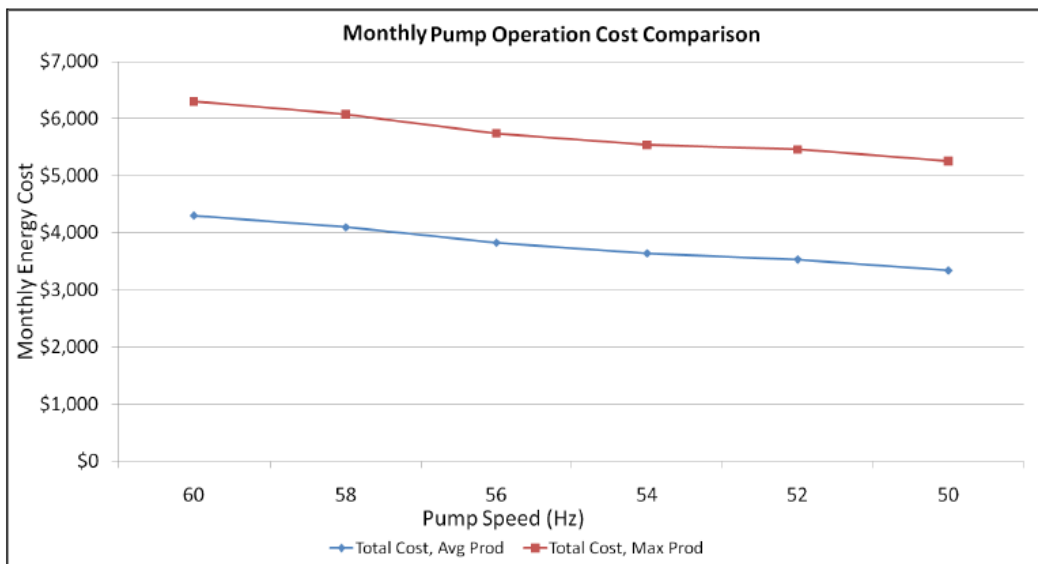
یکی از جنبه های کاربردی سیستم های SCADA افزایش راندمان کار کرد تجهیزات می باشد راندمان یه مصرف کننده انرژی عبارتست از نسبت خروجی سیستم به مصرف انرژی آن به طور مثال اگر قسمت تاسیسات یک سازمان را مورد توجه قرار دهیم راندمان پمپ های آبرسان عبارتست از نسبت دبی آب خروجی به میزان مصرف انرژی در مورد این مثال با استفاده از سیستم های SCADA بعد از پایش انرژی مصرفی و دبی آب مصرفی با استفاده از الگوریتم های کنترلی می توان فرامین لازم را به سیستم های کنترل دور پمپ ها ارسال نمود و راندمان سیستم را در شرایط بهینه قرار داد قرار گرفتن راندمان در شرایط بهینه به معنی افزایش خروجی به ازای مصرف انرژی می باشد که باعث کاهش انرژی مصرفی و استهلاک تجهیزات می گردد. کنترل راندمان در سیستم های SCADA به صورت گروهی انجام می شود مثلاً هنگامی که در سیستم چندین پمپ وجود داشته باشد با استفاده از سیستم های کنترل دور ظرفیت پمپ بر اساس راندمان بهینه تنظیم می گردد و افت در دبی مورد نیاز با وارد کردن سایر پمپ ها در مدار جبران می گردد [۱۷] (شکل ۳-۲).

Pump 10		Motor Data: 250HP, 1780 RPM, 0.839 PF, 95.4% EFF, NEMA Des B		
Speed (Hz)	kW Reading	Flow	GPM/kW	
(from Mitsubishi VFD)	(from Mitsubishi VFD)	(from Sta flowmeter)	(calculated)	
60	167.8	1275	7.60	
58	151.1	1161	7.68	
56	132.5	1049	7.92	
54	117	935	7.99	
52	103.5	815	7.87	
50	86.5	685	7.92	
48	lost flow at this speed			
			kW Savings 50.8	
System pressure before testing, 55.1 PSI				
System pressure after testing, 58 PSI				

شکل ۳-۲- افزایش راندمان پمپ های آبرسان با استفاده از اطلاعات حاصل از سیستم های

[۱۷] SCADA

همانطور که در جدول مشاهده می شود کارکرد پمپ در فرکانس ۵۴ هرتز بیشترین راندمان خروجی را در بر دارد . افزایش راندمان باعث کاهش مصرف انرژی و هزینه های آن می گردد در نمودار شکل ۳-۳- تاثیر کاهش در پمپ ها بر کاهش هزینه مصرف انرژی نمایش داده شده است.



شکل ۳-۳- کاهش هزینه انرژی ماهیانه در اثر افزایش راندمان پمپ ها به وسیله سیستم های SCADA [۱۷]

۳-۵- زمان بندی کارکرد مصرف کننده ها به وسیله سیستم های SCADA

(Fisher,2010) [۱۶] بر نقش زمانبندی کارکرد مصرف کننده ها بر کاهش مصرف انرژی تاکید می کند. پایش و اندازه گیری اطلاعات مربوط به مصرف انرژی راندمان و سایر پارامترها می تواند بستر مناسبی را جهت برنامه ریزی کارکرد مصرف کننده های مختلف فراهم نماید به طور مثال در هنگام اوج مصرف می توان مصرف کننده های با راندمان بالاتر را وارد چرخه مصرف نمود و مصرف کننده های با راندمان کمتر را از مدار خارج نمود که این امر باعث کاهش بیشینه مصرف و کاهش هزینه های مصرف انرژی می گردد [۱۶].

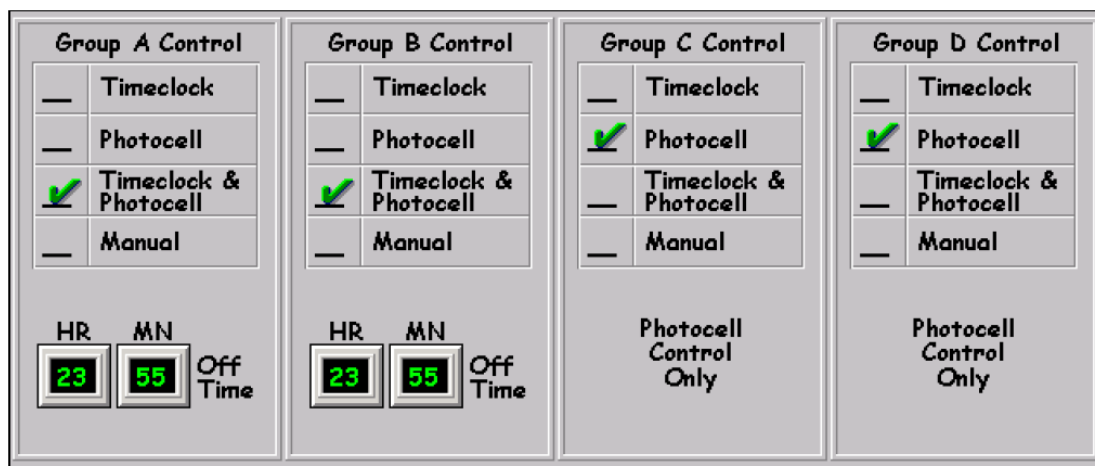
۶-۳- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم های روشنایی

(Figueiredoa et.al, 2012) [۲۰] روش های مختلف کاربرد سیستم های SCADA در سیستم های مدیریت ساختمان^۱ BMS و سیستم های روشنایی مورد بررسی قرار داده است یکی از مصرف کننده های مهم انرژی الکتریکی در سازمانها سیستم های روشنایی می باشد. در مورد سیستم کنترل روشنایی در بخش های مختلف یک سازمان را میتوان به سه دسته مختلف تقسیم بندی نمود :

- بخش هایی که باید با توجه به میزان نور روشنایی آنها تنظیم گردد مانند راهرو ها ی عمومی در این قسمت ها به وسیله سنسورهای فتوالکتریک که حساس به نور هستند سیستم روشنایی کنترل می گردد. همچنین در قسمت هایی که رفت و آمد کمی به آنها وجود دارد و همچنین راه پله ها می توان از سنسورهای مادون قرمز حساس به حرارت بدن انسان استفاده نمود که در هنگام عبور یا حضور یک شخص آن قسمت را روشن می کنند.
- بخش هایی که با توجه به ساعت کاری روزانه باید روشنایی آنها تامین شود مانند بخش های اداری که با توجه به بازه زمانی روشنایی آنها تامین می گردد.
- بخش هایی که هم به وسیله سنسورهای نوری و هم با استفاده از برنامه زمانی روشنایی آنها تامین می گردد در سازمان ها برخی از قسمت ها ساعات کاری مشخصی دارند ولی با توجه به اینکه در قسمتی از ساعات کاری می توانند از روشنایی طبیعی بهره ببرند بنابراین برای کنترل روشنایی در این قسمت ها استفاده توام از برنامه زمانی و سنسورهای فتوالکتریک مناسب می باشد [۲۰].

با استفاده از سیستم های SCADA در این مراکز می توان جهت کارکرد سیستم های روشنایی برنامه ریزی نمود که با توجه به کاهش زمان کلی روشن بودن سیستم های روشنایی مصرف انرژی کاهش می یابد (شکل ۳-۴-).

¹ Building Management System



شکل ۳-۴- کاربرد سیستم های SCADA در کنترل سیستم روشنایی [۲۰]

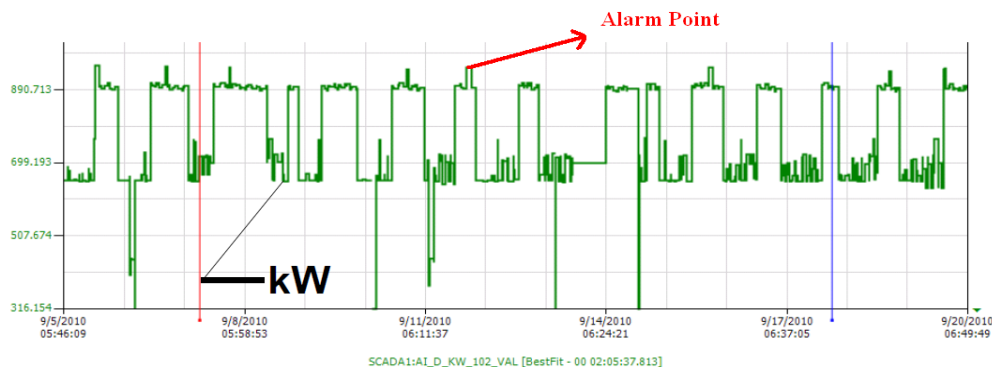
۷-۳- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت و کنترل تجهیزات

(Nicolic et.al, 2010) [۲۱] نقش سیستم های تصمیم گیری هوشمند در سیستم های SCADA در مدیریت و کنترل تجهیزات بررسی کرده است. با استفاده از سیستم های SCADA می توان بسیاری از تجهیزات را به صورت متمرکز کنترل نمود که این امر باعث کاهش نیاز به نیروی انسانی جهت کنترل کارکرد تجهیزات و همچنین بهبود کارکرد آنها می گردد از جمله موارد کاربردی می توان به کاربرد سیستم های SCADA در کنترل سیستم های تهویه مطبوع-سیستم های روشنایی-تاسیسات اشاره نمود. همچنین با به کار گیری روشهای کنترلی خاص و سیستم های تصمیم گیری هوشمند می توان مصرف انرژی را در دستگاه های پرمصرف کاهش داد که شامل اعمال الگوریتم های کنترلی بر فرآیند می گردد. [۲۱].

۸-۳- کاربرد سیستم های SCADA در سازماندهی پرسنل فنی

- ارائه برنامه زمان بندی برای سرویس تجهیزات: با بررسی نمودارهای انرژی مصرفی و راندمان برای تجهیزات مختلف می توان یک برنامه زمانبندی برای نگهداری و سرویس این تجهیزات تعیین نمود. به طور مثال هنگامی که مصرف انرژی یک دستگاه از میانگین مصرف قبلی به طور ناگهانی یا تدریجی افزایش می یابد می توان به علت بروز یک مشکل در کارکرد دستگاه باشد سیستم های SCADA با پایش مداوم

انرژی مصرفی دستگاه ها مختلف می تواند این موارد را به طور خودکار تشخیص دهد و پرسنل فنی را در مورد وقوع مشکل و یا نزدیک شدن زمان سرویس یک دستگاه قبلا از اینکه آن دستگاه کاملا از کار بیفتد مطلع سازد. با اجرای برنامه نگهداری منظم به کمک سیستم SCADA می توان از افزایش و هدر رفتن انرژی که به علت خرابی دستگاه ها به وجود می آید جلوگیری نمود [۲۱]. (شکل ۳-۵-)



شکل ۳-۵- کاربرد سیستم های SCADA در پایش مداوم انرژی و اعلام هشدار به اپراتور [۲۱]

- (Ozdemir&Karacor,2006) [۲۲] در رابطه با امکان ایجاد یک سیستم SCADA بر مبنای تلفن همراه و ارسال هشدار در هنگام بروز مشکل همراه با اعلام نوع آن روش هایی را ارائه نموده اند یکی از قابلیت های مهم سیستم های SCADA امکان اعلام هشدار به اپراتور در هنگام بروز مشکل در سیستم است که این اعلام هشدار می تواند به صورت آلام های صوتی و یا نوری و یا به وسیله ارسال پیام کوتاه به پرسنل فنی در هنگام بروز مشکل باشد [۲۲] بر اساس شرایط کاری سیستم می توان در سیستم SCADA این آلام ها را تعریف نمود.

۹-۳- کاربرد سیستم های SCADA در کاهش استهلاک تجهیزات

(Fisher,2010) [۱۶] کاربرد سیستم های SCADA در کاهش استهلاک تجهیزات را مورد بررسی قرار داده است .

۱-۹-۳- کاهش استهلاک تجهیزات با کم کردن حجم کاری

همانطور که قبلا عنوان شد با به کار گیری سیستم های SCADA و برنامه زمان بندی می توان حجم کاری تجهیزات را کاهش داد با کاهش حجم کار تجهیزات استهلاک آنها کاهش پیدا می کند و از این طریق مقدار هزینه های استهلاک سالانه در سازمان کاهش پیدا می کند. همچنین با استفاده از قابلیت های سیستم های SCADA در تشخیص به موقع عیوب احتمالی و با انجام تعمیرات به موقع از تحمیل هزینه های سنگین و فرسودگی و از رده خارج شدن تجهیزات تا مقدار بسیار زیادی جلوگیری می نماید [۱۶].

۲-۹-۳- کاهش استهلاک با اعمال روشهای کنترلی

با استفاده از الگوریتم های هوشمند کنترلی که با استفاده از سیستم های SCADA قابل اجرا است کارکرد سیستم ها بهینه سازی می شود و در نتیجه از کارکرد مداوم تجهیزات در حداکثر ظرفیت جلوگیری به عمل می آید و باعث کاهش استهلاک و صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد [۱۶].

۱۰-۳- کاربرد سیستم های SCADA در صنعت برق

(Pricket et.al, 2011) [۱۸] کاربرد سیستم های SCADA در صنعت برق را مورد بررسی قرار داده است .

۱-۱۰-۳- کاربرد سیستم های SCADA در افزایش راندمان نیروگاه های برق

یکی از کاربرد های مهم سیستم ها SCADA افزایش راندمان در نیروگاه های برق می باشد. پایش دقیق اطلاعات حاصل از سیستم و اعمال واکنش مورد نیاز به صورت خودکار از مزایای به کاری سیستم های SCADA در سیستم های نیروگاهی می باشد. با به کار گیری سیستم های SCADA به سرعت و دقت می توان عواملی را که باعث کاهش راندمان تولید می شود شناسایی نمود و با اعمال واکنش مناسب آنها در جهت بهینه سازی راندمان

اصلاح نمود. در مورد سیستم های نیروگاهی با پایش دقیق پارامترهای مربوط به برجهای خنک کننده، ژنراتورها، توربین ها و بویلرها مشکلات به طور سریع و دقیق شناسایی شده و با اعمال فرآیند کنترلی لازم از کاهش راندمان کل سیستم جلوگیری می گردد [۱۸].

۲-۱۰-۳- کاربرد سیستم های SCADA در ایجاد شبکه های هوشمند و بهبود راندمان شبکه برق سراسری

(Bruneo & Cucinotta, 2012) [۲۳] توسعه سیستم های SCADA بر اساس شبکه های هوشمند با استفاده از حسگرهای بیسیم WSN را مورد بررسی قرار داده اند در حال حاضر بسیاری از کشور های جهان شبکه تولید برق خود را بر مبنای شبکه های هوشمند توسعه می دهند. توسعه شبکه های هوشمند شاخص های امنیت، قابل اعتماد بودن، راندمان، آلاینده گی کمتر، تمرکز و انعطاف را برای زنجیره تامین نیروی برق بهبود می بخشد. در این فرآیند هوشمند سازی، فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA دارای نقش بسیار موثری می باشند. با توجه به گستره وسیع اطلاعات در شبکه سراسری تولید نیرو استفاده از شبکه حسگرهای بی سیم WSN در سیستم های SCADA توسعه یافته است [۲۳].

۱۱-۳- کاربرد منطق فازی و هوش مصنوعی در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی

۱-۱۱-۳- استفاده از هوش مصنوعی در پیش بینی میزان مصرف انرژی

(Liang & Cheng, 2002) [۲۴] امکان استفاده از منطق فازی و شبکه های عصبی^۱ را در پیش بینی مقدار مصرف مورد توجه قرار داده اند. با توجه به عوامل بسیار زیادی که می تواند در مصرف انرژی موثر باشد برآزش یک مدل فازی به رویداد ها و تعیین قواعد آن کار دشواری می باشد لذا در سالهای اخیر استفاده از شبکه های عصبی در مدل سازی فازی مورد توجه قرار

¹ Neural Networks

گرفته است که به روشهای Neuro-Fuzzy موسوم هستند. در این روش ابتدا داده های ورودی به وسیله آنالیز پیرسون مورد بررسی قرار می گیرد و پارامترهایی که تاثیر بیشتری بر فرآیند مصرف انرژی دارند انتخاب می شوند. در مراحل بعدی جهت مشخص نمودن توابع فازی و استنتاج فازی و فرآیند غیر فازی سازی^۱ بر مبنای الگوریتم های هوش مصنوعی صورت می گیرد. نتایج حاصل از این روش در مقایسه با سایر روشهایی که در آنها از منطق فازی و یا شبکه های عصبی به طور مجزا استفاده می شود خطای کمتری را در پی دارد [۲۴].

۲-۱۱-۳- بهره گیری از منطق فازی برای پیش بینی میزان مصرف انرژی

(Ismail & Mansor, 2012) [۲۵] استفاده از منطق فازی جهت پیش بینی مقدار توان مصرفی را مورد بررسی قرار داده اند معمولا پیش بینی میزان مصرف انرژی در چهار قالب زمانی مختلف انجام می شود که عبارتند از

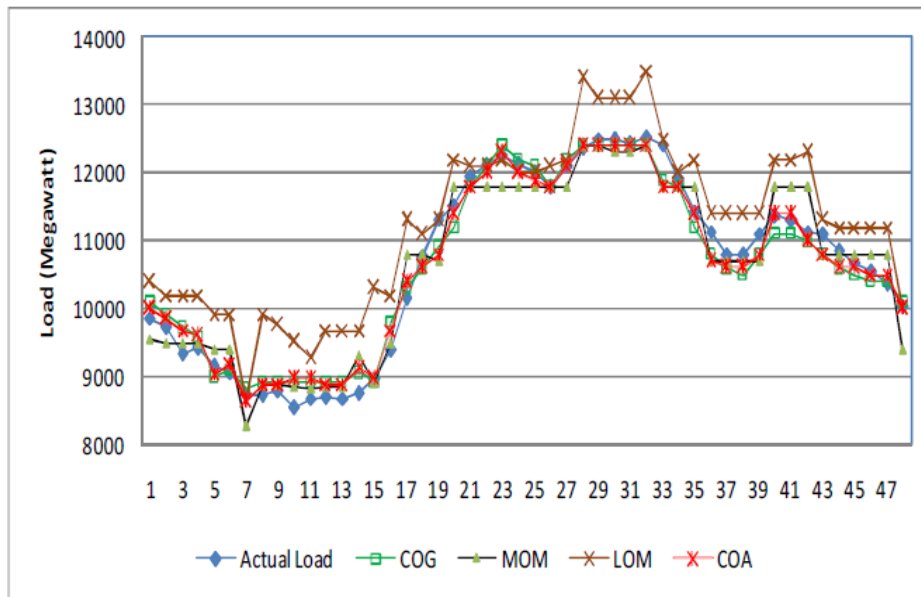
- پیش بینی آنی بازه زمانی پیش بینی یک ساعت تا یک روز آینده
- پیش بینی کوتاه مدت بازه زمانی پیش بینی بین یک روز تا یک هفته آینده
- پیش بینی میان مدت بازه زمانی بین یک تا چند ماه آینده
- پیش بینی بلند مدت بازه زمانی یک یا چند سال آینده

در میان میان پیش بینی کوتاه مدت مصرف انرژی برای تامین کنندگان انرژی بسیار مهم است و می تواند در برنامه ریزی فنی و مالی آنها بسیار موثر باشد. برای پیش بینی کوتاه مدت مصرف انرژی می توان از منطق فازی استفاده نمود. در این روش ابتدا پارامترهای موثر در پروسه شناسایی می شود به طور مثال جهت مصرف انرژی منازل مسکونی در طول سال دمای محیط بیرون می تواند یک متغیر موثر باشد. در این روش با استفاده از توابع تعلق و شرایط از قبل تعیین شده مدل فازی و تابع آن مشخص می شود و در ادامه با استفاده از مقادیر بدست آمده از استنتاج فازی برای هر متغیر و فرآیند غیر فازی سازی میزان مصرف انرژی برای دوره های زمانی آینده پیش بینی می گردد. این فرآیند به روشهای زیر صورت می گیرد:

- روش COG (مرکز ثقل)

¹ Defuzzification

- روش COA (مرکز سطح)
- روش MAXIMA (بیشینه) که خود دارای سه زیرشاخه زیر است :
 - FOM (بیشینه اولیه)
 - MOM (بیشینه میانی)
 - LOM (بیشینه نهایی)



شکل ۳-۶- کاربرد منطق فازی در پیش بینی مقدار مصرف انرژی [۲۵]

با توجه به نتایج بدست آمده از روشهای فوق مشخص شده که نتایج پیش بینی حاصل شده از روش COA جهت پیش بینی مصرف دقیق تر و با خطای کمتری همراه است [۲۵].

۱۲-۳- کاربرد منطق فازی در کاهش مصرف انرژی در کوره های صنعتی

(Dequan et.al , 2012) [۲۶] کاربرد منطق فازی در کاهش مصرف انرژی در کوره های صنعتی را مورد بررسی قرار داده است. با توجه به اینکه یکی از مصرف کننده های عمده انرژی در صنایع کوره های صنعتی هستند امروزه سعی می شود با تکیه بر روش های فناوری اطلاعات مصرف انرژی در این نوع سیستم ها کاهش یابد. یکی از روشهایی که در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است منطق فازی می باشد. بر طبق نتایج حاصل از تحقیقات مشخص

شده است که استفاده از منطق فازی جهت الگوریتم های کنترلی در مقایسه با روشهای مرسوم مانند الگوریتم PID خطای کمتری را در بردارد و نوسانات مداوم درجه حرارت تا متعادل شدن سیستم را به نحو محسوسی کاهش می دهد. کم شدن نوسانات حرارتی کاهش مصرف انرژی را در پی دارد. در سالهای اخیر تحقیقاتی بر روی امکان محاسبه خودکار پارامترهای PID به وسیله منطق فازی صورت گرفته است در این روش که به سیستم FUZZY PID موسوم است از تلفیق مزیت های روش های PID و FUZZY سیستم کنترلی طراحی می شود که نسبت به هر دو روش دارای خطای کمتری است و همدمای سریعیتر حاصل می گردد [۲۶].

۱۳-۳- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم های مرتبط با دما

۱-۱۳-۳- کاربرد سیستم های SCADA در مدیریت سیستم های گرمایشی

(Wang, 2009) [۲۷] تاثیر کاربرد سیستم های SCADA در کاهش مصرف انرژی در سیستم های گرمایشی و سرمایشی را مورد بررسی قرار داده است. فرآیندهای حرارتی و گرمایشی سهم قابل توجهی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهند. امروزه جهت گرمایش منازل مسکونی و سازمان ها از سیستم گرمایش مرکزی استفاده می شود. از چالش های انرژی سیستم گرمایش مرکزی تفاوت نیاز به انرژی گرمایی در مصرف کنندگان مختلف می باشد. با به کار گیری سیستم های SCADA و متغیرهای موثر در مصرف انرژی برای هر مصرف کننده ثبت می گردد و با توجه به متغیرهای مصرف فرآیندهای کنترلی بهینه سازی می گردد و تفاوت در میزان تولید انرژی گرمایشی و نیاز واقعی Demand انرژی به حداقل ممکن کاهش پیدا می کند. نتیجه این کار کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان سیستم می باشد [۲۷].

