

DISEÑO DE UN CONTROL DE TEMPERATURA CON PLC Y SISTEMA DE SUPERVISION SCADA VÍA ETHERNET

Jorge Gómez¹

¹Egresado de Ingeniería en Instrumentación y Control del Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Tecnólogo en electrónica ATEC, Medellín. Con experiencia en mantenimiento de equipos especializados de audio para YAMAHA Musical. Diseño y elaboración de productos electrónicos de automatización y control. Carrera 52 # 7-101, Medellín-Colombia. E-mail: info@logicelectronics.net

RESUMEN

Las aperturas de los mercados a nivel global exigen la optimización del sector industrial. Este artículo presenta la aplicación de un proyecto con miras a la automatización y el control, desde este enfoque se logran empresas más competitivas con mayores márgenes de rentabilidad (cantidad y calidad), integrando el diseño de un sistema de supervisión remoto SCADA y un controlador lógico programable PLC por medio del protocolo de comunicación Modbus y lograr ejercer el control del proceso desde un lugar remoto mediante una red LAN, para controlar la temperatura del agua en un intercambiador de calor. Con esto, se busca reducir el espacio físico, tener un registro detallado en tiempo real y principalmente obtener un acceso remoto del proceso desde cualquier lugar del globo con capacidad de manipularlo.

Palabras Clave: automatización industrial, intercambiador de calor, interconexión LAN, ethernet, protocolo Modbus, sistema SCADA, SAP.

Recibido: 5 de Octubre de 2009. Aceptado 22 de Noviembre de 2009
Received: October 5, 2009 Accepted: November 22, 2009

TEMPERATURE CONTROL DESIGN WITH PLC AND SCADA MONITORIN SYSTEM IN ETHERNET NETWORK

ABSTRACT

The opening of global markets requires optimization of the industrial sector. This article presents the implementation of a project aimed at the automation and control, since this approach will achieve more competitive firms with higher profit margins (quantity and quality), integrating the design of a SCADA remote monitoring system and a programmable logic controller PLC via the Modbus communication protocol and achieve exercise control over the process from a remote location via LAN, to control the temperature of water in a heat exchanger. With this, it seeks to reduce the physical space, have a detailed real-time remote access mainly to get the process from anywhere on the globe with the ability to manipulate it.

Keywords: industrial automation, heat exchanger, LAN interconnection, ethernet, Modbus protocol, SCADA system, SAP.

1. INTRODUCCIÓN

La nueva era de la automatización se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos neumáticos, etc. dando origen a los robots, a las máquinas herramientas computarizadas, a los sistemas flexibles de producción, entre otros. [1]

La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo. Con la introducción de los computadores y de la microelectrónica en el campo de la automatización industrial se ha mejorado el manejo de la información y se sigue perfeccionando con la integración de las redes de comunicación, para poder tener al alcance de un clic toda la información detallada del proceso industrial en tiempo real y poder acceder a ella desde cualquier lugar con tan solo un computador o una PDA (Asistente Digital Personal) , con la posibilidad de variar los parámetros de la planta, del algoritmo de control o del sistema en general.

2. SISTEMAS SCADA

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, entre otros) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, entre otros [2].

2.1 Parámetros y requisitos para un buen desarrollo de un sistema SCADA

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer

una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Un SCADA debe de presentar las siguientes características:

- Configuración: Debe permitir y definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfico del operador: Debe proporcionar al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se debe representar mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: Se debe de ejecutar las acciones de mando pre-programadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: se debe realizar un almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: se debe Presentar transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión [2] [3].

3. RENTABILIDAD MEDIANTE SISTEMAS SCADA

Dentro del campo de la producción industrial, desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad, los sistemas de monitoreo y administración remota han pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado.

Ningún empresario puede omitir la integración de los sistemas SCADA a sus procesos industriales, para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, disminuir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y especialmente aumentar la rentabilidad [4].

