ULA. FACULTAD DE INGENIERIA. **Mérida, 13/06/2008**
ESCUELA DE MECANICA.
TEORIA DE CONTROL. Sección 01

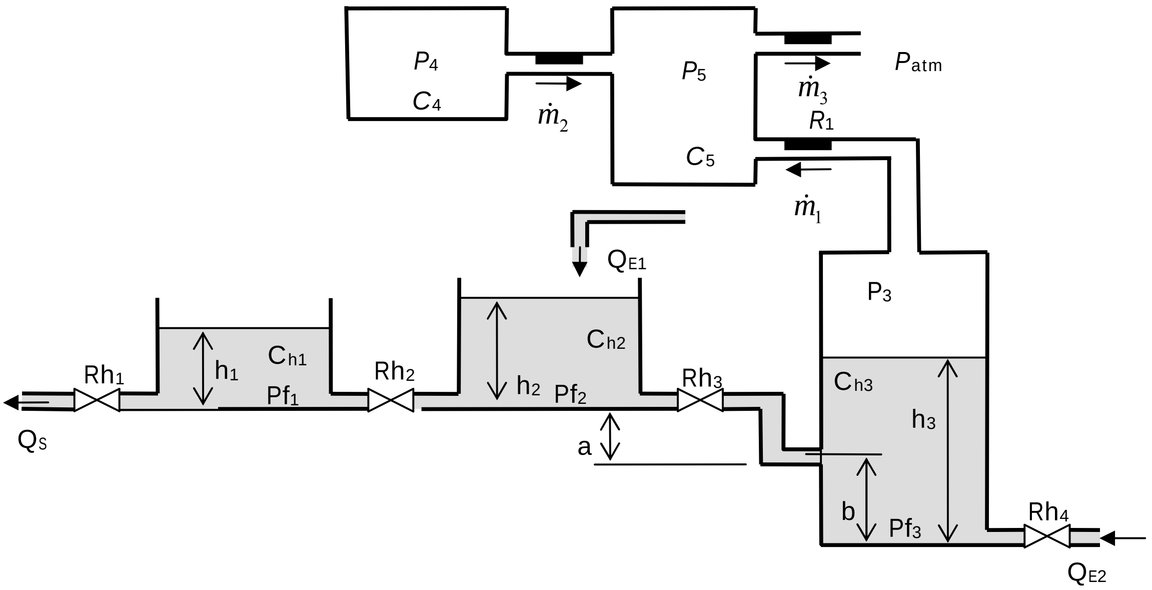
PRIMER PARCIAL

1. Cuando los automóviles no están en movimiento el motor se coloca en ralentí, punto de funcionamiento en el cual se consume la menor cantidad de combustible sin que se apague el vehículo. Los vehículos modernos utilizan un sistema de control para controlar la velocidad del motor en este punto de funcionamiento, teniendo para ello una velocidad de referencia deseada ω_r. Esta velocidad puede variar si existe un cambio de carga, para lo cual un medidor de velocidad envía constantemente la información a un controlador que se encarga de ajustar la entrada de combustible, para que la velocidad vuelva al punto deseado.

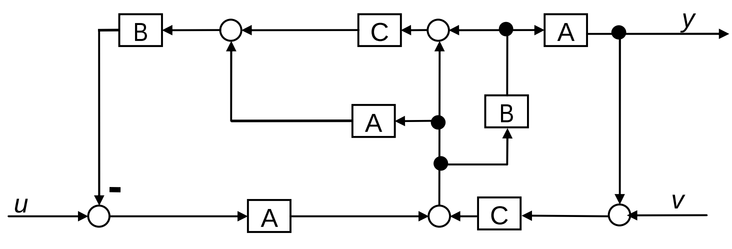
- Explique el funcionamiento que usted cree deben tener este tipo de sistemas, utilice gráficos para ilustrar su explicación.
- Clasifique el sistema de control
- Haga el diagrama de bloque e identifique los elementos del sistema que usted explicó.

