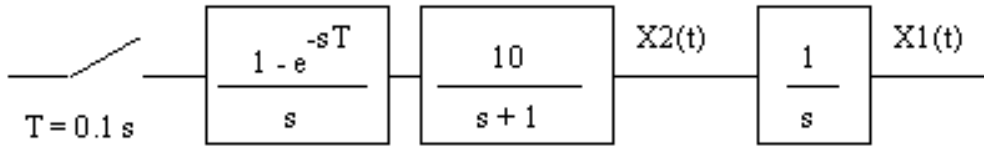


# TEORÍA DE CONTROL

## ESTIMADORES DE ESTADO



8-1) En la figura se muestra el sistema de control discreto del ejercicio 7-1) donde  $x_1(t)$  y  $x_2(t)$  representan sus variables de estado.

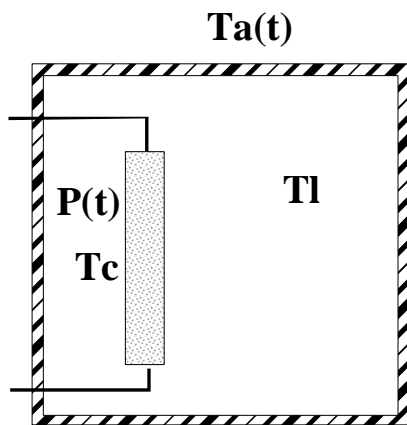


El controlador correspondiente se realiza utilizando un estimador de orden completo. Escogiendo las raíces de la ecuación característica del estimador como reales e iguales, y con una constante de tiempo de 0.25 seg. .

Diseñar un estimador con  $y(k)=x_1(k)$ .

8-2) La figura representa un sistema de calefacción de líquidos, del cual se ha hallado el modelo de estado discreto que se ve a continuación.

$$\begin{bmatrix} T_c(k+1) \\ T_l(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0 \\ 0.26782 & 0.8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_c(k) \\ T_l(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.3 & 0 \\ 0.04836 & 0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_t(k) \\ T_a(k) \end{bmatrix}; \quad y = T_l(k)$$



La variable de salida es la temperatura del líquido  $T_l$ .

A dicho sistema se lo desea controlar en forma digital mediante realimentación de estados de forma de modificar su respuesta temporal para lo cual se necesita conocer el valor de la temperatura del calefactor, al que no se tiene acceso en forma directa.

A raíz de este inconveniente es necesario la utilización de un estimador de estados a fin de conocer esta temperatura.

Halle la ecuación del estimador de estados discreto que permita conocer la temperatura del calefactor y cuyos autovalores tengan una constante de tiempo igual a la mitad de la de la planta.

El período de muestreo del procesador digital es  $T_s = 0.1116$  seg.

8-3) Para el sistema correspondiente al ejercicio 1-1) (laminadora) se desea diseñar un estimador de estados considerando la planta a lazo abierto.

La entrada de la nueva planta será la tensión de alimentación del motor y su salida la tensión proporcional al desplazamiento del resorte.

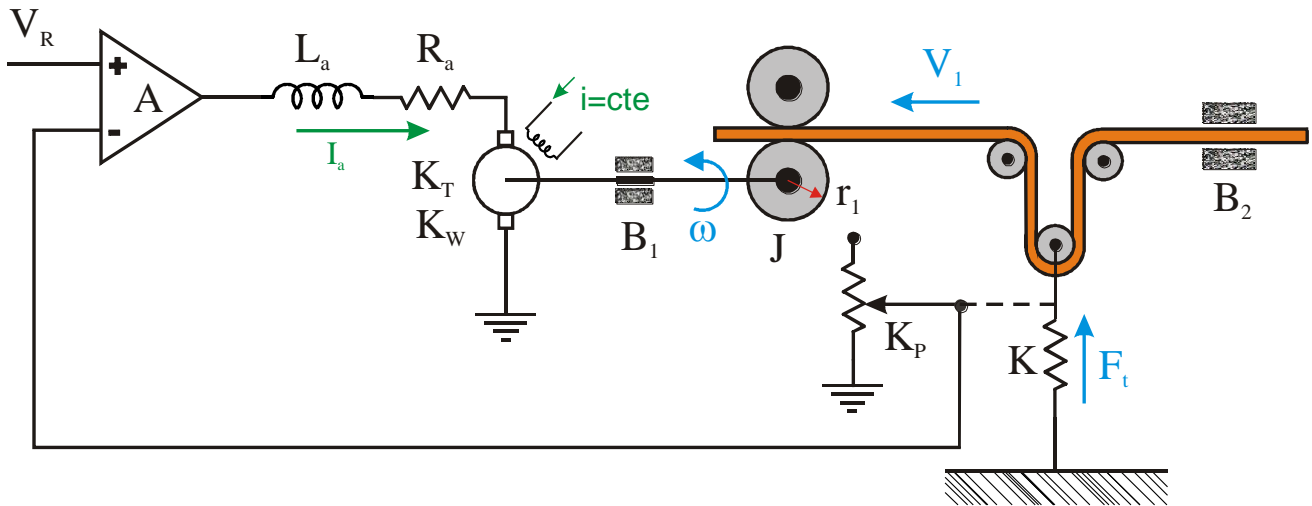
Considere para el diseño del estimador que el error en las variables estimadas debe hacerse cero en el menor tiempo posible.

