

MODERNIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA DOSIFICACIÓN DE RESINA EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE AGLOMERADO

CHILLAN QUISHPE BYRON, Ing.
JAGUACO CÁNCHEG EDISON ROLANDO, Ing.
ANGULO PABLO ANIBAL, Ing.
Escuela Politécnica Nacional

1. RESUMEN

Se presenta el proyecto mediante el cual se diseñó e implementó un nuevo sistema de fuerza y control para el proceso de dosificación de resina y astilla de madera en la fabricación de tableros de aglomerado de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. (ACOSA).

La cantidad de resina que se mezcla con las astillas de madera para formar el tablero de aglomerado, se la decide en base del peso del material que ingresa a la encoladora, información con la cual el sistema de control, regula la velocidad tanto de los motores acoplados a tornillos sin fin que transportan las astillas, como de los motores de las bombas de inyección de resina, permitiendo de esta manera su dosificación.

Se implementó un nuevo sistema de inyección de resina, utilizando motores de inducción provistos de variadores de velocidad para mover las bombas dosificadoras. El sistema antiguo movido por motores de corriente continua se lo dejó operativo para utilizarlo como by-pass.

Para el caso de los motores de corriente continua que mueven los tornillos sin fin, se reemplazaron los antiguos variadores de velocidad, por unos de moderna tecnología.

El antiguo sistema de control basado en tarjetas electrónicas obsoletas, fue reemplazado por un PLC S7-300 marca Siemens, y se incorporó una interfase HMI usando software WinCC de Siemens para facilitar el control para los operadores.

Una vez instalado el nuevo sistema se realizaron las pruebas pertinentes, y los resultados fueron satisfactorios de tal manera que el sistema se halla funcionando. Se pueden evidenciar mejoras en el control del proceso de dosificación de resina y una mejor cuantificación de los componentes involucrados en la formación del tablero.

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias deben competir en un mercado globalizado de allí que es imperativo que modernicen sus procesos de producción, para ser competitivas tanto en calidad como en precios.

Con esta filosofía, Aglomerados Cotopaxi S.A. ha generado varios proyectos internos para modernizar su línea de fabricación de tableros de aglomerado y en esta ocasión se presenta resultado obtenido en el proceso de dosificación de resina.

El trabajo fue realizado como proyecto de titulación por egresados de la Facultad de Ingeniería Eléctrica dentro de un convenio existente entre la Escuela Politécnica Nacional y la empresas ACOSA

3. ELABORACIÓN DE AGLOMERADO

El aglomerado es un tablero formado por tres capas de partículas o astillas de madera de distintos tamaños, compactadas mediante la adición de resina y la aplicación de alta presión y temperatura. Adicionalmente los tableros pueden ser enchapados con melaminas y papeles decorativos lo cual permite tener diferentes presentaciones y acabados finales.

En la fabricación del tablero de aglomerado intervienen los siguientes procesos:

- Acopio de madera prima
- Viruteado y astillado
- Secado
- Separación de viruta o tamizado
- Dosificación de resina
- Formación
- Prensado
- Enfriamiento y escuadrado
- Lijado
- Almacenamiento y distribución

4. DOSIFICACIÓN DE RESINA

Dentro del proceso de conformación de los tableros se debe incorporar resina a las astillas de madera y dependiendo de los porcentajes de mezcla, se producen diferentes tipos de tablero.

La mezcla de la resina con las astillas de madera se la realiza en la encoladora, a la que ingresa el material transportado por dos tornillos sin fin de velocidad variable lo cual permite su dosificación. El sistema de control regula la velocidad de los motores que mueven los tornillos sin fin, en base de la cantidad de material que se pesa en una balanza de cinta para pesaje continuo provista de los sensores adecuados.

La resina ingresa a la encoladora impulsada por dos bombas movidas por motores de velocidad variable, lo cual permite su dosificación. El sistema de control, en base de la cantidad de astillas de madera y la receta para conformar diferentes tipos de tablero, decide la cantidad de resina a bombear, ayudado por un sistema dosificador que se lo conoce como cuenta litros.

Entre los principales componentes que intervienen en el proceso de dosificación de resina podemos citar los siguientes: alimentador a la balanza formado por un grupo de tornillos sin fin que transportan las astillas; balanza de cinta y amplificador de la señal para el pesaje continuo; encoladora; bombas para la resina, sistema cuenta litros y equipos de control.