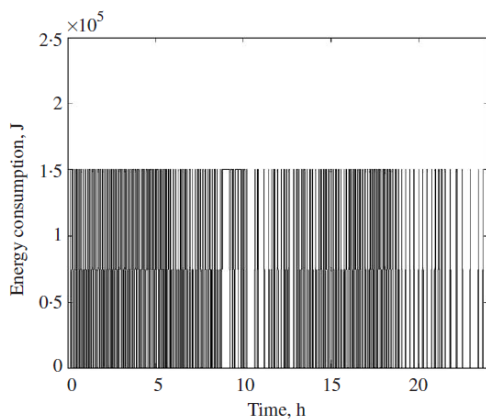
۲-۱۳-۳- پایش و ثبت دقیق دما بر حسب زمان

یکی از قابلیت های مهم سیستم های SCADA پایش و ثبت دقیق دما در قسمت های مختلف یک سازمان می باشد. با بررسی نمودارهای دما بر حسب زمان می توان به یک استراتژی مناسب برای کنترل دمای یک قسمت دست یافت. با استفاده از اطلاعات حاصل از

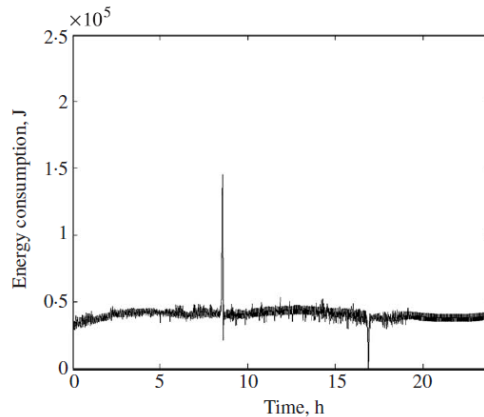
پایش بلند مدت در بازه زمانی یک ساله می توان یک برنامه دقیق برای تنظیم سیستم حرارت و برودت مرکزی برای فصول مختلف سال تهیه نمود [۲۷].

۳-۱۳-۳- امکان پیاده سازی روش های پیشرفته کنترل دما

(Castaneda-Miranda et.al, 2006) [۲۸] تاثیر کاربرد سیستم کنترل فازی به جای سیستم ON/OFF و تاثیر آن بر کاهش مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده است. سیستم کنترل دمای محیط در اکثر سازمان ها از نوع ترموستات می باشد این نوع سیستم ها با توجه به مقدار تنظیم شده دما از قبل دما را به روش خاموش-روشن ON-OFF کنترل می نمایند که روش مناسبی برای کنترل دما نمی باشد و باعث هدر رفتن انرژی می گردد. با استفاده از سیستم های کنترل SCADA می توان الگوریتم های کنترلی پیشرفته هوشمند مانند سیستم کنترل FUZZY را پیاده سازی نمود. تحقیقات نشان داده است که استفاده از سیستم کنترل FUZZY به جای سیستم های کنترل سنتی می تواند تا حد قابل توجهی مصرف انرژی را در سیستم تهویه مطبوع سازمان ها کاهش دهد (شکل ۳-۷-).



ON/OFF Control System



Fuzzy Logic Control System

شکل ۳-۷- نمودار مقایسه مصرف انرژی در یکی سیستم کنترل درجه حرارت ON/OFF و

یک سیستم Fuzzy [۲۸]

در شکل فوق مقدار انرژی مصرفی یک سیستم کنترل تهویه مطبوع قبل و بعد از به کارگیری سیستم کنترل Fuzzy مشاهده می شود تحقیقات مشخص کرده است که با به کارگیری سیستم های کنترل فازی در سیستم تهویه مطبوع از نوسانهای شدید در میزان مصرف انرژی جلوگیری به عمل می آید و در نتیجه مصرف انرژی در سازمان کاهش پیدا می کند [۲۸].

۴-۱۳-۳- امکان استفاده از تقویم زمانی برای کارکرد سیستم تهویه مطبوع

(Wang,2009) [۲۷] امکان استفاده از یک تقویم زمانی در سیستم های SCADA را مطرح نموده است با استفاده از سیستم های SCADA می توان یک تقویم زمانی برای سیستم تهویه مطبوع تعیین نمود. در بسیاری از مراکز قسمت هایی هستند که به صورت شبانه روزی فعالیت نمی کنند بنابراین عمل سرمایش و گرمایش در زمانی که فردی در آن محل وجود ندارد باعث هدر رفتن انرژی می گردد. بنا براین با توجه به ساعات کاری بخش های مختلف می توان یک برنامه زمانی برای کارکرد این مراکز مشخص نمود که پیاده سازی این برنامه می تواند به کاهش مصرف انرژی در این مراکز بینجامد [۲۷].

۴-۱۴-۳- داده کاوی اطلاعات سیستم های SCADA جهت افزایش امنیت

(Hadžiosmanović et.al, 2012) [۲۹] امکان استفاده از داده کاوی جهت افزایش ضریب امنیت^۱ و جلوگیری از نفوذ در سیستم های SCADA را مورد بررسی قرار داده است. با توجه به اینکه در سیستم های SCADA با حجم گسترده ای از داده ها وجود دارد برای حصول بهترین نتیجه در کمترین زمان بایستی از روش های داده کاوی استفاده شود. بخصوص زمانی که با چالش امنیت در سیستم های SCADA مواجه هستیم عملیات داده کاوی می تواند در تشخیص سریع تهدید و جلوگیری از نفوذ در سیستم موثر باشد [۲۹].

¹ Security

۱۵-۳- استفاده از میکرو کنترلر جهت بهبود عملکرد سیستم SCADA

(Nhivekar et.al, 2011) [۳۰] امکان کاربرد میکرو کنترلرها^۱ برای پیاده سازی روش های کنترل پیشرفته مانند الگوریتم فازی را مورد توجه قرار داده است. در فرآیندهایی که دارای الگوریتم های محاسباتی FUZZY هستند می توان از میکروکنترلرها جهت طراحی سیستم های کنترلی که بتواند اهداف کنترل فرآیند و بهینه سازی مصرف انرژی را فراهم کند استفاده کرد. در این روش پایش نحوه عملکرد سیستم کنترل به وسیله نرم افزار SCADA از طریق ارتباط سریال در بستر RS 232 یا RS 485 با استفاده از پروتکل ModBus و یا ASCII انجام می گردد و مقادیر پارامترهای از پایش تعیین شده را به نرم افزار انتقال می یابد. در این روش با توجه به محدوده توانایی میکروکنترلر ممکن است از سیستم های پایش دیگر مانند Data Logger ها و یا انواع مدول های دیجیتال و آنالوگ جهت انتقال اطلاعات به نرم افزار SCADA استفاده شود. با پیشرفت صنعت الکترونیک در سالهای اخیر امکان طراحی سیستم بر مبنای پروتکل TCP/IP هم فراهم شده است [۳۰].

۱۶-۳- استفاده از قابلیت های نرم افزار SCADA در فرآیند کنترل

همراه با گسترش سیستم های کنترل بر مبنای PC در سالهای اخیر به همان ترتیب قابلیت های نرم افزار های SCADA نیز افزایش یافته است که می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- قابلیت استفاده از Strategy Controller: یکی از ابزارهای کاربردی برنامه نویسی در نرم افزار های SCADA می باشد با استفاده از آن می توان الگوریتم های کنترلی را که دارای سطح پیچیدگی زیادی نیستند را پیاده سازی نمود. در این روش اطلاعات محیطی به نرم افزار منتقل می شود و بعد از انجام فرآیند محاسباتی فرمان متناسب به سیستم کنترل ارسال می گردد (SpecView, 2012) [۳۱].

¹ Microcontrollers

- قابلیت استفاده از ActiveX Control: با استفاده از این قابلیت امکان استفاده از برنامه های کاربردی از قبل نوشته شده در نرم افزار های SCADA به عنوان یک شی Object فراهم می گردد. یک شی ActiveX control دارای سه بخش ورودی Input-روش ها یا Methods و خروجی ها Outputs می باشد. در قسمت روش ها نحوه ارتباط ورودی و خروجی های سیستم مشخص می شود که می تواند شامل یک فرآیند کنترلی ساده و یا یک الگوریتم پیچیده محاسباتی بر مبنای منطق فازی باشد [۳۱].

۱۷-۳- امکان استفاده از OPC در نرم افزار SCADA

(Daneels, 1999) [۳۲] امکان استفاده از OPC در سیستم های SCADA را بررسی نموده است. OPC مخفف OLE for Process Control یک درگاه ارتباطی استاندارد را برای دسترسی به اطلاعات سیستم های کنترلی می باشد که از طریق آن نرم افزار SCADA می تواند با سیستم های کنترلی متنوع که می تواند شامل PLC ها و یا نرم افزارهای محاسباتی و مدلسازی مانند MATLAB ارتباط برقرار نماید. با استفاده از پروتکل OPC امکان تبادل اطلاعات و استفاده از قابلیت نرم افزارهایی که امکان شبیه سازی بر اساس منطق فازی و شبکه های عصبی را دارند فراهم می گردد [۳۲].

۱۸-۳- استفاده از سیستم های SCADA بر مبنای وب

(Hosny & Mohamed, 2010) [۳۳] امکان استفاده از OPC جهت ایجاد یک سیستم SCADA بر مبنای وب را مورد بررسی قرار داده اند همانطور که در قسمت قبل عنوان گردید یکی از امکانات موجود در سیستم های SCADA درگاه OPC می باشد. که به واسطه آن امکان ارتباط سیستم SCADA با سایر سیستم ها و نرم افزار ها فراهم می گردد. تحقیقات بسیاری در زمینه امکان دسترسی اینترنتی به اطلاعات حاصل از درگاه OPC انجام شده است که شامل فناوری های XML و Web Server و AJAX و Java می باشد. در ابتدا طراحی OPC DA Server بر مبنای فناوری COM/DCOM و .NET انجام شد. با توجه به توجه به سهولت ارتباط بر مبنای پروتکل XML در مراحل بعد OPC-

XML DA Server طراحی شد. ولی با توجه به محدودیت پروتکل XML در انتقال داده ها در حجم بالا و رفع این مشکل طراحی OPC DA SERVER ها بر مبنای قابلیت های WEB SERVER و AJAX و Java انجام گردید [۳۳].

با استفاده از فناوری های ذکر شده امکان دسترسی از طریق اینترنت به سیستم SCADA میسر می شود.

دسترسی به سیستم SCADA از طریق اینترنت مزایای زیر را در بر دارد :

- هزینه اجرائی سیستم SCADA کاهش می یابد.
- دسترسی به اطلاعات سیستم با سهولت بیشتری انجام می گیرد.
- امکان ارتباط کاربران به صورت سیار از طریق تلفن همراه به سیستم SCADA فراهم می گردد (Ozdemir&Karacor,2006) [۲۲].

۱۹-۳- استفاده از روشهای مدل سازی نرم افزاری در مدیریت انرژی

(Clarke et.al,2002) [۳۴] استفاده از روش های مدل سازی نرم افزاری در مدیریت انرژی دز ساختمان را مورد بررسی قرار داده است. با توجه به لزوم داشتن دانش فنی در سطح بالا جهت برنامه ریزی سیستم های مدیریت مصرف انرژی بر اساس منطق فازی و یا شبکه های عصبی در سال های اخیر استفاده از نرم افزارهای مدل سازی توسعه زیادی پیدا کرده است. بخصوص در سیستم های مدیریت ساختمان BEMS استفاده از این نوع نرم افزار ها رواج یافته است که از بین آنها می توان به نرم افزار ESP-r اشاره کرد. فرآیند مدل سازی در این روش بر اساس به کار گیری همزمان نرم افزار های SCADA و نرم افزار مدل سازی انجام می گردد. در این روش ابتدا اطلاعات پایش شده از محیط از طریق نرم افزار SCADA با استفاده از پروتکل های استاندارد به نرم افزار مدل سازی انتقال می یابد و پس از انجام مدل سازی خروجی جهت اعمال در فرآیند به نرم افزار SCADA انتقال می یابد. در این نوع نرم افزار های مدل سازی اساس فرآیند مدل سازی بر اساس رویدادهایی است که در طول زمان تکرار می شوند. مانند روند تغییر دمای محیط در طول چهار فصل یک سال که فرآیندی تکرار شونده

است و بنابراین سیستم کنترل می تواند بر اساس اطلاعات موجود در پایگاه داده وضعیت مورد نیاز سیستم را در روزهای آینده پیش بینی نماید [۳۴].

۲۰-۳- جمع بندی تحقیقات گذشته

با توجه به تحقیقات گذشته در مورد کاربرد سیستم های SCADA در بهینه سازی مصرف انرژی می توان رئوس کلی این تحقیقات را به شرح زیر تقسیم بندی نمود :

- در بسیاری از تحقیقات بر ثبت و پایش دقیق پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی تاکید شده است [۲۹،۲۷،۱۹،۱۸،۱۶،۳].
- لزوم کنترل اوج بار مصرفی Demand در تعداد زیادی از تحقیقات پیشین مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان یکی از نکات کلیدی در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد توجه قرار گرفته است [۲۷،۱۶،۱۸،۲۱].
- امکان پیش بینی اوج بار مصرفی Demand هم در بسیاری از تحقیقات گذشته مورد بررسی قرار گرفته و بسیاری از محققین سعی نموده اند با بهره گیری از روش های نوین مانند الگوریتم فازی و هوش مصنوعی مقدار مصرف انرژی را پیش بینی نمایند [۲۴،۲۵].
- استفاده از فناوری های نوین در کنترل تجهیزات در بسیاری از تحقیقات انجام شده مورد تاکید قرار گرفته است و محققین در گذشته سعی نموده اند با بهره گیری از سیستم های جدید روش های مدلسازی و پیاده سازی الگوریتم های کنترلی پیشرفته مانند الگوریتم PID و Fuzzy و شبکه های عصبی و به کارگیری میکروکنترلرها در کنار سیستم های SCADA ضمن بهبود عملکرد فرآیند . کاهش خطا میزان مصرف انرژی و اوج بار مصرفی را تا حد امکان کاهش دهند [۳۴،۳۰،۲۸،۲۶].
- استفاده از شبکه های حسگر بی سیم و زیرساخت تلفن همراه در جهت توسعه سیستم های SCADA توسط تعدادی از محققین بیان شده است [۲۳،۲۲].

- در بعضی از تحقیقات انجام شده بر استفاده از سیستم های SCADA جهت مدیریت تجهیزات و کاهش استهلاک و افزایش راندمان تاکید شده است [۲۳،۲۱،۱۸،۱۷،۱۶].
- در بعضی تحقیقات انجام شده استفاده از قابلیت های نرم افزاری و لزوم پیاده سازی سیستم های SCADA در بستر وب مورد تاکید قرار گرفته است [۳۳،۳۲،۳۱،۲۱].
- لزوم اجرای یک برنامه زمانبندی جهت کارکرد تجهیزات در جهت کاهش مصرف انرژی در بعضی تحقیقات پیشین مورد تاکید قرار گرفته است [۲۰،۱۸،۱۶].
- در برخی تحقیقات انجام شده بر لزوم داده کاوی متغیرهای مرتبط با مصرف انرژی در جهت افزایش امنیت در سیستم های SCADA تاکید شده است [۲۳،۲۲].
- در تحقیقات گذشته بر اهمیت محاسبه نرخ بازگشت سرمایه در پروژه های مدیریت مصرف انرژی تاکید شده است [۱۷].

۲۱-۳- نتیجه گیری فصل

با توجه به بررسی تحقیقات پیشین در جهت اجرای فرآیند آزمایشی این تحقیق در زمینه مدیریت و سازی و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های الکتریکی روش ها زیر به عنوان مبنای طراحی سیستم در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت .

- با توجه به تاکید اکثر محققان بر لزوم کاهش اوج بار مصرفی در سیستم ها به منظور کاهش مصرف انرژی این موضوع به عنوان یکی از راهبرد های اصلی پیاده سازی فرآیند آزمایشی انتخاب گردید .در روش پیاده سازی که در فصل بعدی به آن می پردازیم کاهش اوج بار مصرفی در تمامی مراحل به عنوان یک هدف اصلی در نظر گرفته شده است و فرآیند به طور مستمر با توجه به این هدف اصلاح شده است.
- با توجه به تاکید محققان بر استفاده از تجهیزات و روش های کنترلی نوین در جهت کاهش مصرف انرژی در این تحقیق جهت کنترل فرآیند گرمایش کوره های الکتریکی

از الگوریتم PID و سیستم کنترل توان SCR بر پایه تکنولوژی میکروکنترلر در راستای نیل به اهداف مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی استفاده شده است .

- با توجه به تاکید بسیاری از محققین بر لزوم پایش دقیق پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی این روش به عنوان یکی از اصول اصلی مورد توجه قرار گرفته و کلیه پارامترهای مورد نیاز در بازه زمانی ۱ ثانیه ثبت شده و نمودار آنها رسم شده و در روند پیاده سازی این تحقیق مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته اند.
- با توجه به تحقیقات پیشین در مورد پیش بینی اوج بار مصرفی و تاثیر آن بر بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی در فرآیندهای آزمایشی انجام شده عمل پیش بینی به عنوان یکی از اصول طراحی سیستم لحاظ شده است .
- ضرورت بهبود راندمان سیستم و کاهش استهلاک به عنوان یکی از اصول طراحی سیستم مورد توجه قرار گرفته است .
- در بعضی تحقیقات پیشین اثر مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی بر بهبود عملکرد فرآیند و کاهش خطا در کنترل سیستم مورد توجه قرار گرفته است که در این تحقیق به طور جامع مورد بررسی قرار می گیرد.
- در فصل چهارم روش پیاده سازی یک سیستم مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی بر پایه سیستم های SCADA مورد بررسی قرار می گیرد.

۴-روش پیشنهادی ، آزمایشها و نتایج

۴-۱- مقدمه

با توجه به اینکه سیستم های حرارتی و کوره های صنعتی الکتریکی کاربرد زیادی در صنایع ایران دارند و در این بخش با توجه به تحقیقات انجام شده روش طراحی یک مدل کاربردی مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های صنعتی الکتریکی با استفاده از سیستم های SCADA ارائه می گردد. با توجه به قابلیت های نرم افزار اسکادای SpecView جهت طراحی یک سیستم مدیریت مصرف انرژی این نرم افزار مورد استفاده قرار گرفته است . بعد از طراحی یک برنامه کاربردی هر روش کنترلی در یک فرآیند با مقیاس آزمایشگاهی اعمال می گردد و اطلاعات بدست آمده در هر روش مورد پایش دقیق قرار می گیرد نتایج بدست آمده از هر روش به همراه نمودارهای مربوط به هر روش مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد .

همانطور که در فصل های قبلی به آن اشاره شد اولین مرحله در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی شناسایی فرصت ها می باشد . در طراحی یک سیستم کاربردی اولین مرحله بعد از راه اندازی سیستم پایش دقیق متغیر ها می باشد . در ادامه به تشریح فرآیند و متغیر های موثر در آن می پردازیم .

۴-۲-اهداف مدیریت مصرف انرژی در کوره های الکتریکی

اولین قدم در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی تعیین اهداف می باشد. با توجه به پیشینه پژوهشی که در فصل قبل مورد بررسی قرار گرفت در این پژوهش هدف از مدیریت انرژی در کوره های الکتریکی کاهش مصرف انرژی و کاهش اوج بار مصرفی می باشد.

۲-۴-۱- کاهش انرژی مصرفی در کوره های الکتریکی

یکی از اهداف کاهش انرژی مصرفی در کوره های صنعتی می باشد در این مرحله تلاش می شود با استفاده از سیستم های SCADA و اعمال روش های کنترلی مختلف در فرآیند و اصلاح مستمر روش ها بر اساس نتایج بدست آمده میزان مصرف انرژی و اتلاف آن تا حد ممکن کاهش پیدا کند. کاهش مصرف انرژی رابطه مستقیمی با کاهش هزینه ها دارد و در صورت موفقیت در اجرای این بخش هزینه صناعی که از این تجهیزات استفاده می کنند کاهش پیدا می کند.

۲-۲-۴- کاهش اوج بار مصرفی در کوره های الکتریکی

در فرآیند مدیریت مصرف انرژی کاهش اوج بار مصرفی Demand از اهمیت بسیاری برخوردار است تمامی مصرف کنندگان انرژی الکتریکی دارای یک محدوده مجاز مصرف توان هستند و در صورت عبور از این محدوده با جرائم و افزایش ناکهانی هزینه ها روبرو خواهند شد. بنا براین یکی از اهداف مهم در مدیریت مصرف انرژی نگهداری اوج بار مصرفی در محدوده مجاز و کاهش آن تا حد ممکن است. کاهش اوج بار مصرفی علاوه بر کاهش هزینه های مستقیم مصرف انرژی باید کاهش استهلاك تجهیزات و هزینه تعمیرات و نگهداری در صنایع می گردد. از آنجا که معمولا صنایع حرارتی دارای تعداد زیادی از تجهیزات گرمایشی مانند کوره های الکتریکی هستند با کاهش اوج بار مصرفی در هر یک از این تجهیزات میزان اوج بار کلی در سیستم تا حد زیادی کاهش خواهد یافت.

۳-۴- فرآیند مصرف انرژی در یک کوره الکتریکی

هدف از به کارگیری یک کوره صنعتی الکتریکی^۱ انجام یک فرآیند حرارتی می باشد بدین معنی که در طی این فرآیند دمای یک جرم معین از ماده که می تواند جامد و یا مایع و یا گاز باشد در یک زمان مشخص به دمای مورد نظر فرآیند برسد که برای انجام این فرآیند باید انرژی صرف گردد. در یک سیستم ایده آل که دارای اتلاف انرژی نباشد مقدار انرژی مورد نیاز برای فرآیند طبق رابطه زیر تعریف می گردد .

$$Q=M*C*(T-T_0) \quad (۴-۱)$$

Q مقدار انرژی مورد نیاز بر حسب ژول

M جرم ماده ای که به آن انرژی حرارتی اعمال میشود بر حسب کیلوگرم

C ظرفیت گرمایی ویژه بر حسب J/KgC

T دمای نهایی ماده در فرآیند حرارتی

T₀ دمای اولیه ماده در فرآیند حرارتی [۳۵].

در کوره های صنعتی الکتریکی انرژی حرارتی مورد نیاز برای فرآیند گرمایش از انرژی الکتریکی تامین می گردد. جهت تبدیل انرژی الکتریکی به گرمایشی از المنت های حرارتی استفاده می شود. المنت های حرارتی در انواع مختلف با توجه به شرایط کارکرد و درجه حرارت مورد نیاز تولید می گردد. گروهی از المنت های بر مبنای آلیاژهای نیکل و کرم و آهن^۳ در اشکال مختلف مفتولی و یا صفحه ای تولید می گردد این گروه از المنت ها برای فرآیندهای حرارتی که درجه حرارت نهایی زیر ۱۲۵۰ درجه سانتی گراد باشد مناسب هستند و انواع دیگر المنت های حرارتی گروه المنت های سرامیکی هستند که در دو نوع^۴ SiC و^۵ MoSi_۲ تولید می گردد المنت های نوع SiC در درجه حرارت تا ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد کاربرد دارد و

^۱ Electrical Furnace

^۲ Heating Elements

^۳ Nickel-Chromium-Ferro Alloys

^۴ Silicon Carbide

^۵ Molybdenum disilicide

المنت های نوع $MoSi_2$ تا درجه حرارت ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد به کار گرفته می شود. المنت های حرارتی معمولاً دارای مقاومت الکتریکی بالایی هستند با اعمال ولتاژ به دو سر یک المنت با توجه به مقاومت الکتریکی یک جریان مشخص از آن عبور می کند و طبق قوانین اهم منجر به تولید انرژی گرمایشی می گردد [۳۶].

طبق قانون اهم شدت جریانی که از المنت بعد از اعمال ولتاژ عبور می نماید طبق رابطه زیر :

$$I=V/R \quad (۴-۲)$$

خواهد بود که بر حسب آمپر بیان می گردد که V ولتاژ اعمال شده به دو سر المنت بر حسب ولت و R مقاومت المنت بر حسب اهم می باشد. توان تولیدی یک المنت حرارتی با مقاومت R از رابطه زیر بدست می آید:

$$P=V^2/R =I^2R \quad (۴-۳)$$

توان یک المنت حرارتی بر حسب وات^۱ بیان می شود که انرژی تولید شده در واحد زمان بر حسب ثانیه به دوسر المنت حرارتی اعمال شود T می باشد. بنابراین اگر ولتاژ به در زمان مقدار انرژی گرمایشی تولید شده بر حسب ژول از روابط زیر بدست می آید.

