

Ejercicio 1 EL42D - Control de Sistemas

Profesora: Dra. Doris Sáez
Ayudante: Gonzalo Kaempfe (gkaempfe@ing.uchile.cl)

“Diseño de Control para el Motor de Corriente Continua”

I.- Objetivos

Diseñar e implementar controladores PID analógicos y digitales. Comparar sus resultados en un sistema simulado y en la planta real.

II.- Instrucciones

Para el desarrollo del Ejercicio 1 se solicita:

- a) Trabajar en equipo según los roles asignados.
- b) Seguir el siguiente calendario de actividades.

Actividad	Fecha de entrega	Lugar de entrega
Bitácora 1	Lunes 20 de Agosto	U-Cursos
Bitácora 2	Lunes 27 de Agosto	U-Cursos
V. Diseño de controladores	Viernes 31 de Agosto, 14:00	Secretaría Docente 1º piso.
VI. Parte experimental (Laboratorio).	Semana del 3 al 7 de septiembre, horarios por definir.	Laboratorio de Automática
VI. Parte experimental (Informe).	2 días hábiles luego de realizada la parte experimental	Secretaría Docente 1º piso.
Presentaciones	Martes 11 de septiembre, 14:15.	Sala de Clases E214

- c) Pauta de evaluación:

Actividad	% Nota Ejercicio 2
V. Diseño de controladores	60%
VI. Parte experimental (Laboratorio).	30%
	Trabajo en equipo
	5% Auto-evaluación
	10% Co-Evaluación
	15% Evaluación Docente
VI. Parte experimental (Informe).	10%
Presentaciones	*15% Exposición
*solo para los grupos que presentan.	*15% VI. Parte experimental (Laboratorio).

III.- Introducción

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotativo. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, par y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica han caído en desuso pues los motores de corriente alterna del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más asequibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto, el uso de motores de corriente continua sigue y se usan en aplicaciones de trenes o tranvías. En estos medios de transporte siempre se busca una velocidad deseada, la cual se consigue controlando la frecuencia de rotación de los ejes, lo que se logra regulando un voltaje aplicado al motor.



Figura 1: Tren ligero español. Su tensión de alimentación es de 25[kV] 50[Hz]. Puede viajar a más de 300[Km/h].

La presente actividad posee como finalidad tener un acercamiento al control en una planta real, donde en primer lugar se diseñarán dos controladores para el motor de corriente continua, para luego aplicarlos en el laboratorio de Automática, del Edificio de Electrotecnologías.

Para ello se cuenta con un motor de corriente continua con entrada de voltaje admisible entre 0 y 50 [V] y una salida asociada a un frecuencia-voltaje que entrega entre 0 y 4 [V]. A continuación se presenta la modelación de la planta y requerimiento para el diseño de controladores.



Figura 2: Motor de Corriente Continua del Laboratorio de Automática

IV.- Modelación del motor de corriente continua

Se debe contar, para realizar el diseño del sistema de control, con el modelo fenomenológico de la dinámica del motor de CC. En el laboratorio se cuenta con un motor de CC de excitación independiente, el que puede modelarse mediante un circuito equivalente, el que se muestra en la figura 3.

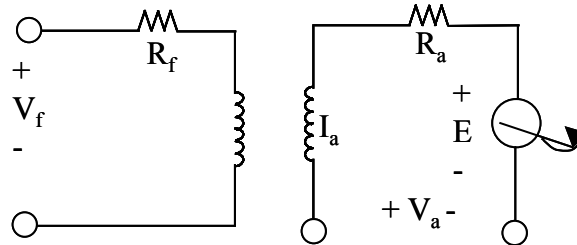


Figura 3: Modelo circuital del motor de CC. La parte izquierda modela el estator y, la derecha, el rotor.

Las ecuaciones que describen el comportamiento del motor son:

$E = G \cdot I_f \cdot w = K \cdot w$, donde G es una constante característica del motor e I_f es la corriente de campo y es constante.

Por otro lado, las ecuaciones del torque neto están dadas por:

$$T_n = J \frac{dw}{dt}$$

$$T_n = T_e - b \cdot w$$

T_n y T_e son el torque neto y el eléctrico respectivamente, mientras que J y b son constantes inherentes al motor.

