

## Control N° 1 EL42D: Control de Sistemas.

Prof. Doris Sáez, Prof. Auxiliares David Clavijo & Diego Muñoz

Fecha: 12/09/07

### Problema 1

#### a) Introducción

Para fabricación de tubos de acero que se realiza por deformación plástica, hay que ablandar el acero llevándolo a temperaturas cercanas a los 1300°C, operación que se realiza en hornos que tienen el aspecto de una calesita, con una puerta de entrada y otra, cercana, de salida como se presenta en la Figura 1.

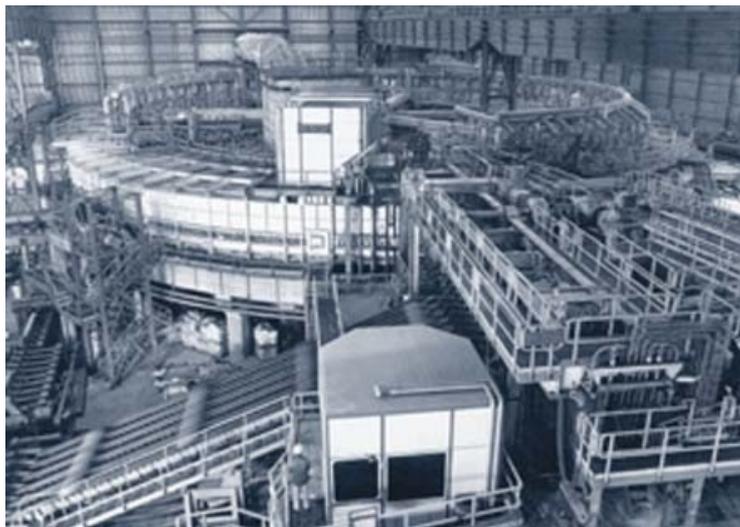


Figura 1. Horno giratorio del Laminador Continuo 2 de Siderca.

Al ingresar al horno la barra de acero se ubica en dirección radial sobre un piso giratorio de material refractario -denominado solera-, y comienza su recorrido a lo largo de un túnel circular, durante el cual es sometido a la radiación que se origina en las llamas de los quemadores a gas, agrupados en varias zonas de control. En cada una de estas zonas hay instaladas termocuplas, las cuales permiten medir la temperatura a la que se encuentra la zona. Esta temperatura se compara con una preestablecida. Un sistema de control regula los caudales de combustible que llegan a los quemadores de esa zona -aumentándolos o disminuyéndolos -, de manera tal que la temperatura medida se mantenga lo más cercana posible a la impostada.

De esta manera, es importante comprender la instrumentación del sistema para posteriormente diseñar una estrategia de control apropiada.

#### IV. Situación para resolver:

En la Figura 2 se presenta el horno con su instrumentación asociada para horno para calentar el aire que se requiere para la producción de tubos de acero.

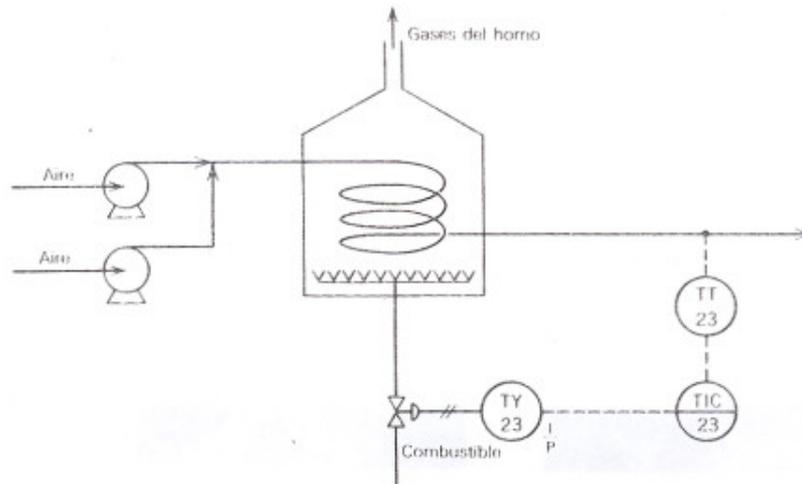


Figura 6-32. Horno para el problema 6-17.