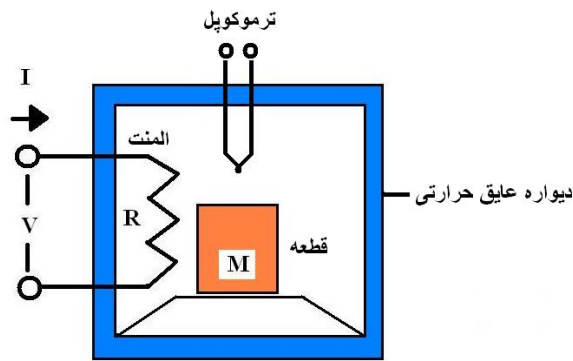
$$Q=P*T=(V^2*T)/R=I^2R*T \quad (۴-۴)$$

جهت سهولت معمولاً مصرف انرژی با واحد در فرآیند های مربوط به مدیریت مصرف انرژی بیان می شود که برابر است با مقدار انرژی تولید شده با توان ۱۰۰۰ وات kWh کیلووات ساعت در مدت زمان یک ساعت [۳۵].

$$kWh=(3600_s*kW_{j/s})=3600 \text{ kJoule} \quad (۴-۵)$$

با توجه به موارد فوق برای شناسایی فرصت ها در یک فرآیند گرمایشی پارامترهای زیر باید مورد پایش دقیق رار بگیرد و اطلاعات مربوط به تغییرات آنها در سیستم SCADA برای تجزیه و تحلیل بعدی مورد استناد قرار گیرد .

¹ Watt



شکل ۴-۱- یک نمای کلی از یک کوره الکتریکی

۱-۳-۴- اندازه گیری دما

همانطور که در قسمت قبل به آن اشاره شده یکی از پارامترهای موثر در مقدار مصرف انرژی دمای ماده می باشد. بنابراین لازم است این متغیر به صورت مداوم اندازه گیری و اطلاعات مربوط به آن به سیستم SCADA ارسال گردد. اندازه گیری دما در کوره های صنعتی به وسیله ترموکوپل انجام می شود ترموکوپل از دو فلز رسانای غیر همنام که در یک نقطه به هم متصل شده اند تشکیل شده است. در اثر پدیده ترموالکتریک^۲ در هر دمایی یک ولتاژ خاص تولید می شود که مقدار آن متناسب با دمایی است که ترموکوپل در آن محیط قرار گرفته است با اندازه گیری ولتاژ تولید شده می توان دمای محیطی که ترموکوپل در آن قرار دارد اندازه گیری نمود. با توجه به دقت و حداکثر و حداقل درجه حرارت کارکرد از انواع مختلفی از ترموکوپل ها استفاده می شود. در برخی از موارد از حسگر دمای اهمی استفاده می شود مقاومت الکتریکی فلزات در اثر تغییر دما متغیر است بنابراین با اندازه گیری مقاومت اهمی می توان درجه حرارتی که آن فلز در آن واقع است اندازه گیری نمود. در آزمایشهای مربوط به این تحقیق از حسگر دمای اهمی نوع PT100 استفاده شده است است که نوع آلیاژ آن بر پایه پلاتین و رودونیم می باشد و قابلیت کارکرد در رنج دمایی ۲۰۰ - الی ۶۵۰ درجه سانتی گراد را دارا می باشد. همانطور که در فصل های قبلی به آن اشاره شد اندازه گیری و انتقال اطلاعات محیطی به سیستم نرم افزاری SCADA توسط RTU ها انجام می شود. جهت اندازه گیری و انتقال

¹ Thermocouple

² Thermoelectric Effect

اطلاعات مربوط به دما از تجهیزاتی مانند ترمومترها و یا کنترلر هایی که امکان اندازه گیری دما و ارسال آن به صورت اطلاعات دیجیتال دارند استفاده می شود. این تجهیزات سیگنال دریافت شده از ترموکوپل را به وسیله آمپلی فایر^۱ تقویت می نمایند و سپس آن را اندازه گیری می نمایند و در این مرحله توسط مبدل های آنالوگ به دیجیتال^۲ یک معادل عددی متناسب با سیگنال آنالوگ تولید می گردد با توجه به برنامه نرم افزاری که قبلا در ریزپردازنده نصب شده عدد اندازه گیری شده پردازش می گردد و دمای متناسب با سیگنال آنالوگ ورودی محاسبه می گردد. با توجه به پروتکل ارتباطی بین سیستم های اندازه گیری و نرم افزار SCADA اطلاعات عددی به صورت بسته های اطلاعاتی^۳ به نرم افزار ارسال می گردد و بعد از پردازش و استخراج مقدار متغیر دما این اطلاعات به صورت عددی و یا به صورت نمودار در سیستم نمایش داده شده و در صورت نیاز ذخیره سازی می گردد. در نمونه کاربردی مورد بررسی در این تحقیق پارامتر دما در دو ناحیه اندازه گیری می شود که شامل دمای فضای داخلی کوره و دمای قطعه ای که فرآیند حرارتی بر روی آن انجام می گیرد می باشد .

۲-۳-۴- اندازه گیری پارامتر های مرتبط با مصرف انرژی

با توجه به موارد گفته شده جهت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی متغیرهای مرتبط مانند شدت جریان I و ولتاژ V و مقدار مصرف لحظه ای بر حسب kW و مقدار مصرف کلی انرژی بر حسب kWh باید مورد اندازه گیری و پایش مداوم قرار گیرد. جهت اندازه گیری پارامترهای مربوط به مصرف انرژی از تجهیزات خاصی به نام آنالایزر قدرت^۴ استفاده می شود که این تجهیزات مقدار ولتاژ و شدت جریان را به صورت لحظه ای اندازه گیری می کنند و با توجه به این پارامترها سایر پارامترهای مرتبط با انرژی را محاسبه می نمایند و اطلاعات بدست آمده را در غالب بسته های اطلاعاتی جهت سیستم نرم افزاری SCADA ارسال می نمایند بعد از رسیدن بسته های اطلاعاتی به نرم افزار اطلاعات مورد نظر استخراج و به صورت نمودار و

¹ Amplifier

² Analog To Digital Converters

³ Data Packets

⁴ Power Analyser

یا به صورت عددی جهت استفاده در فرآیند مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی نگهداری می شود.

۳-۳-۴- کنترل توان در کوره های الکتریکی

جهت کنترل توان مصرفی کوره های الکتریکی دو روش متداول وجود دارد. روش اول سیستم کنترل ON/OFF می باشد در این روش توسط کنترلر دمای فعلی سیستم اندازه گیری می شود و در صورتیکه کمتر از دمای تنظیم شده باشد کنترلر فرمان لازم را به کنتاکتور^۱ و یا SSR^۲ ارسال می نماید و در ادامه حداکثر توان به فرآیند گرمایشی اعمال می شود و بعد از اینکه سیستم به درجه حرارت مورد نظر رسید با فرمان مجدد کنترلر اعمال توان به سیستم متوقف می شود.

روش دیگر جهت کنترل توان استفاده از سیستم های کنترل توان SCR^۳ می باشد. در این روش بر خلاف سیستم ON/OFF اعمال توان به سیستم به صورت پیوسته می باشد و با توجه به الگوریتم کنترلی مقدار توان از ۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. با توجه به سینوسی بودن شکل موج ولتاژ عمل تغییر توان در این نوع سیستم ها بر اساس تغییر زاویه آتش^۴ تریستورها^۵ و تغییر ولتاژ موثر RMS^۶ انجام می شود [۳۸].

¹ Contactor

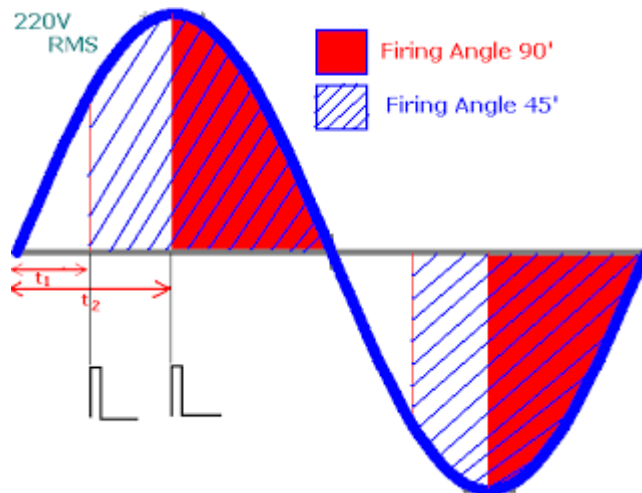
² Solid State Relay

³ Silicon Controlled Rectifier

⁴ Firing Angle

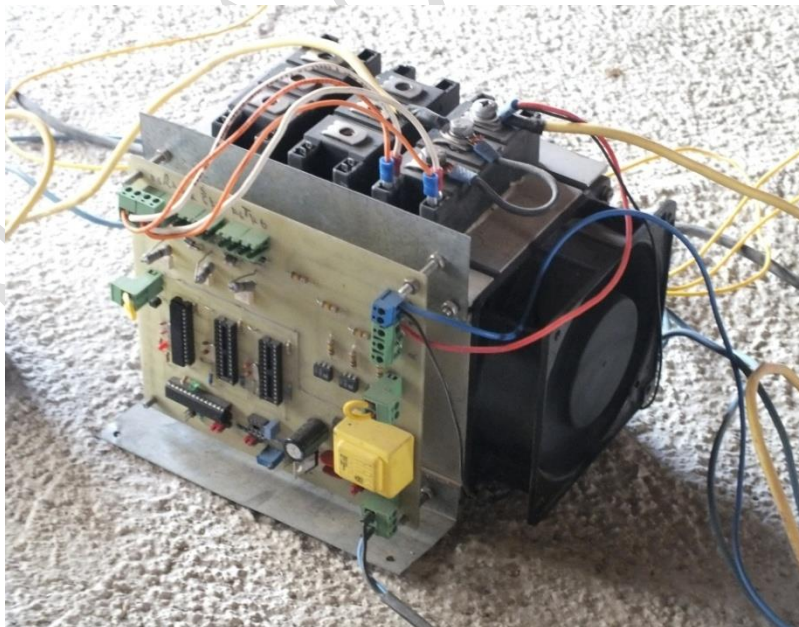
⁵ Thyristor

⁶ Root Mean Square



شکل ۴-۲- تغییر ولتاژ موثر با تغییر زاویه آتش تریستور ها [۳۸]

کنترل زاویه آتش تریستورها به وسیله بردهای الکترونیک کنترل زاویه آتش انجام می شود ابتدا یک سیگنال کنترلی آنالوگ به برد کنترل زاویه آتش اعمال می گردد و سپس بر اساس سیگنال آنالوگ ورودی زاویه آتش معین و به تریستور ها اعمال می گردد. در شکل شماره ۴-۳ یک سیستم کنترل توان تریستوری نمایش داده شده است .



شکل ۴-۳- سیستم کنترل توان SCR با ورودی آنالوگ

۴-۴- طراحی فرآیند مدیریت مصرف انرژی کوره های الکتریکی

۴-۴-۱- تعیین پارامترهای مورد نیاز جهت اندازه گیری و کنترل

قبل از پیاده سازی فرآیند مدیریت مصرف انرژی در سیستم های SCADA از با توجه به پارامترهای مورد نیاز در فرآیند سیستم باید طراحی شود در مورد نمونه تحت آزمایش ما که یک کوره الکتریکی است در ابتدا باید مشخص گردد که در این دستگاه چه فرآیندی انجام میشود در یک کوره الکتریکی با تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی گرمایشی و گرم کردن اتمسفر کوره و اعمال آن به قطعه ای به جرم M که در داخل آن قرار دارد دمای قطعه از یک دمای مشخص T_0 به دمایی که در فرآیند حرارتی تعریف شده است یعنی T_1 می رسد . با توجه به ضریب هدایت حرارتی دیواره کوره همیشه مقداری از انرژی گرمایشی تولید شده از دیواره ها به هدر می شود و صرف گرم کردن قطعه نمی شود. مقدار اتلاف انرژی از بدنه کوره علاوه بر ضریب هدایت حرارتی و دمای داخل کوره به دمای محیطی که کوره در آن است نیز بستگی دارد . با توجه به این موارد در طراحی یک فرآیند مدیریت مصرف انرژی در کوره الکتریکی باید پارامترهای دمایی زیر اندازه گیری و به سیستم SCADA انتقال یابد .

- دمای اتمسفر داخلی کوره
- دمای قطعه ای که فرآیند گرمایشی بر روی آن صورت می گیرد .
- دمای بدنه بیرونی کوره
- دمای محیطی که کوره در آن قرار دارد .

با توجه به اینکه نیاز است یک اندازه گیری دقیق از موارد فوق بدست آید در فرآیند آزمایشی از حسگر دمای اهمی PT100 استفاده شده است به وسیله این حسگر در بازه دمای ۶۰۰-۰ درجه سانتی گراد مقدار دما با دقت ۱/۰ . درجه سانتی گراد اندازه گیری می شود.

جهت تحلیل مصرف انرژی پارامترهای مربوط به انرژی مصرفی باید ثبت شود. پارامترهایی مانند ولتاژ و شدت جریان و توان لحظه ای و انرژی مصرفی کلی در این فرآیند اندازه گیری می شود و با توجه به این پارامترها مشخص می گردد که چه مقدار انرژی الکتریکی برای انجام فرآیند گرمایشی مورد نظر مصرف می شود. اندازه گیری و ارسال اطلاعات مربوط به مصرف انرژی توسط آنالایزر انرژی انجام می شود و اطلاعات مربوط به آن به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می کند.

برای اجرای فرآیند گرمایشی باید یک سیستم کنترلی در نظر گرفته شود این سیستم کنترلی می تواند به صورت مستقل و یا در داخل نرم افزار SCADA طراحی شود. طراحی یک کنترلر در نرم افزار SCADA با توجه به در دسترس بودن اطلاعات کلیه پارامترهای موثر در مصرف انرژی این مزیت را دارد که با توجه به شرایط فرآیند و مقادیر پارامترها می توان روشهای کنترلی دقیق تری را طراحی نمود. با توجه به اهمیت این موضوع در فرآیند آزمایشی روش های کنترلی تماما در نرم افزار SCADA پیاده سازی می شود. جهت ارسال فرامین کنترلی به یک RTU نیاز داریم فرامین کنترلی را به سیستم انتقال دهیم برای این منظور در فرآیند گرمایشی از مبدل های دیجیتال به آنالوگ استفاده می شود. با توجه به درصد خروجی سیستم که توسط سیستم SCADA محاسبه می شود یک ولتاژ آنالوگ ۰-۱۰ ولت به تجهیزات کنترلی توان SCR ارسال می شود و این تجهیزات با توجه به سیگنال آنالوگ ورودی مقدار توان را بر اساس تغییر زاویه آتش کنترل می نمایند.

۲-۴-۴- انتخاب RTU ها جهت فرآیند مدیریت مصرف انرژی

قبل از پیاده سازی یک پروژه مدیریت مصرف انرژی در سیستم های SCADA باید RTU های مناسب جهت فرآیند انتخاب گردد در اولین قدم پارامترهایی که جهت تحلیل مورد نیاز است انتخاب می شود به عنوان مثال در فرآیند ی که در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته است پارامترهای دما و شدت جریان و ولتاژ و توان و انرژی مصرفی جهت تحلیل مورد نیاز است

¹ Digital to Analog Converter

و همچنین جهت اعمال فرآیند های کنترلی از RTU هایی که امکان ارسال فرمان به سیستم کنترل را دارند استفاده می شود در فرآیند مورد آزمایش از تجهیزات زیر استفاده شده است :

جدول ۴-۱- RTU های استفاده شده جهت انجام فرآیند آزمایشی

نوع پارامتر	نوع RTU	مشخصات RTU	پروتکل ارتباطی
پارامترهای دما	کنترلر دما TECNOLOGIC-TLK32	سنسور ورودی اهمی PT100	Modbus
پارامترهای انرژی	آنالایزر انرژی Carlo-Gavazzi -WM14	امکان محاسبه کلیه پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی	Modbus
ارسال فرامین کنترلی	ADVANTECH-4024	مبدل دیجیتال به آنالوگ -ارسال سیگنال آنالوگ جهت کنترل	Modbus

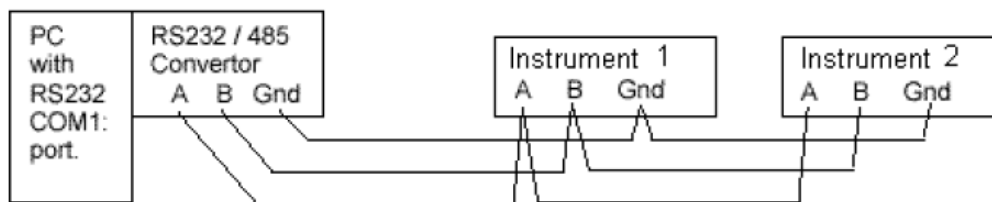
نکته بسیار مهم در انتخاب RTU دقت مورد نیاز برای اندازه گیری و کنترل پارامترهای مرتبط با فرآیند است که با توجه به آن باید تجهیزات متناسب انتخاب گردد. بعضی مواقع جهت اعمال فرامین کنترلی به فرآیند از تجهیزات جانبی دیگری استفاده می شود. به طور مثال در مورد فرآیند مورد آزمایش از یک سیستم کنترل توان SCR که با توجه به سیگنال آنالوگ در یافتی از مبدل دیجیتال به آنالوگ DAC زاویه آتش ترستور را تغییر می دهد استفاده شده است. تجهیزات جانبی در فرآیند مدیریت مصرف انرژی مستقیماً به سیستم کنترل مرکزی SCADA متصل نیستند ولی با استفاده از RTU ها می توان بر عملکرد آنها کنترل داشت.

۳-۴-۴- ارتباط نرم افزار SCADA با RTU ها

همانطور که قبلاً به آن اشاره شد یکی از اجزاء سیستم های SCADA RTU ها هستند که اطلاعات محیطی را اندازه گیری و به سرور مرکزی جهت پردازش انتقال می دهند. ارتباط RTU ها با سرور مرکزی SCADA به روش های مختلفی انجام می شود :

¹ Firing Angle

- ارتباط از طریق درگاه سریال با استاندارد های RS232 و یا RS485 اکثر RTU ها از این دو استاندارد پشتیبانی می نمایند در استاندارد RS232 RTU ها مستقیماً از طریق پورت COM به سرور مرکزی متصل می شوند و اطلاعات را انتقال می دهند محدودیت پورت RS232 در این است که در هر زمان تنها یک RTU می تواند از طریق یک پورت COM به کامپیوتر وصل باشد و حداکثر فاصله در این نوع پروتکل ارتباطی ۱۰ متر می باشد با توجه به این محدودیت ها استاندارد ارتباطی دیگری به نام RS485 معرفی گردید در استاندارد RS485 حد اکثر تا ۳۲ دستگاه RTU می تواند از طریق پورت COM به سرور مرکزی متصل باشد و فاصله سیمی RTU ها تا سرور مرکزی می تواند تا ۱/۲ کیلومتر باشد. این نوع پروتکل ارتباطی بر ای اجرا در تعداد زیادی از کارخانه ها مناسب است. معمولاً برای ارتباط RTU ها با کامپیوتر سرور مرکزی از مبدل های RS232/485 استفاده می شود. ولی بعضی از کامپیوتر های صنعتی دارای درگاه ارتباطی RS485 هم هستند و نیازی به استفاده از این مبدل نیست.



شکل ۴-۴-۴ نحوه ارتباط RTU ها با سرور مرکزی در استاندارد RS 485 [۴۰]

۴-۴-۴- پروتکل های ارتباطی

جهت ارتباط RTU ها با نرم افزار SCADA از پروتکل های ارتباطی مختلفی استفاده می شود که از بین آنها می توان به پروتکل ASCII و Modbus RTU و Modbus و TCP/IP اشاره نمود در ارتباط با استاندارد RS485 از طریق پورت سریال امکان

ارتباط تا ۳۲ دستگاه وجود دارد که در شبکه RS 485 هر کدام از دستگاه ها دارای آدرس مختص به خود هستند که در RTU از قبل تنظیم می شود. علاوه بر آدرس دستگاه سایر پارامترها در یک دستگاه RTU دارای یک آدرس در حافظه داخلی دستگاه هستند که عمل خواندن^۱ و یا نوشتن^۲ پارامترها در دستگاه با توجه به این آدرس صورت می گیرد در ادامه نحوه انتقال اطلاعات در پروتکل های عنوان شده مورد بررسی قرار می گیرد.

• پروتکل ASCII: در این روش ارتباط با RTU به وسیله کاراکترهای ASCII صورت می گیرد که در دستگاه های مختلف ممکن است شکل مختلفی داشته باشد به طور مثال در کنترلرهای FGH 1000 قالب پیام های ارتباطی به صورت زیر است:

▪ عمل خواندن `R RAAP <CR>` به عنوان کاراکتر اول نوع فرمان ارسالی را مشخص می کند که در اینجا به عنوان فرمان خواندن است. AA آدرس دستگاه در فرمت ASCII است که بین ۱ تا ۹۹ قابل تنظیم می گردد و P آدرس پارامتر در حافظه داخلی دستگاه است که بعد از دریافت فرمان مقدار این پارامتر برای سرور مرکزی ارسال می گردد.

▪ عمل نوشتن `W WAAPDDDD <CR>` به عنوان کاراکتر اول نوع فرمان که در اینجا فرمان نوشتن است را مشخص می نماید مانند حالت قبل AA آدرس دستگاه و P آدرس پارامتر در حافظه داخلی دستگاه است و DDDD مقدار عددی است که در پارامتر ذخیره می گردد.

▪ عمل تنظیم `S SAAP <CR>` به عنوان کاراکتر اول نوع فرمان که در اینجا فرمان تنظیم^۳ حالت کاری دستگاه را مشخص می نماید. در تنظیم مقدار پارامتر در حالت تنظیم AA آدرس دستگاه و P آدرس پارامتری که باید تنظیم شود می باشد.

¹ Read

² Write

³ Set

▪ پاسخ دستگاه AAPDDDD * " * " اولین کاراکتری است که در هنگام پاسخ ارسال می گردد AA آدرس دستگاهی است که پاسخ را ارسال نموده P کد پارامتر و DDDD مقدار عددی آن پارامتر است [۳۹] .

جهت اجتناب از تداخل اطلاعات در هنگام ارسال و دریافت از تاخیر زمانی استفاده می شود به این صورت که سرور یک فرمان خواندن و نوشتن و یا تنظیم را ارسال می نماید و مدت زمان مشخصی را که از قبل مشخص شده در انتظار می ماند. در این زمان کلیه دستگاه ها فرمان را دریافت می کنند و در ابتدا آن را با آدرس خود مقایسه می کنند اگر فرمان دریافتی شامل آدرس آن دستگاه باشد بعد از مدت زمان مشخص پاسخ را در شبکه ارسال می نمایند و سرور مرکزی پاسخ را دریافت می نماید. نکته قابل توجه این است که آدرس هیچ یک از دستگاه ها نباید مشابه باشد در این صورت با دریافت فرمان هر دو دستگاه پاسخ را همزمان ارسال می نمایند که باعث تداخل در سیستم ارتباطی می شود .

• پروتکل ModBus RTU: یک پروتکل ارتباطی است که اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط شرکت Modicon فرانسه جهت ارتباط PLC های تولیدی این شرکت با سرور مرکزی طراحی شد. بعداً در سال ۲۰۰۴ با تشکیل یک سازمان^۲ با این نام کلیه حقوق این پروتکل به این سازمان منقل گردید. در پروتکل Modbus نیز هر دستگاه دارای یک آدرس مشخص است که معمولاً عددی بین ۰ تا ۲۵۵ است. از قابلیت های پروتکل Modbus به توابع کنترل صحت اطلاعات در یافتی و یا ارسالی می توان اشاره نمود که به توابع Check Sum نامیده می شود. فرمت کلی بسته های اطلاعاتی در این پروتکل مانند جدول ۴-۲- می باشد .

¹ Program Logic Controller

² Modbus Organization

جدول ۴-۲- قالب بسته های اطلاعاتی در پروتکل Modbus RTU [۴۱]

Modbus RTU Frame Format		
Name	Length	Function
Start	3.5c idle	at least 3-1/2 character times of silence (MARK condition)
Address	8 bits	Station Address
Function	8 bits	Indicates the function codes like read coils / inputs
Data	n * 8 bits	Data + length will be filled depending on the message type
CRC	16 bits	Error checks
End	3.5c idle	at least 3-1/2 character times of silence between frames

با توجه به اینکه در پروتکل Modbus هر کاراکتر در زمانی مشخص ارسال می شود تاخیر در هنگام شروع و پایان هر پیام با تعداد کاراکتر بیان می گردد که در این پروتکل به اندازه 3.5 کاراکتر می باشد. اولین پارامتری که ارسال می شود آدرس دستگاه به طول ۸ بیت است که مقدار عددی آن بین ۰ تا ۲۵۵ است. پارامتر بعدی تابع (به طول ۸ بیت است که نوع عملیات مانند خواندن و یا نوشتن را تعیین می نماید. پارامتر بعدی اطلاعات اصلی می باشد که شامل آدرس پارامتر و مقدار عددی که باید در آن ذخیره شود می باشد که بسته به نوع پارامتر و تنوع طول آن به صورت ضربی از ۸ بیت است. پارامتر بعدی پارامتر Checksum یا CRC می باشد که صحت دریافت داده ارسالی یا دریافتی را کنترل می نماید و طول آن ۱۶ بیت است بعد از ارسال CRC وقفه ای به اندازه ۳,۵ کاراکتر اعمال می گردد که به معنی پایان پیام است. ارتباط در پروتکل ModBus به صورت Master و Slave برقرار می گردد. جهت ارتباط سیستم SCADA با RTU هایی که از پروتکل Modbus پشتیبانی می نمایند ابتدا یک درخواست در قالب گفته شده در بالا توسط نرم افزار SCADA که در اینجا نقش Master را دارد ارسال می گردد و با توجه به درخواست ارسالی دستگاه RTU

¹ Function

² Data

³ Cyclical Redundancy Check

که آدرس آن فراخوانی شده است به عنوان Slave پاسخ را ارسال می نماید. در ادامه یک نمونه از درخواست و پاسخ آن در پروتکل Modbus ارائه شده است [۴۱].

