

Control I / DSF – 2^{do} Parcial 2006 – Tema B

Código: EP02_06

A-4.26.1 Control I

E-3.20.1 Dinámica de los Sistemas Físicos

NOMBRE Y APELLIDO:.....

LEGAJO:.....

PROBLEMA 1: LINEALIZACIÓN.

El DB de la Fig. 1 modela al sistema hidráulico de la Fig. 2.2, donde una bomba rotativa de velocidad variable ω eleva el agua al tanque. La Fig. 2.1 es la RelaC de la bomba.

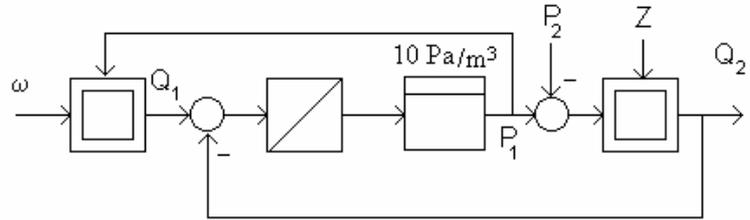


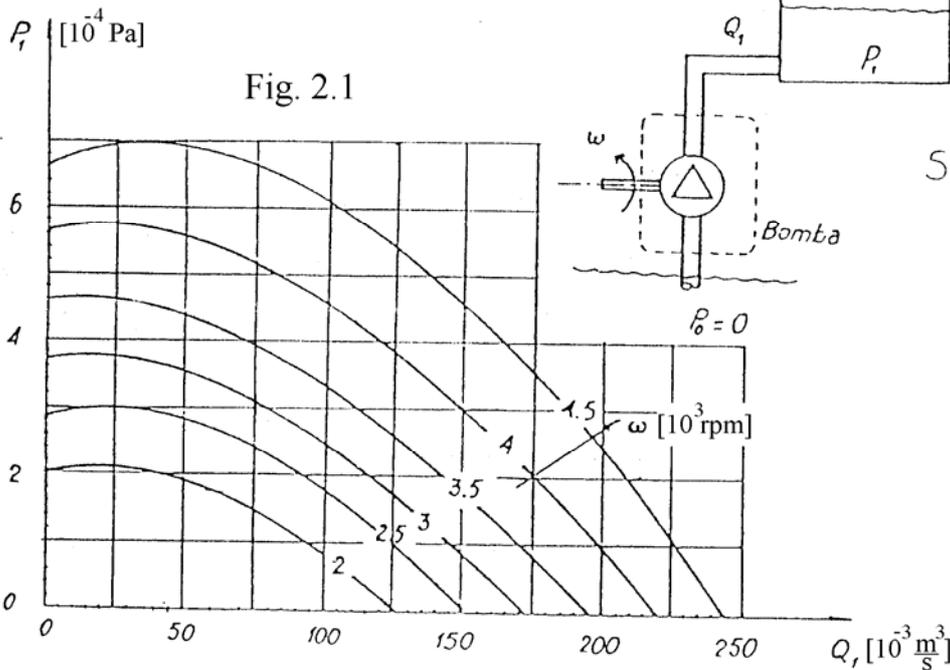
Fig. 1

$$Q_2 = K \cdot Z^2 \sqrt{P_1 - P_2}$$

con $K = 838.52 \text{ m/s}\sqrt{\text{Pa}}$ y $\bar{P}_2 = 2.8 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$

El sistema se lleva al punto de trabajo dado por $\bar{P}_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$; $\bar{Z} = 0.2 \text{ m}$

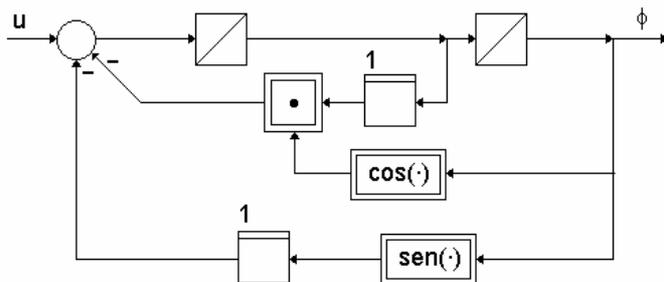
1. Calcule **completamente** el punto de operación obteniendo \bar{Q}_1 y $\bar{\omega}$.
2. Obtenga un DB MILin en torno a dicho punto de operación y parametrícelo completamente.



Sistema Suministro de Agua.

Fig. 2.2

PROBLEMA 2: MILIN, MIEX.



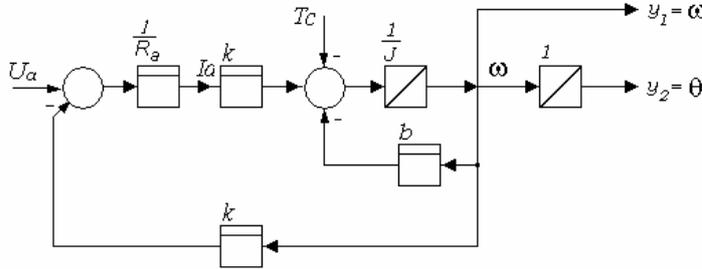
El DB de la figura es un modelo matemático NL de aplicabilidad muy general, que entre otras cosas modela un circuito electrónico muy conocido denominado PLL (Phase-locked loop o Lazo enganchado en fase).

