

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA

ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Driver de motor de inducción

Alumnos:

ELÍAS Tomás R.

Leg 62510

HERNANDO Diego J.

Leg 62509

MALERBA Martín I.

Leg 63495

MIRANDA Joaquín M.

Leg 62513

Docentes:

OROS Ramon Ceferino (Adjunto)

AVRAMOVICH Javier Alejandro (JTP)

6 de febrero de 2017

Índice

1. Introducción teórica	2
2. Simulación	3
3. Mediciones realizadas	4
4. Interpretación de las mediciones	6
5. Conclusiones	7

1. Introducción teórica

El principio de funcionamiento de un motor de inducción se basa en aplicar una tensión en el estator, la cuál genera una corriente produciendo un campo magnético en el entrehierro e induciendo una corriente en el rotor. Ésta corriente junto con el flujo y el área encerrada por la bobinas del rotor, generan una fuerza magnetomotriz y en consecuencia, un torque.

Los motores de CA son más ligeros, económicos y requieren de menor mantenimiento que los de CC. Sin embargo, los equipos de velocidad variable necesitan una electrónica de potencia mas cara y compleja.

En el caso del motor de inducción, el rotor se encuentra desfasado respecto del campo magnético giratorio. El mismo puede ser bobinado con anillos rozantes y escobillas o bobinado en corto circuito, también conocido como jaula de ardilla.

La variación de velocidad se puede realizar de 3 maneras:

- Variando el número de par de polos p .
- Variando el deslizamiento s .
- Variando la frecuencia del estator f_1 .

Siendo la velocidad de giro:

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f_1}{p}(1 - s)$$

El método más práctico para variar la velocidad de giro, es cambiar la frecuencia de alimentación f_1 que llega al estator, ya que esta modifica la velocidad de sincronismo del campo magnético giratorio y por ende la velocidad mecánica de giro.

Para realizar el control se utilizará un inversor trifásico SPWM, cuyos parámetros característicos son el índice de modulación en frecuencia m_f y en amplitud m_a . Además requiere poco filtrado para la reducción de armónicos y el control de la amplitud en la primera armónica, a través del m_a , disminuye la THD considerablemente comparado con otras técnicas. Existen diferentes formas de controlar estos inversores, la mayoría son digitales y utilizan algoritmos o tablas para variar el ancho del pulso en función de la amplitud y de la frecuencia deseada.

2. Simulación

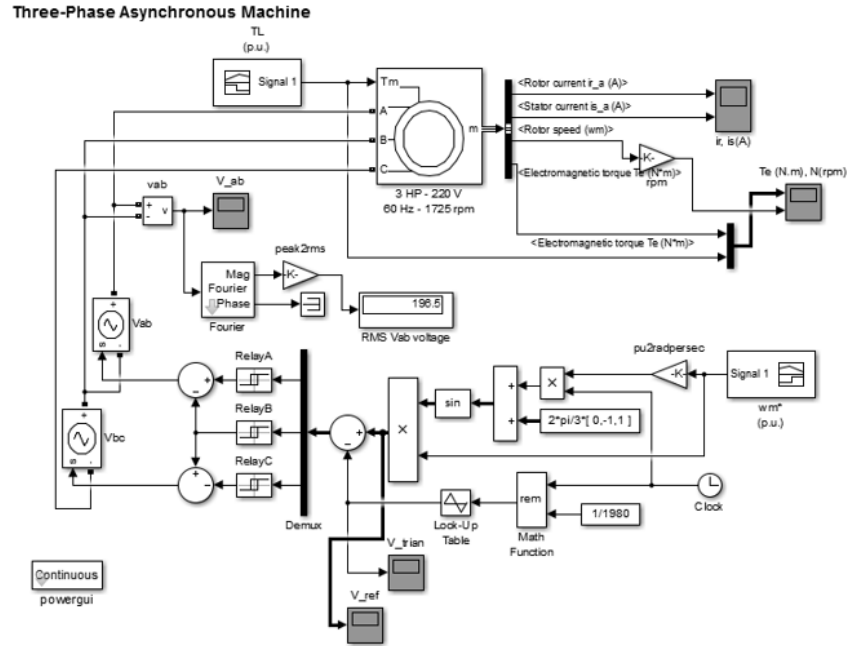


Figura 1: Circuito de simulación

El circuito a simular se presenta en la Fig.1, el mismo consta de una parte de control con el inversor trifásico SPWM, el cual genera la CA para alimentar al motor, y su aplicación al mismo.