جدول ۴-۳-۴-ارسال یک درخواست از Master [۴۲]

Addr	Fun	Data start addr HI	Data start Addr LO	Data #of Regs HLI	Data #of Regs LO	CRC16 Hi	CRC16 Lo
11H	03H	01H	30H	00H	03H	06H	A8H

همانطور که در این جدول مشاهده می گردد فیلد اول مربوط به آدرس دستگاه مورد نظر است به صورت یک داده ۸ بیتی است در فیلد بعدی تابع مورد نظر به صورت یک پارامتر ۸ بیتی ارسال می گردد دو بایت بعدی مربوط به آدرس قسمتی از حافظه RTU است که عمل خواندن از آنجا شروع می شود که این قسمت از حافظه دستگاه Register نام دارد. در دو فیلد بعدی تعداد بسته های هشت بیتی که باید فراخوان گردد و در Register مورد نظر ذخیره شود مشخص می گردد دو فیلد آخر مربوط به CRC 16 می باشد که یک داده ۱۶ بیتی بوده و جهت کنترل صحت اطلاعات دریافتی و ارسالی به کار می رود. از مزیت های پروتکل Modbus این است که می تواند در یک درخواست و پاسخ تعدادی از داده ها را بازخوانی و یا بازنویسی نماید که این قابلیت باعث افزایش سرعت ارتباط می گردد همچنین در هر مرحله با استفاده از الگوریتم CRC صحت اطلاعات ارسالی و یا دریافتی را کنترل می نماید.

جدول ۴-۴-۴-ارسال یک پاسخ از Slave [۴۲]

Addr	Fun	Byte count	Data1 HI	Data1 LO	Data 2 HI	Data2 LO	Data3 HI	Data3 LO	CRC16 HI	CRC16 LO
11H	03H	06H	13H	88H	03H	E7H	03H	E9H	7FH	04H

همانطور که در جدول ۴-۳-۴ مشاهده می گردد با دریافت درخواست از Master دستگاه RTU که آدرس آن با آدرس درخواست شده مطابق است اطلاعات درخواست شده را ارسال می نماید در فیلد اول آدرس Slave به صورت یک داده ۸ بیتی در فیلد دوم کد تابع به

صورت یک داده ۸ بیتی در فیلد سوم تعداد بایت های ارسالی به صورت یک داده ۸ بیتی و در مراحل بعد داده های منناظر با Register های فراخوانی شده به صورت داده های ۱۶ بیتی به ترتیب ارسال می گردد و در انتها داده ۱۶ بیتی CRC 16 ارسال می گردد. نکته قابل توجه در ارتباط Modbus این است که سیستم انتقال اطلاعات ۸ بیتی است و داده هایی که دارای ارزش ۲ بایت به صورت ۱ MSB و ۲ LSB ارسال می گردد. به طور مثال اگر عدد 45432 را در نظر بگیریم مقدار متناظر باینری آن برابر است با 1011000101111000 ۸ بیت اول از سمت چپ MSB=10110001 و ۸ بیت بعدی LSB=01111000 خواهد بود که به ترتیب ارسال شده و داده ها در حافظه داخلی RTU به صورت Hexadecimal ذخیره می گردد.

همانطور که در قسمت قبل به آن اشاره شده برای اطمینان یافتن از صحت ارسال اطلاعات از CRC استفاده می شود و در هنگام ارسال یک بسته اطلاعاتی^۳ دستگاہی که اقدام به ارسال اطلاعات می نماید بر مبنای اطلاعات ارسالی و الگوریتم CRC16 مقدار این داده ۱۶ بیتی را محاسبه کرده و همراه سایر اطلاعات به مقصد ارسال می نماید در مقصد دستگاہ گیرنده اطلاعات بر مبنای داده های دریافتی مجدداً CRC را محاسبه می نماید و با CRC دریافتی مطابقت می دهد اگر این دو مقدار با هم مساوی باشند به معنی دریافت اطلاعات به طور صحیح می باشد و سپس داده های دریافتی در دستگاہ گیرنده ذخیره می گردد. عدم رسیدن اطلاعات به طور صحیح ممکن است به علت نویز^۴ و تداخل و یا مشکل در مسیر ارتباطی باشد که با استفاده از این روش تنها داده های صحیح توسط سیستم مقصد مورد پذیرش قرار می گیرد [۴۲].

۵-۴-۴- نصب تجهیزات جهت انجام فرآیند آزمایشی

بعد از انتخاب تجهیزات مورد نیاز جهت انجام فرآیند مدیریت مصرف انرژی باید این تجهیزات با متغیر های موثر در مصرف انرژی مرتبط شود. سیستم طراحی شده جهت مدیریت فرآیند باید

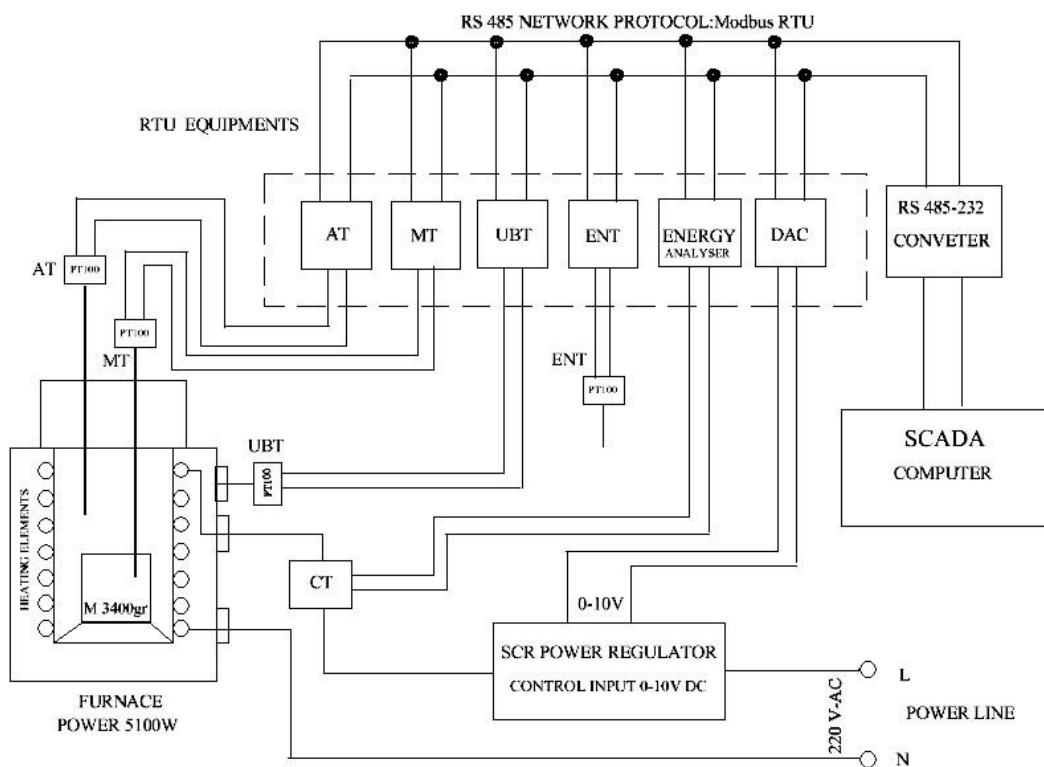
¹ Most Significant Byte

² Least Significant Byte

³ Data Packet

⁴ Noise

بتواند تغییرات پارامترهای موثر در مصرف انرژی را اندازه گیری کرده و به نرم افزار SCADA منتقل نماید. همچنین این سیستم باید بتواند فرمانهای کنترلی ارسالی از نرم افزار را در سیستم اعمال نماید. متغیرهای مربوط به دما و مصرف انرژی توسط RTU ها اندازه گیری می شود و به نرم افزار SCADA انتقال می یابد و سپس نرم افزار SCADA با توجه به داده های دریافتی و الگوریتم کنترلی میزان خروجی توان را محاسبه نموده و به سیستم اعمال می نماید با در نظر گرفتن موارد بالا دیاگرام سیستم نصب شده جهت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مطابق شکل صفحه بعد می باشد و در ادامه به تشریح قسمت های مختلف سیستم می پردازیم.



شکل ۴-۵- دیاگرام سیستم طراحی شده جهت مدیریت مصرف انرژی در کوره های الکتریکی

لیست تجهیزات به کار رفته در فرآیند مطابق جدول ۴-۵- می باشد.

جدول ۴-۵- لیست تجهیزات استفاده شده در فرآیند آزمایشی مدیریت مصرف انرژی

علامت اختصاری	نوع تجهیز	عملکرد
FURNACE	کوره الکتریکی	کوره الکتریکی استوانه‌ای با توان حرارتی ۵۱۰۰ وات و دمای کاری ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد
MASS	جرم فولادی	جرم فولادی به وزن ۳۴۰۰ گرم
AT	ترمومتر	اندازه‌گیری دمای اتمسفر کوره و انتقال آن به سیستم SCADA
MT	ترمومتر	اندازه‌گیری دمای قطعه داخل کوره و انتقال آن به سیستم SCADA
UBT	ترمومتر	اندازه‌گیری دمای جداره بیرونی کوره و انتقال آن به سیستم SCADA
ENT	ترمومتر	اندازه‌گیری دمای محیط بیرونی و انتقال آن به سیستم SCADA
ENERGY ANALYSER	آنالایزر انرژی	اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با انرژی و انتقال آن به سیستم SCADA
DAC	مبدل دیجیتال به آنالوگ	در یافت فرمان از سیستم SCADA و اعمال سیگنال آنالوگ کنترلی به سیستم کنترل توان SCR
SCR	سیستم کنترل توان	کنترل توان بر اساس تغییر زاویه آتش تریستور
PT100	سنسور دمای اهمی	ارتباط با ترمومتر ها جهت اندازه‌گیری دما
CT	ترانسفورمر جریان	ارتباط با آنالایزر انرژی جهت اندازه‌گیری شدت جریان
RS232-RS485 CONVETER	مبدل ارتباطی	ایجاد ارتباط بین RTUها و سیستم نرم افزاری SCADA
SCADA Computer	کامپیوتر سیستم SCADA	جهت پایش و کنترل فرآیند

- Furnace کوره الکتریکی استوانه‌ای با توان ۵۱۰۰ وات و درجه حرارت کارکرد ۶۵۰ درجه
- Mass جرم فولادی به وزن ۳۴۰۰ گرم
- ^۱ AT دمای اتمسفر داخل کوره می‌باشد به وسیله ترمومتر اندازه‌گیری می‌شود و از طریق شبکه RS484 و پروتکل Modbus به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می‌کند.
- ^۲ MT دمای قطعه داخل کوره می‌باشد که به وسیله ترمومتر اندازه‌گیری می‌شود و از طریق شبکه RS484 و پروتکل Modbus به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می‌کند.

¹ Atmosphere Temperature

² Mass Temperature

- ^۱ UBT دمای بدنه خارجی کوره می باشد که به وسیله ترمومتر اندازه گیری می شود واز طریق شبکه RS484 و پروتکل Modbus به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می کند.
- ^۲ ENT دمای محیطی که فرآیند در آن انجام می شود که به وسیله ترمومتر اندازه گیری می شود واز طریق شبکه RS484 و پروتکل Modbus به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می کند.
- Energy Analyser آنالایزر انرژی که پارامترهای مربوط به مصرف انرژی مانند شدت جریان ، ولتاژ ، توان لحظه ای ، و انرژی مصرفی کل را اندازه گیری می نماید واز طریق شبکه RS484 و پروتکل Modbus به نرم افزار SCADA انتقال پیدا می کند.
- ^۳ DAC مبدل دیجیتال به آنالوگ مبدل فرمان کنترلی را از طریق شبکه RS485 و پروتکل Modbus از نرم افزار SCADA دریافت می نماید و با توجه به اطلاعات در یافتی یک سیگنال آنالوگ در خروجی جهت سیستم کنترل توان SCR اعمال می نماید. مبدل دیجیتال به آنالوگ استفاده شده در این پروژه دارای دقتی برابر با ۱۲ بیت می باشدو رنج ولتاژ آن بین ۱۰- و ۱۰+ ولت می باشد مقدار متناظر با ۱۰- ولت عدد ۰ و مقدار متناظر با ۱۰+ عدد ۴۰۹۵ است از آنجا که ولتاژ کنترلی مورد نیاز برای فرآیند آزمایشی در بازه ۱۰- ولت است بنابراین رنج تغییرات عددی در رجیستر DAC بین ۲۰۴۸ تا ۴۰۹۵ خواهد بود.
- ^۴ SCR جهت کنترل مقدار توان اعمال شده در هر لحظه از یک سیستم کنترل توان تریستوری SCR که توسط اینجانب بر پایه میکروکنترلر های AVR طراحی شده است استفاده شد این سیستم و ولتاژ آنالوگ در بازه ۰-۱۰ ولت را از مبدل دیجیتال به آنالوگ DAC در یافت می کند و با تغییر زاویه آتش تریستورها مقدار ولتاژ در دوسر المنت و در نتیجه توان اعمال شده به سیستم را در بازه صفر تا حداکثر توان تغییر می دهد. مبدل آنالوگ به دیجیتال میکروکنترلر ATMEGA 8 دارای دقت ۱۰ بیت می

¹ Outer Body Temperature

² Enviroment Temperature

³ Digital to Analog Converter

⁴ Silicon Controlled Rectifier

باشد و بازه عددی متناظر با آن بین ۰ تا ۱۰۲۳ می باشد. سرعت CLOCK میکروکنترلر استفاده شده در این پروژه ۸ مگاهرتز می باشد.

- PT100 برای مونیتورینگ پارامتر دما در کوره از ۴ عدد حسگر دمای PT100 برای مونیتورینگ دمای فضای داخلی کوره (AT) و دمای نمونه داخل کوره (MT) ، دمای جداره بیرونی (UBT) و دمای محیط کاری (ENT) استفاده شده است .
 - CT^۱ برای اندازه گیری شدت جریان لحظه ای از یک ترانس جریان استفاده شده است این ترانس در مسیر منبع تغذیه ا لمنت ها قرار می گیرد و آنالایز انرژی به وسیله آن می تواند مقدار شدت جریان موثر را اندازه گیری و بر مبنای آن سایر پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی را محاسبه نماید
 - RS485-RS232 CONVERTER مبدل سریال^۲ این مبدل استاندارد ارتباطی RS485 را به RS232 تبدیل می نماید .
 - SCADA COMPUTER کامپیوتری است که سیستم نرم افزار ی SCADA بر روی آن نصب می شود و عمل پایش و کنترل فرآیند را انجام می دهد در این پروژه با توجه به قابلیت های نرم افزار SpecView از این نرم افزار جهت کنترل فر آیند استفاده شد و بر روی یک عدد لپ تاپ که دارای پورت سریال می باشد نصب گردید .
- بعداز انتخاب تجهیزات مورد نیاز که شرح آن داده شد مطابق با شکل ۴-۸- این تجهیزات جهت انجام آزمایش نصب گردید .

¹ Current Transformer

² Serial Converter



شکل ۴-۶- تصویر تجهیزات نصب شده جهت فرآیند مدیریت مصرف انرژی

همانطور که در شکل فوق مشاهده می گردد به ترتیب از سمت راست سیستم کنترل توان SCR و کوره آزمایشگاهی و تابلوی حاوی RTU ها و کامپیوتر SCADA که از طریق مبدل سریال به RTU ها متصل است مشاهده می گردد.

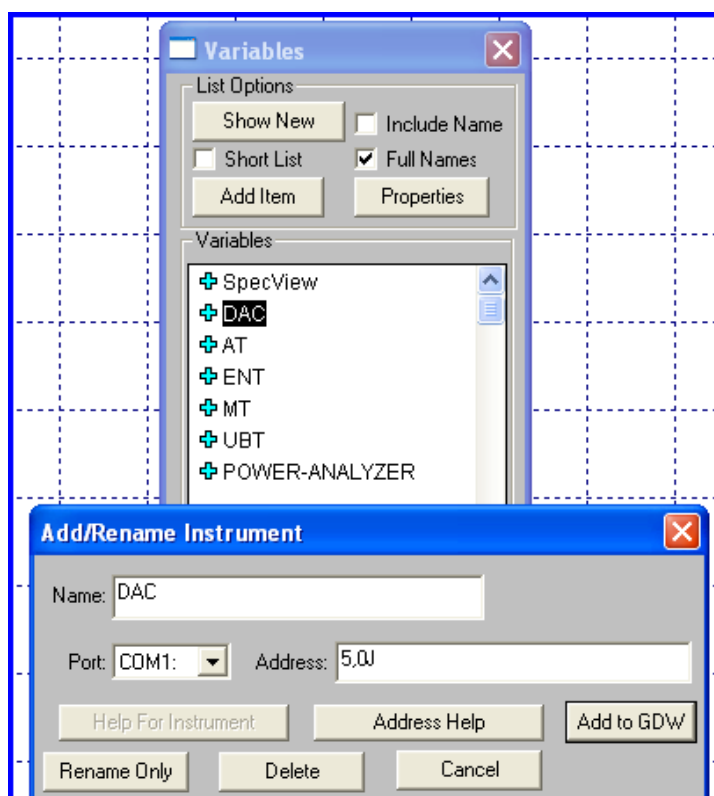
۶-۴-۴- نصب RTU ها در نرم افزار SCADA

در این بعد از اتمام نصب فیزیکی تجهیزات ، جهت پایش پارامترها و اعمال روش های کنترلی از طریق نرم افزار SCADA باید تجهیزات به صورت نرم افزاری هم نصب گردد .معمولا در نرم افزار های SCADA همیشه تعدادی راهبر^۱ جهت ایجاد ارتباط بین RTU ها و سیستم نرم افزاری در نظر گرفته می شود با توجه به اینکه پروتکل ارتباطی مورد استفاده در این تحقیق Modbus می باشد. راهبر نرم افزاری به عنوان یک Master عمل می کند و در خواست هایی را برای خواندن پارامتر مورد نظر به RTU های مختلف بر اساس آدرس آنها ارسال می نماید .در نرم افزار SpecView راهبر RTU های مورد استفاده در تحقیق از قبل وجود دارد و برای نصب نرم افزاری RTU ها و اضافه کردن راهبر کافی است در حین نصب آدرس سخت افزاری و پارامترهای ارتباط سریال^۲ مشخص گردد .در صورتیکه که راهبر یک RTU در نرم افزار SCADA وجود نداشته باشد باید برنامه راهبر مختص به آن RTU تهیه شود.

¹ Driver

² Serial Communication

بعد از نصب راهبرها در نرم افزار SCADA می توان به اطلاعات ارسال شده توسط RTU ها دسترسی پیدا کرد و از این اطلاعات در ثبت و پایش پارامترهای موثر در فرآیند و یا اعمال فرامین کنترلی استفاده نمود. شکل زیر روش نصب RTU ها در نرم افزار SpecView را نمایش می دهد.

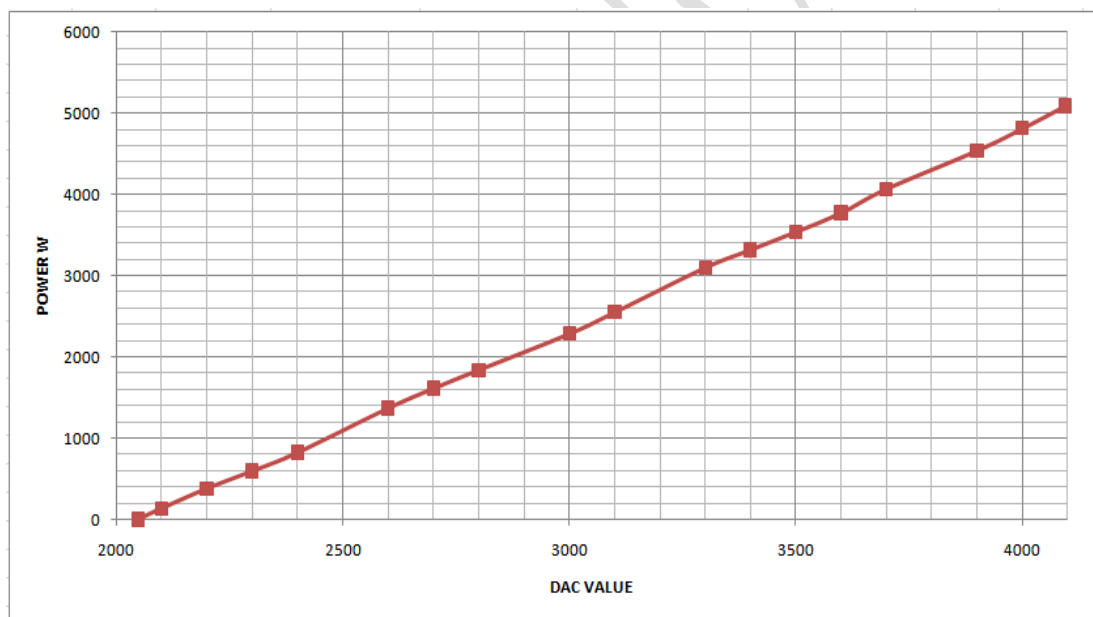


شکل ۴-۷- نصب RTU ها در نرم افزار SpecView

همراه با نصب RTU ها می توان از اطلاعات ارسالی آنها به سیستم SCADA در رسم نمودارها و ایجاد گزارشات جهت تحلیل و بررسی فرآیند مدیریت مصرف انرژی استفاده شود.

۷-۳-۴- بررسی عملکرد سیستم کنترل توان

قبل از شروع آزمایشهای مربوط به تحقیق باید عملکرد سیستم کنترل توان SCR مورد بررسی قرار گیرد. سیستم کنترل توان استفاده شده در این تحقیق از نوع خطی^۱ می باشد بدین معنی که با اعمال ولتاژ آنالوگ ۰ تا ۱۰ ولت مقدار توان سیستم با نسبتی که به حالت نزدیک به خطی تغییر می نماید. چون یکی از اهداف ما در مدیریت مصرف انرژی کم کردن مقدار Demand یا اوج بار مصرفی می باشد و به دلیل اینکه کنترل توان خروجی توسط سیستم SCADA به واسطه مبدل دیجیتال به آنالوگ DAC صورت می گیرد خطی بودن این نسبت این مزیت را دارد که بتوان از طریق سیستم نرم افزاری SCADA یک کنترل مستقیم بر روی مقدار توان خروجی اعمال نمود. نسبت توان خروجی سیستم و ولتاژ کنترلی آنالوگ مطابق نمودار زیر می باشد که به حالت خطی بسیار نزدیک است.



