

SINCRONIZACION DE SISTEMAS PARALELOS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICION DE DATOS (SCADA) EN UN CRISTALIZADOR

Anselmo Osorio Mirón, Elisa García Vargas, María Soledad Díaz Sánchez, Mariela Cortés Flores, Manuel de Jesús Macías Hernández.

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación Oriente 6 No. 1009,
Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340 Orizaba, Veracruz, México.
E-mail: aom_posgrado@hotmail.com
Ingeniería Química

Resumen

En este artículo se presenta la sincronización de un sistema de adquisición de datos, SCADA, como se muestra en la figura 1, construido a partir de instrumentación industrial OPTO22, utilizando el protocolo de red TCP/IP en un equipo piloto de evaporación-cristalización al vacío. La automatización del equipo piloto se basa en instrumentos ENDRESS+HAUSER y dispositivos de control industrial OPTO22. Se dispone de un sistema de control regulatorio de temperatura al interior del evaporador cristalizador mediante la manipulación del flujo de vapor de calentamiento a través de una válvula solenoide. Se instalaron sensores de presión de vacío y de presión al interior de la camisa de calentamiento, así como, un sensor de la temperatura del interior del equipo de proceso. A su vez, se tiene un sistema de agitación que incluye un variador de velocidad para ajustar la agitación de la masa cocida desde una interfaz gráfica al usuario.

Palabras clave: Control, OPTO, Supervisorio

SYNCHRONIZATION OF PARALLEL SYSTEMS OF SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) VIA INTERNET IN A VACUUM CRYSTALLIZER

Abstract

In this paper is present the synchronization of a supervisory control and data acquisition system (scada) based on OPTO22 industrial instrumentation, using TCP/IP communication protocol in a pilot equipment of vacuum evaporation-crystallization. Automation of pilot equipment is based upon ENDRESS+HAUSER instruments and OPTO22 industrial control devices. A temperature regulatory control was designed for inside of evaporator-crystallizer by manipulating the heating steam flowrate through a solenoid valve. It was installed vacuum pressure and heating jacket pressure sensors. It was also installed a temperature sensor inside of evaporation crystallization equipment. Furthermore, it has a stirring system that includes a velocity variator to adjust the masecuite move from a computing graphic interface to user.

Introducción

La cristalización es una operación unitaria que la formación de partículas y su purificación, este procedimiento es atractivo para muchos procesos. La cristalización del azúcar en un proceso por lotes se lleva a cabo en un reactor batch vertical de vacío, que funciona como un evaporador de un solo efecto calentado por vapor que se condensa en el interior de la chaqueta; el equipo cuenta con un agitador que acciona a través de un motor para mejorar el mezclado y para que la masa cristalizada tenga una mejor uniformidad. El objetivo de proceso de evaporación en el reactor es para convertir azúcar disuelto en cristales con el tamaño y forma deseada.

La grado de solubilidad esta función de la temperatura y en menor grado los cambios de presión. La sobresaturación en el reactor de vacío es alcanzada por un enfriamiento de la evaporación adiabática, cuando la solución tiene una concentración mayor que la concentración de saturación. Los cambios en la saturación dependen de la concentración que puede ocurrir durante el enfriamiento de la solución. Estas zonas están limitadas por las líneas de equilibrio y de nucleación. En la zona metaestable la sobresaturación no es lo suficientemente alta para permitir la nucleación espontánea. En una situación práctica, la operación del proceso en la zona metaestable es muy difícil, porque no es posible medir con facilidad la concentración de la solución durante el proceso de cristalización. Así pues, para determinar una temperatura adecuada de solución para una concentración específica es compleja. El control de la temperatura de la solución por sí misma es escasa; cuando la temperatura sube drásticamente debido a un grado amplio de refrigeración adiabática, el proceso se vuelve incontrolable. (Lang *et al.*, 2009). El enfriamiento de la evaporación adiabática del cristalizador se ajusta por manipulación de la presión de vacío en el interior del