1. **Determine** el conjunto $\{u(t) \equiv \bar{u} \text{ constantes, tales que el sistema tiene puntos de operación}\}$
2. **Calcule todos los PO** para $\bar{u} = 0,4$

3. **Halle el MILin** correspondiente a c/u de los PO determinados.
4. **Estudie la estabilidad E/S** de c/u de esos MILines.
5. **Halle el MIEx** en torno a c/u de los PO.

PROBLEMA 3: MCC IP, L_a DESPRECIABLE.

1. ANÁLISIS POR INSPECCION DEL DB, *todo debidamente fundamentado!*



- a. Orden del DB y de las relaciones E/S: n_{DB} , $n_{a\omega}$, $n_{c\omega}$, $n_{a\theta}$, $n_{c\theta}$.
- b. Grado relativo de las relaciones E/S: $r_{a\omega}$, $r_{c\omega}$, $r_{a\theta}$, $r_{c\theta}$.
- c. Estabilidad Interna.
- d. Estabilidad Externa: $a\omega$, $c\omega$, $a\theta$, $c\theta$.
- e. Mnemónico de c/u de las cuatro FTs.
- f. Forma normalizada (genérica) de c/u de las cuatro FTs. *Obs.: no use coeficientes negativos.*

2. CALCULO SIMBÓLICO: FTs NORMALIZADAS Y RESPUESTAS AL ESCALÓN

- a. Calcule c/u de las cuatro FTs y escríbalas de manera normalizada (Tabla DBN). Escriba en una tabla (o de manera ordenada) la correspondencia entre los parámetros de las FTs normalizadas y los parámetros del modelo físico.
- b. Dibuje cualitativamente las respuestas ante la entrada simultánea de sendos escalones en U_a y T_c : $U_a = \bar{U}_a > 0$; $T_c = \bar{F}_c > 0$:
 - i. de $\omega(t)$.
 - ii. de $\theta(t)$.

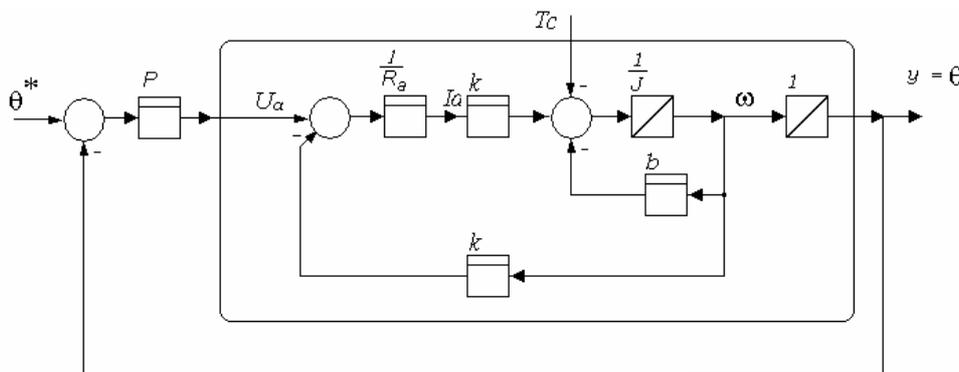
Parametrice completamente ambas respuestas!

- c. Valorice los coeficientes de las FTs y los parámetros de las respuestas al escalón halladas para el siguiente juego de valores de los parámetros físicos:

Tema B	k=0.6Nm/A	Ra=2.4Ω	J=0.4 kg.m²/s	b=0.0002Nm.s	Uan=160V	Tcn=21.5 Nm
---------------	------------------	----------------	---------------------------------	---------------------	-----------------	--------------------

PROBLEMA 4: ANÁLISIS DE UN SISTEMA *básico* DE CONTROL DE POSICIÓN (MCC IP, L_a despreciable).

Se calcula la tensión de alimentación de armadura cerrando un lazo de retroalimentación de salida a través de un controlador proporcional de ganancia P , según muestra el DB que sigue:



1. Calcule el conjunto de todos los valores posibles de $P \in \mathbb{R}$ tales que el lazo cerrado (LC) es estable.

2. Calcule el valor final de $\theta(t)$ ante un escalón :

iii. $\theta^* = \bar{\theta}^*$

iv. $T_c = F_c$

3. Calcule el conjunto de todos los valores posibles de $P \in \mathbb{R}$ tales que la respuesta del sistema libre en LC no presente oscilaciones.
4. Calcule el valor necesario de P para que la respuesta al escalón en lazo cerrado tenga un sobrevalor del 40%. *Obs.: en general, este no es un ajuste razonable en un sistema de control de posición; aquí se plantea sólo para evaluar conocimientos de RT.*
5. Dibuje cualitativamente y parametrize completamente (*números!*) la respuesta de $\theta(t)$ a sendos escalones simultáneos $\theta^* = \bar{\theta}^*$ y $T_c = F_c$.
6. En función de todo lo hecho anteriormente, analice si el sistema en LC:
 - d. Sigue asintóticamente y sin error referencias en escalón de θ^* (en ausencia de cupla de carga).
 - e. Rechaza completa y asintóticamente escalones de carga.