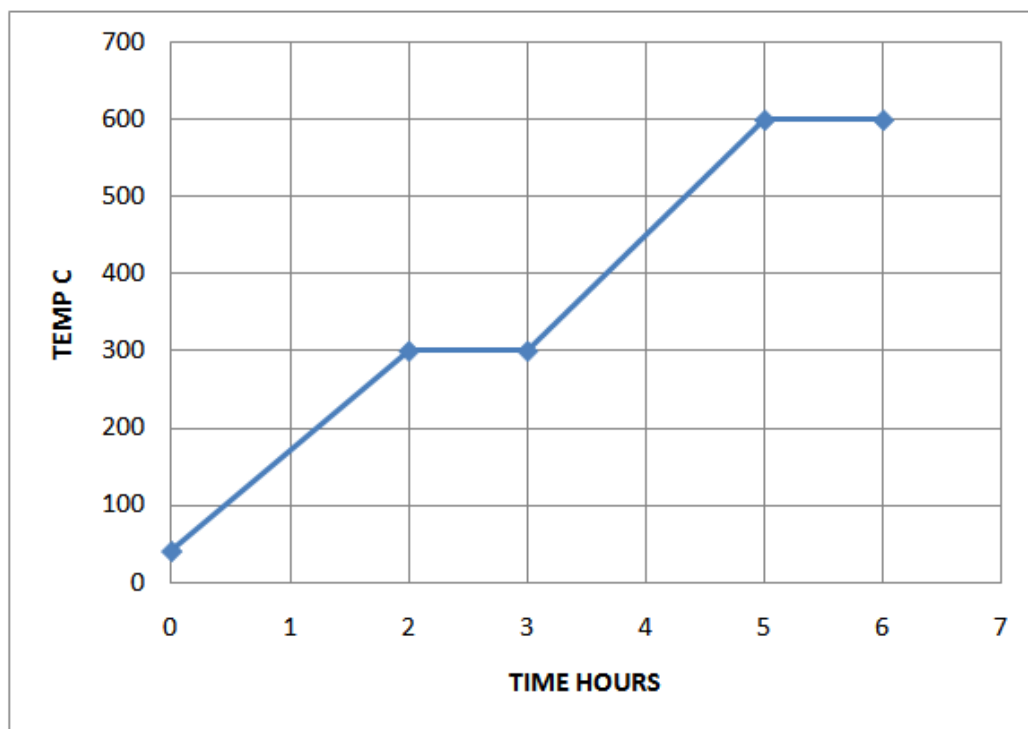
شکل ۴-۸- رابطه بین مقدار DAC و توان خروجی در فرآیند آزمایش

¹Linier

۴-۴- آزمایش اول: بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل ON/OFF

۴-۴-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش اول

معمولا در فرآیندهای صنعتی جهت کنترل روند افزایش دما و نگهداری آن یک منحنی دما بر حسب زمان در نظر گرفته می شود و عمل گرمایش بر طبق این منحنی صورت می گیرد جهت انجام فرآیند آزمایشی موضوع این تحقیق یک سیکل گرمایشی تعریف می شود که مطابق با شکل ۴-۹- می باشد.

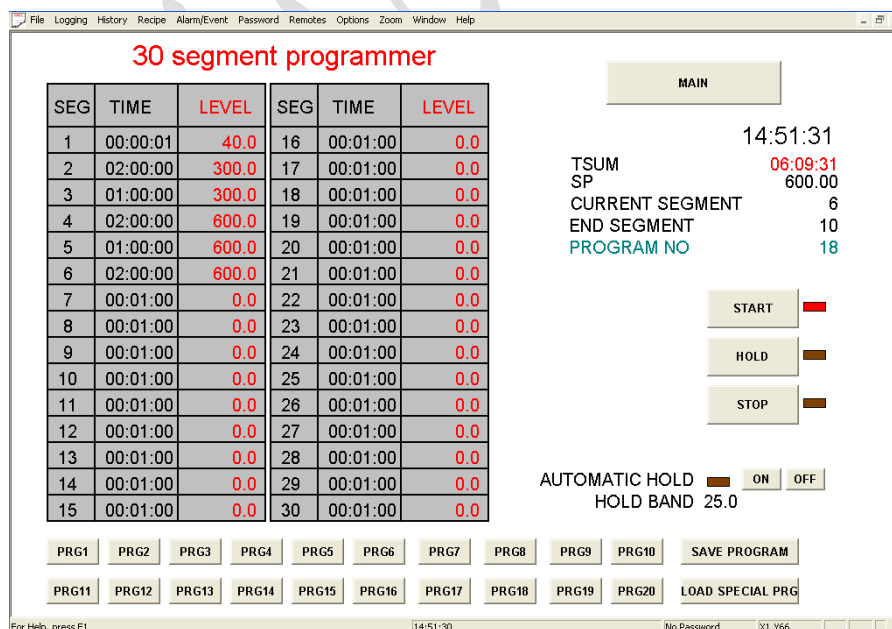


شکل ۴-۹- نمودار فرآیند حرارتی آزمایشی

در این فرآیند در مرحله اول دما در مدت زمان ۲ ساعت از ۴۰ به ۳۰۰ درجه سانتی گراد می رسد. و سپس در دمای ۳۰۰ درجه به مدت ۱ ساعت توقف می نماید سپس دما در مدت زمان ۲ ساعت به ۶۰۰ درجه سانتی گراد می رسد و بعد از آن به مدت ۱ ساعت در این دما توقف می نماید. هدف از انجام آزمایشات در این قسمت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در طول این

سیکل گرمایشی می باشد این سیکل گرمایشی انتخابی است و در صورت لزوم می توان منحنی های متفاوتی را تعریف نمود .

جهت انجام این فرآیند باید یک پروگرامر در سیستم نرم افزاری SCADA طراحی شود تا نرم افزار امکان کنترل فرآیند بر اساس منحنی تعریف شده را داشته باشد . در فرآیند آزمایشی از یک پروگرامر ۳۰ مرحله ای در محیط نرم افزار SpecView که توسط اینجانب جهت یک پروژه عملیات حرارتی طراحی شده است استفاده شد که صفحه نمایش آن مطابق شکل ۷ می باشد. در این پروگرامر که به وسیله Strategy Controller در محیط نرم افزار SpecView طراحی شده مقادیر دما و روند افزایش و یا کاهش و نگهداری دما به ترتیب در segment ها پروگرامر وارد می شود . پروگرامر ابتدا مقدار شیب گرمایش را برای هر مرحله به طور جداگانه محاسبه می نماید در شروع مرحله اول با قراردادن شیب مرحله اول در حافظه در هر ثانیه مقدار Setpoint را افزایش می دهد بعد از پایان هر مرحله با توجه به شیب گرمایش جدید شیب گرمایش قبلی را جایگزین می نماید. این پروگرامر در کنترل سیکل حرارتی دارای دقت ۰/۱ درجه سانتی گراد می باشد و در صورت نیاز برنامه آن جهت اجرای سیکل های بعدی قابل ذخیره سازی است .



شکل ۴-۱۰- پروگرامر طراحی شده در محیط نرم افزاری SpecView

در این فرآیند حرارتی (SP) SETPOINT بر مبنای برنامه داده شده به تدریج افزایش پیدا می کند و به صورت مستمر دمای فرآیند که در اینجا دمای اتمسفر داخل کوره یا AT است با آن مقایسه می شود. برای این منظور متغیری به نام ER تعریف می شود که برابر است با $ER = SP - AT$ که مقدار اختلاف درجه حرارت واقعی از SETPOINT است مقدار ER مبنای طراحی الگوریتم برای کنترل دما می باشد

در این تحقیق جهت بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترلی ON/OFF در محیط Strategy Controller نرم افزار SpecView یک کنترلر بر مبنای الگوریتم زیر طراحی گردید .

ON Situation:

IF $ER > 2$ THEN $DAC = 4095$

OFF Situation :

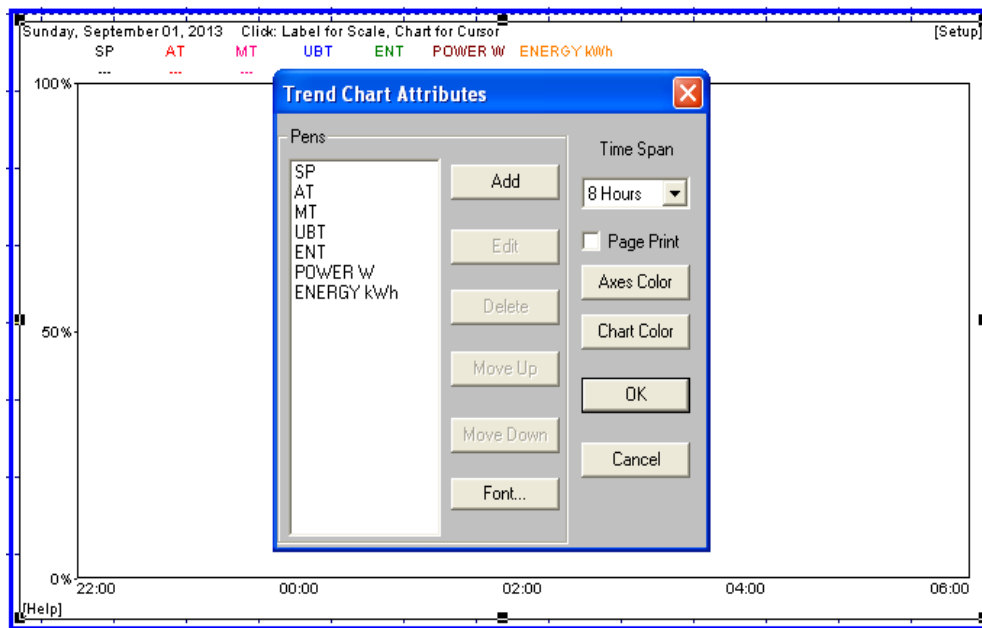
(۴-۶) IF $ER = 0$ OR $ER < 0$ THEN $DAC = 2048$

در این الگوریتم کنترلی با بیشتر شدن SP از AT به مقدار ۲ درجه سانتی گراد مقدار DAC ۴۰۹۵ در حافظه ذخیره شده و سیگنال کنترلی ۱۰ ولت به واحد کنترل توان SCR ارسال می گردد با اعمال این سیگنال کنترلی خروجی توان ۵۱۰۰ وات خواهد بود که البته ممکن است با توجه به نوسانات ولتاژ شبکه مقداری نوسان داشته باشد. با بالا رفتن درجه حرارت و صفر شدن مقدار خطا ER مقدار ۲۰۴۸ که متناظر با صفر ولت است در حافظه DAC ذخیره می شود و بعد از ارسال به واحد SCR مقدار توان خروجی برابر با صفر می گردد .

جهت بررسی متغیرهای دما و انرژی و بررسی تاثیر این مقادیر بر یکدیگر نمودارهای مختلفی در سیستم نرم افزاری ایجاد و پارامترهایی که در هر نمودار منحنی آنها قابل مشاهده است تعیین می گردد. در آزمایش نخست مربوط به این تحقیق پارامترهای زیر توسط نرم افزار SCADA پایش و نمودار آن جهت تحلیل های بعدی رسم می گردد .

- پارامترهای دما SP,AT,MT,UBT, ENT بر حسب درجه سانتی گراد
- پارامتر مربوط به توان مصرفی لحظه ای POWER بر حسب وات
- انرژی مصرف کل ENERGY بر اساس kWh کیلووات ساعت

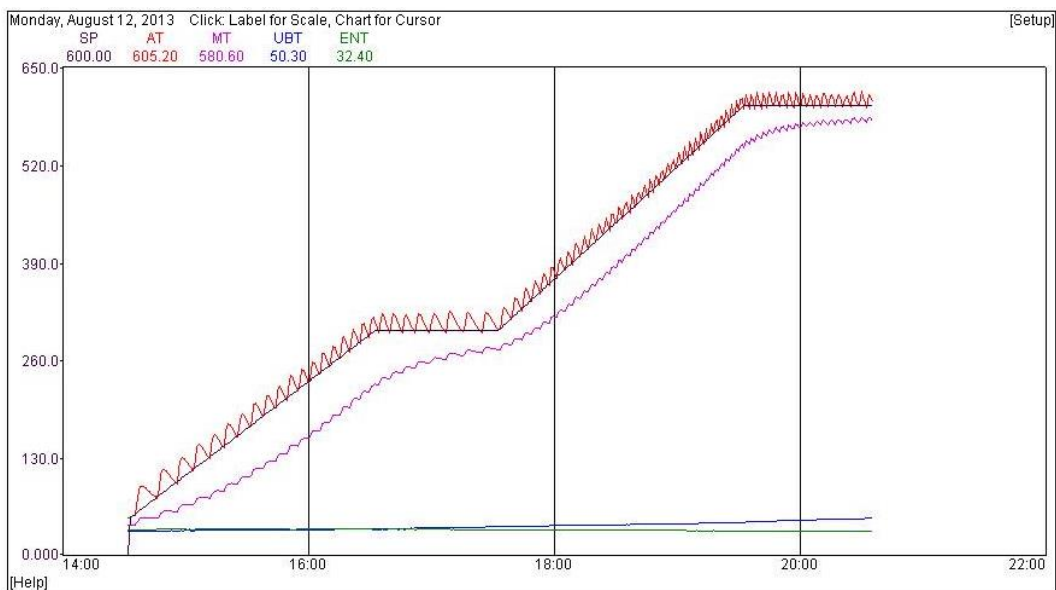
چون طول سیکل گرمایشی ۶ ساعت می باشد محدوده رسم نمودار ۸ ساعت در نظر گرفته می شود تا کل نمودار مورد نیاز را در بر گیرد . اضافه کردن نمودار ها در نرم افزار SCADA مطابق با شکل انجام می شود .



شکل ۴-۱۱- اضافه کردن نمودار ها در نرم افزار SpecView

۲-۵-۴- بررسی و تحلیل نمودار های مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش اول

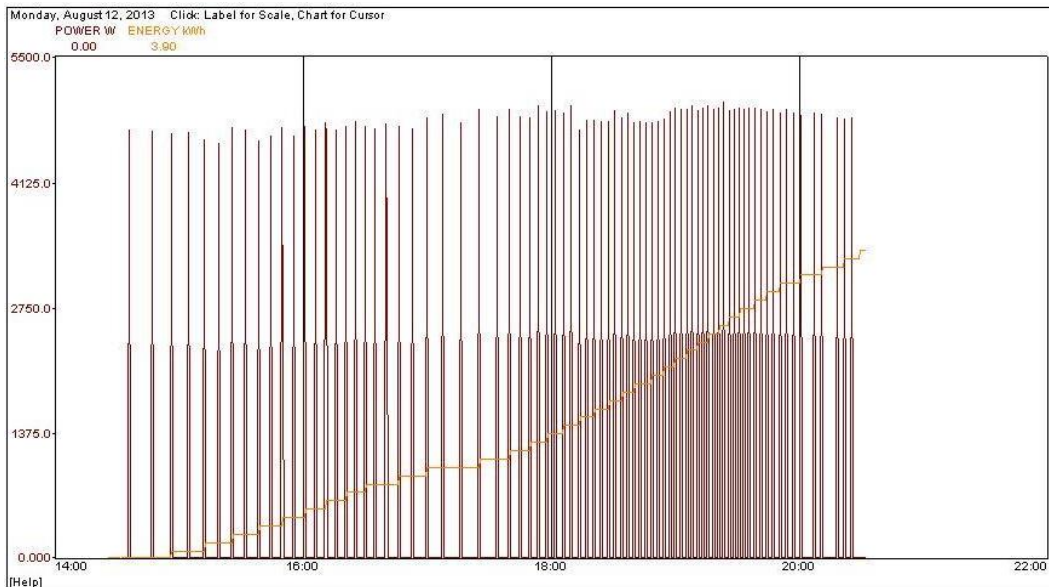
بعد از START پروگرامر فرآیند حرارتی بر اساس الگوریتم کنترلی تعریف شده در نرم افزار انجام و نمودارهای تعریف شده توسط نرم افزار رسم گردید. نمودار پارامترهای مرتبط با دما مطابق شکل ۴-۱۲- می باشد .



شکل ۴-۱۲- نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در آزمایش اول

همانطور که در نمودار مشاهده می شود منحنی AT نسبت به SETPOINT دارای نوسان زیادی است. علت این نوسان شدید اعمال حداکثر توان در هر سیکل گرمایشی است با توجه به اینکه مدت زمانی به طول می انجامد که ترموکوپل تغییر دما را حس کند و سیستم کنترل با توجه به این دما خروجی را قطع یا وصل نماید بنابراین اعمال حداکثر توان به سیستم و مدت زمانی که طول می کشد تا این اعمال توان اثر خود را را نشان دهد باعث نوسان شدید در منحنی AT می شود در هنگام پایین آمدن دما تا روشن شدن مجدد نیز همین اتفاق اتفاق رخ می دهد.

نمودار شکل مربوط به پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی است که مقدار توان مصرفی لحظه ای و مقدار کل توان را نمایش می دهد.

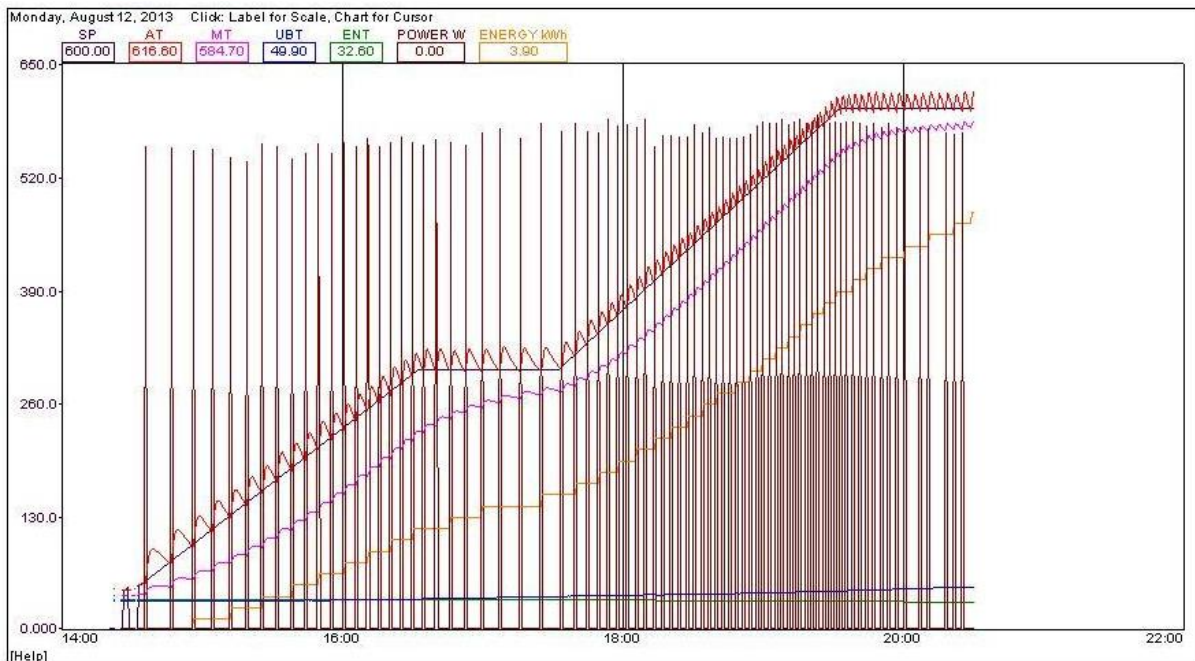


شکل ۴-۱۳- نمودار مربوط به پارامترهای مصرف انرژی در آزمایش اول

رنگ قهوه ای مقدار توان لحظه ای و رنگ نارنجی مقدار انرژی مصرفی را نمایش می دهد. مطابق نمودار انرژی مصرفی کل در این فرآیند معادل $3/9$ کیلووات ساعت می باشد و مقدار اوج بار مصرفی برابر با 5100 وات می باشد. منحنی توان دارای نوسانات بسیار شدیدی است. با توجه به اینکه حداکثر توان کوره معادل 5100 وات می باشد بنابراین در طول 6 ساعت امکان اعمال انرژی حرارتی به میزان $30/600 = 6 \times 5100$ کیلووات ساعت به فرآیند گرمایشی وجود دارد در حالیکه کل انرژی مصرف شده در این آزمایش $3/9$ کیلووات یا 13 درصد انرژی کل می باشد است. بنابراین مشخص می شود که لزومی نداشته که در طول فرآیند حداکثر توان گرمایشی به سیستم اعمال گردد و می توان اوج بار سیستم را کاهش داد. در صنایع کم کردن اوج بار مصرفی مرتبط با فرآیند های حرارتی علاوه بر کاهش هزینه های مستقیم باعث پرهیز از کارکرد تجهیزات در حداکثر ظرفیت و کاهش استهلاک در آنها می گردد.

نمودار شکل بعد نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توام می باشد. طبق نمودار مشخص است که مدتی بعد از اعمال توان گرمایشی به کوره با یک نوسان شدید در دما مواجه هستیم و مقدار AT از SP بیشتر می شود اگر منحنی انرژی و منحنی گرمایشی را مقایسه کنیم مشخص می گردد که روند رشد نمودار انرژی با توجه به مرحله منحنی گرمایش تغییر می

کند به طور مثال در هنگام بالا رفتن SP مقدار مصرف انرژی بیشتر و در هنگام نگهداری در دمای مشخص مقدار مصرف انرژی کمتر می شود.



شکل ۴-۱۴- بررسی نمودار مربوط به پارامترهای دما و پارامترهای مصرف انرژی به صورت توام

با توجه به اینکه یکی از اهداف ما در مدیریت مصرف انرژی کاهش اوج بار می باشد با توجه به انرژی مصرف شده در هر مرحله می توانیم یک حد نهایی برای اوج بار تعریف کنیم. برای تعریف این حد نهایی در ابتدا فرض می شود که در هر مرحله حداکثر توان مورد نیاز از $1/5$ برابر میانگین توان تجاوز ننماید. $P_{max}=1.5 \cdot P_{ave}$ بر مبنای این پیش بینی برای هر مرحله از سیکل گرمایشی یک حد نهایی تعریف می کنیم و این حدود را در الگوریتم کنترلی نرم افزار SCADA وارد می کنیم و فرآیند را در آزمایش شماره ۲ تکرار می نماییم.

۴-۶- آزمایش دوم بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل ON/OFF با

اعمال محدودیت در اوج بار مصرفی

۱-۶-۴-اصلاح برنامه نرم افزاری جهت انجام آزمایش دوم

یکی از اصول مدیریت مصرف انرژی پایش و اصلاح مستمر فرآیند جهت رسیدن به هدف مورد نظر می باشد با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش اول و مقدار انرژی مصرف شده در هر مرحله می توانیم یک حد نهایی برای اوج بار تعریف کنیم. برای تعریف این حد نهایی در ابتدا فرض می شود که در هر مرحله حداکثر توان مورد نیاز از $1/5$ برابر میانگین توان تجاوز ننماید $P_{max}=1.5*P_{ave}$ بر مبنای این پیش بینی برای هر مرحله از سیکل گرمایشی یک حد نهایی تعریف می کنیم و این حدود را در الگوریتم کنترلی نرم افزار SCADA وارد می کنیم و فرآیند را در آزمایش شماره ۲ تکرار می نماییم.

جدول ۴-۶-تعیین مقدار اوج بار در هر مرحله

SEG	TEMP RANGE C	Pave watt	P max watt
2	40-300	450	675
3	300	300	450
4	300-600	1000	1500
5	600	700	1050

با محاسبه حد نهایی توان برای هر مرحله Segment الگوریتم کنترل در نرم افزار SCADA به صورت زیر تغییر می کند :

ON Situation:

IF ER>2 THEN DAC=P max.seg

OFF Situation :

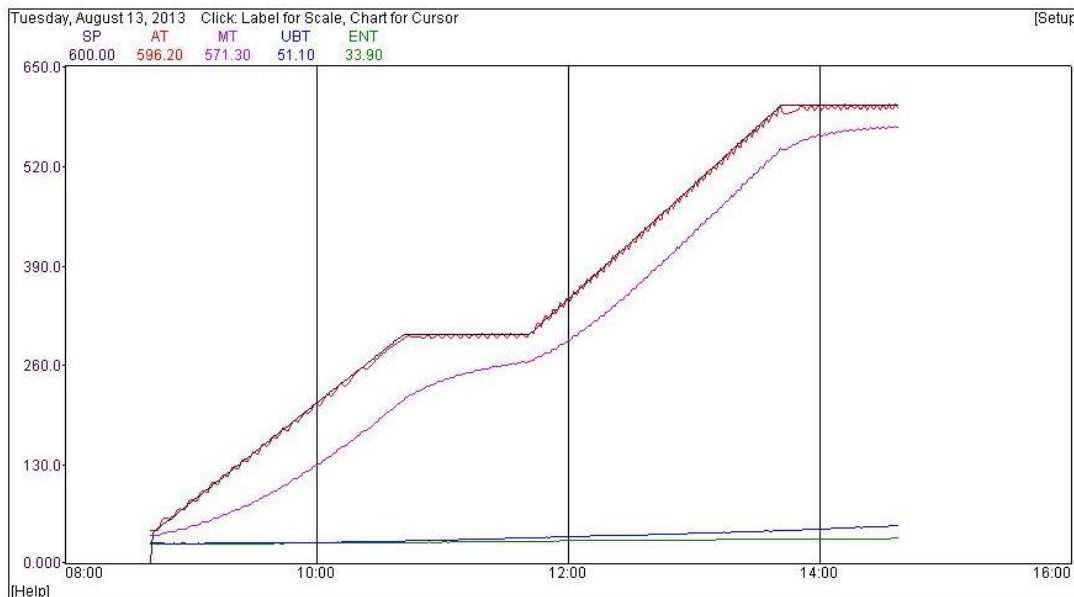
IF ER=0 OR ER<0 THEN DAC=2048 (۴-۷)

Pmax.seg مقدار حد نهایی مجاز برای توان در هر segment می باشد که در جدول ۴-۴ آمده است .

بعد از اعمال حدود نهایی توان در نرم افزار مجددا سیکل گرمایشی تکرار می گردد .

۲-۶-۴- بررسی و تحلیل نمودار های مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش دوم

بعد از اعمال تغییرات مجدداً سیکل آزمایشی در مرحله دوم تکرار می گردد. منحنی پارامترهای دما مطابق با شکل ۴-۱۵ می باشد.

