

Control para Sincronización en Velocidad y Fase aplicado al sistema compuesto Barnizadora-Horno

Arcadio E. Amador Arosemena ⁽¹⁾, MSc Holger Cevallos U. ⁽¹⁾, PhD. Wilton Agila. ⁽¹⁾ *
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ⁽¹⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
arcadio_amador@hotmail.com ⁽¹⁾, hcevallos@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, wagila@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾

Resumen

Una de los equipos de producción en la industria de la fabricación de envases de hojalata son las líneas de barnizado con horno de secado, para la aplicación de recubrimientos a las láminas de hojalata que luego se convertirán en envases. Estos recubrimientos protegerán tanto a los envases como a los productos que contendrán ya sean estos alimenticios o no. Los principales equipos de estas líneas de producción son el alimentador de láminas, barnizadora, horno de secado y bandas o mesas transportadoras entre estos equipos.

La sincronización entre la barnizadora y el horno es imprescindible para que las láminas barnizadas que se transportan en forma horizontal, ingresen al horno donde se transportarán en forma vertical.

Se debe asegurar una sincronización de velocidad entre la barnizadora y la cadena del horno así como sincronizar en fase los mecanismos de ambos equipos con el fin de ubicar las láminas que salen de la barnizadora y su ingreso al horno lo realicen siempre entre una parrilla y otra.

Este reporte describirá todos los elementos utilizados para lograr esa sincronización.

Palabras Claves: Control electrónico Dynamatic 4000, motor AC con embrague de corrientes de Eddy, sincronizadores.

Abstract

One of the production equipment from the manufacturing of tinplate packaging industry, are the coating lines with drying oven for the application of coatings to the sheets of tin that will then become containers, which will protect both, containers and products containing either these food or not. The main equipments of this production lines are sheet feeder, a coater, a drying oven and conveyor belts between each of these equipments.

Synchronization between the coater and the oven is essential for varnished sheets which are transported horizontally, go into the oven where be transported vertically. Be sure to synch speed between the coater and oven chain as well with synchronize in phase the mechanisms of both equipments in order to locate the sheets that come out of the coater and entering into the oven always between one wicket to another.

This report will describe all items used to achieve this synchronization

Keywords: Dynamatic 4000 electronic control, Eddy current drives, synchros.

1. Introducción

Una de las líneas de producción en la industria de fabricación de envases de hojalata son los equipos de barnizado, utilizadas para aplicar recubrimientos a las láminas que más adelante, en otro proceso, se convertirán en envases. Estos recubrimientos necesitan ser curados o secados en línea a una temperatura y tiempo, determinados por los fabricantes de los barnices.

Estas líneas de producción están compuestas entre sus equipos principales de un alimentador de láminas, Figura 1, una barnizadora, Figura 2, un horno de

curado, Figura 3 y bandas o mesas transportadoras, Figura 4 entre cada uno de estos equipos.



Figura 1. Alimentador de láminas



Figura 2. Barnizadora



Figura 3. Horno de curado



Figura 4. Mesa transportadora

El objetivo de este proyecto es presentar una aplicación práctica de sincronización en velocidad y posición. Mostrar el control implementado para lograr sincronizar el movimiento de la barnizadora con el horno, tanto en velocidad como en posición, de tal manera que las láminas transportadas desde la barnizadora ingresen al horno una en cada parrilla sin que sufran daño alguno en la transición de posición.

Se procederá a enumerar y describir la función de cada uno de los elementos utilizados para lograr esta sincronización.

2. Elementos de sincronización

2.1 Controlador Dynamic modelo 4000.

El controlador Dynamic Modelo 4000[1] es un control de lazo cerrado. La salida es medida,

retroalimentada y comparada en la entrada. Cualquier realimentación de la señal de entrada que sea diferente, se genera un error diferencial proporcional. El error resultante es usado para aumentar o disminuir la salida hasta que sea igual a la señal de entrada.[2] En la figura 5 se muestra un diagrama de control de lazo cerrado simplificado.

