

Práctico de Laboratorio N°4: control de velocidad de un motor de CD

Objetivos:

- * Familiarizarse con el modelo de un motor de CD de polos permanentes mediante el armado de un sistema de control de velocidad
- * Practicar un método para la identificación de sistemas de bajo orden.
- * Observar el efecto que la adición de un polo simple tiene en el comportamiento de un sistema de control realimentado.

Introducción:

En la figura 1 se muestra el esquema de un sistema de control de velocidad de un motor de CC de imanes permanentes, empleando como sensor de velocidad otro motor (del mismo tipo) a modo de taco-generador.

Si bien el tipo de motor considerado posee una realimentación interna que proveer de una importante regulación de velocidad frente a la carga, con el sistema de control realimentado se logra mejorar más esa propiedad. La función de transferencia del motor (velocidad/tensión de alimentación) es de segundo orden, pero normalmente basta un modelo simplificado, de primer orden, para describir el comportamiento del aparato.

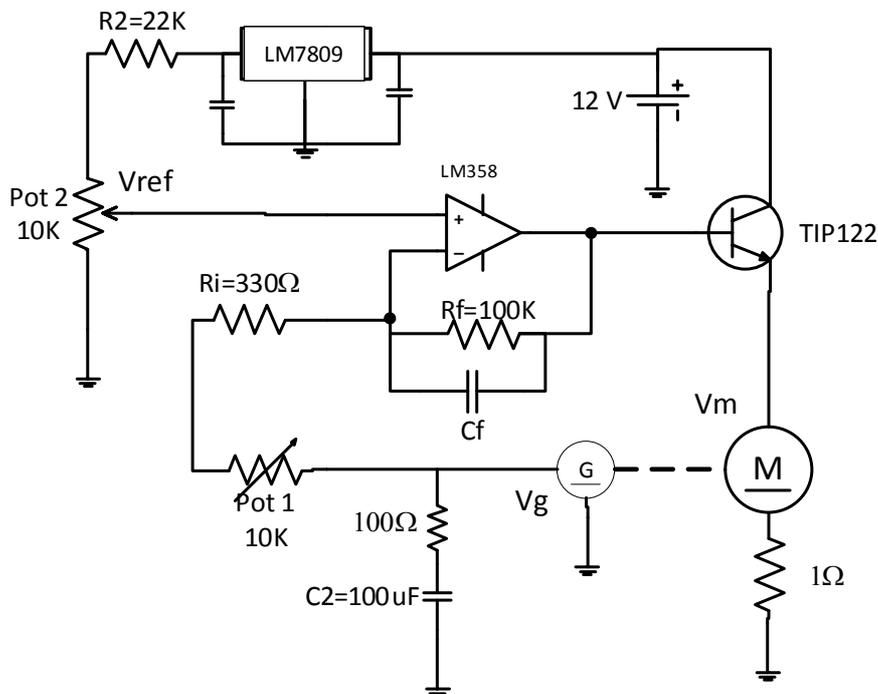


Figura 1: Sistema de control de velocidad

ACTIVIDADES

A) SIMULACIONES (para realizar en CASA)

El diagrama de bloques de la Figura 2 muestra un sistema de control realimentado, en el que se representa la función de transferencia correspondiente al controlador, el modelo simplificado de primer orden del motor de CC (incluyendo las masas y rozamiento del taco-generador como propias) y la función de transferencia del sensor. Las señales de entrada de interés son el set-point " V_{ref} " y el torque " T " impuesto por la carga, que se considera como la señal de perturbación más importante. Las variables de salida a considerar son la velocidad " ω " de rotación del eje y la tensión " V_g " que entrega el generador (sensor de velocidad).

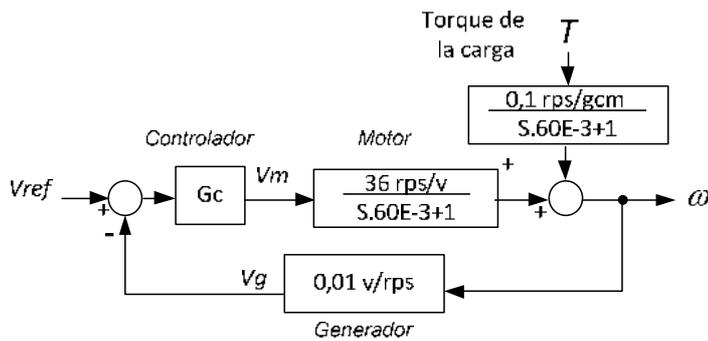


Figura 2: Sistema de control de velocidad

A.1. Simule el comportamiento del sistema para las ganancias de lazo más pequeña, una intermedia y, para la más grande. La función de transferencia del controlador es simplemente un amplificador de tensión con ganancia entre 10 y 300.

