

1. Control de velocidad de motores de inducción trifásicos

Se procedió a analizar el circuito con el cual se realiza un control sobre un motor trifásico.

1.1. Análisis a lazo abierto

En esta etapa, vamos a realizar un análisis sobre el circuito a lazo abierto. Para ello, se dispuso del circuito de la siguiente forma:

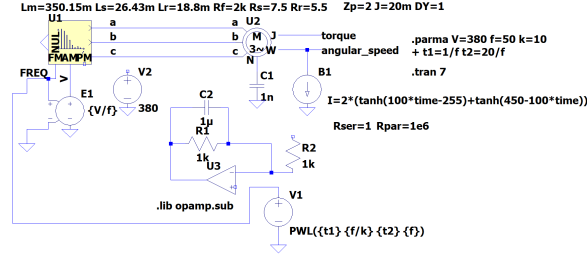
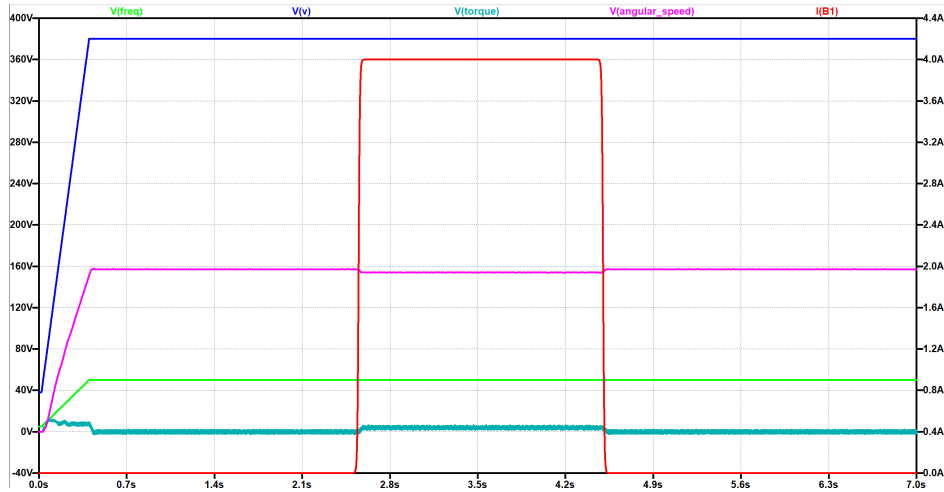


Figura 1: Diagrama del circuito a lazo abierto

Una vez configurado el generador con $N=2k+1$ a fin de insertar armónicos en la tensión de línea, obtuvimos los siguientes resultados:



En la figura podemos observar cómo se comportan las señales de frecuencia del motor (representada por la tensión $V(FREQ)$), su velocidad angular (representada por la tensión $V(angular_speed)$), el torque (representado por la tensión $V(torque)$), la carga (representada por la corriente $I(B)$) y la tensión de línea (representada por la tensión $V(V)$).

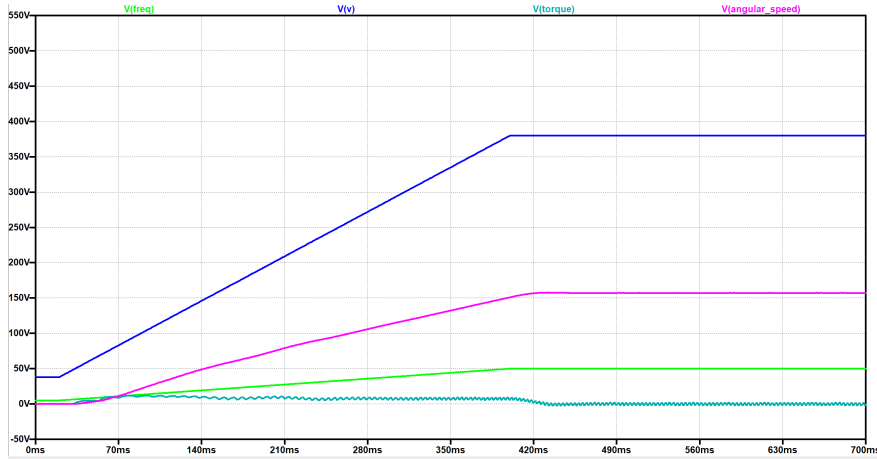


Figura 3: Diagrama temporal del encendido del circuito

Ni bien se enciende el circuito, observamos como la tensión de la línea sube de forma lineal desde 0 a 380V, y de igual manera, suben la frecuencia y la velocidad angular. Cuando aparece el primer ΔV_l lo que ocurre es que, gracias a que mantengo el factor $\frac{V}{f} = cte$, el torque sube inmediatamente a su valor máximo, y se mantiene en ese valor hasta que el motor alcanza su velocidad máxima. Como el motor es de tipo asíncrono, es fundamental mantener el factor $\frac{V}{f}$ constante, puesto que si esto no ocurre, el flujo magnético que se forma dentro del motor no es constante, lo que ocasiona que la curva de torque y de velocidad se deformen, y tenga variaciones, desgastando al motor y disminuyendo su vida útil. Cuando el motor alcanza su ω_{max} el torque disminuye a 0. Observamos que en ese instante, la tensión de línea ya se encuentra en los 380V deseados, y la frecuencia se encuentra constante en 50 V (medidos).