cristalizador y la tasa de agitación, en rpm, a través de un interfaz gráfico computacional y un mecanismo de variación de frecuencia y un motor eléctrico. El caudal de vapor de calentamiento es medido por medio de una válvula solenoide para mantener constante la temperatura dentro de los equipos, a fin de obtener ahorro de energía y conservar las características de funcionamiento en equipos industriales. En la actualidad, la elaboración de azúcar de la caña de tiene altos costos de operación, por lo que, es necesaria la optimización y modernización de la industrialización de subproductos de azúcar, para que las economías de azúcar sean más rentables (Aguilar *et al.*, 2005). El desarrollo de las tecnologías a bajo costo para la medición de las variables de proceso permite llevar a cabo el análisis dinámico para optimizar las condiciones de operación por medio de algoritmos de estimación y detección de fallas. Dado que los componentes electrónicos y mecánicos de los sistemas de medición en la actualidad, son fabricados por varios marcas, es difícil encontrar el software para conducir un proceso particular y compensar varios equipos de proceso, por lo que, es necesario elaborar programas informáticos a medida de las necesidades de desarrolladores de procesos (Balderas *et al.*, 2008). El Opto 22, es un software que se utiliza en la automatización de procesos, su programación es simple y permite realizar interfaces gráficas para representar los dispositivos de control y procesos de entorno virtual para realizar trabajos específicos en el equipo de proceso (Monge, 2010).

En varias industrias el proceso se ha automatizado y controlado por los equipos de fábrica mediante el Opto 22, como la fábrica de azúcar del Plan de Ayala, SLP, México, buscando la optimización del proceso de producción automatizada de la operación de las calderas de vapor, sistema de enfriamiento, refinación y horno de carbón, con dispositivos modulares para el crecimiento lentamente durante los tiempos de mantenimiento en la fábrica (Monge, 2010).

En este trabajo se presenta la automatización de proceso de evaporación-cristalización de la caña de azúcar usando el software *FactoryFloor* de Opto 22 como se puede observar en la Figura 1. La aplicación del sistema de supervisión y control y la adquisición de datos y control de supervisión diseñada y construida, se lleva a cabo en corridas experimentales a evaporarse y a cristalizar las presentes soluciones son preparadas a base de sacarosa en soluciones de caña de azúcar en concentraciones particulares (López *et al.*, 2008).

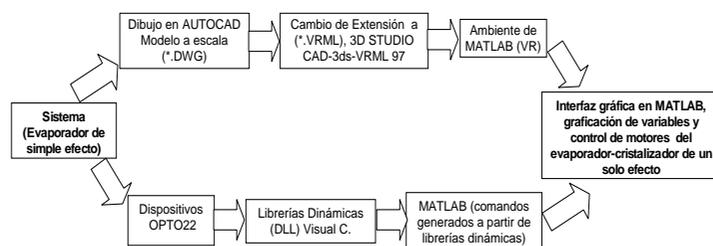


Figura 1: Esquema a bloques para el sistema SCADA paralelo.

Se presenta la automatización de proceso de evaporación-cristalización de la caña de azúcar usando el software *FactoryFloor* de Opto 22 como se puede observar en la Figura 2. La aplicación del sistema de supervisión y control y la adquisición de datos y control de supervisión diseñada y construida, se lleva a cabo en corridas experimentales a evaporarse y a cristalizar las presentes soluciones son preparadas a base de sacarosa en soluciones de caña de azúcar en concentraciones particulares (López *et al.*, 2008).

Metodología

El sistema de evaporación-cristalización a escala de planta piloto está compuesto por un reactor batch vertical de acero inoxidable con una capacidad total de 80 L, provisto de camisa de calentamiento. Los equipos periféricos son bomba de vacío, condensador, bomba de sello de agua y enfriamiento, sistema de agitación con variador de velocidad, tanque para el sello de agua y la recirculación de enfriamiento. En la figura 1, se muestra el piloto evaporador-cristalizador, se describen los componentes del sistema. Cuenta con una caldera de vapor de 10 psi. Su funcionamiento está vacío entorno 0.4 bar. Presión de vapor de calefacción es ambiental 0.9 kg / cm². Presión de diseño en la chaqueta es de 1,4 kg / cm². La temperatura dentro del pecho de evaporación es constante a 70 ° C



Figure 2: Evaporador-cristalizador escala planta piloto.

Sistema de vigilancia y control (SCADA)

Variables tales como la temperatura de evaporación del pecho, presión de vacío y presión de vapor en la chaqueta de calentamiento, se miden a través de sensores tipo RTD Pt100, presión absoluta y transmisores de presión del manómetro de sílice respectivamente. El equipo necesario para configurar el seguimiento y control de la temperatura en el sistema de evaporación-cristalización está constituido por un (Controlador de Automatización Programable) PAC, fuente de alimentación, cerebro, encajando hasta módulos de señal y una computadora personal (PC) y / o del ordenador portátil (Villegas et al., 2008). En la Figura 3 y 4, se muestra el esquema de conexión de instrumentos (Calvo, 2010). Marcas de PAC, el modelo M4, es Opto22, así como el cerebro y el accesorio hasta módulos de señales, SNAP ETHERNET I / O, que están acoplados a los sensores para la medición de variables de proceso.

