Actividad Práctica Nº2: Diseño de controladores considerando la dinámica del error y la magnitud de la acción de control en sistemas no lineales multivariables

Se debe redactar un informe que debe realizarse de manera individual por cada estudiante. Dicho informe debe contener:

1- Todos los resultados correctos de las consignas dadas.

2- Un resumen de las lecciones aprendidas relacionadas a los Indicadores de logro de la competencia en la que el estudiante se está formando, descritas en el Aula virtual.

3- El listado de problemas que aparecieron, las fuentes de datos, enlaces y repositorios GitHub generando así Recomendaciones finales o Conclusiones parciales de la actividad.

Una vez finalizado, titular el archivo del informe del modo Apellido_Nombre_TPN2.pdf y subir un único archivo en la solapa correspondiente con los ejercicios resueltos.

Calificación del avalúo: Para que la actividad Nº2 esté completa, deben resolverse correctamente los tres ítems propuestos. Si alguno de los tres ítems está incompleto, la actividad no será considerada como realizada.

Se deben especificar, en todos los casos, ***los requerimientos del tiempo de muestreo y de la linealidad de los actuadores***.

Caso de estudio 1. Sistema de tres variables de estado

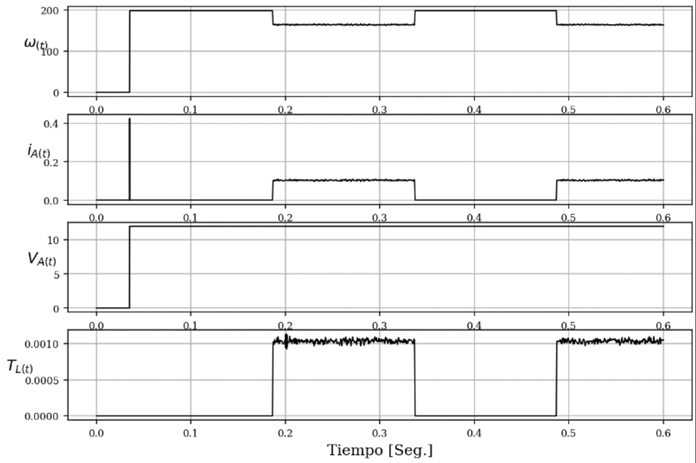

Fig. 1. Evolución de la velocidad del motor cuando tiene perturbaciones en su operación.

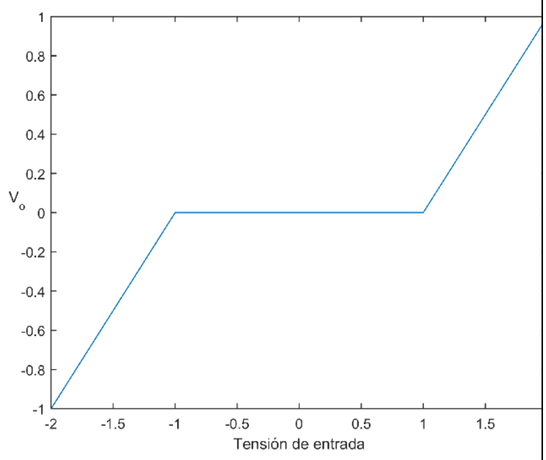

Fig. 2. Relación de entrada salida que tiene el actuador lineal con zona muerta de 1V.

Dadas las ecuaciones del motor de corriente continua con las mediciones de experimentales detalladas en la Fig. 1, se sabe que las ecuaciones son

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_A}{L_{AA}} i_a - \frac{K_m}{L_{AA}} \omega_r + \frac{1}{L_{AA}} v_a \tag{1}$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{K_i}{J} i_a - \frac{B_m}{J} \omega_r - \frac{1}{J} T_L \tag{2}$$

$$\frac{d\theta_t}{dt} = \omega_r . \tag{3}$$

Ítem [1] Implementar un sistema en variables de estado que controle el ángulo del motor, para consignas de $\pi/2$ y $-\pi/2$ cambiando cada 5 segundos y que el T_L es el descripto en la planilla de datos comparando el desempeño con el obtenido con el PID digital del TP Nº1. Hallar el valor de integración Euler adecuado.
Objetivo: acelerar la dinámica del controlador verificando el resultado con las curvas del archivo xlsx adjunto.
-Evitando que la tensión supere los 24Volts en valor absoluto, especificar el tiempo de muestreo necesario para el controlador cumpla el objetivo.
-Asumiendo que no puede medirse directamente la corriente, **pero sí la velocidad y el ángulo**, proponer un controlador que logre el objetivo.
-Determinar el efecto de la nolinealidad en la acción de control, descripta en la Fig. 2, y verificar cuál es el máximo valor admisible de ésa no linealidad.