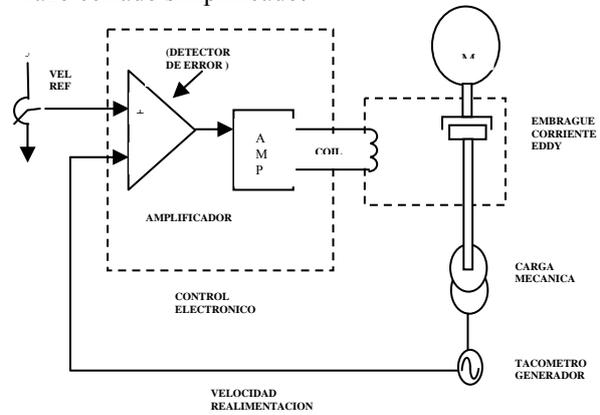


Figura 5. Control de lazo cerrado simplificado

Un sistema de lazo cerrado consiste en dos partes. El sistema controlador y el sistema controlado. En este caso el sistema controlador es el control Dynamic modelo 4000 y el sistema controlado es el motor con embrague de corrientes de Eddy.

En condiciones de operación manual, la señal de entrada es ajustada y fijada por el operador cuando gira el potenciómetro de velocidad. La señal de realimentación se obtiene del tacogenerador acoplado al eje de salida del motor. El voltaje de realimentación es directamente proporcional a la velocidad. Cada vez que la señal de referencia es mayor que la de realimentación, existe un error positivo. El motor no gira lo suficientemente rápido y la señal de error positiva enciende el amplificador, aumentando la excitación a la bobina del embrague, permitiendo que el motor aumente su velocidad. Lo contrario sucede cuando la realimentación es superior a la señal de referencia. Esto indica que el motor está girando muy rápido y el controlador disminuye el voltaje a la bobina del embrague haciendo que el motor disminuya su velocidad. De esta manera el controlador regula y ajusta la excitación del motor hasta llevarla a la velocidad del punto de referencia. Cualquier cambio repentino en la carga, hará variar la velocidad del motor, cambiando el voltaje de realimentación, variando la señal de error y resultando en un cambio en la excitación del motor para corregir el cambio de

carga. En esta operación, el voltaje a través de la bobina del embrague está variando constantemente para compensar el cambio de carga.[3]

2.2 Motor AC con embrague de corrientes de Eddy.

El drive Dynamatic está compuesto por un motor AC y un embrague por corrientes de Eddy ensamblados en un solo componente pero no interconectados mecánicamente, excepto por el soporte de los rodamientos centrales del tambor como se muestra en la figura 6. El embrague acopla y desacopla el motor de la carga sin interrumpir la alimentación al motor.

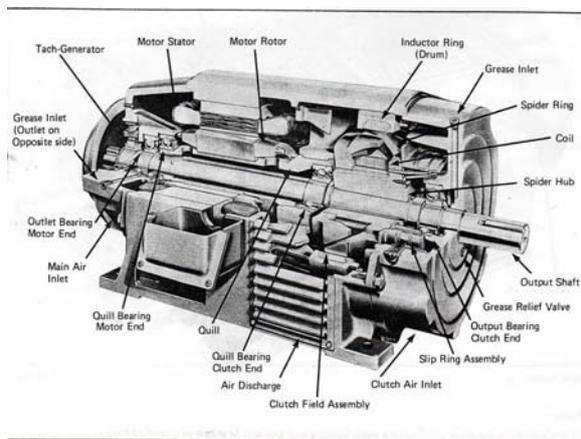


Figura 6. Motor con embrague de corriente de Eddy

Al energizar la bobina del campo se produce un flujo magnético. Este flujo cruza el entrehierro entre el conjunto del campo y la masa, atraviesa el anillo del tambor inductor y regresa a través del entrehierro hacia el conjunto del campo. Estas trayectorias de flujo magnético se interrumpen cuando el tambor está girando con respecto a la conjunto del campo. Como resultado, se crean corrientes parásitas en la superficie interna de la masa. Estas corrientes parásitas producen una serie de polos magnéticos en la masa que interactúan con los polos del conjunto del campo para producir un torque. El esfuerzo de torsión hace que el conjunto del campo y eje de salida sigan la rotación del tambor.[5]

Este torque y velocidad de salida es proporcional al voltaje aplicado a la bobina del embrague.

