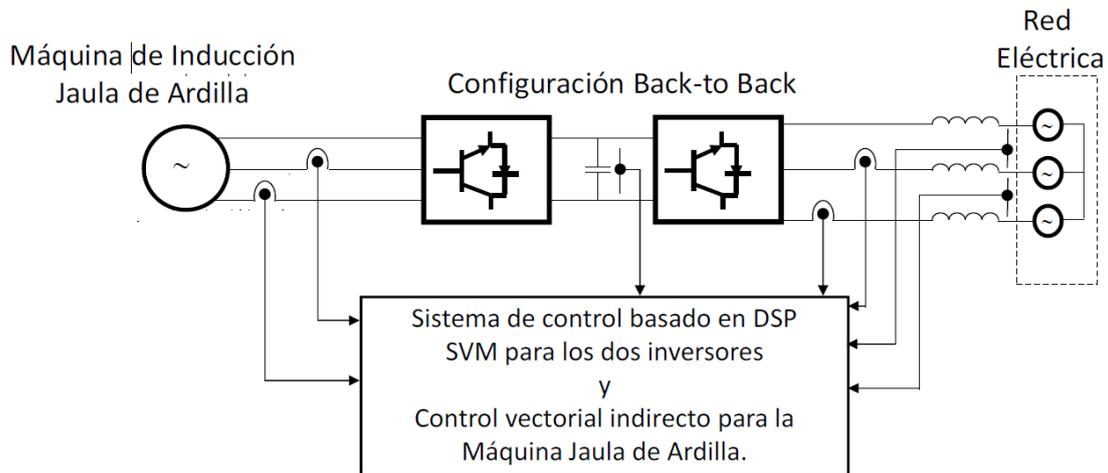


## Segunda Tarea de Electrónica de Potencia y Accionamientos

Se tiene un sistema de control de velocidad para una máquina jaula de ardilla de cuatro cuadrantes.



La máquina está alimentada utilizando convertidores conectados en configuración back-to-back. Los condensadores del enlace DC tienen una capacidad de 2000 $\mu$ F. La corriente nominal de la máquina de inducción es de 15A efectivos.

La máquina jaula de ardilla tiene los siguientes parámetros:

$$\begin{array}{llll}
 R_s=0.567\Omega & R_r=0.733\Omega & L_r=0.13953\text{H} & L_s=0.13953\text{H} \\
 L_\sigma=0.1353\text{H} & J=0.1\text{Kgm}^2 & B=0.005\text{Nm/rads}^{-1} & 
 \end{array}$$

En condiciones nominales la máquina se energiza con 380V, 50Hz. El número de pares de polos es dos. La corriente magnetizante, es de aproximadamente 5.17A efectivos. La velocidad nominal es de aproximadamente 1432rpm. Se asume que existe un sensor de velocidad y posición conectado a la máquina.

Por un error de operación el convertidor del lado de la red se encuentra sin señales PWM y funciona solo como rectificador. Se debe modelar la máquina de inducción, el rectificador y el convertidor del lado de la máquina utilizando PLECS. La impedancia de la red es despreciable.

El convertidor conectado al motor debe ser controlado utilizando PWM con inyección de armónicos de secuencia cero (principalmente el tercero) y una frecuencia de switching de al menos 4kHz. Existe un sistema de frenado disipativo que conecta una resistencia cuando el voltaje del dc-link supera los 700V. La resistencia es de aprox. 100 $\Omega$  conectada en serie con una inductancia de 3mH. Rediseñe el sistema de frenado si es necesario.

Se pide:

Los gráficos de corriente y voltajes (en coordenadas d-q y  $\alpha$ - $\beta$ ) deben ser realizados considerando los valores rms de esas variables