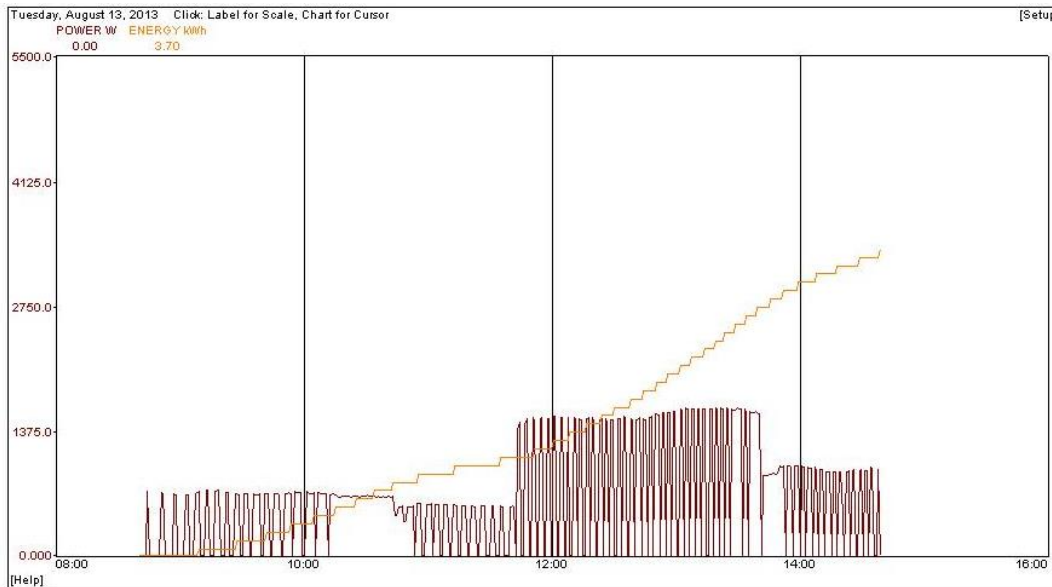


شکل ۴-۱۵ نمودار پارامترهای دما بر حسب زمان در فرآیند آزمایشی ON/OFF با حدود توان کنترل شده

همانطور که در نمودار دما مشخص است با اعمال محدودیت توان در هر مرحله مقدار نوسان دمای AT از SETPOINT تا حد بسیاری نسبت به آزمایش اول کاهش پیدا کرده و دقت کنترل دما بسیار بیشتر شده است و نوسان دما از مقدار تعیین شده بسیار کمتر شده است بنابراین اعمال محدودیت برای اوج بار مصرفی در بهبود عملکرد فرآیند تاثیر بسیاری داشته است .

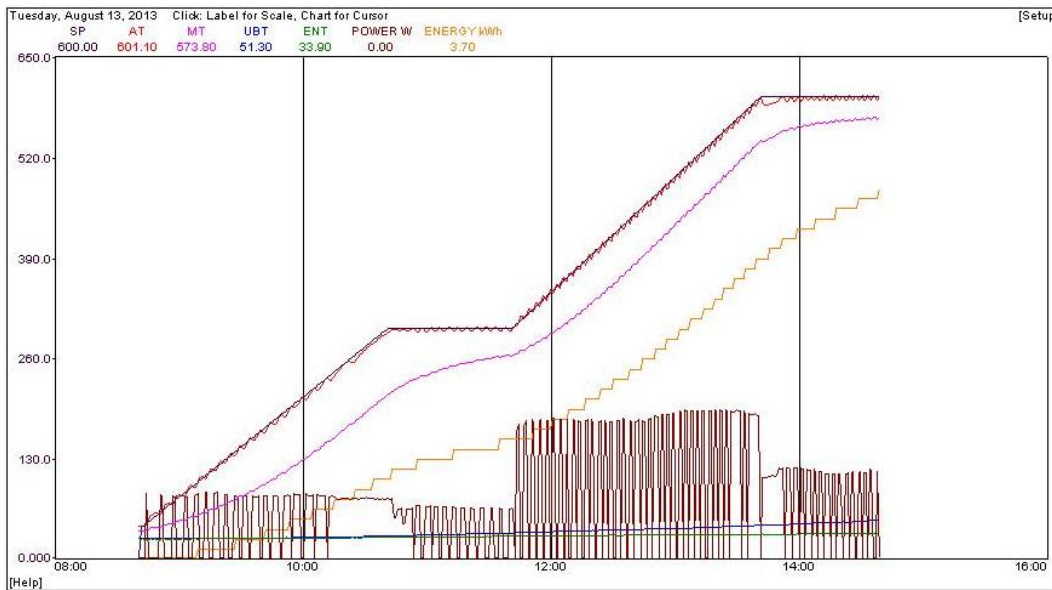
نمودار بعدی (شکل ۴-۱۷-) نمودار پارامترهای انرژی می باشد . همانطور که در شکل مشاهده می شود با اعمال محدودیت توان در هر Segment مقدار انرژی کل مصرفی برای انجام سیکل حرارتی از مقدار ۳/۹ کیلووات ساعت در آزمایش اول به ۳/۷ کیلووات ساعت در

آزمایش دوم کاهش پیدا کرده است و با انجام اصلاح در سیستم نرم افزاری به میزان ۰/۲ کیلووات در مصرف انرژی صرفه جویی شده است که معادل ۵ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد و مقدار اوج بار مصرفی از ۵۱۰۰ وات به ۱۵۰۰ وات کاهش پیدا کرده است که این کاهش معادل ۷۰ درصد می باشد.



شکل ۴-۱۶- نمودار پارامترهای مصرف انرژی بر حسب زمان در فرآیند آزمایشی ON/OFF بعد از اعمال محدودیت توان

در شکل ۴-۱۷ نمودار مربوط به پارامترهای دما و انرژی به صورت توام آورده شده است .



شکل ۴-۱۷- نمودار مربوط به پارامترهای دما و پارامترهای مصرف انرژی به صورت توام

منحنی ها این موضوع را تایید می نماید که با اعمال محدودیت توان مقدار نوسان از SP تا حد بسیاری کاهش یافته است و مقدار نوسان دمای قطعه داخل کوره هم تا حدود بسیاری کاهش پیدا کرده است. علاوه بر کاهش مصرف انرژی و کاهش اوج بار اعمال محدودیت در مقدار توان باعث بالابردن عمر قطعات مانند المنت های حرارتی -جداره عایق و سیستم کنترل توان می گردد کارکرد المنت ها و سیستم کنترل توان در حداکثر ظرفیت ، افزایش هزینه های ناشی از تعمیرات و نگهداری را به دنبال دارد.

۴-۷- آزمایش سوم : بررسی روند مصرف انرژی در روش کنترل PID

با توجه به اینکه یکی از اصول فرآیند مدیریت مصرف انرژی استفاده از تمامی فرصت ها برای کاهش مصرف انرژی می باشد جهت بهبود عملکرد سیستم روش کنترل بر مبنای الگوریتم PID در نرم افزار پیاده سازی گردید.

۴-۷-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش سوم -روش کنترلی PID

الگوریتم PID بر اساس مقدار خطا ER و تغییرات آن در واحد زمان میزان افزایش یا کاهش مقدار خروجی توان در واحد زمان را محاسبه کرده و در خروجی سیستم اعمال می گردد البته در این الگوریتم رنج تغییرات خروجی بین ۰ تا ۱۰۰ محدود می گردد.

رابطه بین مقدار خروجی و ضرایب PID بر اساس رابطه زیر است [۴۳].

$$CO = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (4-8)$$

- Kp یا Gain برابر است با 100/P که P همان Proportional Band می باشد.
- ki معادل kp/I می باشد که I همان Integral Time بر حسب ثانیه می باشد که عمل انتگرال گیری از میزان خطای e در این بازه زمانی انجام می شود. t زمان بر حسب ثانیه است
- kd برابر با kpXD است که D همان Derivative Time می باشد که در صورت تغییرات خطا er در واحد زمان بر خروجی سیستم تاثیر گذار است با توجه به اینکه بازه زمانی برای نمونه برداری ۱ ثانیه است و محاسبه خطا و تغییرات آن در هر یک ثانیه اتفاق می افتد جهت پیاده سازی این الگوریتم در نرم افزار رابطه بالا به صورت رابطه زیر تبدیل می گردد [۴۳].

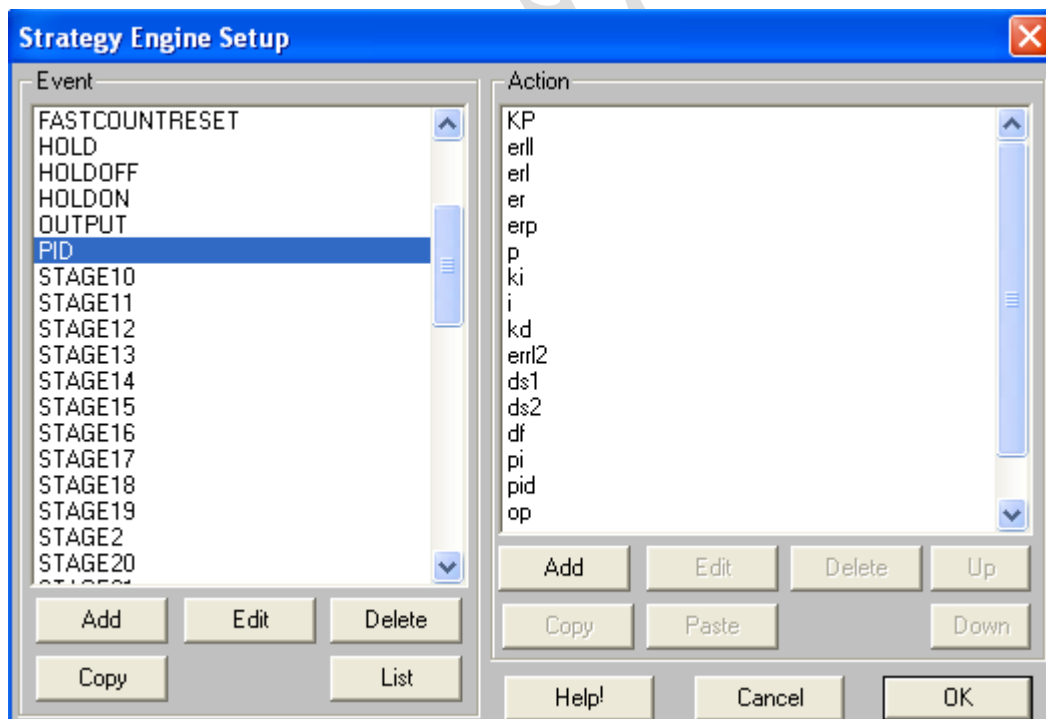
$$CO(k) = CO(k-1) + K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i T e(k) + \frac{K_d}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (4-9)$$

- CO(k) مقدار خروجی در زمان فعلی است .
- CO(K-1) برابر با مقدار خروجی در یک ثانیه قبل است .
- e (k) مقدار خطا در زمان فعلی است
- e(k-1) مقدار خطا در یک ثانیه قبل است .
- e(k-2) مقدار خطا در دو ثانیه قبل است .

- T ثابت زمانی نمونه برداری است که در اینجا با توجه به انتخاب زمان نمونه برداری ۱ ثانیه برابر با عدد ۱ است.

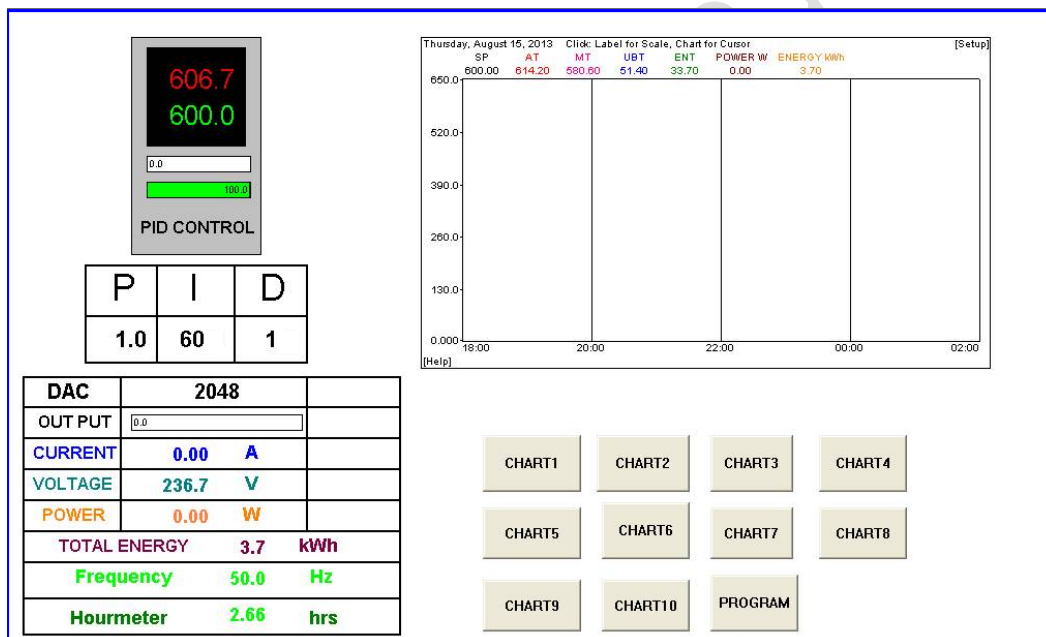
علاوه بر موارد فوق برای مقدار خروجی $CO(K)$ دارای یک بیشینه به مقدار ۱۰۰ درصد و یک کمینه به مقدار ۰ در نظر گرفته می شود چون محدوده خروجی بین ۰ تا ۱۰۰ درصد است و اعداد کمتر یا بیشتر از این محدوده در سیستم کنترل توان تعریف نشده است و عدم اعمال دامنه تغییرات بین ۰ تا ۱۰۰ درصد باعث بروز خطا در سیستم می شود به عنوان مثال با عدم مشخص کردن حداکثر خروجی مقدار عددی $CO(K)$ تا بینهایت افزایش پیدا می کند.

مطابق روابط بالا الگوریتم PID در قسمت Strategy Controller نرم افزار SpecView پیاده سازی گردید (شکل ۴-۱۹) در مرحله بعدی با استفاده از پارامترهای عددی و ابزارهای گرافیکی نرم افزار Specview و مقدار خروجی که از Strategy Controller بدست می آید یک سیستم کنترل PID در محیط نرم افزاری SpecView طراحی گردید.



شکل ۴-۱۸- پیاده سازی الگوریتم کنترلی PID در نرم افزار SpecView

در کنترلر طراحی شده در صفحه کنترلر PID مقادیر پارامترهای PID قابل مشاهده و تنظیم است همچنین مقدار خروجی لحظه ای بر حسب درصد و مقدار عددی DAC و پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی قابل مشاهده است در این کنترلر مقدار حداکثر مجاز خروجی قابل تنظیم است که در این آزمایش حداکثر مقدار خروجی ۱۰۰ درصد تنظیم شده است در صفحه کنترلر مقدار دمای AT با رنگ قرمز و مقدار SP با رنگ سبز نمایش داده می شود. همچنین جستار^۱ به نمودارهای مختلف که در نرم افزار مورد نیاز است و برنامه پروگرامر از این صفحه قابل دسترسی است. در هنگام طراحی نرم افزار جهت انجام فرآیند آزمایشی مانند مراحل قبل نمودارهای لازم جهت امکان بررسی و تحلیل نتایج پس از آزمایش در نرم افزار تعریف گردید.

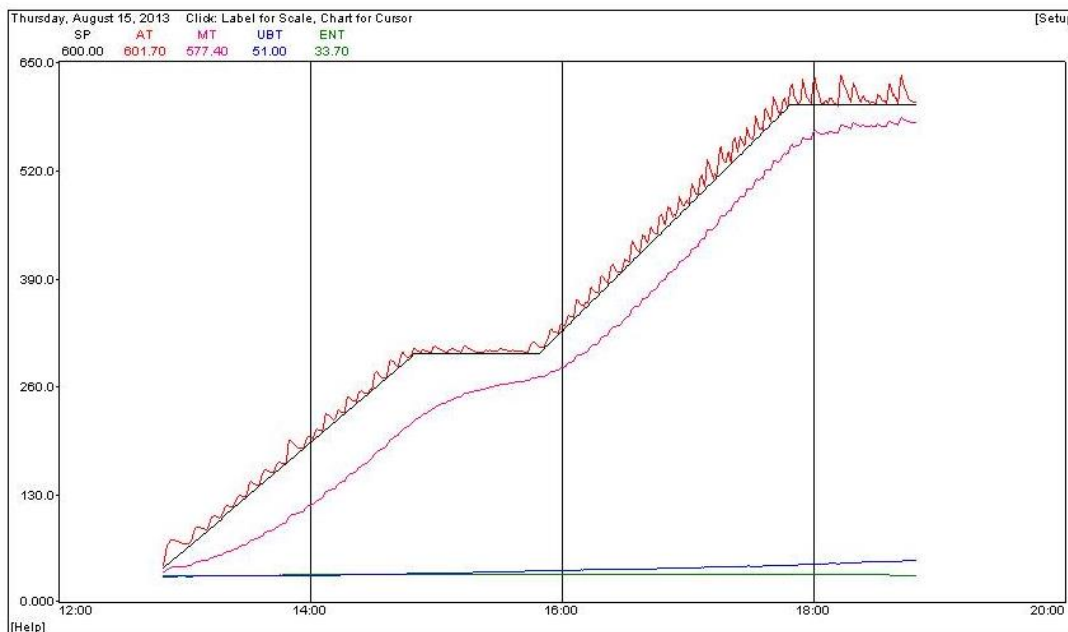


شکل ۴-۱۹- کنترلر PID طراحی شده در محیط نرم افزاری SpecView

۲-۷-۴- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش سوم

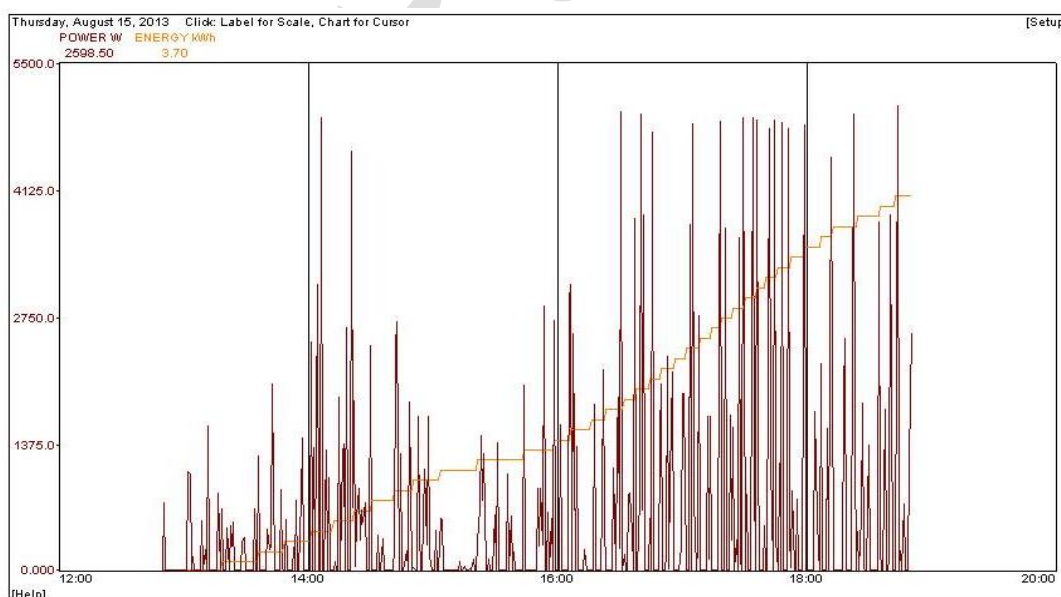
در آزمایش سوم یک فرآیند گرمایشی با استفاده از الگوریتم PID بدون اعمال محدودیت در حداکثر توان اجرا گردید و مانند آزمایشهای قبلی نمودارهای لازم رسم گردید.

¹ Link



شکل ۴-۲۰- نمودار پارامترهای دما سیستم کنترل PID بدون محدودیت توان

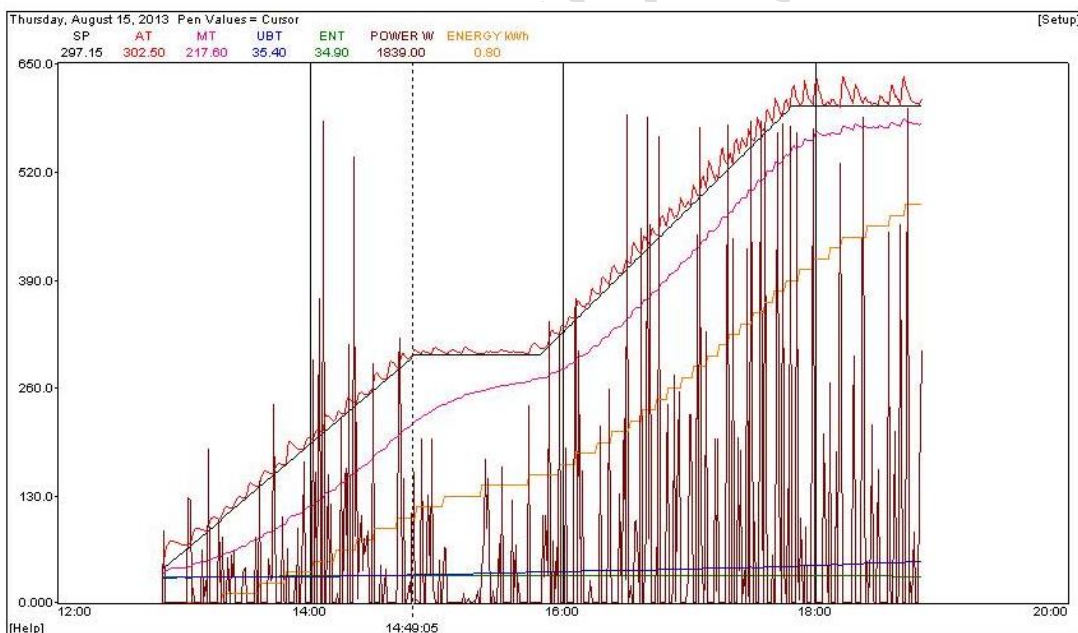
همانطور که در شکل ۴-۴ مشاهده می گردد با به کاری روش کنترل PID با ثابت های $P=1.0$ $I=60S$ $D=1S$ و مقدار نوسان دما نسبت به آزمایش اول تا حد زیادی کاهش یافته است و دقت کنترل منحنی هم تا حدود زیادی بهبود یافته و از نوسانات دمای قطعه کاسته شده است. حال به بررسی نمودار پارامترهای مصرف انرژی می پردازیم .



شکل ۴-۲۱- نمودار پارامترهای انرژی در سیستم کنترل PID بدون اعمال محدودیت توان

همانطور که در شکل ۱۷ مشاهده می شود با به کارگیری الگوریتم کنترلی PID مقدار مصرف انرژی در طول سیکل برابر با $\frac{3}{7}$ کیلووات و مقدار حداکثر اوج بار 5100 وات می باشد. با به کارگیری روش PID مقدار مصرف انرژی نسبت به آزمایش اول $\frac{0}{2}$ کیلووات ساعت یعنی به میزان 5 درصد کاهش پیدا می کند با اینکه مقدار حداکثر اوج بار کاهش پیدا نکرده در مقایسه با نمودار آزمایش اول مدت زمانی که سیستم در اوج بار بوده است کاهش پیدا کرده است. بنابراین نتیجه گیری می شود که بهبود روش کنترل فرآیند بر کاهش مصرف انرژی تاثیر زیادی داشته است. در مرحله بعدی نمودار پارامترهای دما و مصرف انرژی به صورت توام مورد بررسی قرار می گیرد.

در بررسی نمودار توام پارامترهای دما و انرژی و مقایسه آن با نمودار متناظر در آزمایش اول مشاهده می گردد که بعد از افزایش اوج بار تا حداکثر مقدار با یک افزایش سریع در دما مواجه هستیم که مقدار مطلق خطا را افزایش می دهد و با کاهش اوج بار میزان خطا در سیستم کاهش پیدا می کند.



شکل ۴-۲۲- نمودار مربوط به پارامترهای دما و مصرف انرژی در سیستم کنترل PID به طور

توأم

با توجه به اینکه در آزمایش سوم مانند آزمایش اول مقدار اوج بار محدود نشده و مقدار اوج با تا ۵۱۰۰ وات افزایش پیدا کرده است بنابراین با اعمال محدودیت در اوج بار مصرفی فرآیند را در آزمایش چهارم مجدداً تکرار می‌گردد.

