Instrumentación y Control

Ejercicios Agosto – Diciembre 2026

Unidad 1 – Elementos primarios y finales de control

EJERCICIO 1

Se desea instalar una válvula de control automático (de porcentajes iguales) para regular el flujo de agua caliente en un proceso. El agua se suministra a 80 °C y 5 bar, y fluye a través de una tubería de 10 plg de diámetro nominal. Determinar el tamaño más adecuado de la válvula, considerando que la caída de presión disponible a través de la válvula sería 1.85 bar y el flujo volumétrico necesario es 330 m³/h. La presión crítica del agua es 220.6 bar y su presión de vapor a 80 °C es 0.47 bar. Se puede asumir que la densidad relativa del agua es 1.

RESPUESTA: El tamaño más adecuado de la válvula es 6 plg

EJERCICIO 2

Seleccionar una válvula de globo de porcentajes iguales para regular el flujo de amoniaco líquido, que se suministra a 300 K y 1.5 MPa (ρ_{rel} = 0.59) a través de una tubería de 4 plg. El flujo volumétrico deseado es 74 m³/h. La presión en la tubería después de la válvula es 0.8 MPa. La presión crítica del amoniaco es 11.3 MPa, y a 300 K su presión de vapor es 1.06 MPa (todas las presiones son absolutas).

RESPUESTA: Se requiere una válvula de 2 plg

EJERCICIO 3

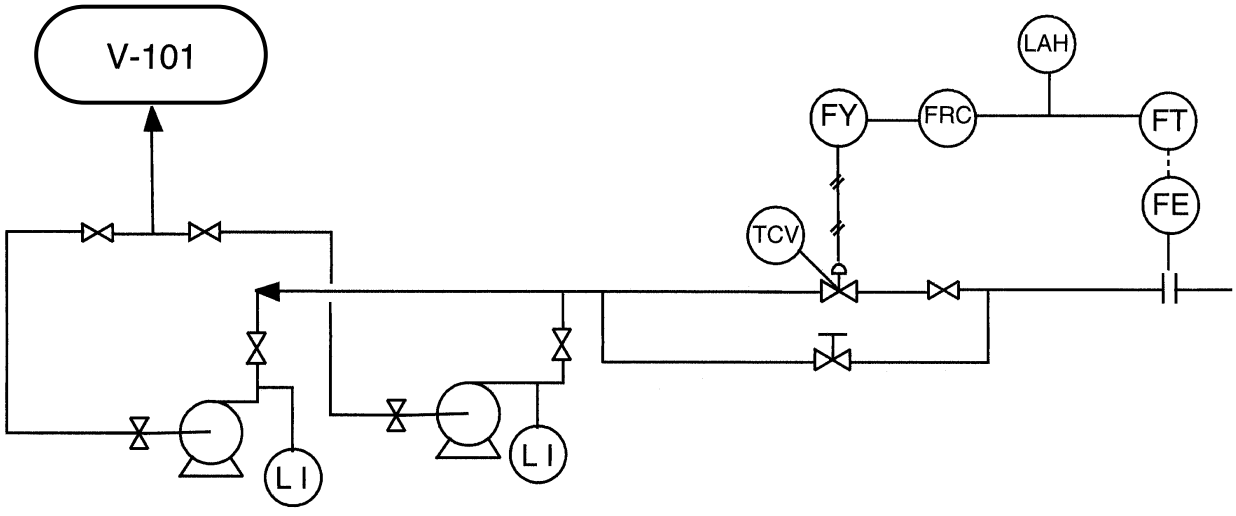
Se va a instalar una válvula de globo para regular el flujo de diésel que se alimenta a una caldera de vapor. El flujo volumétrico requerido es 7 gpm, suministrado a 25 °C y 30 psi a través de una tubería de 2 plg de diámetro nominal. La tubería que va de la válvula a la caldera será de 1 plg de diámetro nominal. La caída de presión esperada a través de la válvula es 2.1 psi. La densidad relativa del diésel es 0.85. Asumir P_{vap} = 0.01 psia y P_c = 203 psia. Determinar el tamaño más adecuado de la válvula.

RESPUESTA: Se requiere una válvula de globo de porcentaje igual de ¾ plg

EJERCICIO 4

Adaptado de Turton (2003)

La figura muestra un fragmento de un diagrama de tuberías e instrumentos (P&ID) que contiene varios errores. Identificar el mayor número posible de errores, señalándolos con números en la figura, explicar en qué consiste cada error y dibujar una versión corregida del diagrama.