PUNTOS OPCIONALES (PUEDEN USARSE PARA MEJORAR NOTA DEL RESTO):

7. Analice si con el controlador P propuesto es posible ajustar conjunta e independientemente el sobrevalor y el tiempo de respuesta del LC.
8. En relación con limitaciones y/o deficiencias del sistema que haya podido observar en el curso del análisis anterior: ¿se le ocurre un controlador alternativo que resuelva esos problemas? Explique cualitativamente.

PROBLEMA 5: RELACIONES ENTRE MODELOS INTERNOS Y EXTERNOS.

$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 4 \\ 0 & -4 & -2 \end{bmatrix} \cdot x + B \cdot u$ $y(t) = C \cdot x + u$	<p>El modelo EE/ES representa un sistema SISO o monovariable.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indique la dimensión de las matrices B y C. 2. Analice la estabilidad interna del sistema. 3. ¿Que puede decirse acerca de los polos de la función transferencia? 4. Obtenga (si es posible) el grado relativo de la FT y el valor de $h(0^+)$.
---	--

5. La respuesta al escalón de este sistema será distinta dependiendo de los valores que tengan las matrices B y C . Grafique 3 posibles respuestas al escalón cualitativamente distintas.

PROBLEMA 6: $\Sigma\Theta + \Sigma H \rightarrow DB$

En el modelo térmico-hidráulico de la figura hay un intercambio de calor entre el vapor que circula por la serpentina (se enfría) y el líquido en el tanque (se calienta).

Considere:

Q_f : caudal ingreso agua fría (entrada)

Q_c : caudal salida agua caliente

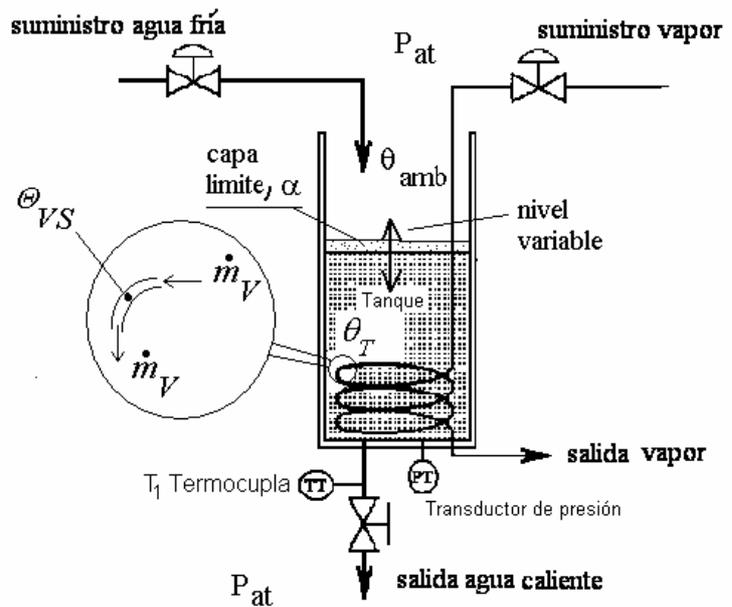
θ_f : temperatura ingreso agua fría (entrada)

θ_{vf} : temperatura ingreso vapor (entrada)

\dot{m}_v : caudal másico vapor (entrada)

ρ_a, ρ_v : densidades agua y vapor

c_a, c_v : calores específicos agua y vapor



Modele la dinámica del vapor con la aproximación grosera resultante de ignorar todo fenómeno complejo como salto entálpico, compresibilidad, etc.; i.e. trátelo como un líquido incompresible.

Considere además:

- Tanque de paredes adiabáticas. Note con θ_T a la temperatura del agua en el tanque.
- Intercambio calor entre líquido tanque y ambiente a través capa límite coeficiente Newton α .
- Intercambio calor entre vapor serpentina y líquido tanque a través capa límite α_{ST} y pared conductora caño serpentina.
- Modele a la serpentina concentrada en un único tramo. El caño de la serpentina tiene un coeficiente de conductividad térmica λ . La temperatura del vapor en la serpentina es la variable θ_{VS} .
- Relación válvula salida agua caliente: $Q_C = K \cdot Z^2 \sqrt{\Delta P_{Válvula}}$

Defina todo coeficiente geométrico que pueda necesitar.

Haga un DB con las variables medidas por el transductor de presión y la termocupla como salidas

Nota: Si no tiene tiempo de hacer todo el modelo, priorice la parte térmica. En tal caso, represente al subsistema hidráulico con una caja negra con la etiqueta ΣH y saque de ella las variables que necesita el modelo térmico (pero si puede haga todo!).

Quien no haya aprobado $\Sigma H \rightarrow DB$ en el primer parcial lo puede recuperar con la parte hidráulica de este problema.