(5 puntos)

2. Determine las expresiones necesarias y el planteamiento del camino para obtener la ecuación que relaciona a $\dot{m}_3 = f\left(Q_{E1}, Q_{E2}, Q_S\right)$. **(5 puntos)**



3. Hallar la función de transferencia de lazo abierto del siguiente sistema de control:
(5 puntos)



4. Obtener la función de transferencia y una representación en espacio de estado para la siguiente ecuación diferencial:

$$D^4Q_s - 4D^3Q_s + 6D^2Q_s - 4DQ_s + Q_s = 2Q_e$$

(5 puntos)

ULA. FACULTAD DE INGENIERIA. **Mérida, 13/06/2008**
ESCUELA DE MECANICA.
TEORIA DE CONTROL. Sección 01

PRIMER PARCIAL
SOLUCION

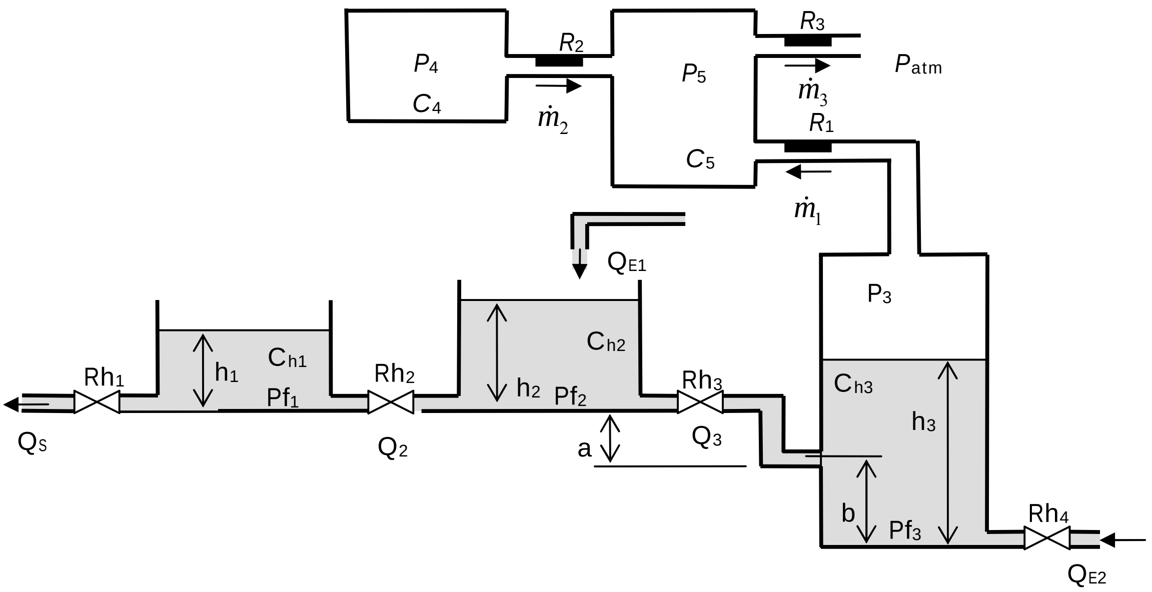
1. Cuando los automóviles no están en movimiento el motor se coloca en ralentí, punto de funcionamiento en el cual se consume la menor cantidad de combustible sin que se apague el vehículo. Los vehículos modernos utilizan un sistema de control para controlar la velocidad del motor en este punto de funcionamiento, teniendo para ello una velocidad de referencia deseada ω_r. Esta velocidad puede variar si existe un cambio de carga, para lo cual un medidor de velocidad envía constantemente la información a un controlador que se encarga de ajustar la entrada de combustible, para que la velocidad vuelva al punto deseado.

- Explique el funcionamiento que usted cree deben tener este tipo de sistemas, utilice gráficos para ilustrar su explicación.
- Clasifique el sistema de control
- Haga el diagrama de bloque e identifique los elementos del sistema que usted explicó.