EJERCICIO 5

Dibujar, tan completo como sea posible, el diagrama de tuberías e instrumentación correspondiente a esta descripción:

> La válvula de control de la alimentación al tanque V-233 está accionada neumáticamente por un controlador de nivel que recibe una señal electrónica de un sensor indicador de nivel directamente unido al tanque V-233. Dicho controlador, así como las correspondientes alarmas de nivel alto y bajo, se encuentran instaladas en un panel en el cuarto de control.
>
> La bomba centrífuga P-247 es alimentada desde el tanque V-233. El flujo que sale de la bomba se mide con un sensor registrador y se regula mediante una válvula de control electrónica en la tubería de descarga de la bomba. El controlador y una alarma de flujo bajo se encuentran ubicados en el panel del cuarto de control.
>
> Todas las tuberías son de acero inoxidable 2.5" cédula 40 y hay instaladas válvulas de control manual en paralelo a las válvulas de control automático.

EJERCICIO 6

Encontrar la transformada de Laplace o la transformada inversa de Laplace, según corresponda.

RESPUESTAS:

(a) $\mathcal{L}\left\{3t^2 + 2te^t + 5\right\}$ — $\dfrac{6}{s^3} + \dfrac{2}{(s-1)^2} + \dfrac{5}{s}$

(b) $\mathcal{L}\left\{e^{-3t}\cos 2t\right\}$ — $\dfrac{s+3}{(s+3)^2 + 4}$

(c) $\mathcal{L}^{-1}\left\{\dfrac{2}{s^5} - \dfrac{1}{s^2+4}\right\}$ — $\frac{1}{12}t^4 - \frac{1}{2}\operatorname{sen} 2t$

(d) $\mathcal{L}^{-1}\left\{\dfrac{4s-21}{s^2+9}\right\}$ — $4\cos 3t - 7\operatorname{sen} 3t$

EJERCICIO 7

Usando el método de la transformada de Laplace, resolver la ecuación diferencial:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 4\frac{dy}{dt} + 5y = 8\cos t \quad \text{sujeta a} \quad y(0) = 5\,, \quad y'(0) = -7$$

RESPUESTA: $y(t) = \operatorname{sen} t + \left(4e^{-2t} + 1\right)\cos t$

Unidad 2 – Sistemas dinámicos de primer orden

EJERCICIO 8

Considerar un calentador de paso para agua, por el que pasa un flujo volumétrico constante F y tiene un volumen de retención de agua V. El calor se suministra a través de una resistencia eléctrica R por la que circula una corriente eléctrica I (ambas se pueden asumir constantes). Las propiedades del agua (densidad ρ y capacidad calorífica c_P) también se consideran constantes. (**A**) Realizar un balance de energía para obtener la ecuación diferencial de la temperatura de salida T del agua en función de la temperatura de entrada T_0. (**B**) Convertir la ecuación diferencial del inciso (A) a variables de desviación, con $y = T - T_s$ y $u = T_0 - T_{0s}$, donde el subíndice "s" indica estado estable.

NOTA: La potencia eléctrica (en watts) se puede expresar de diversas maneras, $P = VI$, $P = I^2R$ o $P = V^2/R$.

RESPUESTA: (A) $\dfrac{dT}{dt} = \dfrac{F}{V}(T_0 - T) + \dfrac{I^2R}{\rho V c_P}$ (B) $\dfrac{dy}{dt} = \dfrac{F}{V}(u - y)$

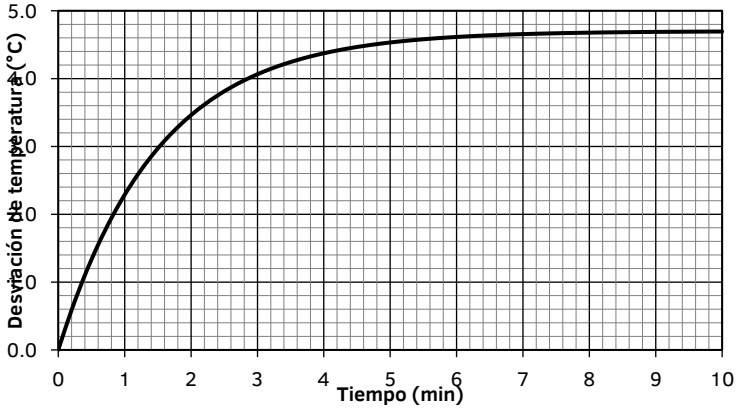
EJERCICIO 9

Para la ecuación diferencial en variables de desviación obtenida en el ejercicio anterior, determinar los parámetros de la función de transferencia de primer orden y obtener dicha función de transferencia.