2.3 Sincronizador.

El sincronizador es un dispositivo electromecánico que se utiliza para medir el ángulo de rotación de una máquina.

Los principios de sincronización son similares a las de un transformador eléctrico excepto que el núcleo de hierro del sincro consiste de un rotor y un estator como lo muestra la figura 7.[6]

Requiere una alimentación AC en el campo y el voltaje de salida varía según el ángulo de rotación de un eje.

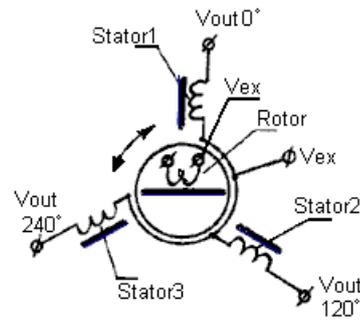


Figura 7. Esquema de un sincronizador

Existen varios tipos de sincronizadores de acuerdo a la función que desempeñan. Los siguientes son los utilizados en este proyecto.

2.3.1 Transmisor de control CX.

Se alimenta con señal AC en los terminales del estator (S1, S2) y desarrolla en los terminales del rotor (R1, R2, R3) una señal trifásica AC a una determinada frecuencia. La relación de amplitud entre los voltajes de línea a línea de la salida trifásica, representa una posición angular del eje (θ grados) con respecto a alguna posición de referencia del eje llamado rotación de cero grados.[7] Figura 8

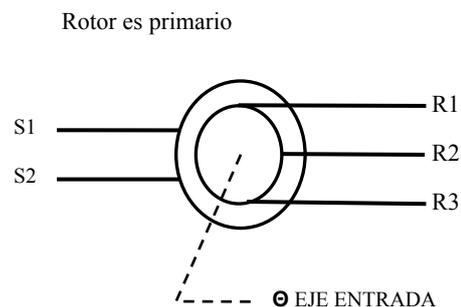


Figura 8. Transmisor de Control CX

En este proyecto el punto de referencia del sincronizador transmisor esta tomado de un eje en la transmisión de movimiento de la cadena del horno de curado como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Sincronizador del horno

2.3.2 Transformador de control CT.

Recibe en los tres terminales del estator (S1,S2,S3) las señales producidas por el CX, correspondientes eléctricamente a algún ángulo θ del eje. Produce en los terminales del rotor (R1, R2), una señal de frecuencia proporcional al seno de la diferencia angular entre el ángulo eléctrico de entrada, θ y la posición mecánica del eje, Φ . En otras palabras, la relación de voltaje de línea a línea inducido en el rotor es proporcional al $\text{sen}(\theta - \Phi)$, donde Φ es medido de alguna posición de referencia del eje llamado cero grados de rotación. Figura 10

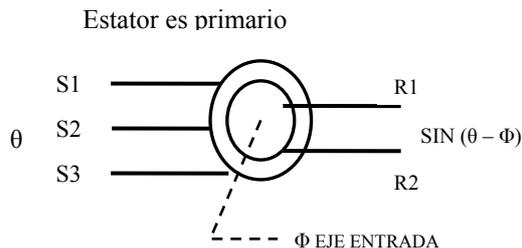


Figura 10. Transformador de Control CT

El sincronizador de la barnizadora es del tipo Transformador de control y la posición de referencia está conectada a uno de los piñones que mueven el rodillo barnizador. Figura 11



Figura 11. Sincronizador de barnizadora

2.3.3 Transmisor de Control Diferencial CDX.

Recibe en sus tres terminales del estator (S1, S2, S3) señales de frecuencias producidas por un CX, la relación de amplitud entre línea y línea corresponde a algún remoto ángulo θ del eje. Produce en sus tres terminales del rotor (R1, R2, R3) una señal de frecuencia trifásica cuya relación de amplitud entre línea y línea representa la diferencia entre el ángulo de entrada θ y la posición angular mecánica de su eje. En otras palabras, la relación de voltaje de línea a línea inducido en el rotor representa el ángulo $(\theta - \Phi)$, donde Φ es medido de alguna posición de referencia del eje, llamada rotación de cero grados. (Figura 12)