La frecuencia de la onda base sinusoidal se fija en 60 Hz por medio de una ganancia de tensión y la frecuencia de la onda triangular portadora se establece en 1980 Hz. De manera que el índice de modulación del inversor es $m_f = \frac{1980 \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}} = 33$.

A su salida el inversor regula la conmutación de manera que el motor ve tres ondas senoidales desfasadas 120 grados con una determinada amplitud y frecuencia.

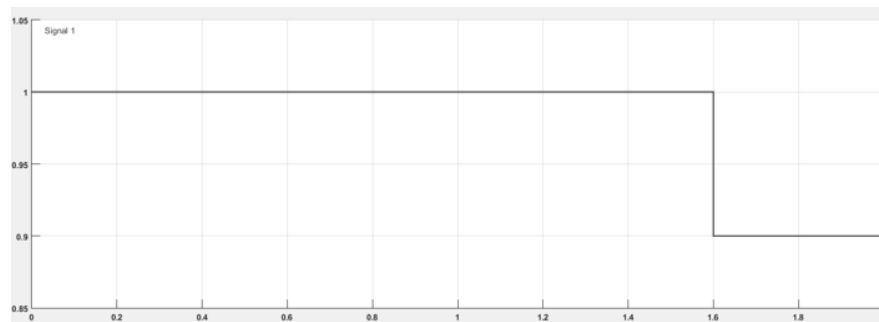


Figura 2: Referencia de velocidad

La tensión w_m , Fig.2, actúa como referencia de velocidad, ésta se encarga de fijar la frecuencia de las ondas senoidales del inversor. Variando ésta tensión, se varía la velocidad de giro del motor.

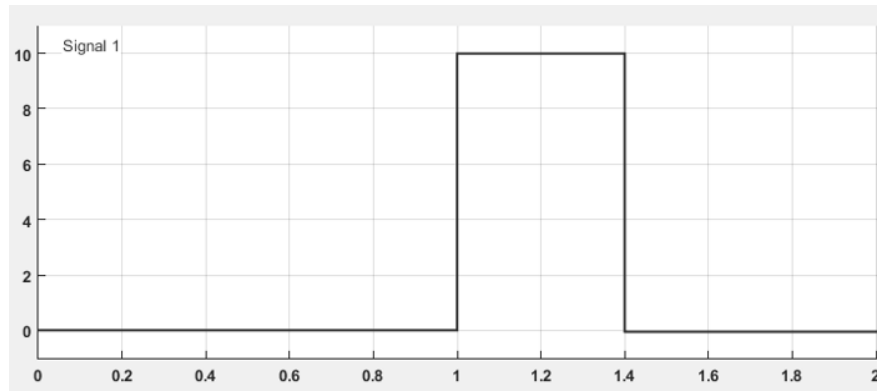


Figura 3: Par de carga

La carga mecánica conectada al motor esta caracterizada por un escalón de carga TL, se observa en la Fig.3, con un valor inicial de 0Nm, y en 1s pasa a 10Nm.

3. Mediciones realizadas

A continuación se observan las mediciones efectuadas en el circuito de simulación provisto.