Figura 2. Diagrama P&ID para horno

#### b) Situación a resolver

La dinámica del proceso en un punto de operación, en segundos, está dada por:

$$G(s) = \frac{0.5e^{-3s}}{10s+1}$$

Para este sistema, se desea diseñar una estrategia de control, para ello se requiere:

- 1.1 Describa un diagrama de bloques completo del circuito de control e identifique todos los elementos de la instrumentación asociada al proceso. (1.0 punto)

- 1.2 Justifique el diseño de control en lazo cerrado propuesto en 1.1. ¿Por qué no un esquema en lazo abierto?. (1.0 punto)
- 1.3 Calcule los parámetros del controlador PID utilizando el método de Ziegler Nichols que corresponda. (1.0 punto.)
- 1.4 Dada la aprox. de pade para el retardo de la misma planta, se tiene la siguiente función de transferencia:

$$G(s) = \frac{0.5(1-1.5s)}{(10s+1)(1+1.5s)}$$

Plantea las ecuaciones para calcular los parámetros de un PID convencional tal que el sobrenivel sea 10% y  $t_s = 10$  seg. (1.5 pto.)

- 1.5 Alternativamente, se ha propuesto una estrategia de control difuso, para la cual se solicita plantear el diagrama de bloques de un sistema de control PID difuso incluyendo sus componentes principales. (1.0 pto.)
- 1.6 ¿Cuál es la diferencia fundamental entre un controlador PID convencional y un controlador PID difuso?. ¿Cuándo es recomendable la utilización de un esquema difuso?. 0.5 pto.



## Problema 2

### a) Introducción

Los motores síncrono son usados como servo-controladores en aplicaciones como equipos periféricos de computadoras, robóticos y como controladores de velocidad ajustables en una variedad de aplicaciones como: bombas de carga proporcional, grandes abanicos y compresores.

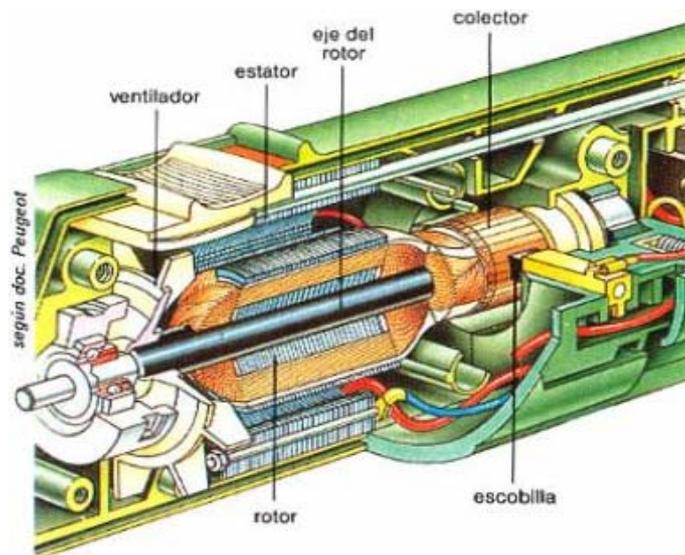


Figura 1. Imagen de un motor síncrono.

Se puede optimizar velocidad para motores síncrono mediante control de frecuencia y voltaje, así como por recuperación de la potencia del rotor a la frecuencia de deslizamiento mediante dispositivos especiales.