3.1 Gerenciamiento Remoto

El gerenciamiento remoto ha permitido ahorrar mucho trabajo debido a que los beneficios se extienden más allá de las instalaciones de la planta. Los beneficios personales que un gerente puede notar con el uso de un SCADA son poder acceder al sistema desde lugares remotos, ya sea desde la casa o desde distintas plantas.

Los sistemas SCADA le otorgan al personal de los departamentos de manufactura la habilidad de controlar en forma remota los sistemas de producción y recolectar datos también en forma remota.

Con la captura automática de datos de planta el administrador tendrá la información sobre sus procesos, máquinas, operarios y control de costes en tiempo real, así como un control exhaustivo de la trazabilidad de producto y materias primas, de esta forma se podrá dar una imagen global y actual del modo de operación y se podrá tomar decisiones a tiempo que se reflejaran en una rentabilidad inmediata [5].

La información y la mejora en la gestión de los datos productivos le permiten al departamento de gerencia reaccionar y mejorar su organización.

3.1 Reducción de costos

Un impedimento clave para la reducción de costos es la existencia generalizada de sistemas de empresa y de manufactura en planta inconexos. Estos sistemas aislados tienen como consecuencia la falta de sincronización entre procesos de negocios y el uso inadecuado de recursos.

El control de los tiempos de paro de máquinas y tiempos de operario se convierte en un punto clave para el mejoramiento de la productividad en la planta [6].

3.1.1 Reducción de costos por implementación de un sistema SCADA

- Mejor planificación de mantenimientos preventivos.
- Reducción de detenciones no programadas.
- Minimización de tiempos de intervención ante fallas.
- Intervención sólo en equipos que realmente están operando.
- Menores costos de mantenimiento.
- Uso eficiente del stock de repuestos.
- Mejor rendimiento de los equipos.
- Reducción de errores en el tiempo de ingreso de datos.
- Datos más confiables para el análisis de fallas.
- Disponibilidad y oportunidad de información [6].

3.2 Administración inteligente de recursos mediante un sistema SCADA.

Las soluciones de empresas dedicadas al ERP (planificación de recursos empresariales) como los sistemas SAP y sus desarrolladores pueden ayudar a coordinar las operaciones de manufactura y los recursos entre el núcleo de la empresa y las distintas plantas. Gracias a la ejecución de distintas operaciones altamente eficientes como una sola y supervisada mediante sistemas SCADA, puede reducir los costos de manufactura totales y unitarios, satisfacer constantemente las necesidades de los clientes y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad; todo ello resulta esencial para superar a la competencia.

La visibilidad completa de las operaciones por medio de sistemas SCADA puede ayudarle a gestionar y controlar las operaciones y los recursos, desde la planificación a la ejecución. Gracias al acceso simplificado y personalizado a la información clave, el personal de fabricación también puede tomar decisiones y emprender acciones con más rapidez [7].

En la figura 1. Se observa como la cadena de sistemas va desde la máxima administración ERP a los niveles más inferiores de los procesos de producción pasando por un sistema de supervisión donde se depuran y mejoran los procesos.



Figura 1. Ilustra la jerarquía de un sistema de administración inteligente de productos o inventarios en una industria.

Mediante una buena supervisión SCADA, puede gestionar actividades de planta a niveles Six Sigma (metodología de mejora de procesos) para eliminar actividades que generen pérdidas y, a la vez, optimizar el uso de recursos y activos cruciales.

4. CASO DE APLICACIÓN: SISTEMA SCADA EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR

Este proyecto se desarrolló en el laboratorio de procesos industriales del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, en el proceso del intercambiador de calor, para el cual, se obtuvo el modelo del proceso y se determinaron los parámetros necesarios para el algoritmo de control de la temperatura en la salida del intercambiador de calor, se programó el PLC para que ejecutara los algoritmos de control, se implementó el sistema SCADA para supervisión y control del proceso y se realizó la comunicación a través de una red LAN vía Ethernet entre PLC y el PC de ingeniería y de operación (comunicación bidireccional).

4.1 Parámetros necesarios para el algoritmo de control

En el proceso de intercambio de calor se tuvieron en cuenta las siguientes variables, la variable manipulada fue el flujo de vapor a la entrada del intercambiador y la variable controlada fue la temperatura del agua a la salida.