Una vez que tenemos el motor girando a máxima velocidad, mediante el drenaje de una corriente I(B) lo que hacemos es simular una carga que se le coloca al motor. Al aplicar dicha corriente observamos lo siguiente:

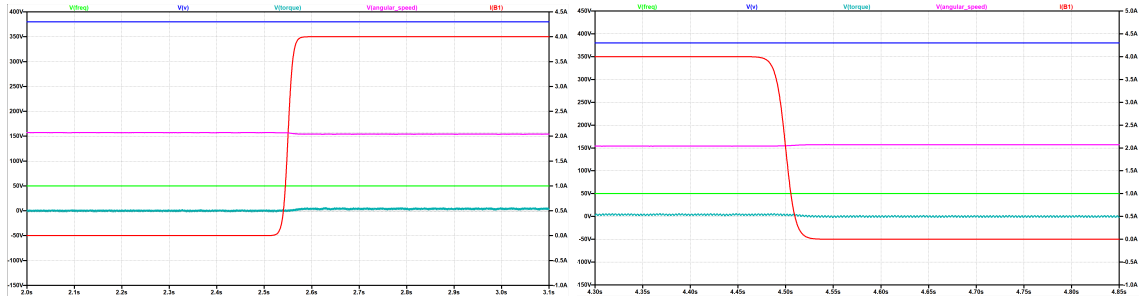


Figura 4: Simulación de la carga y descarga al motor

Cuando cargamos al motor en el momento en que I(B) sube, lo que ocurre es que el motor sufre una merma en su velocidad, es decir frena; y a su vez el torque aumenta hasta que ambos valores se estabilizan nuevamente. Estas variaciones se arrojaron valores de $\Delta V_{angular_speed} = 3.12V$ y $\Delta V_{torque} = 1.795V$. Cuando la carga es liberada (es decir se deja de drenar corriente), ocurre el efecto opuesto, disminuyendo el torque a 0 y aumentando la velocidad angular a la original.

1.1.1. Interpretación de Variables físicas del Spice

Si bien las variables mencionadas anteriormente fueron obtenidas en tensiones debido a que así es como están modeladas en Spice, lo que ocurre es que esos valores de tensión representan unidades del SI. A continuación indicamos cuáles son esas unidades a las que representan:

Variable medida	Unidad Representada	Relación unidad/V
Frecuencia	Hz	1
Torque	$kg \cdot m^2$	1
Velocidad Angular	RPM	60
Carga (Torque)	$kg \cdot m^2$	1

Tabla 1: Tabla de interpretación de las unidades tomadas del LTSpice

Si analizamos la tensión y corriente de línea obtenemos los siguientes gráficos:

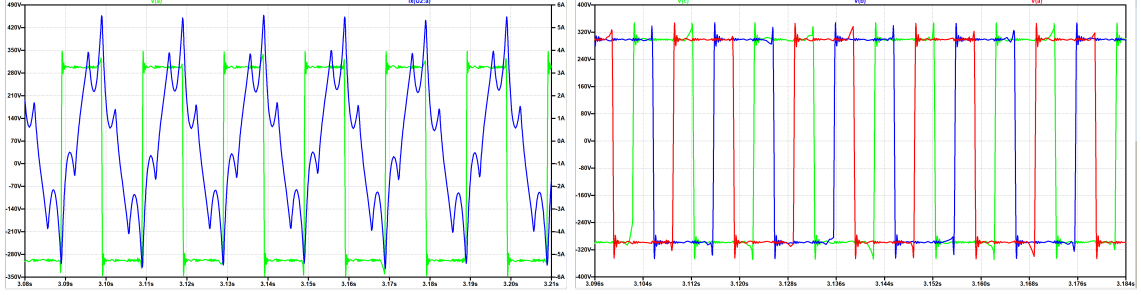


Figura 5: Medición de las tensiones y corriente de línea

Podemos observar que la tensión de línea tiene un valor de tensión $V_{RMS} = 297.04V$, con picos de tensión de $V_{max} = 345V$ y una tensión $V_{on} = 300V$. La corriente, por otro lado, tiene un valor de $I_{RMS} = 2.59A$, con picos de $I_{max} = 5.4A$. Las señales se encuentran desfazadas 120° entre sí, y la forma que poseen se debe a la presencia de armónicos, la cual fue configurada para que la fuente entregue una señal con $N=2k+1$.

1.2. Análisis a lazo cerrado

En esta etapa, vamos a realizar el análisis a lazo cerrado modificando el circuito como se encuentra en la consigna. Observamos que para cerrar el lazo, lo que tenemos que diseñar es un control PI. La función transferencia de dicho PI es la siguiente:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{1}{sR_1C+1}$$