(5 puntos)

SOLUCION

2. Determine las expresiones necesarias y el planteamiento del camino para obtener la ecuación que relaciona a $\dot{m}_3 = f\left(Q_{E1}, Q_{E2}, Q_S\right)$. **(5 puntos)**



SOLUCION

Sistema Hidráulico

$$Q_2 - Q_S = C_{h1} D P_{f1} \quad (1) \qquad Q_3 + Q_{E1} - Q_2 = C_{h2} D P_{f2} \quad (2) \qquad Q_{E2} - Q_3 = C_{h3} D P_{f3} \quad (3)$$

$$Q_S = \frac{P_{f1}}{R_{h1}} \quad (4) \qquad Q_2 = \frac{P_{f2} - P_{f1}}{R_{h2}} \quad (5) \qquad Q_3 = \frac{P_{f3} - \gamma(a+b) - P_{f2}}{R_{h3}} \quad (6)$$

$$P_{f1} = \gamma h_1 \quad (7) \qquad P_{f2} = \gamma h_2 \quad (8) \qquad P_{f3} = P_3 + \gamma h_3 \quad (9)$$

Sistema Neumático

$$-\dot{m}_2 = C_4 D P_4 \quad (10) \qquad \dot{m}_1 + \dot{m}_2 - \dot{m}_3 = C_5 D P_5 \quad (11)$$

$\dot{m}_1 = \frac{(P_3 - P_5)}{R_1}$ (12) $\dot{m}_2 = \frac{P_4 - P_5}{R_2}$ (13) $\dot{m}_3 = \frac{P_5}{R_3}$ (14)

Ecuación de relación: Ecuación (9)

Ecuaciones (14), variables (11 hidráulico, 6 neumático = 17)

Planteamiento de la solución Hidráulico:

- (5) en (1) $\rightarrow Q_s = f(P_{f1}, P_{f2})$ (15)
- (9) en (6) $\rightarrow Q_3 = f(P_{f2}, P_3, h_3)$ (16)
- (9) en (3) $\rightarrow Q_{E2} = f(Q_3, P_3, h_3)$ (17)
- (5) y (16) en (2) $\rightarrow Q_{E1} = f(P_{f1}, P_{f2}, P_3, h_3)$ (18)
- (6) en (17) $\rightarrow Q_{E2} = f(P_3, h_3, P_{f2})$ (19)
- De (19) h_3 en (18) $\rightarrow Q_{E1} = f(Q_{E2}, P_{f1}, P_{f2}, P_3)$ (20)
- De (15) P_{f2} en (20) $\rightarrow Q_{E1} = f(Q_S, Q_{E2}, P_{f1}, P_3)$ (21)
- De (4) P_{f1} en (21) $\rightarrow Q_{E1} = f(Q_s, Q_{E2}, P_3)$ (22)

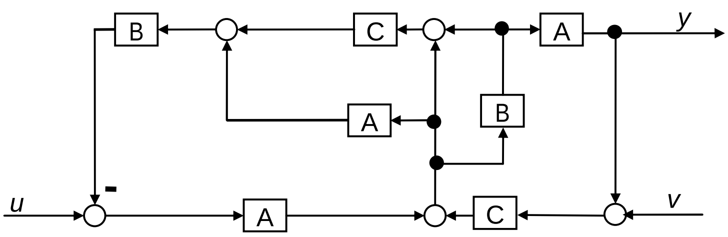
Planteamiento de la solución neumático:

- (13) en (10) $\rightarrow P_4 = f(P_5)$ (23)
- (12) y (13) en (11) $\rightarrow \dot{m}_3 = f(P_3, P_4, P_5)$ (24)
- (23) en (24) $\rightarrow \dot{m}_3 = f(P_3, P_5)$ (25)
- (14) en (25) $\rightarrow \dot{m}_3 = f(P_3)$ (26)