Con el SNAP ETHERNET E / S es posible conectar varios dispositivos eléctricos y mecánicos, tales como indicadores de temperatura y sensores de presión, motores y dispositivo serie en un ordenador, utilizando redes Ethernet estándar, inalámbricas o Internet. El SNAP-B3000-ENET, que se mostró en la figura 4, tiene como características principales las siguientes protocolos de comunicación: SNMP PROTOCOLO MODBUS / TCP, IEEE 1394, FTP, TCP / IP, RS232. Estos dispositivos de varias gamas y completos, y los programas son para la automatización industrial y monitoreo remoto que permiten la aplicación en cualquier nivel, desde los relés de estado sólido para integrar totalmente los sistemas de control

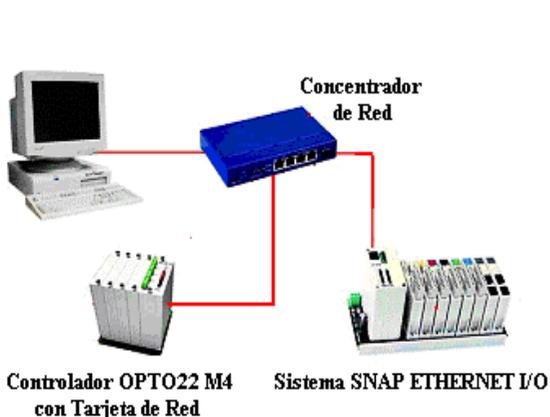


Figura 3: Arquitectura del sistema de adquisición de datos (SCADA).

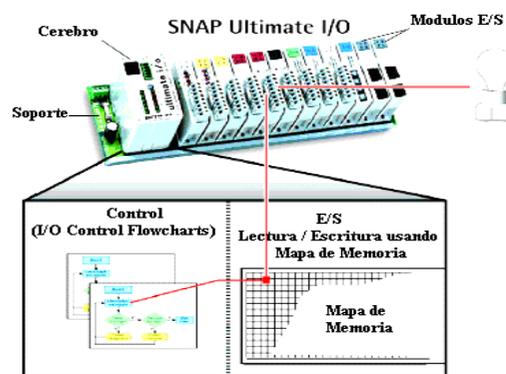


Figura 4: Dispositivo SNAP-B3000-ENET

Estrategia de control

En la figura 5, se mostró el gráfico puesta en marcha de la estrategia de control, donde se expresa la relación entre variables de proceso, sensores, indicadores y controles. La programación de computadora de la estrategia de control

se deben observar las necesidades establecidas y que se explica a continuación. el variador de velocidad debe ser ajustado por el operador a través de variador de frecuencia, llamado SI 100; presión del proceso en el interior debe medirse por el transmisor de presión absoluta y el valor numérico se mostró en el instrumento PI-100; estado de la válvula solenoide S, depende de, si la presión detectada por PIC-101 (camisa de calefacción) es menor que el valor requerido y que la temperatura del proceso señalado por TIC-100 no es más grande que el valor de conjunto, entonces S debe ser abierto, en caso de que esta condición no se cumple, el relé Y, cerrar la válvula de S.

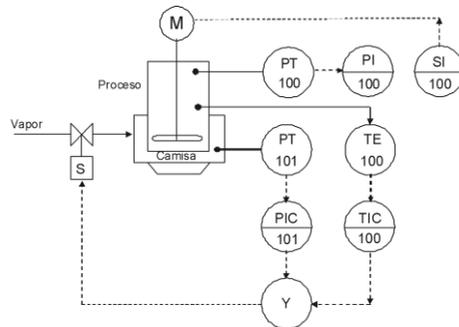


Figura 5: Estrategia de control en el proceso de evaporación-cristalización

Sistema SCADA de Opto 22

En la figura 6, es mostrar la interfaz gráfica construida con bloques *OptoDisplay* de software *Factory Floor* esto es resultado de la estrategia establecida en la figura 5. La interfaz de operación es la ventana principal para operar el evaporador-cristalizador. El usuario debe seguir un procedimiento para la manipulación de equipos a través de la opción *OptoDisplay Runtime*. La recepción en el PC está abierto para todos los programas, y es seguir la secuencia OPTO 22 - *FactoryFloor R4.1 - OptoDisplay Runtime*.