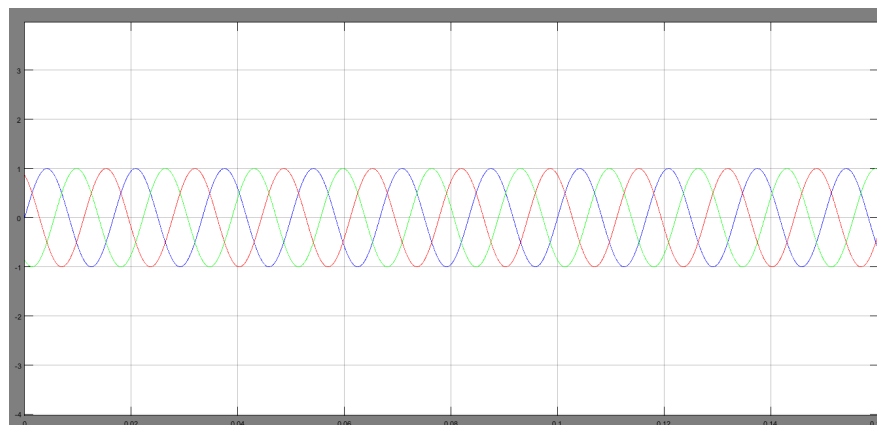


Figura 4: Referencia del SPWM

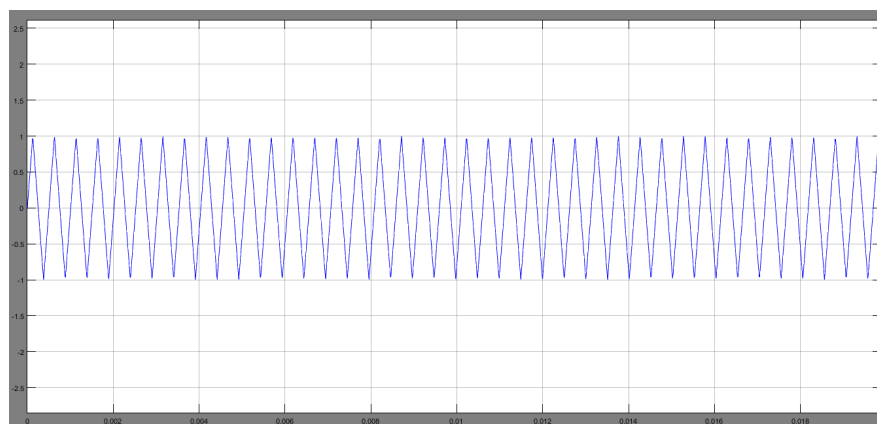


Figura 5: Señal portadora del SPWM

En la Fig.4 se observan las 3 señales senoidales del SPWM defasadas 120 grados entre sí y en la Fig.5 se muestra la señal portadora del SPWM.

En la Fig.6 se observa una de las salidas del inversor.

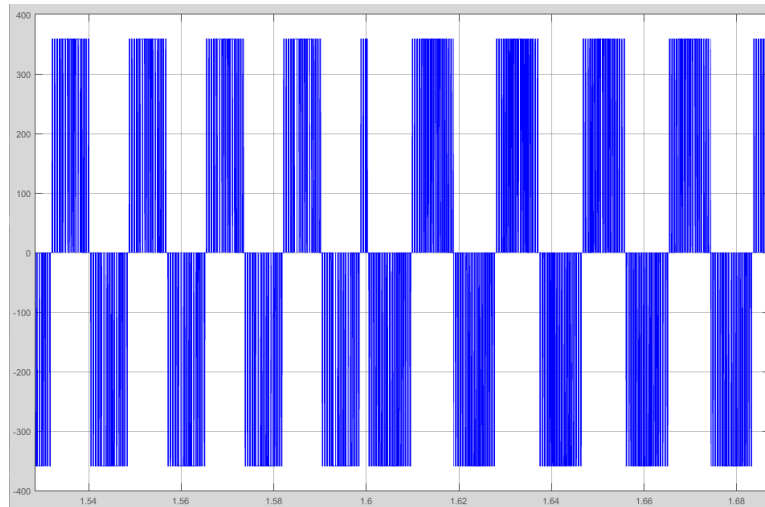


Figura 6: Tensión de salida V_{ab}

Midiendo la salida del motor se observó:

