

Laboratorio de Sistemas de Control I.

Quanser Practica #1.

Modelado de un motor DC controlado por armadura.

1- Finalidad de la practica

El objetivo de la práctica es que el estudiante se familiarice con el modelado de un motor DC, utilizando el equipo de Entrenamiento Control de Motor (DCMCT), a través del laboratorio remoto Lab-Control. Se determinan los parámetros del motor mediante pruebas experimentales para obtener la función de transferencia equivalente del sistema. Además, se realiza la validación del modelo.

2- Equipo necesario

- Computadora con acceso a internet.
- Usuario y contraseña para ingresar a el laboratorio remoto.

3- Bibliográfica

- Texto vigente de la asignatura.
- Manual del equipo DCMCT.
- Manual del laboratorio remoto Lab-Control.

4- Introducción

En un diagrama de bloques, es necesario describir matemáticamente el comportamiento de los subsistemas que representan cada bloque para tener el modelo completo del sistema. Generalmente es suficiente trabajar con modelos linealizados donde se representa la dinámica mediante funciones de transferencia. Estas funciones de transferencia se pueden obtener a partir de las leyes físicas que describen cada subsistema o por medio de experimentos realizados con el sistema real.

En esta práctica se obtendrá un modelo matemático lineal de un motor DC, considerando los aspectos relevantes para su control y realizando aproximaciones razonadas. Se determinarán las características estáticas y dinámicas del sistema.

La validación del modelo obtenido se realiza mediante la ejecución de simulaciones, comparando su respuesta con la del sistema real. Esto con la finalidad de garantizar el desempeño esperado del sistema.

5- Descripción del equipo DCMCT

El Entrenador de Control de Motor DC (DCMCT) es una unidad diseñada para enseñar y demostrar de diferentes maneras, la teoría de control básica de un servomotor. En la Tabla 1 y 2 se encuentran las especificaciones de los parámetros del sistema.

Tabla 1 - Características del motor del equipo DCMCT

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad
k_t	Constante de torque del motor	0.0502	N.m/A
R_m	Resistencia de armadura del motor	10.6	Ω
L_m	Inductancia de armadura del motor	0.82	mH
	Torque continuo máximo del motor	0.035	N.m
	Potencia nominal del motor	18	W
J_m	Momento de inercia del rotor del motor	1.16×10^{-6}	kg.m ²
t_m	Constante de tiempo mecánica del motor	0.005	s
M_l	Masa del disco de carga inercial	0.066	kg
r_l	Radio del disco de carga inercial	0.0248	m

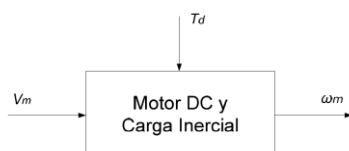
Tabla 2 - Características del amplificador lineal del equipo DCMCT

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad
V_{max}	Voltaje de salida máximo del amplificador lineal	15	V
	Corriente de salida máxima del amplificador lineal	1.5	A
	Potencia de Salida Máxima del Amplificador Lineal	22	W
	Potencia Disipada Máxima del Amplificador Lineal Con Disipador de Calor, $R_L=4\Omega$	8	W
	Ganancia del Amplificador Lineal	3	

6- Trabajo previo al laboratorio

6.1- Determinación de las ecuaciones del sistema.

El motor, la carga inercial, el amplificador de potencia, el encoder y el filtro para obtener la velocidad, del equipo DCMCT pueden ser modelados como un subsistema denominado “Motor y Carga Inercial”, como se representa en la Figura 1.

**Figura 1 - Subsistema motor y carga inercial**

El bloque tiene una entrada de voltaje al motor V_m y una salida de velocidad angular del motor ω_m . Adicionalmente se considerará una segunda entrada: la perturbación de torque, T_d , aplicada a la carga inercial. En esta práctica se deducirá el modelo matemático del subsistema “Motor y Carga Inercial”.

6.1.1- Determinar las ecuaciones diferenciales que describen el sistema de la figura 2.

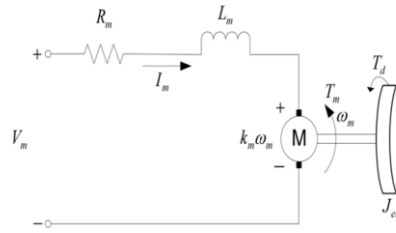


Figura 2 - Esquema de motor DC

Nota: cuando se utiliza el Sistema Internacional (SI) de unidades, la constante de torque del motor k_t es numéricamente igual a la constante de fuerza contra electromotriz k_m . Es decir, $k_t = k_m$. Por lo tanto, utilizaremos k_m para referirnos a cualquiera de las dos constantes.

6.1.2- Calcular el momento de inercia total del sistema J_{eq} , despreciando la fricción. Considerar la inercia de la carga $J_l = \frac{1}{2} M_l * R_l^2$

6.1.3- Determinar la constante de tiempo eléctrica del motor τ_e . Esto se realiza asumiendo que el motor está detenido y considerando:

$$\frac{I_m}{V_m} = \frac{K_e}{1 + \tau_e s}$$

6.1.4- Simplificar la ecuación eléctrica del motor, despreciando L_m .

