

# Tarea 1

## Control básico de un motor dc de imanes permanentes

**Objetivo:** simular el control básico de un motor dc para distintos cambios en la velocidad deseada y torque de carga.

**Software necesario:** PLECS o Simulink (se recomienda configurar la simulación usando un paso fijo (fixed step) de por lo menos 1e-5 segundos).

**Fecha de entrega:** por definir.

**Forma de entrega:** solo informe ejecutivo en extensión pdf. Formato libre. Máximo 4 páginas.

### Descripción general

Esta tarea busca que el estudiantado simule el sistema de control de una máquina dc considerando control de corriente y velocidad, tal y como se vio en clase. Además, se busca que el estudiantado comprenda la importancia del adecuado diseño del sistema de control de las máquinas eléctricas con convertidores electrónicos. Los parámetros del motor dc y del convertidor puente H se pueden encontrar en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros de la máquina dc a controlar

Parámetros de la máquina	
Tensión nominal	12 V
Velocidad máxima	118 rpm (12.3 rad/s)
Corriente a rotor bloqueado <sup>1</sup>	20 A
Torque a rotor bloqueado	6.8 Nm
Inercia rotacional	1 Nms <sup>2</sup>
Inductancia de armadura	10 mH
Resistencia de armadura	0.6 $\Omega$
Inductancia mutua entre campo y armadura	2 H
Inductancia de campo <sup>2</sup>	1 mH
Resistencia de campo	200 $\Omega$
Tensión de campo	33.85 V
Parámetros del puente H	
Tensión de la batería	15 V
Corriente máxima	30 A
Frecuencia de conmutación (carrier)	2 kHz

### Procedimiento

Por comodidad, el sistema a simular puede ser dividido en 5 bloques. Estos bloques, así como sus características y requisitos se detallan a continuación:

#### Máquina dc

Se debe configurar los parámetros de una máquina dc convencional para que se comporte como una máquina dc de imanes permanentes. Para ello, simplemente se conectará una fuente de tensión de 33.85 V (ver Tabla 1) para producir una corriente de campo específica que se comporte como el imán buscado. En la figura 1 se muestra un dibujo de lo que se debe hacer. Se debe tener especial cuidado en que algunos de los parámetros de la Tabla 1 son específicos para lograr el efecto deseado, así que se deben respetar. La salida de la máquina dc será su corriente de armadura, la tensión de armadura y la velocidad. La entada será una señal de torque cuya configuración se dará más adelante.

<sup>1</sup> Por lo general los parámetros a rotor bloqueado corresponden a los parámetros máximos en operación segura.

<sup>2</sup> La inductancia, resistencia y tensión de campo se especifican porque ni PLECS ni Simulink poseen motores dc de imanes permanentes, entonces se debe configurar el devanado de campo de un motor dc convencional.

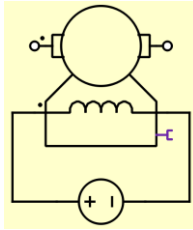


Figura 1: Conexión del devanado de campo para efectos de esta tarea (PLECS).

### Puente H

Debe ser construido utilizando MOSFETs en paralelo con diodos o interruptores ideales. La alimentación del puente H será una batería ideal de 15 V, la cual será una de las entradas del puente. Las otras entradas serán las señales de disparo lógicas de los transistores. La salida del puente H será la tensión de armadura modulada, que será conectada a la máquina dc.

### Modulador del puente H

Se debe configurar un modulador unipolar para el puente H. La frecuencia de las ondas triangulares del modulador debe ser 2 kHz y su ciclo de trabajo debe ser de 50%. Recuerde que en la modulación unipolar se tienen 2 portadoras triangulares y están desfasadas  $180^\circ$  (ver notas de clase para una mejor referencia). La entrada del modulador será la tensión por modular (la tensión de armadura deseada) y sus salidas serán las señales de conmutación de los transistores.

### Controlador de corriente

La entrada de este bloque será la corriente de armadura real y la deseada, así como la velocidad de la máquina (para hacer la compensación feedforward). La salida será la tensión de armadura deseada. Algunos requisitos de este controlador son:

1. Debe tener la compensación feedforward para el control de la máquina (ver presentación de la clase).
2. Un ancho de banda entre 100 Hz y 200 Hz (se puede usar cancelación de polos y ceros, por ejemplo).
3. Modelar la saturación del actuador (puente H) considerando la tensión de la batería.
4. Protección del desbordamiento del modo integral ("anti wind-up"). Se sugiere que esta protección pueda ser fácilmente removida para comparar los efectos del anti wind-up fácilmente.

### Controlador de velocidad

La entrada de este bloque será la velocidad deseada y la velocidad real, ambas en rad/s. La salida será la corriente de armadura deseada. Algunos requisitos de este controlador son:

1. El ancho de banda del controlador debe estar entre 10 Hz y 20 Hz (10 veces menos al lazo interno de corriente).
2. Mantener la corriente de la máquina bien regulada, considerando una saturación en la corriente de armadura deseada.
3. Protección del desbordamiento del modo integral ("anti wind-up"). Se sugiere que esta protección pueda ser fácilmente removida para comparar los efectos del anti wind-up fácilmente.

## Validación

Antes de realizar pruebas finales, se recomienda validar poco a poco el sistema, para asegurarse que los bloques internos estén funcionando adecuadamente. Se debe realizar un informe ejecutivo donde se explique la configuración y creación de cada bloque (use imágenes). El informe debe contener, como mínimo, las siguientes pruebas usando gráficas representativas:

*Sin aplicar torque mecánico a la máquina*

1. Validación del conjunto modulador+puente H+motor. Sugerencia: conecte una tensión conocida en la entrada del modulador y verifique que se está aplicando una tensión equivalente por el algoritmo PWM.

2. Validación del control interno de corriente. Sugerencia: coloque valores deseados de corriente dentro de los límites permitidos y verifique que efectivamente se llega a los valores deseados (considere que el puente H podría saturarse).
3. Validación del control externo de velocidad. Sugerencia: aplique varios cambios en el valor deseado, dentro del rango permitido, tanto positivos como negativos, y verifique un adecuado seguimiento de las variables.

*Aplicando torque mecánico a la máquina*

1. Sin torque aplicado al eje de la máquina, lleve la velocidad desde 0 hasta el 50% del valor nominal. Una vez que el sistema esté estable, aplique un 75% de la carga nominal. Comente y explique por qué cambian las variables de interés de la máquina (corriente y tensión).
2. Con un 50% del torque de la máquina, lleve la máquina desde 0 al 100% de la velocidad nominal. Una vez que el sistema esté estable, lleve la velocidad de la máquina hasta el -100% de la velocidad nominal. Comente y explique por qué cambian las variables de interés de la máquina (corriente y tensión). Durante esta prueba, ¿La máquina se comporta siempre como motor?
3. Usando fuentes generadoras de valores aleatorios con cambios cada 3 s, cambie tanto la velocidad como el torque aplicado durante 30 s dentro de sus valores nominales (si el generador le pide un valor “seed”, utilice los último 4 dígitos de su carné). Verifique que el sistema funcione adecuadamente. Ahora repita la prueba, pero deshabilite la protección del desbordamiento del modo integral. Compare y comente los resultados.