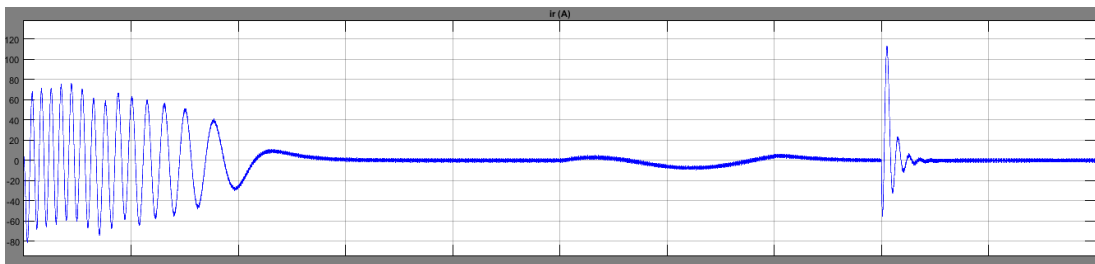


Figura 7: Corriente en el rotor[A]

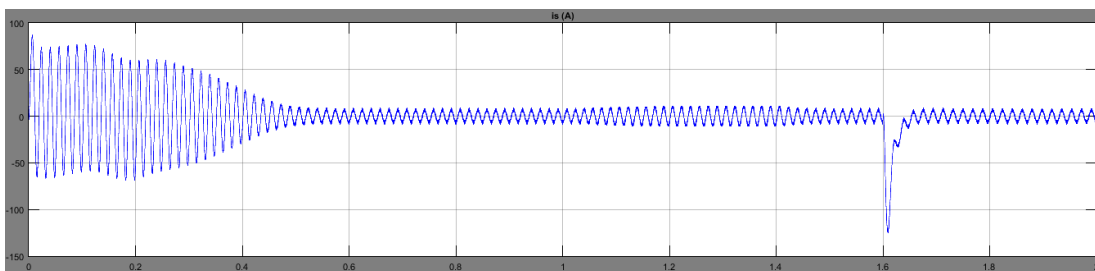


Figura 8: Corriente en el estator[A]

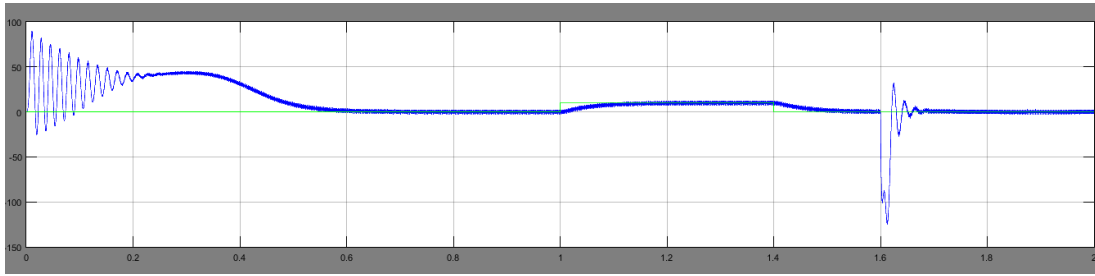


Figura 9: Torque del motor [Nm]

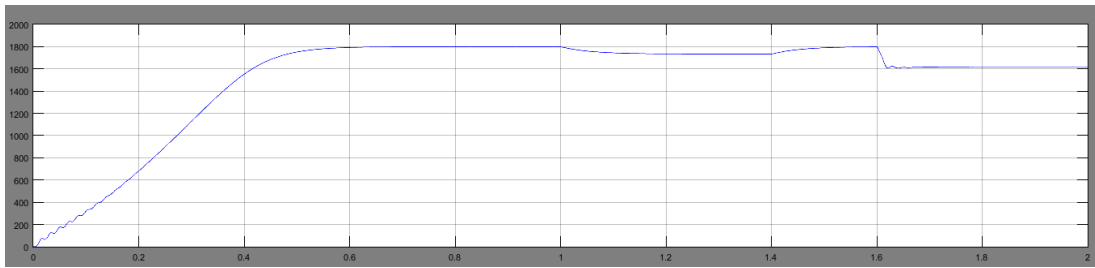


Figura 10: Velocidad del motor [rpm]