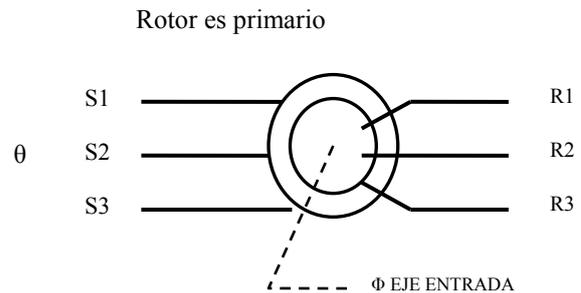


Figura 12 Transmisor de Control Diferencial CDX

El Transmisor de control diferencial, es usado para el control manual de la entrada de las láminas al horno de curado. Con él se puede adelantar o retrasar el ingreso de las láminas. Figura 13



Figura 13. Sincronizador diferencial manual

2.3.4 Arreglo de sincronizadores.

Descritos los sincronizadores que intervienen para controlar la posición o fase del sistema, estos están interconectados entre sí mediante el arreglo mostrado en el esquema de la figura 14. Con esta interconexión, se logra relacionar la posición de la cadena del horno con la barnizadora y por consiguiente la ubicación de las láminas en su recorrido hacia de las parrillas que

recibirán estas láminas y las transportarán al interior del horno.

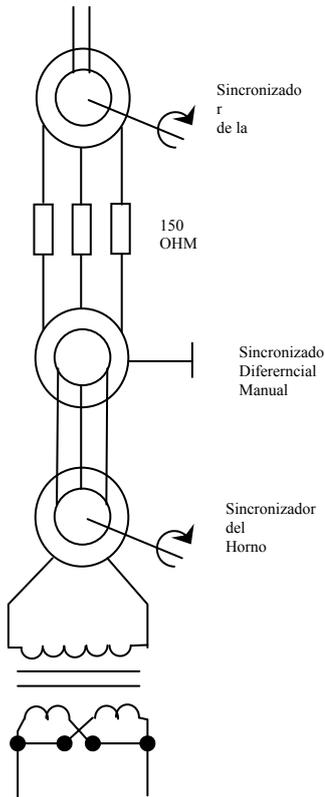


Figura 14. Interconexión de sincronizadores

3. Control de sincronización

El control Dynamatic modelo 4000 está compuesto por dos tarjetas de control. Una tarjeta mezcladora MIXER PCB Dynamatic, Figura 15, a la que llegan dos señales. La primera señal es de los dispositivos sincronizadores manejados por la barnizadora y el horno, en arreglo con el del sincronizador diferencial manual mencionado en el capítulo anterior. La segunda señal proviene del tacogenerador del horno que proporciona la velocidad del horno.

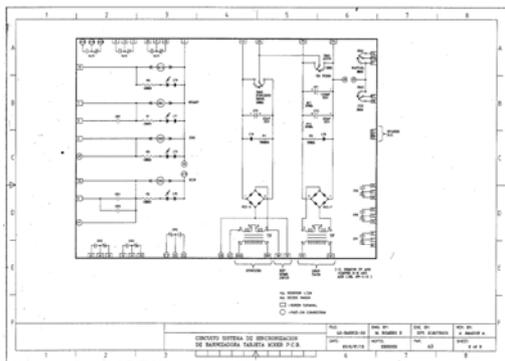


Figura 15. Tarjeta Mezcladora Dynamatic

La segunda tarjeta es la del control de velocidad Dynamatic 4000 que maneja la alimentación al motor con el embrague de corrientes de Eddy, figura 16. Esto es, controla el voltaje aplicado al embrague y al freno del motor.

