

Control N°1 EL42D Control de Sistemas

Fecha: 26/4/06

Problema 1:

I. Introducción

Los motores de corriente continua son usualmente usados en tracción, por la fácil implementación de su control de velocidad. Existen muchas aplicaciones de uso de los motores CC, pero sin lugar a dudas en Chile el caso emblemático de su uso (debido a su bajo torque de partida) es el realizado por el Metro el cual acopla varios motores de tal forma de poder controlar la velocidad.



Figura 1: Metro de Santiago

II. Situación a Resolver:

El modelo conocido del motor CC se muestra en la figura 2.

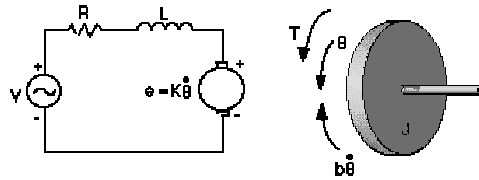


Figura 2: Modelo del Motor CC.

La función de transferencia que relaciona la velocidad angular con el voltaje es:

$$\frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{2}{s^2 + 12s + 20}$$

Para el motor de C.C. se desea diseñar una estrategia de control **digital** con un tiempo de muestreo de 1 seg. y que cumpla con un sobrenivel del 2% para la velocidad angular y un tiempo de estabilización de 2 segundos.

Para esto, se pide:

- 1.1 Describa un diagrama de bloque del sistema de control **digital**, donde se considera que el sensor es ideal. Especifique las variables y elementos principales para este problema en particular. (1.0 puntos.)
- 1.2 Establezca las ecuaciones explícitas para el cálculo de los parámetros de un controlador proporcional integral (P-I) que cumpla los requerimientos. (2.0 puntos.)
- 1.3 Calcule el error permanente del sistema realimentado frente a un escalón unitario. (0.5 puntos.)
- 1.4 Describir las ventajas y desventajas de controlador PI diseñado. ¿Qué pasa al añadir acción derivativa? (1.5 puntos.)
- 1.5 Si la velocidad angular está acotada entre un 0 y 5 rad/seg, ¿En qué afecta esta situación al funcionamiento del sistema realimentado? ¿Cómo lo solucionaría?. (1.0 puntos.)

Problema 2

I. Introducción

La fermentación es un proceso mediante el cual ocurren reacciones químicas debido a la presencia de microorganismos o enzimas de estas. En los procesos industriales, las fermentaciones se llevan a cabo en un reactor que se conoce como fermentador. De la forma más general, podemos decir que un fermentador es aquel lugar donde ocurre la fermentación. Esta definición provee para considerar un fermentador tanto aquel que está equipado con modernos sistemas computadorizados de control (tales como la presión, el pH y la temperatura).

Los fermentadores pueden utilizarse en uno de tres modos comunes de operación. El más común es el fermentador batch, en el cual una cantidad fija de materia prima se prepara y se introduce en el fermentador. El fermentador se inocula con el microorganismo seleccionado y el proceso de fermentación ocurre durante un período de tiempo específico. Luego de terminada la fermentación, el producto fermentado se extrae del mismo finalizando el proceso.



Figura 1. Fermentador para la producción de Yogurt.

II. Situación a resolver

En un fermentador batch mostrado en la figura 2, la presión en el estanque de fermentación (y) puede ser controlada a través del cambio de flujo de aire de salida (u) manteniendo constante el flujo de aire de entrada.

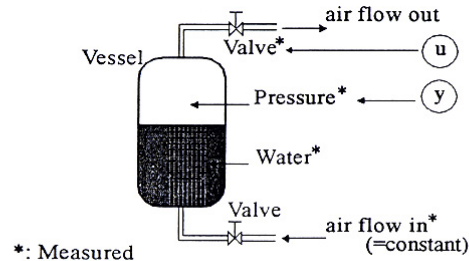


Figura 2. Esquema del fermentador.

La presión varía entre 0 y 100 psi y el flujo de aire de salida entre 0 y 100%. Dado que el sistema presenta un comportamiento no lineal, se propone diseñar un controlador experto difuso. Para esto se pide:

- 2.1 Describa un diagrama de bloques del sistema realimentado, incluyendo sus componentes principales. (1.0 punto.)
- 2.2 Especifique sus conjuntos difusos para las variables correspondientes. (1.0 punto.)
- 2.3 Establezca la base de reglas correspondiente. (1.0 punto.)
- 2.4 Explique un método de inferencia difusa a través de un ejemplo para el cálculo de la variable manipulada. (1.0 punto.)
- 2.5 ¿Qué significado tienen los grados de activación de las reglas?. ¿Cómo se calculan, en general?. ¿Cuáles son sus valores para el ejemplo de 3.4?. (1.0 punto.)
- 2.6 Proponga un controlador difuso alternativo a este controlador experto difuso. Establezca las ventajas y desventajas de controlador diseñado con respecto a un controlador PI difuso y con respecto a un controlador PI π alefactores. (1.0 punto.)

Problema 3

I. Introducción

En la figura, se presentan un estanque de agua experimental con calefactores y un mezclador situado en el Laboratorio de Electrotecnologías, Universidad de Chile. Este estanque permanece sometido a un recirculación de agua permanente.



Figura 1. Estanque de temperatura.

Los calefactores entregan una potencia máxima del orden de 2000 W cada uno. Por simplicidad se supondrá que los tres calefactores son iguales.

II. Situación a resolver

El objetivo de control es llevar la temperatura del agua en el estanque a una referencia dada, mediante la potencia de los calefactores.

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

$$G(s) = \frac{0.006e^{-2s}}{60s + 1}$$

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

- 3.1 Describa un diagrama de bloques completo del circuito de control digital. Especifique las variables y elementos principales para este problema en particular. (1.0 punto.)
- 3.2 Calcule los parámetros del controlador PI utilizando el método de Ziegler Nichols que corresponde. (1.0 punto.)
- 3.3 Calcule los parámetros del controlador PI que logre alcanzar una referencia deseado en al menos 1500 segundos y la temperatura no presente una sobreoscilación mayor que el 25%. Asuma aprox. de Padé para el retardo (2.0 puntos.)
- 3.4 Establezca las ventajas y desventajas de los controladores diseñados en 3.2 y 3.3. (1.0 punto.)
- 3.5 Plantee un método alternativo para sintonizar un controlador PI (1.0 punto.)

FORMULAS

$$e^{-sL} \approx \frac{1 - \frac{sL}{2}}{1 + \frac{sL}{2}}$$

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

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

Z-N limite de Estabilidad

Z-N curva de Reacción

Tipo	K_p	T_i	T_d	Tipo	K_p	T_i	T_d
P	$0.50K_c$	∞	0	P	$\frac{T}{L}$	∞	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	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Entry #	Laplace Domain	Time domain	Z Domain (t=nT)
1	1	$\delta(t)$ unit impulse	1
2	$\frac{1}{s}$	$u(t)$ unit step	$\frac{z}{z-1}$
3	$\frac{1}{s^2}$	t	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
4	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$
5	$\frac{1}{(s+a)^2}$	te^{-at}	$\frac{Tze^{-aT}}{(z-e^{-aT})^2}$