4.1.1 Identificación del modelo del proceso

De acuerdo a las bases teóricas de identificación de sistemas [8] se optó por utilizar las técnicas de identificación OFF-LINE con métodos no paramétricos, analizando la respuesta de la gráfica obtenida durante el proceso de la toma de datos se obtuvieron los parámetros para una aproximación de sistema de primer orden con retardo.

Se tomaron datos de la temperatura del agua a la salida del intercambiador de calor ante diferentes aperturas de la válvula por medio de una PT100 conectada al PLC, y se seleccionó el escalón ubicado en la zona más lineal del proceso.

Por medio del método de la curva de reacción se obtuvo un modelo de primer orden con retardo.

$$G_p(s) = \frac{1,643e^{-13,025s}}{175,210s + 1} \quad (1)$$

4.1.2 Diseño de un control proporcional – integral (PI)

Este algoritmo de control trabaja en función del error y del tiempo, fue diseñado para corregir con la parte integral el desbalance o error de off-set que genera un control proporcional, la acción de control de un controlador proporcional – integral.

Se obtuvieron los parámetros de un controlador PI por ajuste de controladores Ziegler – Nichols [9], y se tuvo:

$$K_p = 7,363 \quad (2)$$

$$T_i = 43,373 \quad (3)$$

4.2 Programación del PLC para la ejecución de los algoritmos de control

TwidoSoft es el entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para los autómatas programables Twido.

La función de regulación PI es la función del lenguaje de programación TwidoSoft que permite programar bucles de regulación PID en el controlador.

4.3 Implementación del sistema SCADA para supervisión y control del proceso

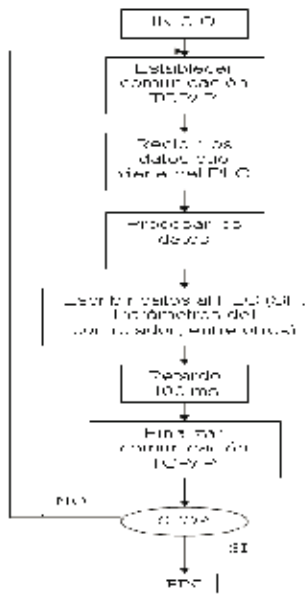


Figura 2. Diagrama de flujo para la programación del sistema SCADA [11].

En la figura 2 se describen los pasos para la programación de sistema SCADA: Establecer la comunicación TCP/IP implica que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron, luego se genera un código de recepción de datos donde se desconcatenan y se desenmascaran para luego pasar al proceso de monitoreo y control. El sistema SCADA también genera datos como el Set point y los parámetros del controlador, estos son enviados de nuevo al PLC por el protocolo TCP/IP, si no se indica un alto, la secuencia empieza de nuevo, de lo contrario el sistema finaliza terminando la rutina.

4.4 Realización de la comunicación a través de una red LAN vía Ethernet entre PLC y el SCADA

La estación de operación, se refiere a la HMI (Internas hombre maquina) del operario o encargado del proceso y la estación de ingeniería se refiere, a la HMI móvil capaz de acceder al sistema desde cualquier lugar con tan solo conexión a Internet.

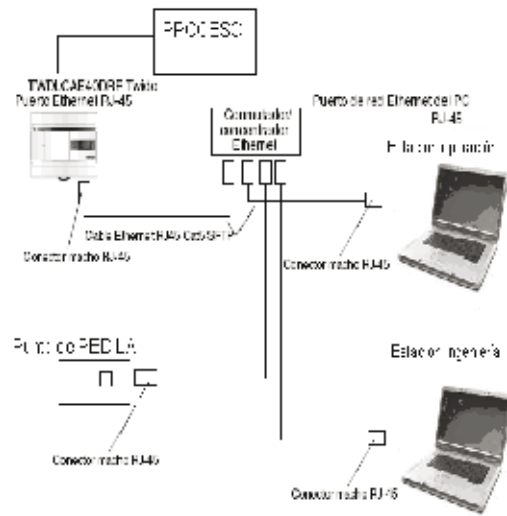


Figura 3. Red LAN empleada

En la figura 3. Se observa una topología bus, con un medio físico cable RJ45, y utilizando el protocolo de comunicación Ethernet [10], [11], [12].