- a) Modele el sistema en PLECS e implemente un sistema de control vectorial indirecto. Diseñe los controladores para obtener lazos de corriente con frecuencia natural de 110Hz, coeficiente de amortiguamiento de [0.7-0.8]. El lazo de velocidad debe ser diseñado para operar con frecuencia natural de 10Hz. Ambos lazos deben tener cero error en estado estacionario a entrada escalón y anti winding-up del componente integral. Los términos de desacoplamiento deben ser considerados al implementar el control.
- b) Operando la máquina en condiciones nominales, con flujo y corriente nominal, encuentre la distorsión armónica de corriente y voltaje. Grafique los espectros de frecuencias e identifique los armónicos del PWM en las corrientes/voltajes.
- c) Asumiendo que la máquina se encuentra operando a flujo nominal, a una velocidad constante de 900rpm, someta la máquina a cambios tipo escalón en la corriente en cuadratura, desde 0 al valor nominal, manteniendo la corriente  $i_{ds}$  constante. Desconecte el lazo de velocidad en esta prueba y considere la velocidad constante. Grafique  $i_{qs}$ ,  $i_{ds}$ , el flujo y las corrientes del rotor  $i_{qr}$ ,  $i_{dr}$ . Encuentre también (para el rotor y el estator) las corrientes reales en coordenadas naturales  $i_a$ ,  $i_b$  e  $i_c$ .
- d) Para las condiciones de c), verifique que las corrientes  $i_{qs}$ ,  $i_{ds}$  se encuentran efectivamente desacopladas.
- e) Asumiendo que la máquina se encuentra operando con corriente de cuadratura nominal, a una velocidad constante de 900rpm, someta la máquina a cambios tipo escalón en la corriente de flujo desde  $i_{dsn}$  a  $i_{dsn}/2$  y viceversa. Desconecte el lazo de velocidad en esta prueba y considere operación a velocidad constante. Grafique  $i_{qs}$ ,  $i_{ds}$ ,  $i_m$  el flujo y las corrientes del rotor. Encuentre también las variables en coordenadas naturales.
- f) La máquina con todos los lazos conectados, se somete a un cambio tipo escalón en la velocidad rotacional entre 0-900rpm, cuando bruscamente y por un error en la programación del sistema de control, la constante de tiempo estimada se incrementa al doble del valor real ( $\hat{\tau}_r \rightarrow 2\tau_r$ ) cuando  $\omega_r \geq 450$ rpm. Grafique las variables de interés y encuentre las corrientes reales ( $i_{ds}$  e  $i_{qs}$ ) con las que opera la máquina.
- g) La máquina se encuentra operando a 1100rpm cuando se cambia la referencia de velocidad a 0. Compruebe que el frenado disipativo opera adecuadamente. ¿Cuánta energía entregó la máquina al dc link?. ¿Cuál fue el voltaje máximo alcanzado?
- h) El sistema está operando a 700rpm en estado estacionario cuando al eje del motor se incorpora bruscamente una carga de extra con  $J_L=1\text{kgm}^2$   $B=0.05$  Nm/rads<sup>-1</sup>. Encuentre las respuestas de las corriente de estator y rotor en  $\alpha$ - $\beta$  y d-q. Encuentre también la respuesta en el tiempo de la velocidad rotacional.

## Informe

El informe debe considerar introducción y conclusiones. El nombre de las otras secciones es libre.

El informe debe ser escrito a espacio y medio utilizando “font” Times Romans número 12 en el texto principal.

Los títulos pueden ser de tres niveles, respetándose el siguiente formato:

**a) I. Diseño del Lazo de Corriente** (Primer nivel, centrado y en negritas).

*b) 1.1 Compensación en el lazo de realimentación* (Segundo nivel, letra Itálica, justificado a la izquierda).

*c) A. Obtención del ancho de Banda* (Tercer nivel, letra normal, justificado a la izquierda).

Todas las figuras deben ser numeradas consecutivamente. Por ejemplo “Figura 1. Respuesta considerando antiwinding up”. Para figuras similares se puede utilizar Figura 1a, Figura 1b, etc. El nombre y número de la figura debe colocarse bajo ésta en formato time Romans 10.

Todas las figuras deben ser discutidas en el texto. La figura debe ser mencionada en el texto, por primera vez, con anterioridad a su inserción.

Tanto los ejes horizontales como verticales de todas las figuras deben tener una breve descripción del fenómeno mostrado así como las unidades de medida utilizadas. Por ejemplo:

Voltaje en DC link (V), Velocidad (RPM), Corriente de Armadura (A), Tiempo (mS).

En general para las unidades de medida se recomienda utilizar el formato IEEE que está disponibles en internet.

**Ajuste la escala de tiempo de las figuras para mostrar lo que es realmente importante.** Por ejemplo no muestre la corriente de la máquina por 15 segundos, si la parte importante, el transiente de velocidad o corriente, termina en uno o dos segundos.

No coloque un número exagerado de figuras en el informe. Muchos estudiantes utilizan cuatro o cinco figuras para discutir algo que puede ser explicado con solo una figura bien elaborada.

Las ecuaciones deben ser numeradas consecutivamente utilizando el formato:

$$V = L \frac{di}{dt} + Ri \quad (1)$$

El número de la ecuación debe estar alineado con el margen derecho. El tamaño del “font” utilizado en las ecuaciones debe ser menor o igual al del texto. Refiérase a la ecuación utilizando su número. Por ejemplo, “en (1) se define la respuesta dinámica de la corriente de armadura.....”.

Redacte adecuadamente asegurándose de que transmite la idea apropiada.



Segunda tarea EL7032, RCD 2015