SEC 05: Examen final

Fecha de entrega: 18 de abril de 2005 a las 16h

Ejercicio 1. ***System identification (from experimental results)***

1) *Curve fitting*. Como resultado de la observación de unas variables *x*, *y* se han obtenido los siguientes pares de valores: (0,8), (1,27), (2,64), (3,125). A partir de las anteriores observaciones se desea obtener una expresión matemática $y = f(x)$ que permita realizar estimaciones de valores no observados, concretamente $\hat{y} = f(2.5)$. Para ello se pide:
   - **1.1)** Obtener "a ojo" una recta que ajuste los tres puntos y estimar el valor de y en x=2.5.
   - **1.2)** Ídem con una relación $y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$.
   - **1.3)** Simulación: Obtener los polinomios que "mejor" ajustan los puntos: $y = a_1 x + a_0$ $y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$ $y = a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$. ¿Cuál es el criterio de ajuste? Calcular $\hat{y} = f(2.5)$.
2) A partir de los diagramas de Bode. Aplicarlo a las curves dadas en la fotocopia de hace 2 semanas.

Ejercicio 2. ***Sensitivity function***

Datos: $G(s) = \dfrac{k}{s(s+1)(s+2)}$, H(s)=1, k=3

1) Dibujar el diagrama de Bode de $|G(j\omega)|$.
2) Dibujar aproximadamente $|M(j\omega)|$ y $|S(j\omega)|$ y estimar la banda pasante ω_b, (-3dB) de $|M(j\omega)|$ y la banda de desensibilización ω_s, (-20dB) de $|S(j\omega)|$.
3) Simulación: Hallar el diagrama de Bode de $|M(j\omega)|$ y $|S(j\omega)|$.

Ejercicio 3. ***Nyquist (stability) criterion***

Datos: $G(s) = \dfrac{k}{s(s+1)(s+2)}$, H(s)=1, k=5

1) Dibujar el diagrama de Bode de $G(j\omega)$ y estimar MG y MF.
2) Dibujar en polares $G(j\omega)$ y estimar MG, MF y S_r (valor máximo del módulo de la sensibilidad).
3) Simulación: Dibujar el diagrama Bode de $|M(j\omega)|$ y $|S(j\omega)|$ para k=3 y k=5. Interpretar los resultados en términos de transmisión, desensibilización y estabilidad relativa.

Ejercicio 4. ***Root locus (Evans)***

Datos: $G(s)=\dfrac{k}{s(s+1)}$, H(s)=1

1) Hallar la ecuación característica del servo y determinar analíticamente el conjunto de posibles valores de las raíces (*root locus*) para k variando de 0 a infinito.

2) A partir del LGR, hallar gráficamente el valor de k para el que el servo presenta una respuesta indicial oscilatoria con ω_d=x/2 y otra con R_{pt}=10x % (siendo x la última cifra de vuestro DNI).

3) Simulación: Dibujar el LGR del Ejercicio 2 y comprobar que MF ≈ 100ζ y que $\omega_d \approx \omega_r \approx \omega_n$ (aunque $\omega_r < \omega_d < \omega_n$) para k=3 y para k=5.

Ejercicio 5. Linealización

Datos: Depósito con $Q_2(t)=3\sqrt{H(t)}$, Q_1 = 6, A = C_H =2

1) Formular la ecuación (NL) que relaciona Q_1(t) con H(t).

2) Formular la ecuación incremental (lineal) que relaciona $q_1(t)=\Delta Q_1(t)$ con $h(t)=\Delta H(t)$ en torno a los valores de régimen Q_1=6 y Q_1=9.

3) Dibujar la predicción lineal de la evolución del nivel cuando Q_1 pasa de 6 a 9 y estimar el tiempo que tarda en alcanzar H=7.

4) Simulación: Repetir el apartado 3) pero con el modelo NL.

Ejercicio 6. ***Reaction curve*** **(curva logística o sigmoidea)**

Datos: $G(s)=\dfrac{Y(s)}{U(s)}=\dfrac{2}{(3s+1)}e^{-2s}$.

1) Dibujar su respuesta indicial.

2) Dibujar la respuesta de su aproximación racional.

3) Simulación: Explicar cómo se puede realizar la simulación de este tipo de sistemas.

Ejercicio 7. ***PI digital controller***

Datos: k_P=6, k_I=4, k_D=0

1) Formular el algoritmo de control en forma aditiva.

2) Formular el algoritmo de control en forma factorial.

3) Dibujar su respuesta indicial.

4) Dibujar su diagrama de Bode.

5) Hallar la implementación digital mediante la transformada de Tustin $s=\dfrac{2}{T}\dfrac{z-1}{z+1}$.

Hallar el controlador digital equivalente D(z)=U(z)/E(z), la ecuación recursiva entre u(n) y e(n) y el flujograma de programación (usar T_s=0.1).

6) Simulación: Hallar (y comprobar) la versión digital D(z), su respuesta indicial (comparar) y su respuesta frecuencial (comparar). Compara los resultados con las predicciones analógicas.

Ejercicio 8. ***Mason's rule***

Datos: Esquemas digitales adjuntos

1) Aplicar la regla de Mason para hallar la relación salida/entrada de los siguientes filtros digitales.

Ejercicio 9. ***Filter synthesis***

A. Active analog filter

Datos: Filtro Butterworth de 3er orden con ω_0=ω_b=4

1) Dibujar la realización directa (configuración estándar I, es decir, con los lazos con un nodo común a la entrada).

2) Dibujar el flujograma de señales, así como el esquema eléctrico, con detalle de los elementos utilizados (AO, R, C) indicando el tipo de AO y razonando los valores numéricos de R, C.

B. Digital filter

Datos: $H(z) = \dfrac{z^2 - z + 0.5}{z^3 - 1.2z^2 - 0.35z}$

1) Dibujar la realización directa (configuración estándar I, es decir, con los lazos con un nodo común a la entrada).

2) Comprobar por Mason la función de transferencia.

Ejercicio 10. ***Commercial controller***

1) Catálogo (la hoja más descriptiva) de un PLC.

2) Catálogo (la hoja más descriptiva) de un PID.

Ejercicios complementarios

Ejercicio 11. ***PID analog controller (al <final)***

Datos: k_P=6, k_I=4, k_D=2

1) Formulaciones de $G_c(s)$: Hallar k_c, T_i, T_d, y los factores (polos-ceros).

2) Dibujar la respuesta indicial.

3) Dibujar el diagrama de Bode.

4) Implementación analógica, configuración en paralelo.

5) Simulación. Si $G(s) = \dfrac{k}{s(s+1)(s+2)}$, con k=10, comprobar (vía LGR) que el servo resultaría inestable, pero que si añadimos un controlador PD $G_c(s)=s+1$ el sistema resultante resultará estable para cualquier valor de k.

Ejercicio 12. ***Passive compensators***

Datos: $G_1(s) = 4\dfrac{s+1}{s+4}$, $G_2(s) = 0.4\dfrac{s+5}{s+2}$, $G_3(s) = \dfrac{s+2}{s+1}\dfrac{s+5}{s+10}$

1) Dibujar el Bode de $G_1(s)$ y razonar el nombre (*lead compensator*).

2) Dibujar el Bode de $G_2(s)$ y razonar el nombre (*lag compensator*).

3) Dibujar el Bode de $G_3(s)$ y razonar el nombre (*lag-lead compensator*).

4) Implementar (RC) los mencionados compensadores con valores numéricos de R y C (ver Ogata)