4.4.1 Cliente/Servidor TCP Modbus

Para realizar la interconexión entre es PLC TWIDO y las estaciones de operación e ingeniería fue necesario utilizar la función EXCH3 propia de este PLC, con la cual puede ser cliente o servidor TCP/IP Modbus. [13]

Fue necesario configurar los dispositivos remotos en el controlador para usar la instrucción (EXCH3) de cliente TCP/IP Modbus.

La instrucción EXCH3 permite a los controladores Twido enviar o recibir información dirigida a nodos de red Ethernet o procedente de ellos.

4.5 Resultados obtenidos del caso de aplicación

Las siguientes imágenes muestran el panel de control del sistema SCADA, donde se observan todas la respuesta de las variables de la planta, se ingresan los valores del control PI, el setpoint, además, se puede controlar el encendido o apagado del sistema y configurar los parámetros del servidor y las direcciones IP.

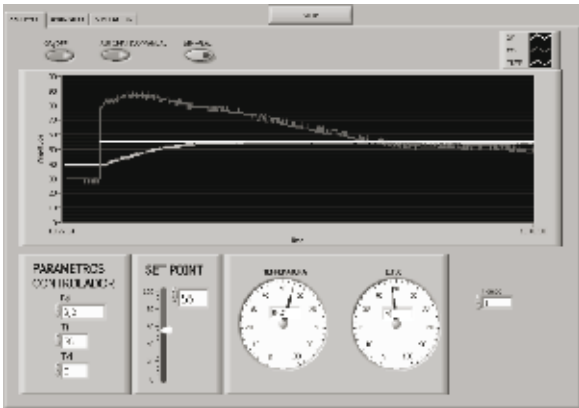


Figura 4. Respuesta del proceso ante un cambio en el Set-Point

Se estimula el sistema con un cambio en el Set-Point del 15%.

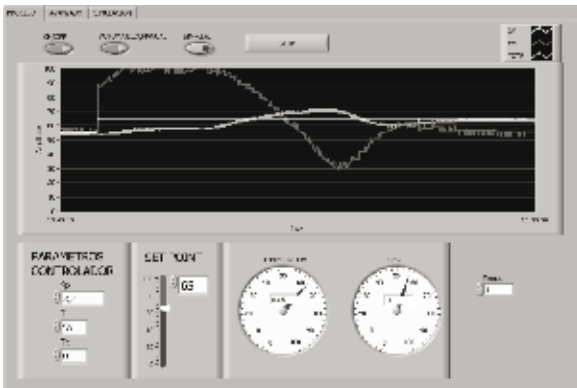


Figura 5. Respuesta del proceso ante una perturbación en la línea de vapor

La presión de vapor se incrementa intencionalmente de forma drástica a la entrada del intercambiador de calor, causando un aumento en la temperatura del agua a la salida.

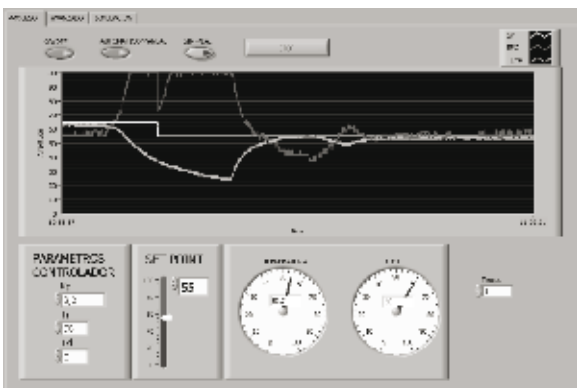


Figura 6. Respuesta del proceso ante una perturbación en la línea de vapor

Se suspende el suministro de vapor al proceso causando la disminución en la temperatura del agua a la salida del intercambiador de calor.

