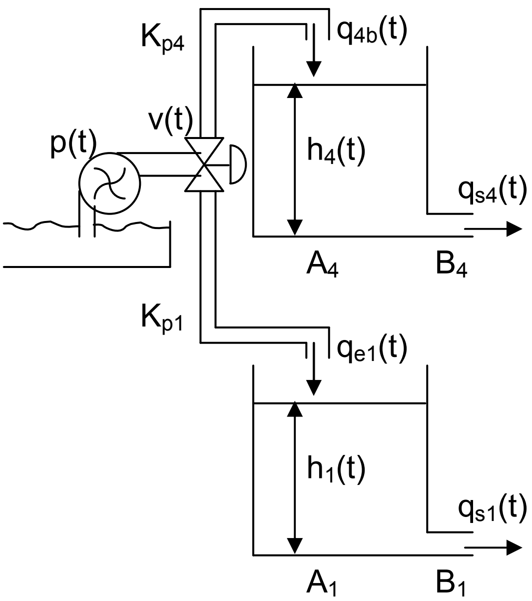
PROBLEMA:

Se modela el sistema de la figura compuesto por dos depósitos de líquido alimentados por una bomba hidráulica y una válvula proporcional que balancea el caudal entre ellos (v(t)=0 significa todo el caudal para el depósito "1" y v(t)=100 todo para el "4"):



$$\begin{cases} K_{p1}, K_{p4} & \text{cte. bomba} \\ A_1, A_4 & \text{área} \\ B_1, B_4 & \text{sección} \\ g & \text{gravedad} \end{cases}$$

En el sistema se consideran como variables de entrada la potencia de la bomba p(t) y el balance de caudal entre los dos depósitos v(t). Como variables de salida se consideran las respectivas alturas del nivel del líquido en cada depósito. Los rangos de variación de cada una de estas variables, p(t), v(t), h1(t) y h4(t), están entre el 0 y el 100%.

Los valores de los parámetros del sistema son $A_1=A_4=0.04$, $B_1=B_4=1.5\cdot 10^{-4}$, $Kp1=Kp4=3.75\cdot 10^{-6}$, g=9.8, y el sistema se linealiza para el punto de funcionamiento dado por $p_0=v_0=60$, $h_{10}=9.1837$ y $h_{40}=20.6633$, obteniendose el siguiente modelo (para más detalles ver "http://isa.uniovi.es/docencia/dscc/T2ej.pdf"):

$$u_1(t)=\Delta p(t) \qquad x_1(t)=y_1(t)=\Delta h_1(t) \qquad \dot{\mathbf{x}}(t)=\mathbf{A}\cdot\mathbf{x}(t)+\mathbf{B}\cdot\mathbf{u}(t) \quad \text{Ecuación de estado}$$

$$u_2(t)=\Delta v(t) \qquad x_2(t)=y_2(t)=\Delta h_4(t) \qquad \mathbf{y}(t)=\mathbf{C}\cdot\mathbf{x}(t)+\mathbf{D}\cdot\mathbf{u}(t) \quad \text{Ecuación de salida}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0612 & 0 \\ 0 & -0.0408 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.0187 & -0.0281 \\ 0.0281 & 0.0281 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix}$$

(Donde las variables de salida coinciden con las de estado y por lo tanto son medibles y accesibles para la realimentación del sistema)

1) Obtener la matriz de ganancias de realimentación de estado "K" necesaria para el control del sistema, ubicando los polos en bucle cerrado en p_1=-0.1 y p_2=-0.1 (constante de tiempo de aproximadamente 10 segundos). Representar el esquema de control del sistema realimentado con esa matriz.

```
>> K=place(A,B,polos)
```

2) Obtener la matriz de realimentación del observador "L" para unos polos con una constante de tiempo 10 veces menor que los polos anteriores.

```
>> L=(place(A',C',polos))'
```

3) Calcular el observador de estado para el sistema y la matriz "L" con la función "estim".

```
>> sys=ss(A,B,C,D)
>> estimador=estim(sys,L,[1,2],[1,2])
```

4) Obtener el regulador de estado para el sistema con las matrices "K" y "L" mediante la función "reg".

```
>> regulador=reg(sys,K,L)
```

5) Obtener las matrices de realimentación "K" y "K_i" necesarias para realizar un control por asignación de polos con efecto integral, ubicando los polos en bucle cerrado del sistema en p_1=-0.1, p_2=-0.1 (polos dominantes) p_3=-0.2 y p_4=-0.2.

```
>> Ai=[A,zeros(2,2);C,zeros(2,2)]
>> Bi=[B;D]
>> Kr=place(Ai,Bi,polos)
>> K=Kr(1:2,1:2)
>> Ki=Kr(1:2,3:4)
```

6) Obtener las matrices para el control integral con un regulador lineal cuadrático con la función "lqr", dando el mayor peso en la optimización del funcional a la entrada correspondiente a la potencia p(t):

```
>> Q=eye(4)    % Matriz identidad de dimensión 4 ya que Ai tiene 4 variables de estado
>> R=[10 0 ; 0 1]              % Peso 10 para p(t) y 1 para v(t)
>> [Kqr,s,p]=lqr(Ai,Bi,Q,R)     % N=0 normalmente
>> Kq=Kqr(1:2,1:2)
>> Kqi=Kqr(1:2,3:4)
```