Observe las respuestas al escalón de entrada, y al escalón en la perturbación.

Considere la regulación de la velocidad de salida con respecto a la perturbación (torque externo) según se incremente la ganancia del controlador; ¿Cuánto es la mejora de tal regulación que se logra empleando el sistema realimentado de control de la velocidad de salida?

Mida la constante de tiempo principal del sistema realimentado. ¿Cuánto difiere con respecto a la constante de tiempo principal del motor a lazo abierto?

A.2. Simule la respuesta en el tiempo del sistema, (escalón de entrada y de perturbación) para las ganancias de lazo pequeña, media y alta. En este caso, considere que la función de transferencia del controlador es un amplificador de tensión con ganancia entre 10 y 300, con una constante de tiempo de aproximadamente igual a la propia del motor.

¿Cómo cambia la respuesta del sistema (velocidad de rotación) frente a comandos y perturbaciones "escalón" a medida que se incrementa la ganancia del amplificador?

A.3. Simule el comportamiento del sistema, para las ganancias de lazo pequeña, media y alta, esta vez suponiendo que el controlador es un amplificador (rápido) de tensión con ganancia entre 10 y 300, pero que se incluyó a la salida del sensor un filtro de primer orden con frecuencia de corte igual 10rad/seg

¿Cómo cambia la respuesta del sistema frente a comandos y perturbaciones "escalón" a medida que se incrementa la ganancia del amplificador?

B) TEÓRICAS

La Figura 3 muestra el modelo de un motor de CC de imanes permanentes, el cual da cuenta del "polo eléctrico", el "polo mecánico", la realimentación debido a la fuerza contra-electromotriz del inducido, la señal de alimentación " V_m " y la de perturbación debida al torque impuesto por la carga que el motor debe mover.

(Referencia: Cap. 4.6 Sist. Control Automatico -B. Kuo-)

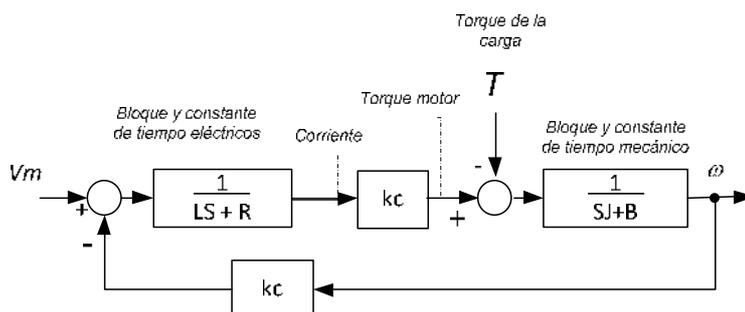


Figura 3: Modelo en bloques para un motor de CC de polos permanentes

B.1. La Figura 4 corresponde al modelo simplificado del mismo motor, teniendo en cuenta que el polo eléctrico suele ser mucho más rápido que el mecánico, y entonces el primero puede considerarse como un bloque constante frente al segundo. La función de transferencia final resulta de primer orden, con una constante de tiempo bastante similar a la del polo mecánico del motor. Rellene los bloques incompletos.

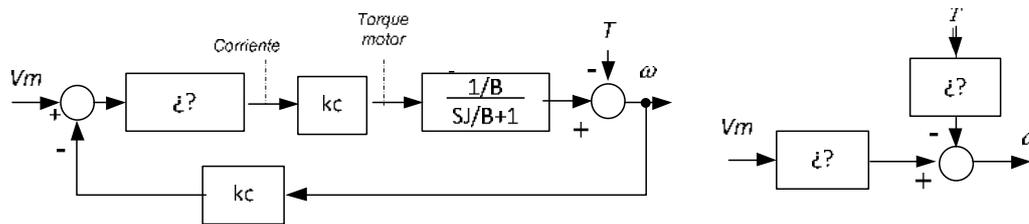


Figura 4: Diagramas de bloques aproximados para el motor

B.2. Suponga que los datos contenidos en la Figura 2, representan con la suficiente fidelidad al sistema que se usará en el laboratorio.