En las figuras 4., 5. y 6. el controlador realiza su acción correctiva ante las diferentes perturbaciones, al estimular y regular el porcentaje de aperturas y cierres de la válvula de control para llevar la temperatura del agua al valor del Set-Point deseado con estabilidad y precisión; todos los parámetros del sistema se lograron manipular y ajustar tanto desde la estación de ingeniería como la estación de operación los cuales accedían directamente al PLC (comunicación bidireccional) a través de la red LAN creada.

La estación de ingeniería está diseñada para acceder al proceso desde cualquier punto de red con posibilidad de Internet a nivel mundial con sus respectivas restricciones.

5. CONCLUSIONES

- Los sistemas SCADA y de control de producción permiten poder detectar e identificar las pérdidas de materia prima para realizar las correcciones respectivas y de esta manera disminuir costos por pérdida de producción a través del incentivo por trabajo de los operarios de las maquinas.
- Se puede concluir que un sistema SCADA ayuda a realizar una mejor planeación del mantenimiento preventivo, disminuyendo de esta manera, la inversión económica en el correctivo.
- Se puede concluir que aproximadamente el 50% de la reducción del tiempo de trabajo del personal está relacionado directamente con la utilización del software SCADA.
- En general los gerentes pueden tomar mejores decisiones y más rápido como resultado del acceso rápido a información certera provisto por el software SCADA, y al hecho de que todo el equipo pueda acceder a la misma en forma remota.
- Se logra una ágil comunicación bidireccional entre el PLC la estación de ingeniería y la estación de operación, con esto, se puede tener toda la información detallada del proceso y variar sus parámetros para ejercer el control deseado desde cualquier lugar del mundo.
- Se realizó un control con escalización de datos a la entrada y salida del PLC, asociados al PI, el

cual respondió de forma estable ante diversas perturbaciones en el proceso.

- Se obtuvo el control de las variables del proceso variando los parámetros del controlador con el PLC a través de la red LAN por acceso remoto desde la estación de ingeniería y la estación de operación por medio del SCADA.
- Se logró optimizar el flujo de vapor de acuerdo a la temperatura del agua requerida a la salida del proceso, al implementar un algoritmo PI en el PLC.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, mediante el proyecto de investigación de microcuantía 2061080193.

7. REFERENCIAS

[1] Benjamin C. Kuo, Sistemas de control Automático, séptima edición, Prentice-Hall Hispanoamérica, México, 1996.

[2] Aquilino Rodríguez Penín, Sistemas Scada - Guía Práctica, Marcombo, S.A., Edición: 1ª, Barcelona - España, 2007.

[3] Josep Balcells, José Luis Romeral, Automatas programables, Marcombo, S.A., Barcelona - España, 2007.

[4] , David Bailey, Edwin Wright, SCADA para la Industria, IDC Technologies, Gran Bretaña, 2003

[5] Raúl Fernando Ortiz, Administración de la Teoría a la Acción, Editorial de la universidad Nacional del Sur, Argentina, 2004

[6] José Antonio Romero, Consultoría en la Logística t transporte, AVYASA Editores, Estados Unidos, 2008.

[7] Glynn C. Williams, Implementing SAP ERP Sales & Distribution, McGraw-Hill, Estados Unidos, 2008.

[8] José M. Monzón Verona, Introducción a la identificación de sistemas, Universidad de Las

Palmas de Gran Canaria, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 1995.

[9] Katsuhiko Ogata, Dormido Canto Sebasti, Dormido Canto Raquel, Ingeniería de Control Moderna, vol. IV, Daly City, California , 2003.

[10] Daneels, A., Salter, W., Selection and Evaluation of Commercial SCADA Systems for the Controls of the CERN LHC Experiments, Proceedings of the 1999 International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Trieste, 1999

[11] Gordon, C., Edwin, D. W., Practical Modern Scada Protocols, vol. II, CA, San Jose, 2005.

[12] González, E., Curso Básico de Comunicaciones Industriales, Sena, Antioquia, 2006.

[13] Telemecanique “Guía de referencia de hardware” Schneider Electric, San José, California, Ene. 2006