Caso de estudio 2. Sistema lineal de cuatro variables de estado

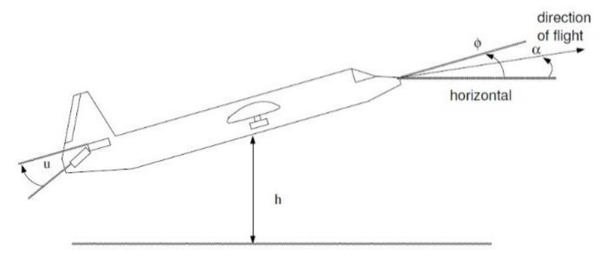

Fig. 3. Modelo de sistema de altitud en un avión.

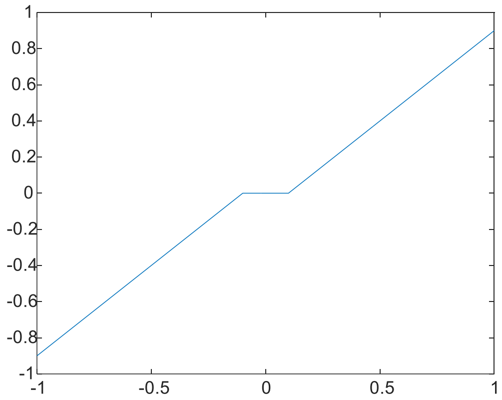

Fig. 4. Relación de entrada salida que tiene el actuador lineal con zona muerta de 0.5.

Para el caso de la Fig. 3, modelo válido sólo para pequeños ángulos, se tiene

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = a(\phi - \alpha) \\ \ddot{\phi} = -\omega^2(\phi - \alpha - b \cdot u) \\ \dot{h} = c\alpha \end{cases} \tag{4}$$

donde ω>0 representa la frecuencia natural, y los coeficientes *a b* son constantes positivas, *u* es la variable manipulada y es proporcional a la posición de los elevadores, ϕ (ángulo de cabeceo) en radianes, vuela a *c* metros por segundo, su trayectoria de vuelo forma un ángulo α con la horizontal (si α>0 sube, si α<0 desciende).

Ítem [2] Para el caso del avión, emplear un tiempo de integración por Euler adecuado y un tiempo de simulación de 70seg. Los parámetros son a=0.07; ω=9; b=5; c=150, hallar un controlador para que los polos de lazo cerrado se ubican en μ_i=-15±15j; -0.5±0.5j, para referencias de 100 y -100 metros en altura, ambas con alturas iniciales de -500 y 500.
-Proponer un controlador en tiempo discreto en variables de estado para que el proceso evolucione en los rangos de validez del modelo, es decir donde los ángulos y el valor de la acción de control en valor absoluto son menores a la unidad.
-Asumiendo que no puede medirse el ángulo α, **pero sí el ángulo ϕ y la altura**, proponer un esquema que permita lograr el objetivo de control.
-Establecer el valor del tiempo de muestreo más adecuado para implementar el diseño en un sistema micro controlado.
-Determinar el efecto de la nolinealidad en la acción de control, descripta en la Fig. 4, y verificar cuál es el máximo valor admisible de la nolinealidad.

Caso de estudio 3. Sistema no lineal de cuatro variables de estado

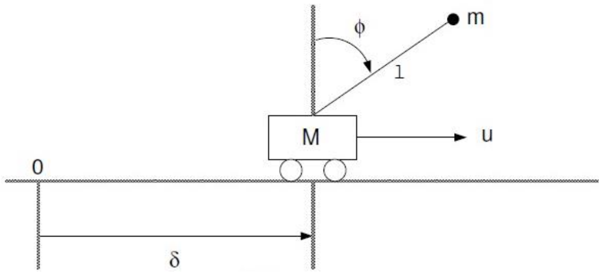

Fig. 5. Sistema del péndulo.

Para el caso del esquema del péndulo invertido de la Fig. 5 donde el modelo es,

$$\begin{cases} (M+m)\ddot{\delta} + ml\ddot{\phi}\cos\phi - ml\dot{\phi}^2\mathrm{sen}\phi + F\dot{\delta} = u \\ l\ddot{\phi} - g\,\mathrm{sen}\phi + \ddot{\delta}\cos\phi = 0 \end{cases} \qquad (5)$$

Con las variables de estado $x = \begin{bmatrix}\delta & \dot{\delta} & \phi & \dot{\phi}\end{bmatrix}^T$, y los valores de los coeficientes de m=0,1; F=0,1; l=1,6; g=9,8; M=1,5 y $\Delta t=10^{-4}$ seg, tomando un tiempo de simulación de 15 segundos.

Ítem [3] Calcular sistema controlador que haga evolucionar al péndulo en el equilibrio estable.
Objetivo de control: partiendo de una condición inicial nula en el desplazamiento y el ángulo en π, hacer que el carro se desplace a 10 metros evitando las oscilaciones de la masa *m*, considerando que es una grúa. Una vez que δ=10 modificar a *m* a un valor 10 veces mayor y volver al origen evitando oscilaciones.
-Considerar que sólo puede **medirse el desplazamiento δ y el ángulo ϕ.**
-Especificar el rango posible para el tiempo de muestreo para implementar el sistema en un microcontrolador.
-Determinar el efecto de la nolinealidad en la acción de control, descripta en la Fig. 4, y verificar cuál es el máximo valor admisible de ésa no linealidad.