4. Interpretación de las mediciones

Al inicio de la simulación la señal de referencia de velocidad comienza en su valor nominal, aplicándole la tensión nominal al motor en el momento del arranque. Las oscilaciones presentes en las figuras 7, 8 y 9 se deben a la fricción estática del motor, la cuál se opone al avance del mismo. Pasados 0.6 segundos, el torque y las corrientes en ambos devanados se tornan estables, alcanzando el régimen.

Una vez establecidas las condiciones iniciales, el motor permanece en estado de régimen permanente. El par del motor es nulo debido a que $T_L = 0 Nm$.

Éste estado cambia al aplicarle una carga de 10 Nm, al segundo de comenzada la simulación Fig.3, produciendo un descenso en la velocidad del motor y un aumento en el torque del mismo, ya que el sistema de control se encuentra a lazo abierto y la potencia es constante. Este pulso producido en el par de carga también afecta a las corrientes del rotor y estator, las cuales presentan un ligero cambio, disminuyendo y aumentando respectivamente, durante el tiempo que es aplicado el pulso. A los 1.4 segundos la carga vuelve a 0 Nm y el motor vuelve a las condiciones iniciales.

De acuerdo a la Fig.2, a los 1.6 segundos la referencia de velocidad decrece en un 10% de la velocidad nominal, generando un par motor negativo, frenando el motor hasta alcanzar la nueva velocidad de régimen. Alcanzada ésta velocidad, el par vuelve a ser nulo. Este impulso también se puede ver en las corrientes del rotor y del estator, las cuáles tienen un crecimiento positivo y negativo respectivamente.

La V_{ab} se obtiene en base al régimen de conmutación establecido por el inversor SPWM. La misma se aplica directamente al bobinado del estator y depende exclusivamente del valor de referencia de velocidad mostrado en la Fig.2. A partir de 1.6 segundos, la V_{ab} cambia su polaridad y disminuye su frecuencia debido a que la referencia de velocidad disminuye. Al cambiar la carga, ésta no afecta a la V_{ab} ya que el sistema es a lazo abierto.

5. Conclusiones

Acerca del modo de arranque

En el momento inicial, el par de arranque junto con el inversor SPWM generan una velocidad de referencia inicial, provocando un arranque suave. Al mismo tiempo se observan elevadas corrientes tanto en el rotor como en el estator, debido a la presencia de la inductancia propia de los bobinados. Una vez vencida la inercia inicial del motor, el mismo continúa acelerando casi constantemente hasta alcanzar su velocidad de régimen.

Acerca de la ecuación general de par $T_e = T_L + j \frac{d(w_m)}{dt}$

De acuerdo a ésta ecuación el par motor desarrollado debe ser igual al par de carga más la inercia total del motor por la aceleración angular que debe adquirir el mismo. Observando la Fig.9, se comprueba la ecuación ya que el par desarrollado se incrementa cuando así también lo hace el par de carga y en estado de régimen el $T_e = T_L$.

Acerca de la velocidad y el par en función del tiempo

Si la velocidad se mantiene constante en el motor, el par reflejado al eje es el mismo que en la carga. Al presentarse un cambio en la velocidad, el par puede comportarse de dos maneras:

- Aumento de la velocidad: se produce un par positivo en el mismo sentido de giro generando una aceleración en el motor.
- Disminución de la velocidad: se produce un par negativo, en sentido contrario al giro del motor, generando una disminución de la velocidad.