Por lo tanto, la función de transferencia que caracteriza al motor y que relaciona la frecuencia (en RPM) a la que gira el motor con el voltaje de armadura está dada por:

$$G(s) = \frac{K}{(R_a + s \cdot L_a)(J \cdot s + b) + K^2}$$

Considere que se le han aplicado a señales de entrada y salida del motor un exhaustivo procedimiento de identificación, mediante el cual, se han determinado las constantes características de la que la función de transferencia anterior.

$$G(s) = \frac{0.0084}{s^2 + 1.62s + 0.395}$$

V.- Diseño de Controladores

El objetivo de esta sección es el diseño de distintos controladores analógicos y digitales para el motor de corriente continua. Con los datos que se entregarán, junto con la función de transferencia dada del motor de corriente continua, es posible resolver la ecuación característica del sistema retroalimentado correspondiente, y de ese modo, obtener los controladores necesarios para que la planta cumpla con los requerimientos dados.

V.1.- Realice un diagrama de bloques del sistema e indique posibles perturbaciones de la planta.

V.2.- Diseñe un controlador PD analógico que tenga un tiempo de estabilización de al menos 3[s] y una sobre oscilación del 3%. Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta usando MATLAB SIMULINK. Justifique y comente sus resultados. Pruebe para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM]. Grafique además la variable controlada y la variable manipulada, para cada referencia.

V.3.- Diseñe un controlador PI analógico y un controlador PID analógico, que tengan un tiempo de estabilización de al menos 25[s] y una sobre oscilación del 10%. Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta usando MATLAB SIMULINK. Justifique y comente sus resultados. Pruebe para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM]. Grafique además la variable controlada y la variable manipulada, para cada referencia. **Obs 1.**

V.4.- Utilizando la técnica de curva de reacción de Ziegler & Nichols, encuentre un controlador P, un controlador PI y un controlador PID para el motor de corriente continua (suponiendo desconocida la estructura de la planta). Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta usando MATLAB SIMULINK. Justifique y comente sus resultados. Pruebe para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM]. Grafique además la variable controlada y la variable manipulada, para cada referencia.

V.5.- Comente y compare el funcionamiento de los controladores PI diseñados en la parte V.3 y V.4.

V.6.- Discretice la planta con un ZOH utilizando un período de muestreo de 0.2[Seg].

V.7.- Diseñe un controlador PD discreto que tenga un tiempo de estabilización de al menos 3[s] y una sobre oscilación del 3%. Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta usando MATLAB SIMULINK. Justifique y comente sus resultados. . Pruebe para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM]. Grafique además la variable controlada y la variable manipulada, para cada referencia.

V.8.- Diseñe un controlador PI discreto y un controlador PID discreto, que tengan un tiempo de estabilización de al menos 25[s] y una sobre oscilación del 10%. Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta usando MATLAB SIMULINK. Justifique y comente sus resultados. . Pruebe para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM]. Grafique además la variable controlada y la variable manipulada, para cada referencia. **Obs 1.**

V.9.- Suponga ahora que el sensor encargado de medir la velocidad de giro del motor ingresa ruido a la señal medida. Suponga, además, que esto se puede modelar como un ruido blanco aditivo de varianza 500. Estudie la robustez de sus diseños de control de las partes V.3 y V.8 ante esta nueva perturbación. ¿Qué sucede si la varianza del ruido aumenta a 1000, a 2000 y a 4000? **Obs 2.**

Obs. 1: Para el cálculo del controlador PID, puede que necesite una ecuación adicional. Se debe indagar en las metodologías diseñadas por Ziegler & Nichols para determinar una relación entre las constantes del controlador.

Obs. 2 : Adjunte gráficos que ayuden a la comprensión del problema.

V.9.- Comente y compare los resultados obtenidos de la aplicación de los controladores PD, PI y PID analógicos y digitales.

V.10.- Conteste las siguientes preguntas:

- ¿Cómo afecta el valor de los polos adicionales, que se deben añadir en algunos casos, al desempeño del controlador?
- Si no fuera posible aislar el ruido presente en las señales del motor, ¿cuál(es) controlador(es) se debería(n) descartar?
- Si el sistema presenta cierto grado de inestabilidad en lazo abierto, ¿cuál(es) controlador(es) se debería(n) descartar?
- ¿Es posible diseñar en forma analítica un controlador proporcional para esta planta? ¿Cuál(es) requerimiento(s) se necesitarían?

VI.- Parte Experimental

- 1.- Implemente los controladores diseñados en V.3 y V.8 en el motor CC del laboratorio de automática, para un cambio de referencia de 1000 a 1500[RPM].
- 2.- Analice y comente sus resultados experimentales. Compare con sus resultados por simulación obtenidos.

Obs.3: Se debe traer un pendrive o un disquete para guardar los datos de las variables requeridas ese día.