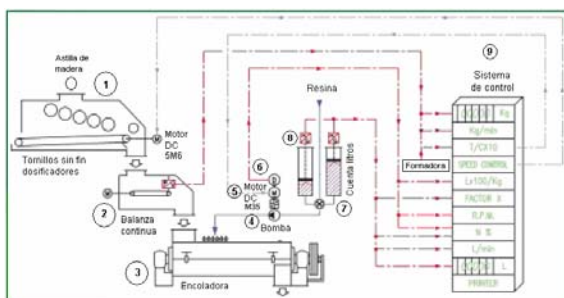


Figura 1 Componentes del proceso de dosificación de resina

5. MODERNIZACIÓN DEL PROCESO

Para regular la velocidad de los tornillos sin fin se utiliza motores de corriente continua cuya velocidad era controlada por variadores antiguos modelo AZ-30 marca Imal que tienen

un sistema de control con tecnología analógica/digital. Se decidió cambiar estos reguladores por modernos variadores marca Siemens con sistema de control de tecnología digital provistos de un panel de operador que permite parametrizar las funciones disponibles.

Para la dosificación de la resina se incorporó un nuevo sistema cuenta litros con bombas dosificadoras movidas por motores de corriente alterna controlados por variadores de velocidad marca Siemens. Estos variadores usan tecnología digital lo cual permite parametrizar las funciones bien sea usando su panel de operador o por medio de un computador al cual se conectan por medio de un interfase serial RS232 o RS485.

Debido a que el antiguo sistema cuenta litros, que utiliza bombas movidas por motores de corriente continua cuya velocidad se controla por medio de una tarjeta dedicada con tecnología análogo/digital, todavía se halla operativo se decidió conservarlo para cuando se realice mantenimiento o en caso de emergencia.

Para el control del sistema se utiliza un PLC marca Siemens modelo S7-300, y se incorporó un interfase hombre máquina (HMI) que permite operar el sistema con ayuda de un computador.

Los modos de operación se los elige mediante un selector y son los siguientes:

Modo uno: La dosificación de resina se la hace con el nuevo sistema cuenta litros controlado por el PLC y la cantidad de material se la controla con los nuevos variadores de velocidad de los motores de los tornillos controlados por PLC.

Modo dos: La dosificación de resina se la hace con el antiguo sistema cuenta litros controlado por los T/CX 10 y la cantidad de material se la controla con los nuevos variadores de velocidad de los motores de los tornillos controlados por el PLC.

Circuito de fuerza

Los motores de corriente continua que mueven los tornillos sin fin que sirven para transportar y dosificar las astillas de madera, tienen los siguientes datos de placa: Potencia 10 HP; velocidad 2000 RPM, voltaje de armadura 280 V DC; corriente de línea 30 amperios; voltaje de excitación 340 V DC; corriente de excitación

0.25 amperios. Con estos datos se especificó los reductores de velocidad.

Para lograr mas precisión a baja velocidad y mayor torque se utilizó una relación de reducción de 25/1, por lo que el rango de velocidad de los tornillos sin fin es de 0-80 [rpm]

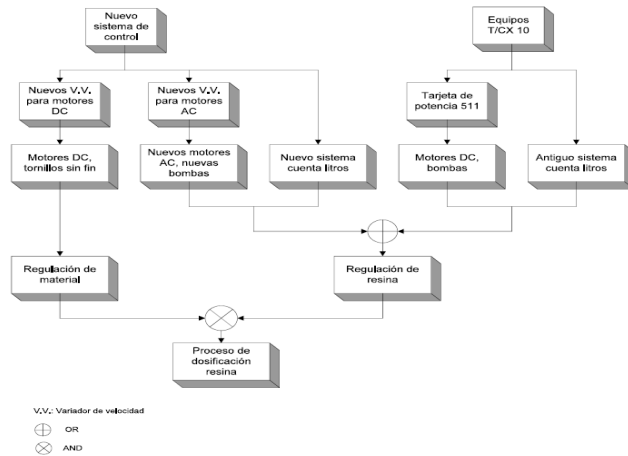


Figura 2 Diagrama en bloques funcionamiento proceso dosificación de resina

Para el circuito de fuerza de las bombas del nuevo sistema cuenta litros, se dimensiona y selecciona los motores de AC y los reductores de velocidad, con los siguientes datos de placa: Potencia 6.3 Kw; velocidad 1750 RPM; voltaje 440 V AC corriente 11.1 amperios; frecuencia 60 hz.