ii. Calcule la ganancia de lazo considerando que la función de transferencia del sensor de velocidad viene expresada en voltios/rps. Ídem para cuando viene expresada en mV/(rad/seg).

iii. Tomando en cuenta la sensibilidad del taco-generador: ¿Qué valor asignaría a la resistencia R2 si desease variar la velocidad del motor entre 0 y 2000rpm?

iv. Considerando la sensibilidad del sensor de velocidad y que la ganancia de lazo no puede hacerse infinita: estime el error de estado estacionario a lazo cerrado, para $V_{ref}=3v$, para las ganancias de lazo extremas. Es decir: con $V_{ref}=3v$ se esperaría tener una velocidad de giro específica para el eje del motor; pero tal velocidad no puede ser alcanzada con error nulo, sino con un error finito. (¿Cómo se sabe esto de antemano?)

B.3.i. Calcule la función de transferencia ω/V_{ref} para la ganancia de lazo máxima. ¿Cómo espera que resulte la respuesta al escalón, y cómo diferirá de la respuesta del motor a lazo abierto?

B.3.ii. Calcule la función de transferencia ω / V_{ref} para la ganancia de lazo máxima, pero considerando que el amplificador presenta una constante de tiempo de 50ms. ¿Cómo se reubican los polos de lazo cerrado?. ¿Cómo espera que sea la respuesta al escalón del sistema en este caso?

B.3.iii. Calcule la función de transferencia $\omega / V_{ref} \dots$, pero considerando que se colocó un filtro pasa-bajos (RC) de 10ms de constante de tiempo a la salida del sensor de velocidad. ¿Cómo se reubican los polos de lazo cerrado? ¿Cómo espera que sea la respuesta al escalón del sistema en este caso?

C) EXPERIMENTALES (en el Laboratorio)

Cada grupo deberá acudir al laboratorio con el circuito de la Figura 1 armado en proto-board, sin incluir el motor, el generador ni el sensor de velocidad óptico, que les serán provistos por la cátedra.

C.1. A lazo abierto: encuentre la función de transferencia V_s/V_m del motor-sensor. Para lograrlo se sugiere que reduzca al mínimo la ganancia de lazo, accione el potenciómetro Pot 1 hasta lograr proveer 6 voltios a V_m . luego, cortocircuite el potenciómetro y libere el cortocircuito para generar un escalón en la señal V_i . Mida valores iniciales y finales de las variables involucradas y la constante de tiempo principal del sistema.

A partir del mismo experimento y de la señal arrojada por un sensor de giro óptico (del laboratorio) encuentre la función de transferencia ω / V_m , y V_s / ω del sensor de velocidad.

Observe el rizado en la señal del sensor de velocidad: ¿A qué se debe? ¿Cómo cambia con la velocidad de giro del eje?

C.2. Sin incluir C1 en el circuito y con V_{ref} entre 3 y 4V: observe las respuestas al escalón para la señal de referencia y para una perturbación en el torque. Observe el cambio en la constante de tiempo con respecto a lazo abierto. Observe la forma de la tensión V_n y de la corriente circulando por el motor (midiendo sobre la resistencia de 1ohm), con y sin perturbación de torque. Tome nota de la velocidad de giro más pequeña que pueda alcanzar con el dispositivo.

C.3. Mida el error de estado estacionario para ganancias pequeñas y, elevadas. (Se debe medir Ω y V_{ref}). Compare con la predicción teórica.

C.4. Incluya el condensador $C1=1\mu f$, y observe el comportamiento de la respuesta al escalón (para la referencia y la perturbación de torque) para distintas intensidades de la ganancia de lazo.

C.5. Conecte el potenciómetro de realimentación a la salida del filtro (RC adosado al sensor) de manera de que la señal filtrada sea la que ingrese al lazo de control. Observe el cambio en las respuestas al escalón de entrada y de la perturbación.

Comente cada una de las experiencias (C2,3... 5) en función de las actividades "Teóricas" desarrolladas en el apartado B.

Nota: Los puntos del apartado "para realizar en CASA" deben estar realizados antes de comenzar los ensayos en laboratorio. El grupo que no tenga sus procedimientos planteados, **NO PODRA REALIZAR EL ENSAYO.**

IMPORTANTE: *El ensayo COMPLETO debe ser defendido al final del turno de laboratorio*