El programa desarrollado permite representar a través de una interfaz gráfica el esquema del equipo de evaporación-cristalización, en la figura 6 se observa que el usuario tiene bajo el control de las operaciones de, encender las bombas de agua de sello y de vacío, así como el agitador. Además, permite realizar un seguimiento de la evolución gráfica de las variables principales y para capturar los datos de temperatura en el interior del cristalizador, así como presión de vacío y presión de vapor en la chaqueta de calentamiento. En la esquina inferior izquierda de la interfaz de la operación y el control puede ser acelerar los gráficos que permiten seguir el comportamiento de las variables de proceso.

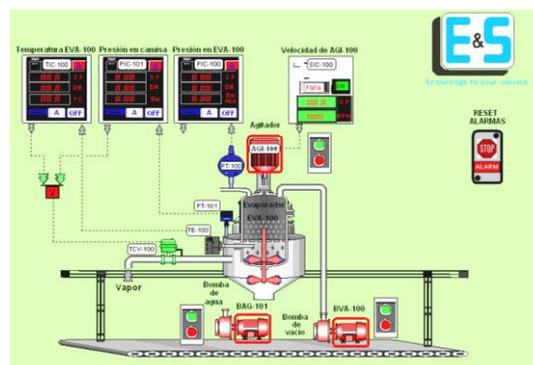


Figure 6: Operación de la interface del evaporador-cristalizador

Sistema paralelo de adquisición de datos (SCADA).

Sistema de adquisición de datos está diseñado desde OPTO instrumentación industrial 22, utilizando el protocolo TCP / IP en la red de equipos piloto del vacío de la evaporación-cristalización. Para llevar a cabo la construcción, se empieza a diseñar el equipo de proceso en AUTOCAD, que después se convierte en la extensión de MATLAB (VRML). Matlab es una interfaz que permite ejecutar funciones gráficas, para realizar el control de evaporador-cristalizador (encendido-apagado, en una primera etapa) y desarrollador de la animación del mundo virtual generado. El modelo de evaporador-cristalizador se dibujó en AUTOCAD a escala con medidas reales del equipo piloto, con el objetivo de generar un mundo virtual como a la realidad. La adquisición de datos de los instrumentos Opto22 se lleva a cabo a través de *Ethernet* utilizando el protocolo de comunicación TCP / IP, por medio de comandos de Matlab creado a partir de bibliotecas dinámicas.

Resultados Y Discusión

Operación del evaporador-cristalizador y el sistema SCADA de OPTO 22

Durante la ejecución, se fijan las condiciones de operación y se ajustan los set point en cada instrumento virtual (PIC-100, PIC-101, y TIC-100), así como la velocidad de agitación. Se inicia el arranque y paro de los motores de las bombas de vacío y de agua de sello/enfriamiento. El transmisor de presión, PT-100, reportan el valor de la presión de vacío en el interior del equipo manipulándose en forma manual la válvula reguladora de vacío, el termopar TE-100, reportan la temperatura de operación de la masa a evaporar y cristalizar, enviando la señal al controlador TIC-100, que permite la acción sobre la válvula solenoide, TVC-100, para manipular el flujo de vapor de calentamiento. En la camisa de calentamiento se ubica el transmisor de presión manométrica, PT-101, que envía la señal al PIC-101, y también acciona la válvula TVC 100, por alta presión en la camisa de calentamiento. Los rangos de temperatura dependen de la solución que se esté evaluando. La temperatura que se maneja, generalmente, es de 0 a 100 °C. La presión de vapor en la camisa de calentamiento es de 0.7 a 0.90 bar, y la presión de vacío, dentro del evaporador-cristalizador, se mantiene entre 0.40 y 0.45 bar. La velocidad del agitador se mide en revoluciones por minuto y el tiempo de operación está en función de la solución de trabajo. En este trabajo se seleccionó como sustancia de trabajo, azúcar en solución; la velocidad de agitación se ajustó a 1000 rpm, con un tiempo de operación de 4 h, aproximadamente. Con estas condiciones y rangos de operación de las variables consideradas, se procede a energizar la bomba de agua dándole un tiempo de retardo de 5 a 10 segundos, y enseguida, se energiza la bomba de vacío. Se ajusta este tiempo de retardo, para asegurar que exista agua en la bomba de vacío, evitando que ésta se pueda quemar. Se espera a que el sensor de presión, instalado sobre el evaporador, indique la presión de vacío de 0.54 bar para poder abrir la válvula de alimentación de la solución azucarada. Una vez que se alimentó la solución azucarada a concentrar y a cristalizar se requiere cuidar el proceso. La presión de vacío y la presión de vapor alimentado a la camisa de calentamiento no deben sobrepasar la presión fijada (Set Point). Es necesario tener mucho cuidado con la válvula de escape de la camisa de calentamiento, para esto se debe observar que la presión en el interior de la camisa de calentamiento no sobre pase el valor de 0.7 kg /cm², básicamente, aunque la presión máxima de trabajo sea de 1.2 kg/cm². Se debe observar, que para el cuidado del equipo, una vez terminada la operación se proceda a apagar la bomba de vacío y la bomba de agua de sello, luego el moto variador de la velocidad de agitación y, por último, se desactivan las válvulas. El usuario obtendrá las muestras, cuantas veces sea necesario, de la sustancia a evaluar para realizar los análisis correspondientes y verificar la calidad del producto y el desempeño óptimo del equipo, concluyendo de esta forma los experimentos programados (prácticas experimentales). La figura 6, muestra la evolución de las variables durante una corrida experimental; las gráficas se generaron utilizando el control OPTO22 en una práctica de laboratorio.