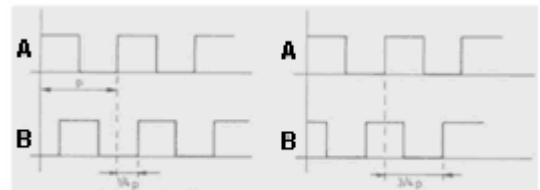
Para lograr mas precisión a baja velocidad y mayor torque se utilizan reductores de velocidad de una relación de reducción de 7/1, por lo que el rango de velocidad de las bombas de inyección de resina es de de 0-250 [rpm].

Circuito de control

La dosificación de la resina que ingresa a la encoladora se la hizo construyendo un nuevo "sistema cuenta litros" que usa el mismo principio del que existía y que consiste en un conjunto de dos vasos de depósito a los cuales ingresa la resina, preparada en un proceso anterior, controlada por una válvula de cuatro vías la misma que posibilita que se bombee resina de un vaso, mientras el otro se llena y viceversa. Este sistema se duplica pues se requiere dosificar la cantidad de resina en

cantidades diferentes, dependiendo si se trata de la capa externa o la capa interna del tablero

Mediante un control proporcional integral se controla la cantidad de resina variando la velocidad del motor de la bomba. El sistema recibe realimentación de encoders incrementales que generan 2 ondas cuadradas cuya frecuencia varía con el caudal de resina. Los valores de set point se ingresan bien sea por el panel del operador (OP7) o por sistema HMI.



Giro sentido horario Giro sentido antihorario

Figura 3 Ondas generadas por encoder incremental



Figura 4 Vista nuevo sistema cuenta litros

Para controlar la cantidad de astillas de madera, se utiliza otro control proporcional integral que varía la velocidad de los motores de los tornillos sin fin en base de la realimentación de la balanza de cinta y la consigna que se puede introducir desde el panel del operador o desde el HMI.

Una vez establecidos todos los requerimientos de operación del proceso, se utilizó un PLC S7-300 marca Siemens, para realizar el control general así como los dos controles proporcional integral que posibilitan la dosificación.

El software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización de la familia S7-300 de Siemens es el STEP 7.

En el programa de usuario del PLC se crearon bloques para el cumplimiento de las tareas encaminadas a controlar el proceso de dosificación, entre la principales tareas tenemos: revisar protecciones de los equipos, revisar modo de funcionamiento, limitar ingreso de consignas, procesar consignas ingresadas y limitadas, procesar señales de realimentación, realizar regulaciones PI, limitar señales de salida, procesar señales para visualización en la HMI del sistema, cargar totalizadores de consumo.

Interfaz hombre máquina (HMI)

En todo sistema de control existen vínculos que establecen una relación entre los operadores y el proceso. Estos vínculos se establecen por medio de equipos que constituyen la interfaz al ser humano: interfaz-hombre-máquina (HMI).

En el proyecto se utilizó el software Windows Control Center (WinCC) que constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los scadas para visualización y control de procesos industriales (HMI). Protocol es un software de configuración comfortable para paneles de operador (OP). Ambos programas son ejecutables bajo Microsoft Windows.

Para la visualización y control del proceso de dosificación de resina se utilizó un computador ubicado en el cuarto de control que aloja las pantallas desarrolladas en el software WinCC y un panel operador modelo OP7 marca Siemens situado en una de la puertas del nuevo armario eléctrico.

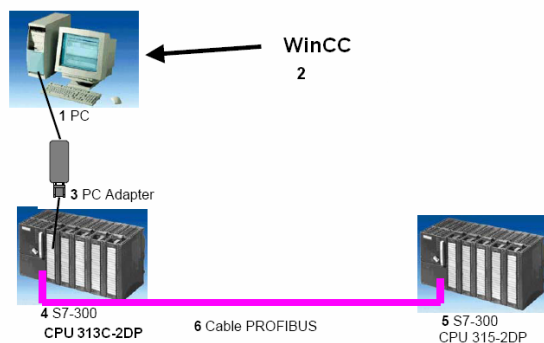


Figura 5 Esquema general de la conexión en red para WinCC

Una pequeña red profibus permite la conexión entre la HMI ubicada en el cuarto de control y el PLC que realiza el control ubicado en el nuevo armario.

El HMI diseñado permite setear los parámetros para el control del proceso de dosificación de resina de acuerdo al espesor del tablero requerido por producción mediante las siguientes pantallas: menú, indicadores, dosificación para la externa, dosificación para la capa interna, drives, PLC S7-300, formadora, acceso a gráficos y tablas, alarmas y pantalla de información.