RESPUESTA: $\tau = \frac{V}{F}$, $K = 1$, $G(s) = \dfrac{1}{\left(\frac{V}{F}\right)s + 1}$

EJERCICIO 10

La gráfica muestra la respuesta de la temperatura de un horno (graficado como variable de desviación $y = T - T_s$) cuando se aplica un cambio en escalón de 250 watts en la potencia eléctrica de calentamiento. (**A**) Determinar la función de transferencia de primer orden de este sistema (en la gráfica, señalar los valores usados para determinarla). (**B**) Si la potencia se hubiera aumentado sólo 200 watts, ¿cuál hubiera sido el aumento de la temperatura?

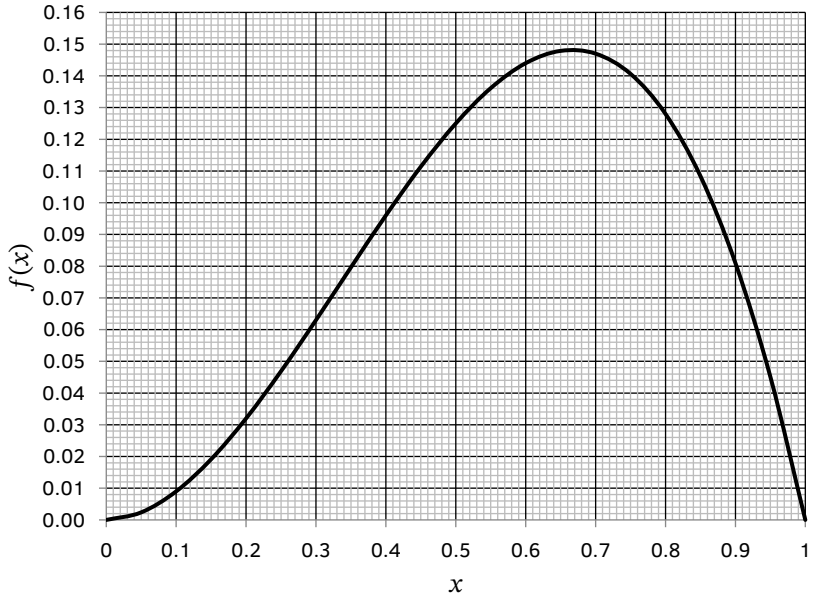


RESPUESTA: (A) $G(s) = \dfrac{0.0188}{1.4s + 1}$, (B) 3.76 °C

EJERCICIO 11

La figura muestra la gráfica de $f(x) = x^2 - x^3$. (**A**) Linealizar esta función. (**B**) Utilizar la función linealizada para obtener la ecuación de la recta y trazarla en la gráfica, para los casos x_0 = 0.2 y x_0 = 0.8.

SUGERENCIA: Calcular los puntos correspondientes a $x_0 - 0.1$ y $x_0 + 0.1$ y usarlos para trazar la recta.



RESPUESTA: (A) $f(x) \approx \left(2x_0{}^3 - x_0{}^2\right) + \left(2x_0 - 3x_0{}^2\right)x$

EJERCICIO 12

La cinética de una reacción enzimática puede representarse por la ecuación de Michaelis-Menten:

$$-r_A = \frac{kC_A}{M + C_A}$$

en la que C_A es la concentración del sustrato, y k y M son constantes empíricas. Obtener una aproximación linealizada para esta ecuación de velocidad alrededor de una concentración de estado estable $C_{A,s}$.

RESPUESTA: $-r_A \approx \frac{kC_{A,s}^{\ 2}}{\left(M + C_{A,s}\right)^2} + \frac{kM}{\left(M + C_{A,s}\right)^2} C_A$

EJERCICIO 13

Considérese un tanque cilíndrico vertical, de 11.28 m² de sección transversal, al cual entra una corriente de agua con flujo volumétrico F_1 (m³/min). La tubería de salida en el fondo del tanque tiene una válvula para la cual el flujo depende de la raíz cuadrada del nivel, $F_2 = ah^{0.5}$ (donde a = 0.96 $m^{2.5}$/min, con h en metros y F_2 en m^3/min). El tanque se encuentra en estado estable, con un nivel inicial de agua de 4 metros.

La ecuación diferencial que describe el comportamiento del nivel de agua en el tanque es $A_T \frac{dh}{dt} = F_1 - F_2$.

(**A**) Linealizar el flujo de salida F_2 y cambiar la ecuación diferencial linealizada a variables de desviación.

(**B**) Directamente de la ecuación diferencial, obtener los parámetros de la función de transferencia del tanque.

(**C**) Determinar el nivel final de agua en el tanque, en respuesta a un aumento del 10% en el flujo de entrada.

RESPUESTA: (B) τ = 47 min, K = 4.16 min/m², (C) 4.79 m.