Es necesario mencionar que la estrategia de control se realizó considerando únicamente las variables que se miden en el proceso, es decir, las que se reportan a través de los instrumentos instalados en el equipo; no se consideró el modelo matemático del proceso de cristalización para construir esta estrategia.

Conclusión

La automatización del proceso de evaporación-cristalización a nivel planta piloto ha permitido el uso de instrumentación de tipo industrial y el desarrollo de un sistema de adquisición de datos con el propósito de diseñar algoritmos de control de prueba para la temperatura del proceso. La plataforma informática en la que se desarrolló dicho sistema de monitoreo y control es *FactoryFloor* de OPTO 22 de tipo industria (Balderas *et al*, 2008). La construcción del sistema paralelo de adquisición de datos se basa en el modelo tridimensional del equipo piloto, dibujado en AUTOCAD (*.DWG) y a través del software 3DSTUDIO se lleva a una extensión compatible con MATLAB para el mundo virtual. Se complementan procedimientos ya establecidos en Visual C y se construyen librerías dinámicas (DLL) para comunicar y analizar la información recibida de los dispositivos OPTO22 con MATLAB. Se diseña una interfaz gráfica con realidad virtual para visualizar la evolución de las variables del proceso. La interrelación entre diversas plataformas de software permite la comunicación y sincronización con MATLAB y/o Visual Studio V6, para realizar tareas, tal como probar algoritmos de estimación y control, realizar cálculos matemáticos y capacidad para trabajar con realidad virtual. Con la sincronización del sistema SCADA desarrollado, es posible operar en forma remota, a través de Internet, el equipo piloto para la cristalización de azúcar manteniendo las condiciones de operación preestablecidas: temperatura de operación, velocidad de agitación y presión de alimentación del vapor de calentamiento. Los resultados permiten visualizar aplicaciones importantes de esta metodología en el monitoreo, estimación y control de procesos industriales, así como en la enseñanza a través de la creación de laboratorios didácticos virtuales de procesos.

BIBLIOGRAFÍA

Balderas, Z. J, Zapata, T. M., Chalé, L. F., y Peraza V. F., “Automatización del control térmico de un sistema de evaporación de películas delgadas utilizando LabView”, Ingeniería, Vol. 12, (1), pp. 41-50. (2008).

Calvo J. G., Chen Ch. L., y Fonseca J. “Aplicación de los sistemas de control en la industria del azúcar”. (2005).

Aguilar, R. N., y Román, G. C., “Aspectos teóricos y aplicaciones de la operación unitaria de cristalización”, Ingeniería, Vol. 16, (1), pp. 123-133, (ISSN: 1409-2441), (2005).

López Z., L., Cadeza O.J., Martínez M. K., y Bolaños R. E., “Estudio preliminar del efecto de la presión de vacío y del vapor en un cristizador por lotes a nivel planta piloto”, Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 7, (01), pp. 65-70. (2008)

Lang, Y. D., Cervantes, M. A., and Biegler, L. T., “Dynamic Optimization of a Batch Cooling Crystallization Process”, American Chemical Society. Vol. 38, pp. 4-12. (2009).

Monge V. C., “Plan de gestión de proyectos para determinar la factibilidad de la adquisición de equipo que mejore el proceso de digitalización de imágenes de campaña A&C”, Universidad para la cooperación internacional (UCI), doc. 1691-070806. (2010).

Villegas A., Herrera I., Gómez G., Rodríguez J., Lugo E., Pacheco J., “Aplicación para el monitoreo y control de procesos industriales basada en el estándar de comunicaciones OPC”, Revista Ingeniería UC. Vol. 15, No 3, 7-18, (2008).