Datos:

$R_a = 2,4$  ;  $L_a = 0,04$  Hy ;  $K_t = 0,86$  N.m/A;  $K_w = 1,07$  V.s/rad;  $B_2 = 2$  N.s/m;  $B_1 = 0,04$  N.m.s;

$J = 0,025$  N.m.s<sup>2</sup>;  $K = 500$  N/m;  $K_p = 1$ ;  $r_1 = 0,1$  m;  $r_2 = 0,1$  m

La frecuencia de muestreo elegida para el sistema discreto es de 100 Hz.



8-4) El estimador diseñado en el ejercicio anterior se utilizará en un controlador por realimentación de estados de modo que la respuesta temporal de la fuerza sobre la lámina tenga un tiempo de establecimiento de 2 seg. y no posea sobrepico en su respuesta a una entrada en escalón .

Analice el funcionamiento del controlador realimentado desde las variables estimadas suponiendo un error inicial.

8-5) La mayoría de los procesos térmicos pueden ser bien representados a través de una transferencia compuesta por un polo simple y un retardo puro.

$$G(s) = \frac{e^{-s.T}}{s + p}$$

Para el sistema que se desea controlar se encontraron los siguientes parámetros:

$$T = 0.446 \text{ seg. } p = 1 \text{ rad/seg.}$$

- Hallar un modelo de estado discreto que lo represente cuando la frecuencia de muestreo es de  $f_s = 4.4643 \text{ Hz.}$  y con la entrada del mismo proveniente de un convertor D/A con retención.
- Se desea, de ser posible, encontrar un estimador completo de las variables de este sistema, y que posea todos sus autovalores iguales a  $z = 0.1.$   
Hallar el modelo del estimador sobre la base del modelo hallado en a).

8-6) La planta de un determinado sistema se encuentra representada por el siguiente modelo de estado:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & -0,5 & 2,9 \\ 0 & -1 & 0,9 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(k) ; \quad y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(k)$$

Diseñe un estimador de estados que permita generar un vector de variables factibles de ser realimentadas.

Justifique la elección del método utilizado.

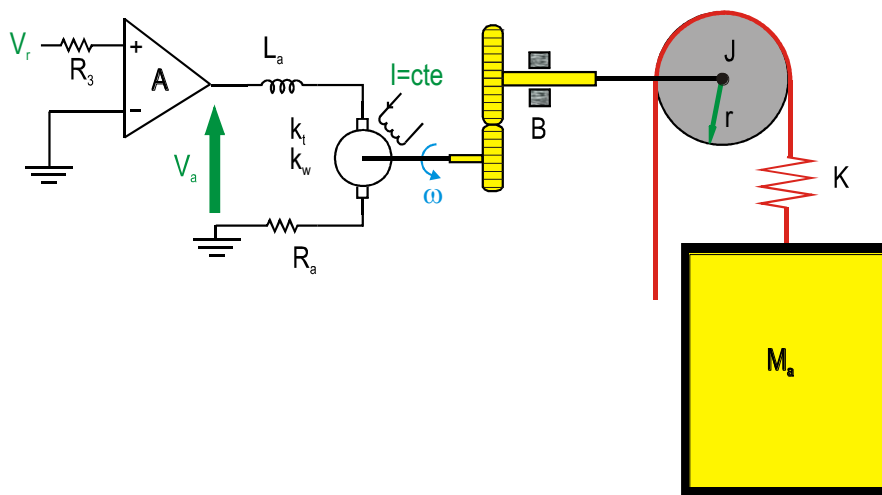
Explique en forma sintética los pasos a seguir en la resolución del problema.