6.2- Características Estáticas.

6.2.1- Determinar la máxima velocidad angular del motor, es decir, la velocidad cuando el torque aplicado es cero, por lo tanto, la corriente es cero también y la tensión de entrada es máxima. Asumir que no existe fricción ni perturbaciones.

6.2.2- Determinar la máxima corriente del motor I_{max} y el máximo torque generado T_{max} .

6.2.3- Durante la práctica, se determinará la resistencia R_m y la constante de torque del motor k_m , deducir las expresiones para calcular dichos parámetros.

6.3- Modelo Dinámico.

6.3.1- Determinar la expresión de la función de transferencia del motor a lazo abierto $G_V(s)$, considerando como entrada la tensión del motor y como salida la velocidad angular del mismo. La inductancia de armadura del motor puede despreciarse.

6.3.2- Dibujar el diagrama de bloques del motor a lazo abierto. Utilizar bloques básicos (amplificador, sumador, integrador, etc.).

6.3.3- Expresar $G_V(s)$ en función de la ganancia estática K y la constante de tiempo τ , tal que:

$$G_V(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

6.3.4- Determinar la función de transferencia $G_{Td}(s)$ debida a la perturbación de torque T_d aplicada en la carga inercial. Exprésela en función de los parámetros K_{Td} y τ_{Td} .

$$G_{Td}(s) = \frac{K_{Td}}{\tau_{Td}s + 1}$$

6.3.5- Evaluar numéricamente las funciones de transferencia de los puntos 6.3.3 y 6.3.4.

6.3.6- Simplifique el diagrama de bloques obtenido en el punto 6.3.2. de manera que tenga la estructura de bloques representada en la Figura 3. Indique las funciones de transferencia de cada bloque.

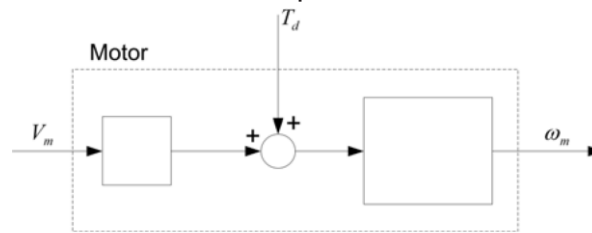


Figura 3 - Diagrama de bloques simplificado

7- Manejo y configuración del Laboratorio remoto Lab-Control

7.1- Ingresar a la página web del laboratorio remoto.

7.2- Iniciar sesión con los datos dados por el docente.

7.3- Para esta práctica de modélalo Seleccionar la opción 1 como se muestra en la Figura 4. En esta opción se ejecuta el proceso configurado a lazo abierto, utilizando como entrada el voltaje del sistema V_i

Lab-Control

Practica #1 Modelado

Practica: ☒ 1 ☐ 2

Datos Práctica

Señal de entrada:

Amplitud:

Perturbacion: ☐

Ejecutar simulacion

Pdf: Practica 1

Figura 4 - Formulario practica #1

El formulario de la práctica cuenta con 3 campos, en el primer campo debe seleccionar la señal de entrada con la que quiere que se energice el equipo Quanser (escalón, escalera o rampa) señales que se presentan en la Figura 6 al final del enunciado donde puede observar su comportamiento.

En el campo amplitud debe ingresar el valor por el que desea multiplicar la señal de entrada, en el caso de seleccionar escalón se le permitirá ingresar valores entre $\pm 5V$, si selecciona escalera o rampa el valor amplitud solo puede tomar los valores $\pm 1V$ que permitirá invertir la señal en el eje de las ordenadas.

La perturbación solo se encontrará habilitada para la señal escalón y la amplitud debe tener un valor entre $\pm 3V$. La perturbación sumara a la señal escalón una amplitud de 1V a los 3seg de ejecución.

Esta misma página tiene una ventana en donde se muestra la gráfica del voltaje de salida del sistema Vout en función del tiempo, que se ejecuta en tiempo real, al finalizar dicha ejecución se puede consultar los valores de la gráfica en el botón datos Figura 5, también se muestran 2 marcadores con el voltaje y velocidad ω_m de salida del sistema.

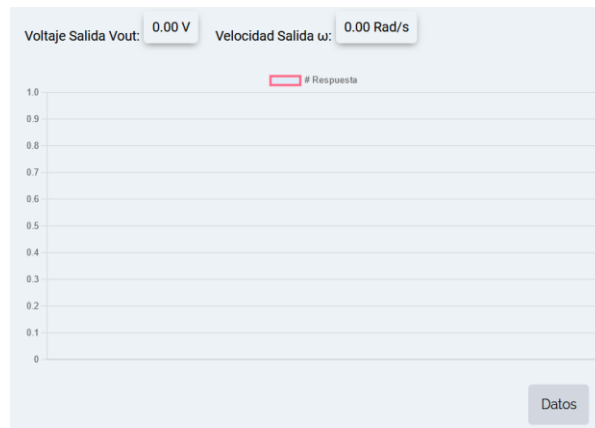


Figura 5 - Gráfica del laboratorio remoto.