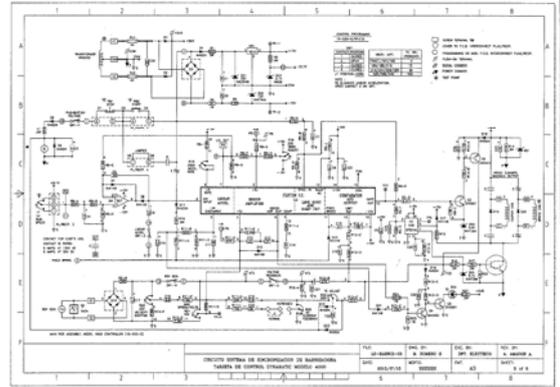


Figura 16. Tarjeta de Control de Velocidad Dynamatic modelo 4000

La señal de salida de la tarjeta mezcladora es la que ingresa como señal de referencia a la tarjeta de control de velocidad. De esta manera el voltaje del embrague depende de la señal análoga desde la tarjeta Mixer PCB que mezcla la posición angular y velocidad del horno como referencia del sistema y la velocidad del motor de la barnizadora que es proporcional a ese voltaje.

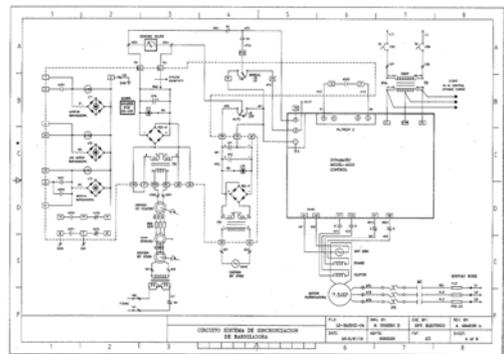


Figura 17. Circuito de sincronización

Por lo que podemos afirmar que la barnizadora está sincronizada con el horno y las láminas ingresan entre cada una de las parrillas.

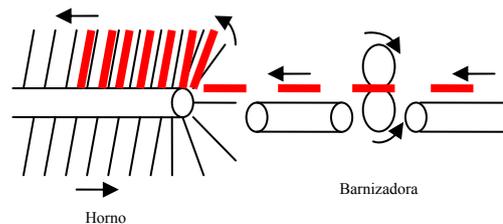


Figura 18. Esquema sincronizado Horno-Barnizadora

4. Conclusiones

Con la implementación de cada uno de los elementos descritos en el presente reporte se obtiene una efectiva y precisa sincronización en el ingreso de las láminas al horno, logrando conservar la integridad y calidad de las láminas.

Se establece que para lograr la sincronización es suficiente y necesario la intervención de cada uno de los elementos utilizados como son los sincronizadores, el tacogenerador, la tarjeta mezcladora y para el control automático de lazo cerrado, motores, así como un control eléctrico apropiado con sus dispositivos, pulsadores, relés, luces pilotos, etc.

Si bien el sistema de control implementado es usando electrónica elemental, éste es muy confiable y sigue siendo actual. Sin embargo, el mercado evoluciona y existen dispositivos más modernos como PLC's, encoders, resolvers, servomotores que pueden ir desplazando a los anteriores por su versatilidad y precisión.

Cabe destacar al motor AC Dynamic con embrague de corrientes de Eddy como un elemento apropiado para esta y muchas aplicaciones. Tiene pocas piezas sujetas a desgaste (anillo deslizante, escobillas y rodamientos), el motor siempre trabaja a su velocidad nominal. No tiene continuos arranques, alargando así la vida de sus componentes y a los elementos de control.

5. Referencias

- [1] Dynamic 4000 and 4050 Controls www.dynamatic.com/products/controls/dynamatic-4000-4050-controls.html.
- [2] Eaton Corp. , Dynamic Type 4 Controllers (SCR)
- [3] Eaton Corp., Instruction Manual Dynamic AC Line Adjust-Speed Drive, Models AC-181-256, IM-130001-7903.
- [4] Variador de velocidad por Corrientes de Eddy, https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad#Variadores_por_corrientes_de_Eddy
- [5] Eddy Current Electromagnetic Technology, www.dynamatic.com/resources/dynamatic-electromagnetic-drive-video.html
- [6] Synchro, <https://en.wikipedia.org/wiki/Synchro>
- [7] Synchro/Resolver Conversion Handbook, DDC, Data Device Corporation, fourth edition, Electronic version. <http://www.ddc-web.com/documents/synhdbk.pdf>