Justifique la elección de los autovalores para el estimador.

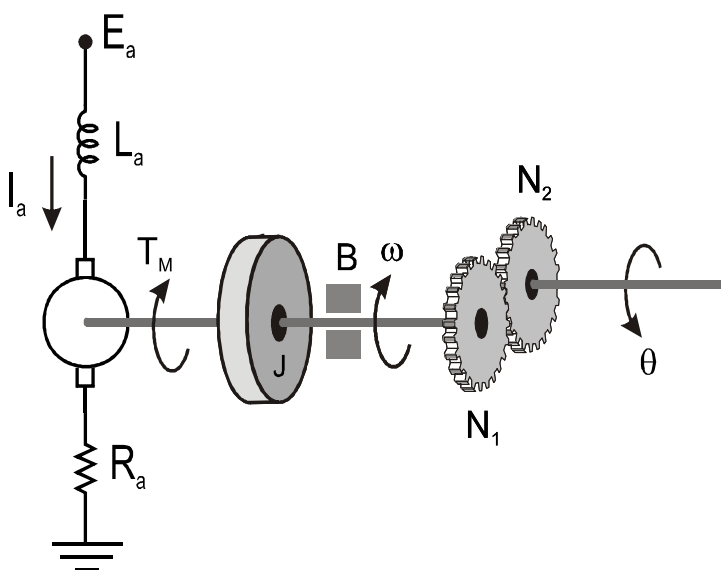
8-7) Suponga ahora que en el sistema del ejercicio 7-4) (ascensor) se pueden medir solamente las variables de estado asociadas al motor, es decir, la corriente y la velocidad del eje.

Diseñe un estimador que tenga como salida a las variables de estado restantes del sistema a fin de poder realizar la realimentación de estados diseñada.

Escriba un modelo de estado en donde pueda analizarse el comportamiento del sistema a lazo cerrado y en el cual queden explicitadas las variables de la planta y las del estimador.



8-8) La figura muestra un sistema compuesto por un motor de corriente continua y un sistema de reducción al cual se lo va a utilizar para realizar un control de posición.



Datos:

$R_a = 2 \Omega$  ;  $L_a = 0.02 \text{ Hy}$  ;  $J = 0.05 \text{ N m s}^2$  ;  $B = 0.02 \text{ N m s}$  ;  
 $K_t = 0.68 \text{ N m / A}$  ;  $K_w = 0.678 \text{ V s / rad}$  ;  
 $N = N_1 / N_2 = 0.1$  .

- Plantear un modelo de estado que represente al sistema.
- Al sistema se lo va a controlar mediante un procesador digital cuya frecuencia de muestreo es de 3 mseg. Halle el modelo de estado discreto que conserve las variables del sistema continuo.
- Diseñar un controlador por realimentación de estados que produzca que la posición de salida responda con un sobrepico del 1 % y un tiempo de establecimiento de 0.5 seg.  
 La ganancia del sistema debe ser tal que una señal de entrada de 1 volt provoque una rotación de la salida de  $360^\circ$ .

Cuando actúa sobre la salida del sistema una perturbación en forma de cupla, esta afecta al sistema provocando un error en la posición final de la misma.

d) Describa un método que permita solucionar este inconveniente.

e) Analice una posible utilización de un estimador de estados para implementar esta solución.

8-9) En la figura se muestra un circuito electrónico con amplificadores operacionales. Se desea, a partir de la medición de  $V_0$  y de  $V_i$ , diseñar un estimador de estado discreto para evaluar el comportamiento de las variables del circuito.

Encuentre el modelo del estimador para una frecuencia de muestreo  $F_s = 1 \text{ KHz}$ .

Datos:

$R_1 = 1\text{K}\Omega$ ;  $R_2 = 10\text{K}\Omega$ ;  $R_3 = 820\Omega$ ;  $R_4 = 1\text{K}\Omega$ ;  $R_5 = 1\text{K}\Omega$ ;  $R_6 = 1\text{K}\Omega$ ;  $R_7 = 1\text{K}\Omega$ ;  
 $C_1 = 0.1\mu\text{F}$ ;  $C_2 = 1\mu\text{F}$ ;  $C_3 = 1\mu\text{F}$ ;  $C_4 = 1\mu\text{F}$ ;