8-Trabajo Práctico

8.1- Características Estáticas.

8.1.1- Determinación de la velocidad máxima.

El voltaje de entrada del motor es de 15V, pero el voltaje de entrada V_i está limitado a 5V. Fijar V_i a 5V, medir la velocidad y extrapolar este valor para hallar la velocidad máxima, que corresponde a 15V.

8.1.2- Determinación del voltaje de fricción inicial.

Seleccionar como señal de entrada “Rampa” e ingresar en el campo amplitud un valor de 1, ejecutar la simulación y tomar nota de cuando el motor comience a girar, se recomienda utilizar los datos entregados al final de la simulación para obtener un valor más preciso.

Repetir el mismo procedimiento, pero para un valor de amplitud igual a -1.

8.1.4- Determinación de la constante de torque (o de fuerza contra electromotriz) del motor.

Tabla 8.1

V_i [V]	ω_o [rad/s]	I [A]	K_m
1		0.0051	
2		0.0072	
3		0.0132	
4		0.0165	

Para valores de tensión del motor V_i dados en la Tabla 8.1, medir la velocidad angular con el motor girando libre. Realizar 4 mediciones. Calcule la constante de fuerza contra electromotriz k_m y complete la tabla. Compare el valor estimado con el valor especificado en el manual del equipo y comente los resultados.

Para este punto seleccione la señal de entrada “Escalera” e ingrese un valor de amplitud igual a 1, ejecute la simulación y tome nota de los valores obtenidos, se recomienda hacer uso de los datos entregados al final de la simulación.

8.1.5- Función de transferencia del motor.

Con los datos obtenidos anteriormente, determinar la función de transferencia del motor a lazo abierto $GV(s)$, indicando la ganancia estática de lazo abierto y la constante de tiempo. Comparar con los valores calculados teóricamente y comente los resultados.

8.2- Modelo Dinámico.

8.2.1- Determinar experimentalmente un modelo del sistema, mediante prueba de funcionamiento (Bump test). Esta prueba se basa en el estudio de la respuesta del sistema ante una entrada escalón. Seleccionar la entrada escalón y en el campo amplitud ingresar un valor igual a 3.

Determinar gráficamente la función de transferencia del motor, indicando la ganancia estática de lazo abierto y la constante de tiempo. Comparar con los valores calculados teóricamente y con los resultados del punto 8.1, comentar.

8.4- Efecto de una Perturbación.

8.4.1- Seleccionar el check-box de perturbación en el Lab-Control, y ejecute el sistema. Observar lo ocurrido y comente acerca del efecto de una perturbación en un sistema a lazo abierto. Recuerde que debe Seleccionar como señal de entrada “Escalón” y debe tener una amplitud entre ± 3 .

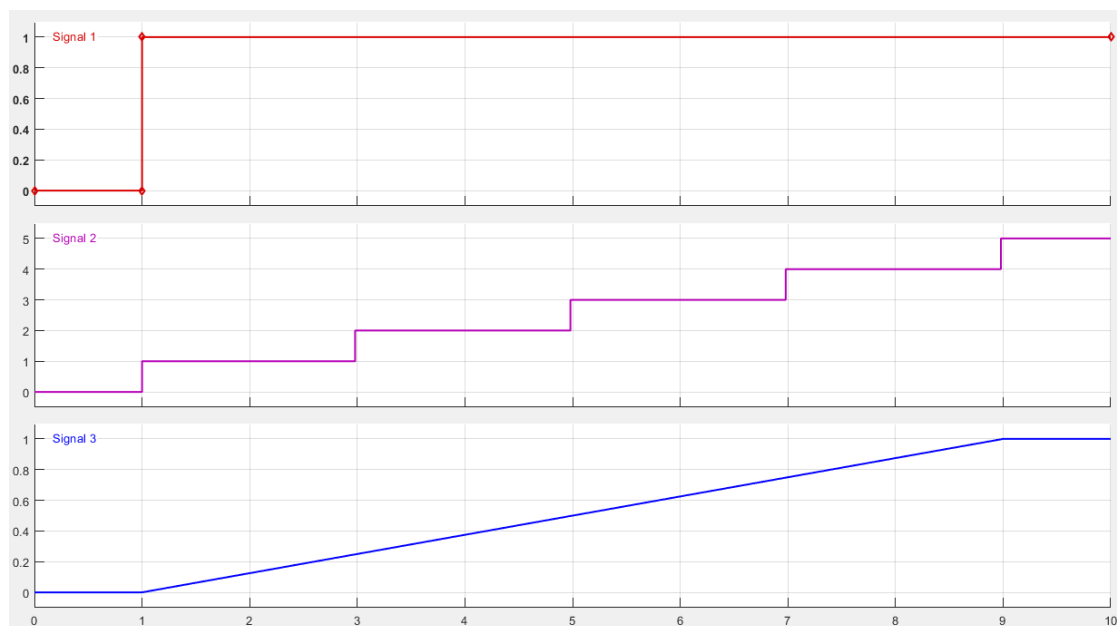


Figura 6 Señales disponibles para alimentar el equipo Quanser