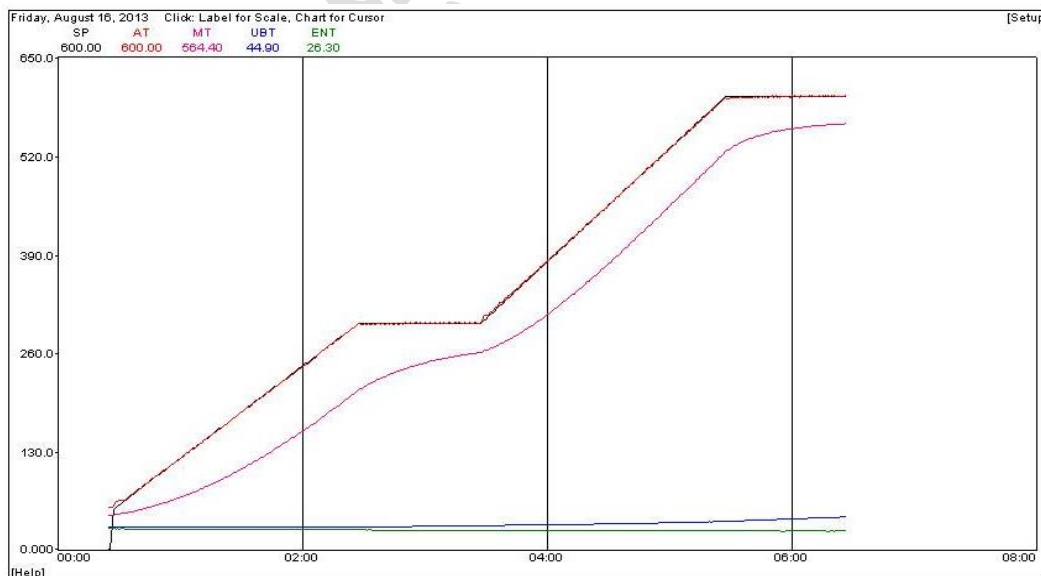
۴-۸- آزمایش چهارم بررسی روند مصرف انرژی در روش PID همراه با اعمال محدودیت توان

۴-۸-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش چهارم

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش سوم همانند آنچه در آزمایش دوم انجام شد در هر Segment با استفاده از مقدار پارامترهای جدول ۴-۵- حداکثر مقدار توان در هر مرحله محدود گردید و فرآیند گرمایشی را با در نظر گرفتن شرایط جدید و محدودیت توان تکرار شد.

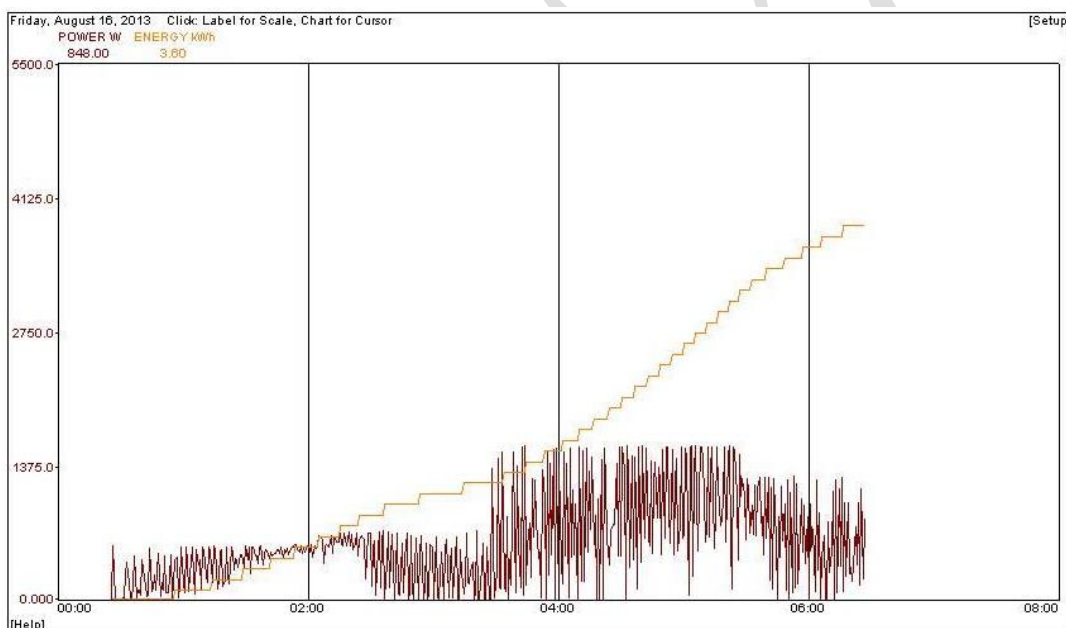
۴-۸-۲- بررسی و تحلیل نمودارهای مرتبط با مصرف انرژی در آزمایش چهارم

بعد از اعمال محدودیت توان در هر یک از مراحل فرآیند آزمایشی مجدداً روش کنترلی PID در آزمایش چهارم اجراء گردید منحنی پارامترهای دما مطابق شکل زیر می‌باشد .



۴-۲۳- نمودار پارامترهای دما نسبت به زمان در روش کنترلی PID و محدودیت توان

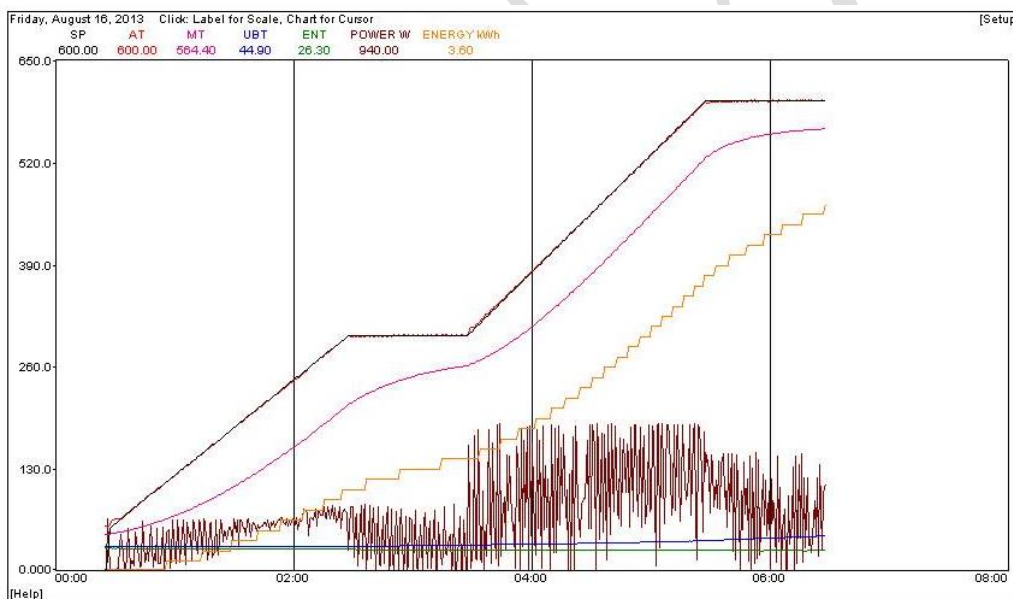
با اعمال محدودیت بر حداکثر توان عملکرد سیستم به نحو چشمگیری بهبود می یابد و مقدار مطلق خطا تا حد زیادی کاهش یافته و منحنی SP تقریباً بر منحنی PV منطبق می گردد. در مقایسه با نمودار متناظر دما با آزمایش اول تا سوم مشخص می گردد که پیاده سازی روش کنترلی PID به همراه اعمال محدودیت در حداکثر مقدار توان عملکرد فرآیند تا حد بسیار زیادی بهبود بخشیده است و مقدار نوسانات درجه حرارت تا حد بسیار زیادی کاهش یافته است. نمودار بعدی منحنی پارامترهای مرتبط با مصرف انرژی است. با اعمال محدودیت توان در سیستم کنترل PID مقدار کل مصرف انرژی به $3/6$ کیلووات ساعت کاهش پیدا می کند که در مقایسه با آزمایش اول که مقدار مصرف $3/9$ کیلووات ساعت بود مقدار مصرف انرژی به میزان $0/3$ کیلووات ساعت که معادل $7/7$ درصد است کاهش پیدا کرد است و با توجه به محدودیت های اعمال شده در سیستم نرم افزاری مقدار اوج بار مصرفی 1500 وات می باشد.



۲۴-۴- نمودار پارامترهای مربوط به انرژی در سیستم کنترل PID با در نظر گرفتن محدودیت توان

در مرحله بعد نمودار مربوط به پارامترهای دما و پارامترهای مصرف انرژی به صورت توأم بررسی می گردد.

در بررسی نمودار توام پارامترهای دما و انرژی و مقایسه آن با نمودارهای متناظر در آزمایشهای اول و دوم مشاهده می گردد که با توجه به کارگیری الگوریتم PID دقت عملکرد فرآیند به نحو چشمگیری افزایش پیدا کرده است. همچنین در مقایسه نمودار آزمایش مشاهده می گردد که به کارگیری روش محدودیت توان باعث بهبود عملکرد سیستم و کاهش مصرف انرژی شد ه است. بنابراین به کارگیری الگوریتم PID و محدودیت توان هر دو در بهبود عملکرد فرآیند موثر بوده اند. در بررسی منحنی مربوط به توان لحظه ای مشاهده می گردد که با وجود اعمال محدودیت در مقدار توان هنوز این منحنی دارای نوسان است و بسیاری موارد توان خروجی برابر با صفر می گردد. این مسئله موید این مطلب که عمل پیش بینی مقدار توان در هر مرحله دقت لازم را ندارد. بنا براین با اصلاح فرآیند در طراحی آزمایش پنجم سعی می شود تا بازه زمانی پیش بینی تا حد ممکن کاهش یابد.



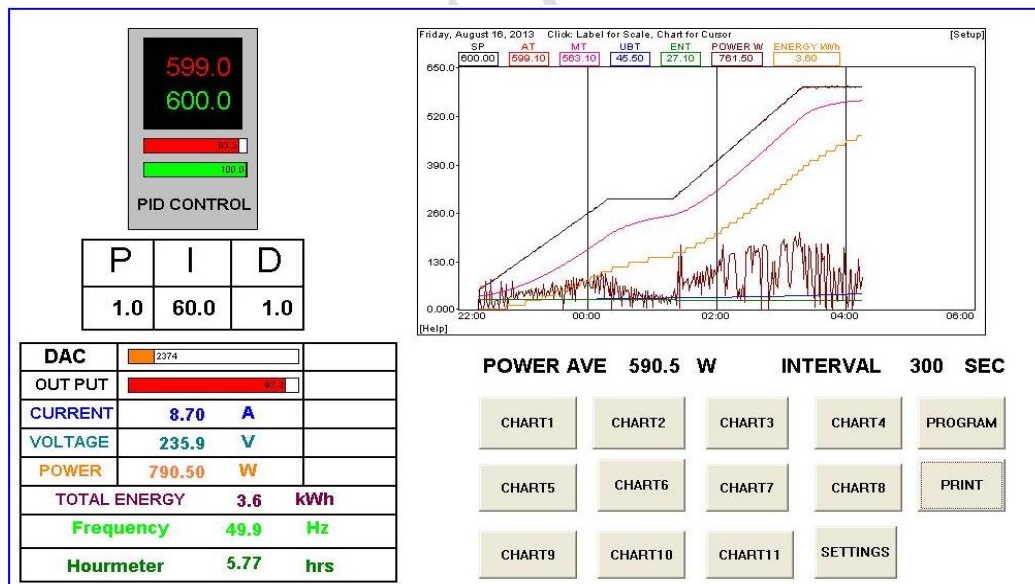
شکل ۴-۲۵- نمودار مربوط به پارامترهای دما و پارامترهای مصرف انرژی به صورت توام در روش PID با اعمال محدودیت توان

۴-۹- آزمایش پنجم: بررسی روند مصرف انرژی در روش PID همراه با

اعمال محدودیت توان براساس پیش بینی کوتاه مدت

۴-۹-۱- طراحی نرم افزار جهت انجام آزمایش پنجم

با توجه به نمودار های آزمایش چهارم مشخص شد که مقدار حداکثر توان محاسبه شده برای هر مرحله به تنهایی جهت برآورد مقدار توان مورد نیاز کافی نبوده است و بهتر است الگوریتمی طراحی گردد که بتواند توان مورد نیاز سیستم را در زمان کوتاه مدت محاسبه و در سیستم اعمال نماید. برای انجام این هدف یک سیستم محاسبه گر که بتواند پیش بینی کوتاه مدت انجام دهد در نرم افزار SpecView طراحی گردید. عملکرد این سیستم محاسبه گر بدین صورت است که بعد از دریافت مقدار توان لحظه ای که توسط آنالایزر انرژی به سیستم اعمال می شود در یک بازه زمانی مشخص بر روی این پارامتر عمل انتگرال گیری انجام می دهد بعد از محاسبه این انتگرال که در پارامتر Pave ذخیره می شود با ضرب آن در عدد ۱,۵ Pmax را محاسبه کرده و در بازه زمانی بعدی این مقدار بیشینه را اعمال می نماید جهت جلوگیری از خطای سیستم این مسئله پیش بینی شده که در صورت کمبود توان و افزایش خطا به بیش از ۲ درجه سانتی گراد مقدار Pmax آزمایش های قبلی در هر Segment به عنوان حداکثر توان مجاز در نظر گرفته شود. جهت انجام عمل انتگرال گیری مقدار توان بازه زمانی ۳۰۰ ثانیه در نظر گرفته شد و کنترلر PID طراحی شده در آزمایش دوم مجدداً مطابق شکل زیر اصلاح گردید.

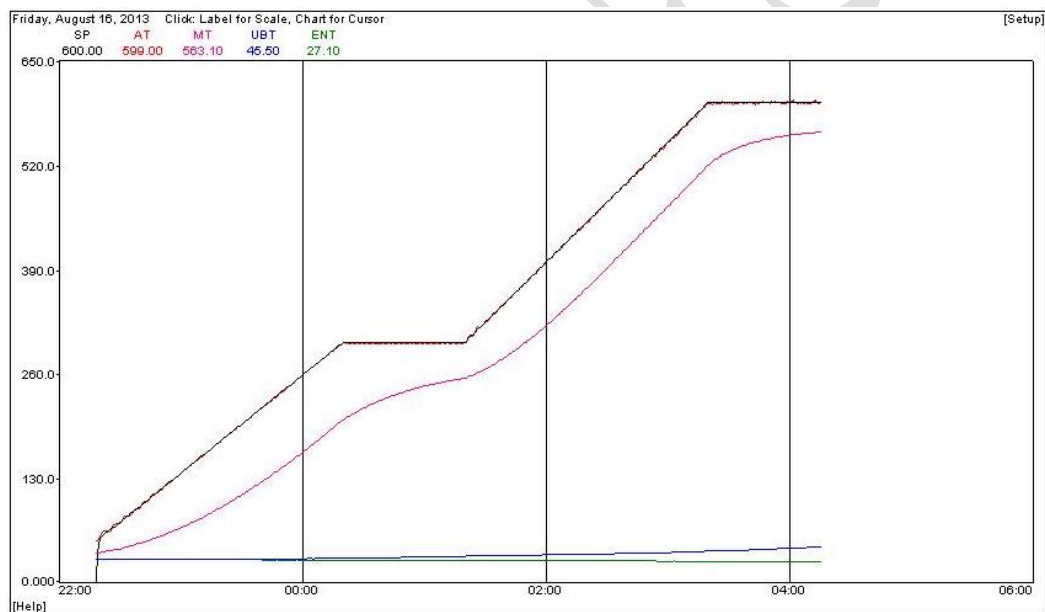


شکل ۴-۲۶- طراحی یک سیستم کنترل PID با امکان پیش بینی کوتاه مدت مقدار توان مورد نیاز

۲-۹-۴- بررسی و تحلیل نمودار های آزمایش پنجم

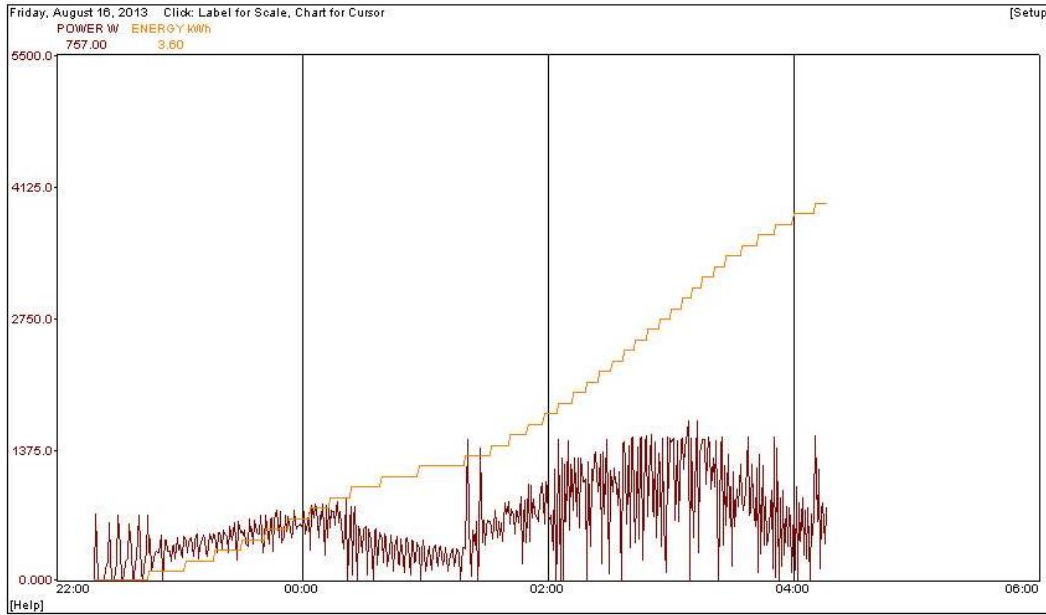
بعد از اعمال تغییرات در نرم افزار فرآیند گرمایشی با روش کنترلی PID همراه با پیش بینی کوتاه مدت مقدار توان انجام و نمودار های مورد نیاز رسم گردید. نمودار مربوط به پارامتر های دما مطابق شکل می باشد با بررسی نمودار دما مشخص می شود که میزان دقت انجام فرآیند نسبت به آزمایش چهارم بهبود یافته است و تقریباً منحنی SP بر منحنی AT منطبق شده است و مقدار نوسان دما کاهش پیدا کرده است. (شکل ۴-۲۷-)

در بررسی نمودار پارامترهای انرژی مشخص می شود که مقدار نوسان منحنی توان لحظه ای نسبت به آزمایش چهارم کاهش پیدا کرده است و مقدار حداکثر اوج بار ۱۴۶۰ وات می باشد که به نسبت آزمایش اول که ۵۱۰۰ وات بود به میزان ۷۱ درصد کاهش پیدا کرده است و مقدار توان در این فرآیند نسبت به حالت قبل کمتر در حالت بیشینه قرار می گیرد.



شکل ۴-۲۷- نمودار پارامترهای دما در آزمایش پنجم

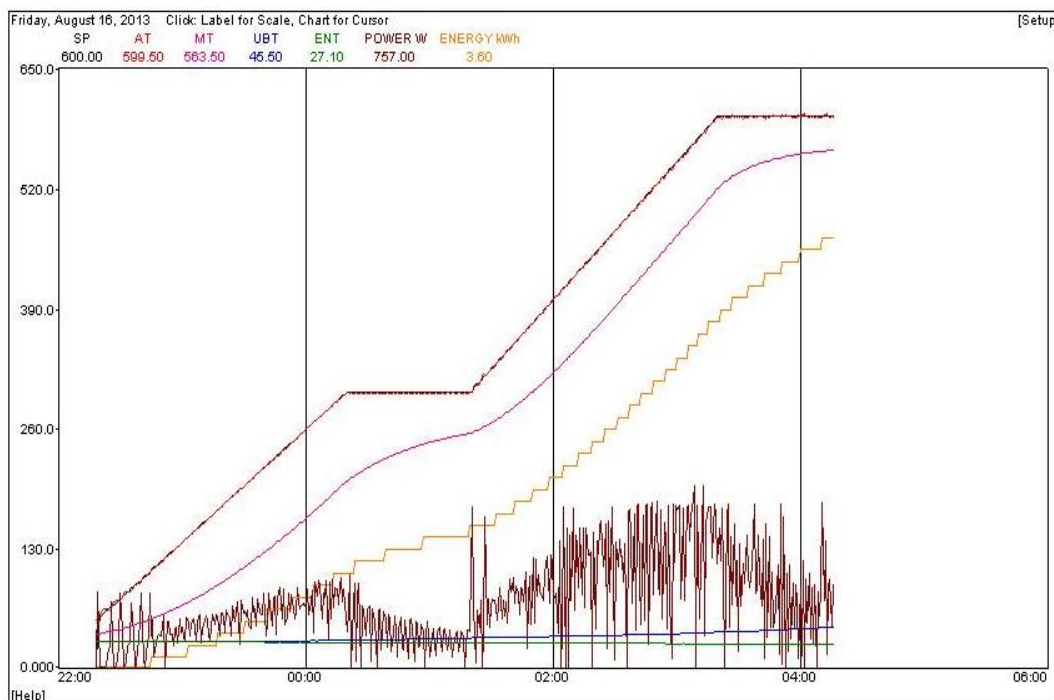
و مقدار انرژی مصرفی در حالت چهارم ۳/۶ کیلووات ساعت است که تفاوتی با آزمایش چهارم ندارد.



۲۸-۴- نمودار پارامترهای انرژی در آزمایش پنجم

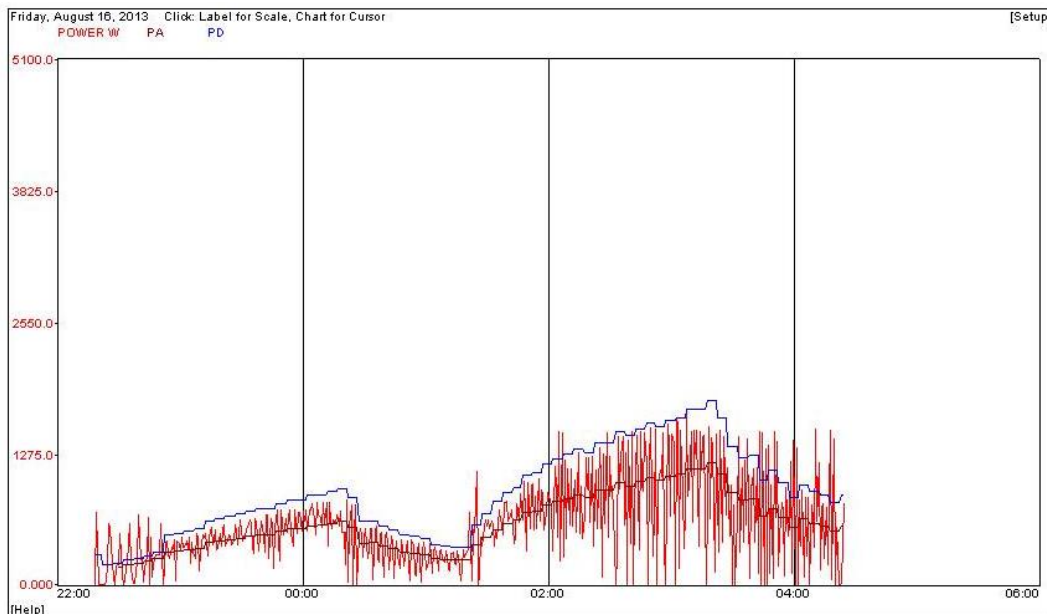
ولی نسبت به آزمایش اول ۷/۷ درصد کاهش داشته است. بنابراین مزیت این روش نسبت به روش آزمایش چهارم کاهش نوسانات در منحنی توان می باشد که موید این است پیش بینی مقدار توان نسبت به آزمایش چهارم دقیق تر بوده است.

در مرحله بعد نمودار پارامترهای دما و انرژی به صورت توأم مورد بررسی قرار می گیرد. در بررسی این نمودار مشخص می گردد که در مراحل بالا رفتن دما به تدریج نیاز به توان بیشتر می شود و میانگین مصرف توان افزایش می یابد و در مراحل ایست که دما ثابت است بتدریج مقدار نیاز به توان کاهش می یابد.



شکل ۴-۲۹- نمودار توام پارامترهای دما و پارامترهای انرژی در آزمایش پنجم

در این مرحله می خواهیم عملکرد پیش بینی کوتاه مدت توسط نرم افزار را مورد تحلیل قرار دهیم بنا براین در منحنی مربوط به توان لحظه ای دو پارامتر جدید به نام PA و PD اضافه می نماییم PA همان انتگرال محاسبه شده برای منحنی توان در هر دوره زمانی است که مقدار آن برابر با Pave است و PD مقدار حداکثر توان محاسبه شده در هر دوره زمانی است که برابر با $Pave * 1.5$ می باشد. در نمودار شکل ۴-۲۹-توان مصرفی واقعی با رنگ قرمز و توان میانگین محاسبه شده توسط نرم افزار PA با رنگ قهوه ای و حداکثر توان پیش بینی شده PD با رنگ آبی رسم می گردد. با بررسی نمودار مشخص می گردد که روند افزایش یا کاهش مصرف توان به صورت تقریبی از روند مقادیر پیش بینی شده تبعیت می نماید.



