

## Actividad Práctica N°2: 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 N°2 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 con parámetros calculados

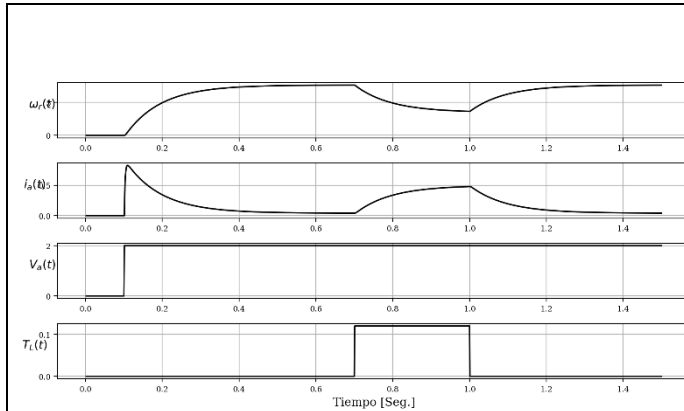


Fig. 1. Evolución de la velocidad del motor cuando tiene perturbaciones en su operación.

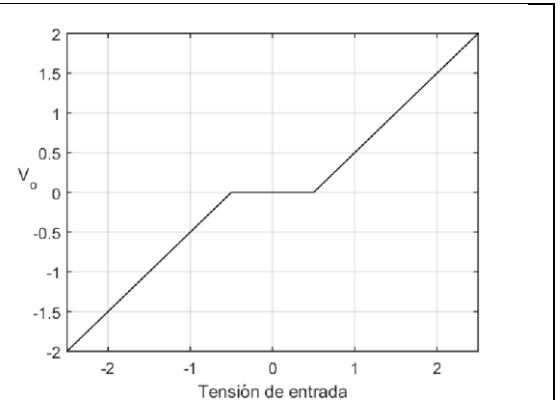


Fig. 2. Relación de entrada salida que tiene el actuador lineal con zona muerta de 0,5V.

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

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

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

$$\frac{d\theta_t}{dt} = \omega_r. \quad (3)$$

**Ítem [1]** Empleando los parámetros hallados en el Trabajo Práctico N°1 para el Motor CC, 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 descrito en la planilla de datos comparando el desempeño con el obtenido con el PID digital del TP N°1. Hallar el valor de integración Euler adecuado.

*Objetivo:* acelerar la dinámica del controlador verificando el resultado con las curvas del archivo xls adjunto.

a-Evitando que la tensión supere los 5Volts en valor absoluto, especificar el tiempo de muestreo necesario para el controlador cumpla el objetivo.

b-Asumiendo que no puede medirse directamente la corriente, **pero sí la velocidad y el ángulo**, proponer un controlador que logre el objetivo.

c-Determinar el efecto de la no linealidad en la acción de control, descrita en la Fig. 2, y verificar cuál es el máximo valor admisible de esa no linealidad.

**Caso de estudio 2. Sistema de tres variables de estado con parámetros calculados y dados**

**Ítem [2]** Implementar el mismo sistema controlador del ítem anterior, empleando los valores del motor siguiente,

$R_a=2.27$ ;  $L_a=0.0047$ ;  $K_i=0.25$ ;  $K_m=0.25$ ;  $B_m=0.00131$ ;  $J_m=0.00233$ ;

Generar gráficas de evolución de la velocidad y ángulo comparando los desempeños cualitativamente para todos los casos.

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

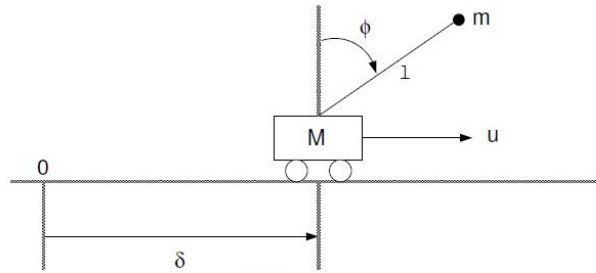


Fig. 3. Sistema del péndulo.

Para el caso del esquema del péndulo invertido de la Fig. 3 donde el modelo es,

$$\begin{cases} (M + m)\ddot{\delta} + m\ddot{\phi}\cos\phi - m\dot{\phi}^2\sin\phi + F\dot{\delta} = u \\ l\ddot{\phi} - g\sin\phi + \ddot{\delta}\cos\phi = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Con las variables de estado  $x = [\delta \quad \dot{\delta} \quad \phi \quad \dot{\phi}]^T$ , y los valores de los coeficientes de  $m=0,1$ ;  $F=0,1$ ;  $l=1,6$ ;  $g=9,8$ ;  $M=1,5$ .

**Ítem [3]** Calcular el 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  $\pi$ , hacer que el carro se desplace a 10 metros evitando las oscilaciones de la masa  $m$ , considerando que es una grúa. Una vez que  $\delta=10$  modificar a  $m$  a un valor 10 veces mayor y volver al origen evitando oscilaciones.

a- Considerar que sólo puede **medirse el desplazamiento  $\delta$  y el ángulo  $\phi$** .

b- Determinar  $\Delta t$  y el tiempo de simulación necesario para el controlador en tiempo continuo.

c- Especificar el rango posible para el tiempo de muestreo para implementar el sistema en un microcontrolador.

d- Determinar el efecto de la no linealidad en la acción de control, descrita en la Fig. 1 (con dimensiones de fuerza en N), y verificar cuál es el máximo valor admisible de esa no linealidad.