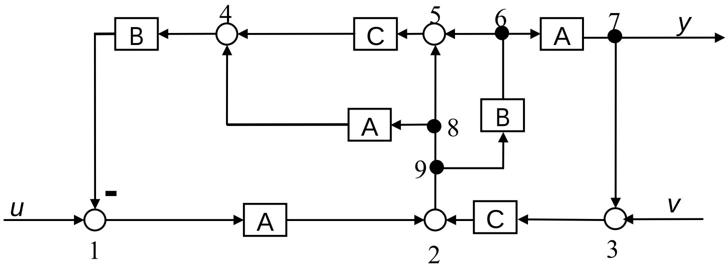
Relación dos sistemas:

- (26) en (22) $\rightarrow \dot{m}_3 = f(Q_s, Q_{E1}, Q_{E2})$

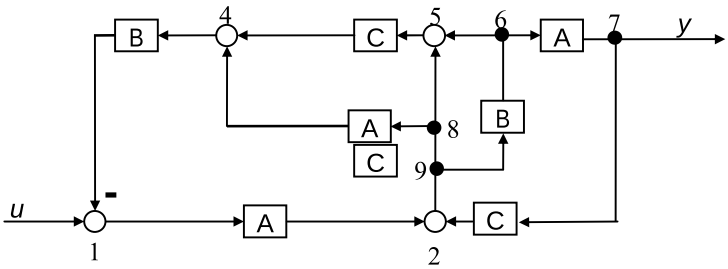
3. Hallar la función de transferencia de lazo abierto del siguiente sistema de control:
(5 puntos)
SOLUCION



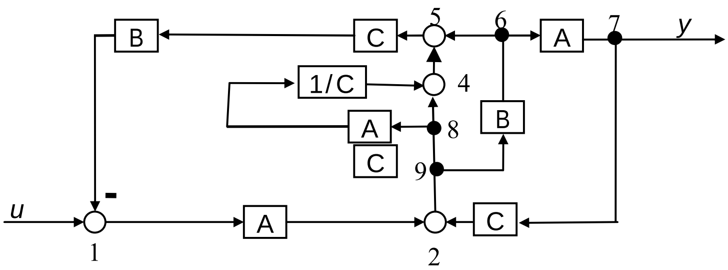
Numeramos los puntos de suma y ramificación:



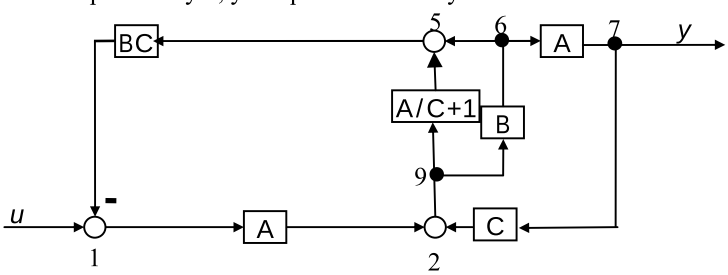
Consideramos cero la entrada V y resolvemos para entrada U:



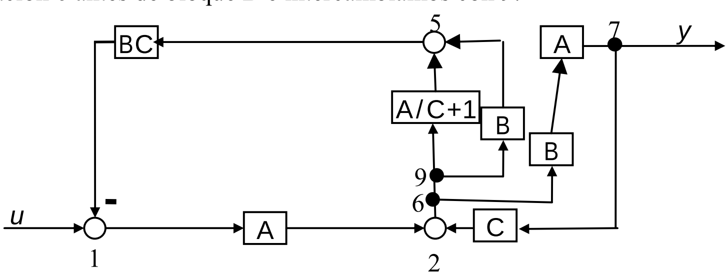
Punto de suma 4 antes de bloque C e intercambiamos con 5:



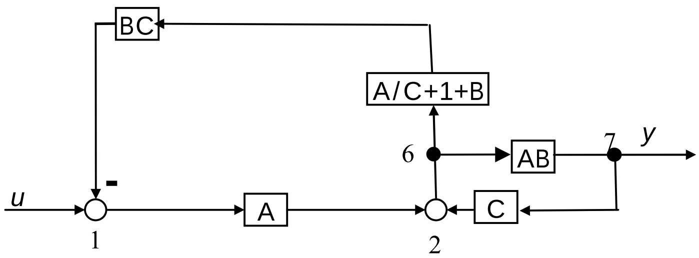
Resolvemos bloques paralelos entre puntos 4 y 8, y bloques en serie B y C:



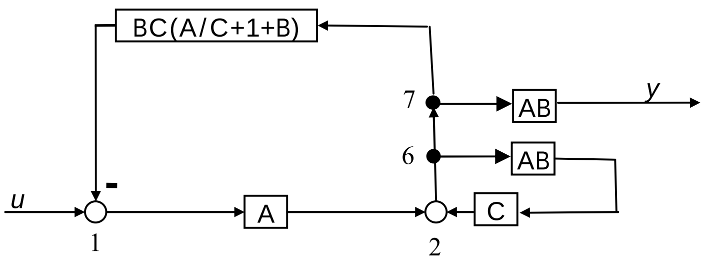
Movemos punto de ramificación 6 antes de bloque B e intercambiamos con 9:



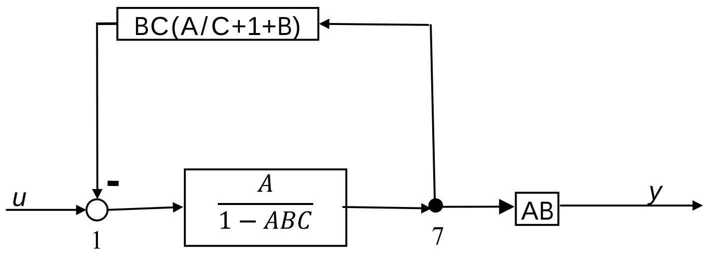
Resolvemos bloques paralelos entre puntos 9 y 5, y bloques serie A y B:



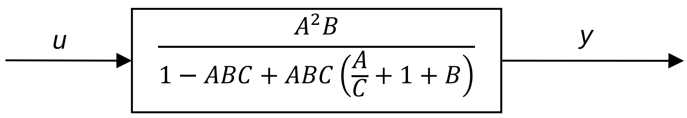
Movemos punto de ramificación 7 antes de AB e intercambiamos con 6, resolvemos bloques serie BC y A/C +1+B:



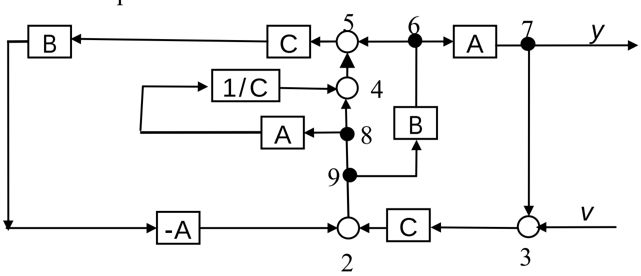
Resolvemos retroalimentación entre 2 y 6 y unimos con bloque en serie A:



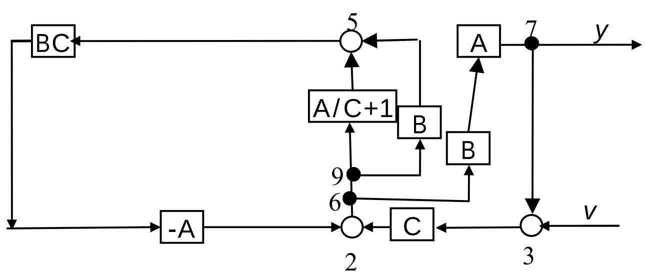
Resolvemos retroalimentación entre 1 y 7 y unimos con bloque en serie AB:



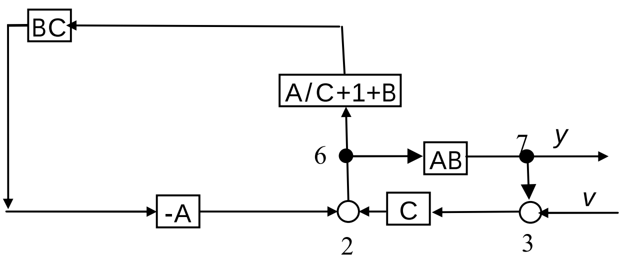
Consideramos cero la entrada U y resolvemos para entrada V:



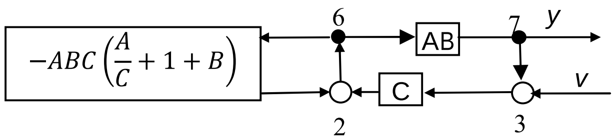
Resolvemos bloques paralelos entre puntos 4 y 8, y bloques en serie B y C, movemos punto de ramificación 6 antes de bloque B e intercambiamos con 9:



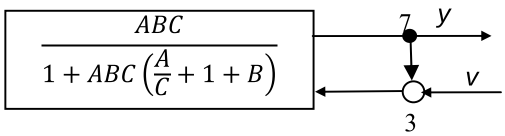
Resolvemos bloques paralelos entre puntos 9 y 5, y bloques serie A y B:



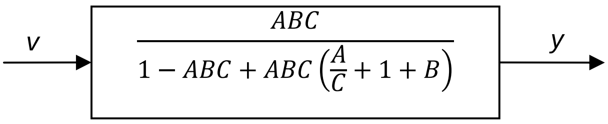
Resolvemos bloques serie entre 6 y 2:



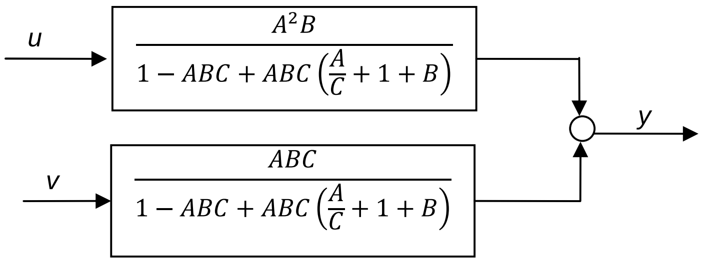
Resolvemos retroalimentación entre 6 y 2 y unimos con bloques en serie:



Resolvemos retroalimentación entre 3 y 7 y unimos con bloques en serie:



La solución completa es:



4. Obtener la función de transferencia y una representación en espacio de estado para la siguiente ecuación diferencial:

$$D^4Q_s - 4D^3Q_s + 6D^2Q_s - 4DQ_s + Q_s = 2Q_e$$

(5 puntos)

SOLUCION

Función de Transferencia:

$$s^4Q_s - 4s^3Q_s + 6s^2Q_s - 4sQ_s + Q_s = 2Q_e$$

$$(s^4 - 4s^3 + 6s^2 - 4s + 1)\,Q_s = 2Q_e$$

$$\frac{Q_s}{Q_e} = \frac{2}{s^4 - 4s^3 + 6s^2 - 4s + 1}$$

Ecuación en espacio de estado
Escogemos como estados:

$$x_1 = Q_s;\;\; x_2 = DQ_s;\;\; x_3 = D^2Q_s;\;\; x_4 = D^3Q_s;\;\; u = Q_e$$

La ecuación con estas variables queda:

$$\dot{x}_4 - 4x_4 + 6x_3 - 4x_2 - x_1 = 2u$$

La ecuación de estado queda:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = -x_1 + 4x_2 - 6x_3 + 4x_4 + 2u \end{cases}$$

$$y = x_1$$

Las matrices de estado son:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 4 & -6 & 4 \end{bmatrix};\ B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix};\ C = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$