Figura 6 Pantalla de menú del proceso de dosificación de la resina

Para el panel operador se diseñaron imágenes donde se puede ingresar y visualizar los principales valores de las variables para el control del proceso.

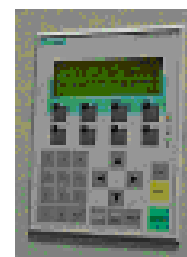


Figura 7 Vista panel operador OP7

6. MONTAJE E INSTALACION

Una vez diseñado el proyecto y especificados los equipos necesarios, se procedió a la adquisición de los mismos, la mayoría de los cuales se la hizo por importación directa.

Para la instalación de los variadores a los motores de los tornillos sin fin fue necesario

suspender la producción durante 1 día para realizar las pruebas pertinentes de funcionamiento.

El nuevo sistema cuenta litros se instaló en paralelo y no fue necesario parar la producción

Al tablero de control existente en la planta se lo fue modificando de acuerdo a la necesidad del nuevo sistema de control y se lo iba probando con anterioridad al funcionamiento en producción.

Una vez montados los equipos se procedió al cableado de los circuitos de fuerza y control, así como la instalación del computador, la red profibus y el panel de mando

El tiempo total requerido para el montaje e instalación fue de 3 meses.



Figura 8 Vista armario eléctrico

PUESTA EN OPERACIÓN

Para la puesta en funcionamiento del nuevo sistema de control se realizaron pruebas del funcionamiento del PLC y la HMI, de los variadores de velocidad, del sistema cuenta litros, de los tornillos sin fin y las pruebas finales cuando el sistema se hallaba trabajando en la línea de producción.

Las ajustes finales consistieron en la sintonización de los controladores proporcional integral PI implementados en el programa del PLC, que sirven, el uno para regulación de la cantidad de astilla de madera y el otro para el control del caudal de resina que se envía a la encoladora.

El método que se utilizó para la sintonización de los controladores PI es el método experimental de Ziegler-Nichols. En este método primero establecemos unas constantes $T_i = \infty$ y $T_d = 0$. Usando solo la acción de control proporcional, se incrementa K_p de 0 a un valor crítico K_c donde la salida exhiba primero oscilaciones sostenidas.

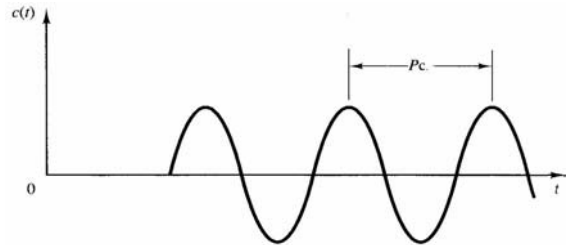


Figura 9 Oscilaciones sostenidas con un periodo P_c

Por lo tanto la ganancia K_c y el periodo P_c correspondientes se determinan experimentalmente, Ziegler-Nichols sugirieron que se establezcan los valores de los parámetros K_p , T_i y T_d de acuerdo con las formulas que aparecen en la tabla.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_c$	∞	0
PI	$0.45K_c$	$\frac{1}{1.2} P_c$	0
PID	$0.6K_c$	$0.5P_c$	$0.125P_c$

Tabla 3 Regla de sintonización de Ziegler-Nichols basado en la ganancia crítica

Con la ayuda de la herramienta regulación PID del software Step 7 se pueden realizar los cambios de los valores de las variables con facilidad registrar las curvas para analizarlas.

Una vez funcionando satisfactoriamente todos los equipos, el nuevo sistema se incorporó a la proceso con normalidad.

En las figuras 10 y figura 11 se pueden apreciar las curvas de respuesta de los controladores PI, donde la señal roja es el set point y la señal amarilla la variable de proceso. La figura 10 corresponde antes de los ajustes y la figura 11 después de los justes.