شکل ۴-۳۰- بررسی عملکرد پیش بینی کوتاه مدت توان

با بررسی نمودار بدنه بیرونی مربوط به آزمایش پنجم و آزمایشهای قبلی مشخص می گردد که با بالا رفتن دمای بدنه بیرونی به صورت خطی افزایش می یابد و نوسان های دمایی داخل کوره تاثیر چندانی بر آن ندارد. با کمتر شدن دمای محیط ، مقدار دمای نهایی جداره خارجی هم کاهش می یابد .

۱۰-۴- نتیجه گیری فصل

در این فصل یک فرآیند آزمایشی مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی جهت کوره های صنعتی با هدف کاهش انرژی و کاهش اوج بار مصرفی پیاده سازی و اجرا گردید . ابتدا با استفاده از تجهیزات لازم و امکاناتی که در نرم افزار های SCADA وجود دارد یک سیستم آزمایشگاهی برای انجام آزمایشات مدیریت مصرف انرژی طراحی گردید و روند مصرف انرژی در ۵ فرآیند آزمایشی که برمبنای روش های کنترل متداول در کوره های صنعتی الکتریکی طراحی شده اند با استفاده از نتایج عددی و نمودارها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که اعمال روش های کنترلی و نرم افزار ی با استفاده از سیستم های نرم افزاری SCADA در سیستم مورد آزمایش منجر به کاهش ۷/۷ درصدی در مصرف انرژی کل و کاهشی به

میزان ۷۱ درصد در اوج بار مصرفی گردید و علاوه بر کاهش مصرف انرژی دقت و عملکرد فرآیند را تا حد قابل ملاحظه ای بهبود می بخشد.

منابع پارس پژوهش

۵- بحث و نتیجه گیری و پیشنهاد ها

۵-۱- مقدمه

در تحقیق حاضر جنبه های مختلف کاربرد علم فناوری اطلاعات و سیستم های SCADA در مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت و در بررسی تحقیقات پیشین در مورد انواع راهکارهای بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی با استفاده از سیستم های SCADA تحقیق و بررسی گردید و از میان استراتژی های موجود در بهینه سازی مصرف انرژی دو استراتژی کاهش مصرف انرژی و کاهش اوج بار ، در طراحی یک سیستم کاربردی جهت بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفتند در ادامه با توجه به روش های متداول کنترل توان در کوره های الکتریکی صنعتی دو روش کنترلی ON/OFF و PID انتخاب گردید و سپس با استفاده از تجهیزات لازم و امکانات نرم افزار SpecView تعداد پنج فرآیند آزمایشی جهت بررسی روند مصرف انرژی در روش های کنترلی متداول در صنعت طراحی گردید. از آنجا که یکی از اصول مدیریت مصرف انرژی بازبینی و اصلاح مستمر فرآیند می باشد در این تحقیق سعی شد به صورت مرحله ای با بررسی و تحلیل مشکلات موجود در هر آزمایش طراحی سیستم کنترل نرم افزاری تا حد امکان اصلاح گردد در قسمت بعدی نتایج بدست آمده از فرآیند آزمایشی بیان می گردد.

۵-۲- نتایج بدست آمده از فرآیند های آزمایشی

نتایج بدست آمده از فرآیند های آزمایشی مطابق با جدول ۵-۱ می باشد. همانطور که در این جدول مشاهده می گردد با اصلاح مستمر عملکرد فرآیند با استفاده از قابلیت های نرم افزاری سیستم های SCADA میزان مصرف انرژی تا ۸ درصد و اوج بار مصرفی تا میزان ۷۱ درصد کاهش نشان می دهد و عملکرد فرآیند نیز تا حد زیادی بهبود می یابد. کاهش انرژی مصرفی و کاهش اوج بار بر هزینه ها به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم موثر است. با کاهش مصرف انرژی و کاهش اوج بار هزینه های پرداختی مصرف کننده کاهش می یابد و همچنین کاهش

اوج بار مصرفی باعث کاهش استهلاک سیستم انتقال قدرت و سایر تجهیزات مرتبط با انتقال و مصرف انرژی می گردد و در کاهش هزینه ها اثر غیر مستقیم دارد .

جدول ۵-۱- مشخصات ۵ فرآیند آزمایشی

مشخصات آزمایش	آزمایش
بررسی روند مصرف انرژی در روش ON/OFF بدون اعمال محدودیت در اوج بار	اول
بررسی روند مصرف انرژی در روش ON/OFF با اعمال محدودیت در اوج بار	دوم
بررسی روند مصرف انرژی در روش PID بدون اعمال محدودیت در اوج بار	سوم
بررسی روند مصرف انرژی در روش PID با اعمال محدودیت در اوج بار	چهارم
بررسی روند مصرف انرژی در روش PID با پیش بینی کوتاه مدت اوج بار	پنجم

جدول ۵-۲- نتایج حاصل از ۵ فرآیند آزمایشی

آزمایش	مقدار مصرف انرژی kWh	مقدار اوج بار watt	خطا در کنترل دما	تغییرات توان مصرفی
اول	۳/۹	۵۱۰۰	بسیار زیاد	بسیار زیاد
دوم	۳/۷	۱۵۰۰	متوسط	متوسط
سوم	۳/۷	۵۱۰۰	زیاد	زیاد
چهارم	۳/۶	۱۵۰۰	کم	متوسط
پنجم	۳/۶	۱۴۶۰	بسیار کم	کم

۵-۲-۱- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش اول

این آزمایش بررسی روند مصرف انرژی در سیستم کنترل اعمال ON/OFF بدون محدودیت توان می باشد. با مقایسه نتایج بدست آمده از فرآیند های آزمایشی مشخص می گردد که بیشترین مصرف انرژی و بیشتری اوج بار مصرفی مربوط به آزمایش اول می باشد ضمن اینکه در این فرآیند مقدار خطا در کنترل دما بسیار زیاد و تغییرات توان مصرفی هم زیاد است. بنا براین در مقایسه با سایر آزمایشها روش مناسبی نمی باشد

۵-۲-۲- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش دوم

این آزمایش بررسی روند مصرف انرژی در سیستم کنترل ON/OFF با اعمال محدودیت در اوج بار می باشد. با اعمال تغییرات در سیستم نرم افزاری SCADA که در فصل قبل شرح داده شد برای مراحل مختلف فرآیند محدوده حداکثری توان تعریف گردید و بعد از انجام اصلاحات لازم آزمایش دوم انجام شد. بازیابی و اصلاح فرآیند آزمایش اول باعث شد که در آزمایش دوم مقدار مصرف انرژی به مقدار $3/7$ کیلووات کاهش یابد که این کاهش معادل ۵ درصد است. و همچنین اوج بار مصرفی ۱۵۰۰ وات است که نسبت به حالت قبل ۷۰ درصد کاهش نشان می دهد. با کم شدن نوسان توان و اعمال انرژی به سیستم به اندازه لازم دقت کنترل فرآیند به نحو چشمگیری افزایش می یابد و نوسان در توان مصرفی تا حد زیادی کاهش پیدا می کند.

۳-۲-۵- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش سوم

در آزمایش سوم روند مصرف انرژی در سیستم کنترل PID بدون اعمال محدودیت توان بررسی گردید. در انتهای فرآیند آزمایشی مقدار مصرف انرژی $3/7$ کیلووات می باشد که این کاهش معادل ۵ درصد است و اوج بار مصرفی ۵۱۰۰ وات می باشد. میزان خطا در کنترل دما زیاد ولی مقدار آن کمتر از آزمایش اول است. ضمناً مقدار نوسان منحنی توان نسبت به آزمایش اول کاهش محسوسی را نشان می دهد. نکته قابل توجه این است که با اینکه مقدار انرژی کل مصرفی در آزمایش دوم و سوم برابر است ولی اعمال محدودیت توان در آزمایش دوم باعث شده است از لحاظ کیفیت کنترل فرآیند آزمایش مرحله دوم که یک سیستم کنترلی ON/OFF می باشد نسبت به سیستم PID برتری پیدا کند. این موضوع نشان می دهد که اعمال روش های بهینه سازی مصرف انرژی در مقایسه با روشهای کنترلی پیشرفته مانند الگوریتم PID می تواند تاثیر بهتری بر عملکرد فرآیند داشته باشد.

۴-۲-۵- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش چهارم

در آزمایش چهارم روند مصرف انرژی در سیستم کنترل PID با اعمال محدودیت توان بررسی شد. در انتهای فرآیند آزمایشی مقدار مصرف انرژی ۳/۶ کیلووات می باشد که این کاهش معادل ۷/۷ درصد است و اوج بار مصرفی ۱۵۰۰ وات می باشد. میزان خطای کنترل دما نسبت به آزمایشهای قبلی تا حد محسوسی کاهش نشان و همچنین مقدار نوسان منحنی توان کمتر شده است. مقایسه نتایج حاصل از این فرآیند با آزمایش دوم نشان می دهد که اعمال محدودیت در اوج بار مصرفی به همراه به کارگیری الگوریتم PID توانسته است مصرف انرژی را به میزان ۲/۷ درصد بیشتر کاهش دهد. بنابراین نتیجه گیری می شود برای رسیدن به یک نتیجه بهینه در بهینه سازی مصرف انرژی استفاده توأم از روش های موثر ضروری به نظر می رسد.

۵-۲-۵- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش پنجم

در آزمایش پنجم روند مصرف انرژی در سیستم کنترل با پیش بینی کوتاه مدت اوج بار بررسی گردید. در انتهای فرآیند آزمایشی مقدار مصرف انرژی ۳/۶ کیلووات می باشد که این کاهش معادل ۷/۷ درصد است و اوج بار مصرفی ۱۴۶۰ وات می باشد که کاهش ۷۱ درصدی را نسبت به آزمایش اول نشان می دهد. مقایسه نتایج حاصل از این فرآیند با سایر آزمایشها نشان می دهد که به کارگیری پیش بینی کوتاه مدت اوج بار همراه با استفاده از روش کنترلی PID می تواند بهترین نتیجه را از لحاظ بهینه سازی مصرف انرژی و بهبود عملکرد فرآیند از لحاظ کنترل دما داشته باشد.

۵-۳- مزایای استفاده از طرح ارائه شده در تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق اعمال روش های مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی به وسیله سیستم های SCADA در کوره های صنعتی الکتریکی باعث کاهش انرژی مصرفی کل به میزان ۷/۷ درصد و کاهش اوج بار به میزان ۷۱ درصد شده است همچنین

مقدار خطا در کنترل دما تا حد زیادی کاهش یافته است. که دسترسی به این نتایج مزیت های زیر را در بر دارد.

۱-۳-۵- کاهش هزینه های مستقیم

کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش اوج بار مصرفی به طور مستقیم هزینه های سازمان را کاهش می دهد. با توجه به اینکه در یک صنعت ممکن است تعداد زیادی از سیستم های حرارتی الکتریکی همزمان به کار گرفته شود کاهش اوج بار مصرفی در هر یک می تواند به کاهش اوج بار در کل سیستم بیانجامد و با توجه به اینکه معمولاً برای هر مصرف کننده یک سقف برای مصرف تعیین می گردد کاهش اوج بار مصرفی می تواند کاهش محسوس هزینه ها را در پی داشته باشد.

۲-۳-۵- کاهش هزینه های غیر مستقیم

کاهش مصرف انرژی و کاهش اوج بار مصرفی با توجه به کم کردن زمان کارکرد تجهیزات در حداکثر ظرفیت می تواند کاهش استهلاک خطوط انتقال نیرو و قطعات مصرفی تجهیزات را در پی داشته باشد که کاهش هزینه ها در صنایع می گردد. همچنین طولانی شدن فاصله بین سرویسهای دوره ای و کاهش زمانی که برای تعمیر و نگهداری تجهیزات صرف می شود می تواند باعث صرفه جویی در منابع انسانی سازمان گردد و ضمن کاهش هزینه ها بهره وری را در سازمان افزایش دهد.

۳-۳-۵- بهبود فرآیند تولید و تاثیر آن بر افزایش کیفیت

علاوه بر تاثیر مدیریت مصرف انرژی بر کاهش هزینه های سازمان بهبود عملکرد و کاهش خطا در فرآیند تولید می تواند به بهبود کیفیت محصول تولیدی و کاهش ضایعات تولید بیانجامد افزایش کیفیت محصول تولیدی باعث افزایش رضایتمندی مشتریان از خرید محصولات و در نهایت افزایش سود سازمان به علت بالا بردن میزان فروش محصولات می گردد.

۵-۴-پیشنهادات جهت ادامه کار در آینده

۵-۴-۱-استفاده از روش های کنترل نوین

با توجه به فرآیند های آزمایشی انجام شده نتیجه گیری شد که استفاده از روش های مدرن کنترل مانند الگوریتم PID می تواند در فرآیند مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی تاثیر مثبتی داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می گردد در جهت بهبود نتایج این تحقیق روش های کنترل مبتنی بر منطق فازی و هوش مصنوعی مورد توجه قرار گیرد. به خصوص در مورد پیش بینی کوتاه مدت مقدار مصرف انرژی بهره گیری از منطق فازی میتواند دقت بیشتری را در کنترل محدودیت توان در پی داشته باشد.

۵-۴-۲-محاسبه نرخ بازگشت سرمایه ROI

یکی از مهمترین عوامل ترغیب صنایع در جهت سرمایه گذاری در فرآیند های مرتبط با مصرف انرژی نرخ بازگشت سرمایه می باشد و این بدین معنی است که مشتری موقعی حاضر به سرمایه گذاری در زمینه مدیریت مصرف انرژی می گردد که مطمئن باشد سرمایه گذاری او در از طریق صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه ها جبران می گردد. بنابراین در تحقیقات آینده بخصوص در مقیاس صنعتی این مسئله باید مورد توجه قرار گیرد و به مشتریان اطمینان لازم داده شود.

۵-۴-۳-استفاده از سیستم های مدیریت انرژی اقتصادی

با توجه به هزینه بالای پیاده سازی سیستم های SCADA و عدم تمایل صنایع کوچک به سرمایه گذاری در این زمینه پیشنهاد می گردد بر مبنای نتایج بدست آمده از این تحقیق، سیستم های کنترل ارزان قیمت بر مبنای میکروکنترلر ها طراحی گردد. کاهش هزینه تجهیزات در فرآیند مدیریت مصرف انرژی بالا بردن نرخ بازگشت سرمایه و ترغیب بنگاه های اقتصادی کوچک در استفاده از سیستم های مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی را در پی دارد.

۴-۴-۵-ارتباط با سایر سیستم های نرم افزاری سازمانی

با توجه به قابلیت سیستم های SCADA در ذخیره سازی اطلاعات پایش شده به صورت فایل EXCEL و یا سایر قالب ها می توان اطلاعات مربوط به انرژی مصرفی و هزینه آن را در سایر سیستم های نرم افزاری مانند سیستم اطلاعات مدیریت MIS و سیستم برنامه ریزی منابع سازمان ERP مورد استفاده قرار داد که تحقق این امر می تواند زنجیره اطلاعات مورد نیاز جهت مدیریت سازمان را کامل تر کند. بنابراین لازم است در تحقیقات مدیریت انرژی در مقیاس وسیع این موضوع مورد توجه قرار گیرد.

۴-۵-۵-افزایش راندمان تجهیزات با استفاده از ظرفیت بهینه

یکی از موارد مهم که در تحقیقات بعدی بخصوص در مقیاس وسیع باید مورد توجه قرار گیرد انتخاب ظرفیت بهینه جهت کارکرد تجهیزات می باشد. کارکرد سیستم در ظرفیت کمتر از مقدار بهینه و یا بیشتر از آن باعث اتلاف انرژی به ازای واحد محصول خواهد گردید. در حال این مشکل با استفاده از اطلاعات انرژی حاصل از سیستم های SCADA می توان یک ظرفیت بهینه که به ازای هر واحد محصول تولیدی کمترین مصرف انرژی را دارا باشد تعیین نمود.

مراجع

- [1] Kazuhiko. Yoshida. and Praphon .Wongtharua.“New Approach to Energy Conservation in Thailand, “ in *Total Energy management Handbook*, 2005, pp. 8-27
- [2] Barney.L.Cape Hart. and Wayne.C.Turner. and Wiliam.J.Kennedy.*Guide to Energy Management*. 2nd ed, Fairmont press inc , 1997, pp .45-73
- [3] Donald. R.Wulfinghoff.*Energy Efficiency Manual*. Energy Insitute press , 2000,pp 21-56
- [4] William .Walker.” information technology and the use of energy”. *Energy Policy Journal* , Volume 13, pp. 466-488, 1985
- [5] P.V.Chopade. and B.E.Kushare. “Information Technology Solution For Power Distribution System Automation, ” in *AUPEC* , 2005, Volume 1, Ref No:S06.5
- [6] Fawkes.Steven.(2001). The History of Energy Management. [Online]. Available : [http:// www.vesma.com/thefivep.htm](http://www.vesma.com/thefivep.htm), [2013/06/17]
- [7] Rahul. S. Walawalkar. *Information Technology In the Field Of Energy Management*.American Public Power Association, 2003, pp 11-51
- [8] Robin. P.Wilkinson. (2005). Telephone network and modem technology options for remote meter reading. [Online]. Available: [http:// www.metering.com/node/529](http://www.metering.com/node/529), [2013/04/17]
- [9] Anthony.Mauer. And Robert.Lacy. (2010). How To Use Energy Management Systems to Track Power and Negotiate Better Prices. [Online]. Availabe :<http://www.energypulse.net>, [2012/09/17]
- [10] Wayne. C.Turner. and Barney .L.Capehart. *Energy Management Handbook*, 5th Ed, Fairmont Press, 2004, pp 50-71
- [11] Warren.B.Causey. (2002). The 2001 CIS/CRM Energy Report. [Online]. Available: [http:// www.wbcausey.com](http://www.wbcausey.com), [2012/09/18]
- [12] Jerry.Russel. (2011). A brief history of SCADA/EMS. [Online] . Available : [http:// www.scadahistory.com](http://www.scadahistory.com), [2012/08/18]
- [13] Dale. Barr. and Peter.M.Fonash.”Supervisory Control And Data Aquisition Systems”. *National Communication System Bulletin* , pp 43-58 , 2004

- [14] David.Baily. and Edwin.Wright. *Practical SCADA for Industries*, Elsevier Publication, 2003, pp 12-35
- [15] Energy Lens Corp .(2012). What, Why, and How of Energy Management . [Online] .Available : <http://www.energylens.com/articles/energy-management>, [2012/05/28]
- [16] Eric .Fisher.(2010) . Using SCADA To Reduce Energy Consumption And Increase Efficiency . [Online]. Available :<http://www.wwoa.org>, [2012/05/17]
- [17] Dan .Ehrenreich.”Operating Benefits Achieved with SCADA for Water Distribution ,” in *BCWWA Conference*, Vancouver, 2005
- [18] Paul. Prickett and Gwyn.Davies. and Roger .Grosvenor.” A SCADA Based Power Plant Monitoring and Management System ,” in *KES Conference* , 2011
- [19] Agnes.Pechmann. and Rene. Hackmann. and Ilka.Schöler. “Measuring and Visualizing Different Energy Sources: A Concept for an Energy Management System” . *Levering Technology For a Sustainable word* ,Springer Publications , 2012
- [20] João.,Sá.Figueiredoa and José.da Costa.” A SCADA system for energy management in intelligent buildings”. *Energy And Building Journal*, Volume 49, Elsevier, pp. 85-95, 2012
- [21] Vlastimir.Nikolić. and Žarko. Čojbašić.” Intelligent Decision Making In Waste Water Treatment Plant SCADA System”. *Automatic Control and Robotics*.Vol. 9, No 1, pp. 69 - 77, 2010
- [22] Engin. Ozdemir. And Mevlut. Karacor.” Mobile phone based SCADA for industrial automation”.*ISA Transactions*, Volume 45, Number 1, pp 67–75, 2006
- [23] Bruneo.Dario. and Cucinotta.Angelo.” Monitoring Energy Consumption in an Industrial Site”. *Advances in Computer, Communication, Control & Automation*, Springer Publications , LNEE Vol 121, pp. 53–60, 2012
- [24] Ruey-Hsun.Liang and Ching-Chi. Cheng.” *Short-term load forecasting by a neuro-fuzzy based approach*”,*Elsevier Electrical Power and Energy Systems Journal*, Vol 24, pp 103-111, 2002

- [25] Zuhaimy .Ismail. and Rosnalini .Mansor . (2012). Fuzzy Logic Approach for Forecasting Half-hourly Malaysia Electricity Load Demand. [Online]. Available : <http://www.forecasters.org>, [2012/12/01]
- [26] Shi.Dequan. and Gao.Guili. and Xiao. Peng.” Application of Expert Fuzzy PID Method for Temperature Control of Heating Furnace”.*Elsevier Procedia Engineering Journal* , Vol 29 ,pp 257-261, 2012
- [27] Haiying. Wang.” Energy saving analysis of supervisory control and data acquisition system applied in district heating ,” in *IEEE Conference on Industrial Electronic and applications ICIEA*, 2009,pp 3245 – 3247.
- [28] Miranda. Castan~eda. And Ventura-Ramos.Eusebio. Rodrigo. “Fuzzy Greenhouse Climate Control System based on a Field Programmable Gate Array”,*Elsevier Biosystem Engineering Journal*,pp 166-167, 2006
- [29] Dina.Hadžiosmanovi´c. and Damiano.Bolzoni . and Pieter .H. Hartel.” A log mining approach for process monitoring in SCADA”. *Springer International Journal of Information Security*, Vol 11, Issue 4, pp 231-251 , August 2012
- [30] G.S.Nhivekar and S.S.Nirmale. and R.R. Mudholker.” Implementation of fuzzy logic control algorithm in embedded microcomputers for dedicated application”, *International Journal of Engineering, Science and Technology* , Vol. 3, No. 4, pp. 276-283, 2011
- [31] SpecView Corp.(2012). Strategy Controller. [Online] . Available : http://www.specview.com/html/strategy_controller.html , [2012/12/01]
- [32] A.Daneels and W.Salter.”What Is Scada? , ”in *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, 1999, Trieste, Italy, pp 339-341
- [33] A. Abbas.Hosny. and Ahmed .M. Mohamed.” Review on the Design of Web Based SCADA Systems Based on OPC DA Protocol “. *International Journal Of Computer Networks (IJCN)*, Volume (2) : Issue (6), pp 266-277, 2010
- [34] J.A .Clarke. and J .Cockroft and J.W.Hand .” Simulation-assisted control in building energy management systems”.*Elsevier Energy and Building Journal*, Vol 34,pp 933-940, 2002
- [35] Richard.Wolfson. *Essential University Physics*,2nd Edition ,Publisher Addison-Wesely, 2011

- [36] Kanthal Corp.(2012). Kanthal Handbook.[online].Available : <http://www2.Kanthal.com>, [2012/08/21]
- [37] TC corp.(2012).Thermocouples Handbook.[online].Available : <http://www.tc.co.uk/termocouples.html>, [2012/08/23]
- [38] Electronic Projects website. (2011). phase angle power control.[Online].Available : <http://elprojects.blogspot.com> , [2012/08/21]
- [39] FGH Corp.(2012). P1000 communication manual.[Online].Available : <http://www.fgh.co.uk>, , [2012/09/22]
- [40] SpecView Corp.(2012). SpecView User Manual. [Online]. Available : <http://www.specview.com/html/manual.html>, [2012/10/15]
- [41] Modicon Corp .(2012). Modicon Modbus Manual. [Online]. Available : <http://irtfweb.ifa.hawaii.edu>, [2012/08/21]
- [42]Accuenergy Corp.(2012). Acuvim II User Manual .[online].Available :<http://www.accuenergy.com>, [2012/09/21]
- [43] Bestune Website .(2012). 3 types of PID equation.[Online].Available : <http://bestune.50megs.com/typeABC.htm>, [2012/10/22]

ABSTARCT

Investigating The Use Of IT In Energy Consumption

Management and Optimization

Case Study :SCADA systems

Due to the increasing price of energy carriers in recent years and environmental problems caused by uncontrolled consumption of these carriers, nowadays optimization and energy management in the world with the aim of reducing the energy consumption have a special place. The almost important step in the energy management is audit process, which means careful consideration of environmental information and identifies the factors that controlling them, are effective in reducing energy consumption. In recent years, significant advances in information technology makes it possible continuously to monitor and record environmental parameters which are effective in energy consumption and SCADA systems as a part of IT infrastructure have been developed in monitoring and control of environmental parameters. The SCADA systems make it possible to have an accurate energy audit, furthermore it is possible to reduce energy consumption with help of SCADA control systems, achieving this goal can reduce costs and increase productivity.

In this thesis applicable methods of SCADA in energy management will be investigated with respect to previous researches and then according to wide usage of Industrial Furnaces in Iranian Industries as an applicable study, the application of SCADA systems in management and optimization of energy in electrical furnaces will be carried out and at the end results of this implementation will be analyzed and proposals on improving the performance of future research methods will be presented.