## II. Situación a resolver

Se desea diseñar una estrategia de control digital para poder controlar la velocidad en un motor síncrono. El diagrama de bloques del sistema en lazo cerrado es el siguiente:

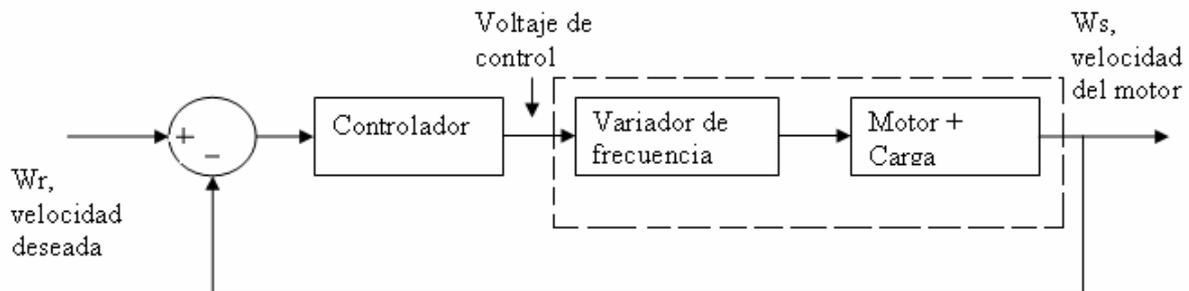


Figura 2. Diagrama de Bloques del sistema.

Se ha obtenido a partir de la linealización de un modelo fenomenológico, la siguiente la función de transferencia asociada al lazo abierto:

$$G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+5)}$$

La función de transferencia con retenedor de orden cero y tiempo de muestreo 0.2 seg. es:

$$G(z) = \frac{0.1371z + 0.0921}{z^2 - 1.187z + 0.3012}$$

Para el desarrollo del diseño de la estrategia de control digital para la velocidad y que cumpla con un sobrenivel del 16% y un tiempo de estabilización de 1.6 segundos, se solicita:

- 2.1 Describa un diagrama de bloque del sistema de control digital. Especifique las variables y elementos principales para este problema en particular. (0.5 puntos.)
- 2.2 Calcule los parámetros de un controlador proporcional-integral (P-I) digital, que cumpla con los requerimientos. (2.5 puntos.)



Ingeniería Eléctrica  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- 2.3 Calcule el error permanente del sistema realimentado frente a un escalón unitario. (0.5 puntos.)
- 2.4 ¿Qué importancia tiene el ZOH en un esquema de control digital?. Describa 1 retenedor de mayor orden. (0.5 puntos)
- 2.5 Describir las ventajas y desventajas de controlador PI diseñado. ¿Qué pasa al añadir acción derivativa? (1.0 punto)
- 2.6 Comente que pasa con la variable manipulada al aplicar un cambio en escalón en la referencia. ¿Cómo lo solucionaría?. (0.5 puntos).
- 2.7 Comente como implementaría este algoritmo de control en el motor sincrónico (0.5 puntos).

## FORMULAS

$$\text{MOV} = e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}, t_s = \begin{cases} \frac{3.2}{\xi\omega_n} & 0 < \xi < 0.69 \\ \frac{4.5\xi}{\omega_n} & \xi \geq 0.69 \end{cases}$$

$$|z| = e^{-T\xi\omega_n}, \angle z = T\omega_n \sqrt{1-\xi^2} \text{ (rad)}$$

| Tipo de controlador | $K_p$     | $T_i$     | $T_d$   | Tipo de controlador | $K_p$            | $T_i$           | $T_d$  |
|---------------------|-----------|-----------|---------|---------------------|------------------|-----------------|--------|
| P                   | $0.50K_c$ | $\infty$  | 0       | P                   | $\frac{T}{L}$    | $\infty$        | 0      |
| PI                  | $0.45K_c$ | $P_c/1.2$ | 0       | PI                  | $0.9\frac{T}{L}$ | $\frac{L}{0.3}$ | 0      |
| PID                 | $0.60K_c$ | $0.5P_c$  | $P_c/8$ | PID                 | $1.2\frac{T}{L}$ | $2L$            | $0.5L$ |