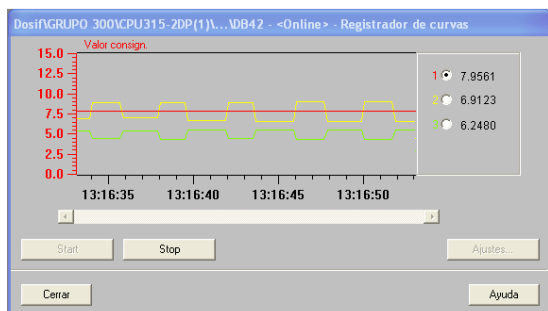


Figura 10 Regulación antes del ajuste

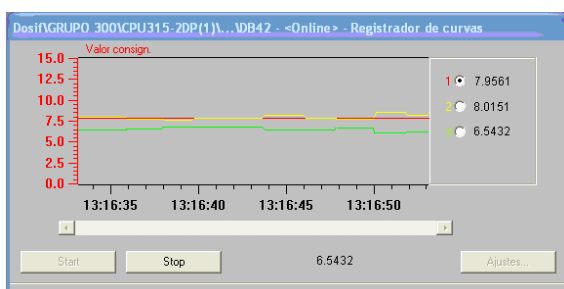


Figura 11 Regulación después del ajuste

7. CONCLUSIONES

La realización de este proyecto demuestra que es factible modernizar algunos procesos de una industria, mediante proyectos de titulación que dan oportunidad para que los jóvenes egresado puedan aplicar sus conocimientos, debidamente guiados por expertos de la planta industrial y de la universidad, en un ejemplo de colaboración que beneficia a todos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SIEMENS, Programar con Step 7 V5.3, Edición 01/2004, Alemania 2004, 566 pp.
2. SIEMENS, SIMOREG DC Master- Instrucciones de servicio, Edición 11, Alemania 2005, 735pp.
3. SIEMENS, Sistema de automatización S7-300 Datos de las CPU 312 IFM a 318-2 DP, Edición 10/2001, Alemania 2001, 182 pp.
4. SIEMENS P.S., WinCC V4.02 Manual de programación, Edición 1999, España 1999, 457 pp.
5. SIEMENS, Panel de operador OP7, OP17 Manual equipo, Edición 04/1999, Alemania 1999, 196 pp.
6. MOLINA Jorge, Control Industrial, EPN, Quito, 60 pp.

7. OGATA Katsuhiko, Ingeniería de control moderna, Ed. Prentice Hall Hispanoamérica, 3ra. Edición, México 1998, 997pp.
8. MUHAMMAD Rashid, Electrónica de potencia, Ed. Prentice Hall Hispanoamérica, 3ra. Edición, México 2004, 980pp.
9. RIVERA Pablo, Control de maquinas eléctricas, EPN 2000, Quito, 105 pp.
10. IMAL srl, Equipo electrónico de dosificación tipo T/CX 10, Italia, 39 pp.

INTERNET

1. <http://www.cotopaxi.com.ec>
2. <http://www.siemens.com>
3. <http://www.schneiderelectric.es>
4. <http://www.clubse.com.ar/newsletter/news17/notas/nota04.htm>
5. <http://iaci.unq.edu.ar>
6. <http://isa.umh.es>
7. <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/ii>
8. <http://www.rambal.com>

BIOGRAFÍAS AUTORES

CHILLAN QUISHPE BYRON

Nació en Quito, 02 de octubre de 1981. Obtuvo el título de bachiller en Humanidades Modernas en el Instituto Nacional Mejía en 1999. Sus estudios superiores los realizó en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de ingeniero en electrónica y control. Su tesis de grado la desarrolló en la fábrica Aglomerados Cotopaxi S.A., ubicada en la provincia de Cotopaxi. Actualmente se encuentra laborando en Ecuador Botling Company desempeñando el cargo de especialista de mantenimiento electrónico.

Correo electrónico: byronchillan@yahoo.com

JAGUACO CÁNCHEG EDISON ROLANDO

Nació en Machachi el 03 de noviembre de 1980. Obtuvo el título de bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio Nacional Machachi en 1998. Sus estudios superiores los realizó en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de ingeniero en electrónica y control. Su tesis de grado la desarrolló en fábrica Aglomerados Cotopaxi S.A. en la modernización del proceso de dosificación de resina. Actualmente se encuentra laborando en la industria de caramelos ICAPEB, desempeñando el cargo de técnico mantenimiento electrónico.

Correo electrónico: edisonp7@hotmail.com

ANGULO SÁNCHEZ PABLO

Nación en Quito en el año de 1955, se graduó como Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en 1978 y desde esa fecha es profesor de la EPN. Sus áreas de trabajo han sido las Máquinas Eléctricas y el Control Industrial y su ámbito de interés son los PLC's y los sistemas SCADA. Ha dirigido proyectos de titulación relacionados con la modernización de sistemas de control en industrias. Tiene una maestría en Gerencia de Proyectos Educativos y actualmente se desempeña como Jefe del Departamento de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la EPN.

Correo electrónico pangulo55@hotmail.com