

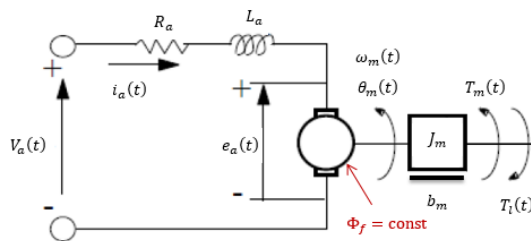
Trabajo Práctico Unidad 4:

Control de Accionamientos de CC

Preparó: Verónica Vallejos / Rev.: Ing. Gabriel Julián

Ejercicios: Modelo dinámico y análisis de Máquina de CC con Escobillas

1. Expresar el **modelo dinámico LTI en el espacio de estados** de una máquina de CC con escobillas y excitación por imanes permanentes, a partir del siguiente modelo físico idealizado:



2. Expresar las **funciones (matriz) de transferencia** del sistema. Analizar la **Estabilidad** y determinar en qué casos el comportamiento de la máquina es subamortiguado, con amortiguamiento crítico o sobreamortiguado.
3. Analizar la **Controlabilidad** del modelo, siendo la tensión de armadura la variable manipulable. Analizar la **Observabilidad** del modelo, siendo la salida la posición angular del rotor del motor; repetir considerando la velocidad angular del rotor como variable de salida (en vez de la posición angular) → comparar resultados e interpretar.
4. Seleccionando el motor **G242** en la **Tabla 1**, realizar la **simulación del modelo a lazo abierto** con acción de control escalón y perturbación escalón aplicados en tiempos diferentes (de magnitudes adecuadas dentro de los límites operativos); evaluar los resultados obtenidos.
5. Simular los siguientes casos particulares de **Ensayo en modo generador** (variable manipulada: TI)
 - a) Armadura en Cortocircuito: **va=0** (bornes en cortocircuito) → **la nominal**
 - b) Armadura a Circuito Abierto: **va=fem=Ke.w** (bornes a circuito abierto) → **Va nominal**

Tabla 1:

G240 Series Performance Specifications															
Motor Ratings				240			241			242			243		
Continuous Stall Torque (Ncm)				20.5			26.8			35.3			38.8		
Continuous Stall Torque (oz-in)				29			38			50			55		
Peak Torque (Ncm)				169.5			197.7			247.2			282.5		
Peak Torque (oz-in)				240			280			350			400		
Maximum Terminal Voltage (V)				60			60			60			60		
Maximum Operating Speed (rpm)				5000			5000			5000			5000		
Mechanical Data															
Rotor Inertia (kg cm ²)				0.268			0.353			0.438			0.565		
Rotor Inertia (oz-in-sec ²)				0.0038			0.0050			0.0062			0.0080		
Damping Constant (Ncm/krpm)				0.071			0.106			0.141			0.212		
Damping Constant (oz-in/krpm)				0.10			0.15			0.20			0.30		
Thermal Resistance (C/watt)				5.0			4.6			4.2			4.0		
Maximum Armature Temperature (°C)				155			155			155			155		
Maximum Friction Torque (Ncm)				2.1			2.1			2.1			2.1		
Maximum Friction Torque (oz-in)				3			3			3			3		
Maximum Radial Load (25mm from bearing) (Kg)				4.5			4.5			4.5			4.5		
Maximum Radial Load (25mm from bearing) (lbs)				10			10			10			10		
Weight (Kg)				1.0			1.0			1.0			1.0		
Weight (lbs)				2.1			2.1			2.1			2.1		
Electrical Data															
				A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Kt Torque Constant +10% (Ncm/amp)				5.4	6.8	13.5	6.6	8.3	10.5	8.3	10.4	13.3	9.7	12.5	15.3
Kt Torque Constant +10% (oz-in/amp)				7.7	9.6	19.2	9.3	11.7	14.9	11.7	14.7	18.8	13.8	17.7	21.6
Ke Voltage Constant +10% (V/Krpm)				5.7	7.1	14.2	6.9	8.7	11.0	8.7	10.9	13.9	10.2	13.1	16.0
Terminal Resistance (ohms)				1.2	1.6	5.4	1.3	1.8	2.7	1.4	2	3	1.6	2.9	3.4
Maximum Continuous Current (A)				3.8	3.0	1.9	4.1	3.2	2.6	4.2	3.4	2.7	4.0	3.1	2.3
Maximum Peak Current (A)				31	24	13.9	30	24	19	31	24	19	34	26	21
Armature Inductance (mH)				1.9	3.0	8.2	2.6	4.1	6.5	3.3	5.2	8.3	4.1	6.8	10.3

Ejercicio de Aplicación: Control de velocidad de Motor ElectroCraft G364

6. Simular el modelo dinámico del motor **G364**, cuyos parámetros se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2:

G360 Series Performance Specifications		
Motor Ratings	362	364
Continuous Stall Torque (Ncm)	8.5	14.1
Continuous Stall Torque (oz-in)	12	20
Peak Torque (Ncm)	31.8	56.5
Peak Torque (oz-in)	45	80
Maximum Terminal Voltage (V)	30	30
Maximum Operating Speed (rpm)	5000	5000
Mechanical Data		
Rotor Inertia (kg cm ²)	0.021	0.049
Rotor Inertia (oz-in-sec ²)	0.0003	0.0007
Damping Constant (Ncm/krpm)	0.141	0.141
Damping Constant (oz-in/krpm)	0.2	0.2
Thermal Resistance (C/watt)	7.8	7.5
Maximum Armature Temperature (°C)	155	155
Maximum Friction Torque (Ncm)	1.1	1.1
Maximum Friction Torque (oz-in)	1.5	1.6
Maximum Radial Load (25mm from bearing) (Kg)	2.3	2.3
Maximum Radial Load (25mm from bearing) (lbs)	5	5
Weight (Kg)	0.3	0.5
Weight (lbs)	0.7	1.1

7. Realizar el análisis a lazo abierto, determinar los polos del sistema a partir del polinomio característico.
8. Simular los siguientes casos:
 - a) a Lazo Abierto (Máq. y Carga) con escalón de tensión v_a
 - b) Incorporación de Chopper (v_a pulsante PWM)
9. Realizar el **control de Posición con Retroalimentación de estado estimado con Observador de Estado Completo y simular consignas.**

Ejercicio de Aplicación: Control de Corriente / Torque de ElectroCraft G364

10. Realizar el desacoplamiento de realimentaciones naturales del modelo, el lazo de control de corriente (suficientemente rápido, ej. BW= 1kHz) y
11. Realizar el control de torque y el modelo equivalente simplificado.
12. Realizar el control de Movimiento en Cascada (PID) con modulador de torque.
13. Determinar las ganancias del controlador a través del método de sintonía serie para:

$$\omega_{pos} = 800 \text{ rad/s}$$

$$n = 2$$

14. Realizar un análisis comparativo con el ejercicio anterior: Control de posición por Realimentación Completa de estado, sin acción Integral ni referencia de velocidad VS Control de Movimiento en Cascada (PID).

Ejercicio de Aplicación: Observador de Estado parcial de ElectroCraft G364

15. Implementar un observador de estado parcial (posición y velocidad) a partir de medición de posición, para realimentar la estimación de velocidad obtenida a fin de realizar los desacoplamientos del modulador de torque y realimentación de velocidad estimada al controlador de Movimiento PID. Asumir dos polos de lazo cerrado reales iguales ubicados en $p_{obs} = -2500 \text{ rad/s}$.
16. Realizar en diagrama de bloques correspondiente y la conexión de las señales de realimentación al modulador de torque y control de movimientos.