

motor tico

BOLETÍN MENSUAL PREPARADO POR WWW.MOTORTICO.COM, COSTA RICA

ABRIL 2014

Control Escalar V/Hz en Variadores de Velocidad

Desde el inicio los motores eléctricos han presentado diversos usos, los cuales caen en alguna de las siguientes opciones:

- Con velocidad fija sin variaciones en el proceso: usar el motor convencional.
- Se necesitan únicamente dos velocidades, y sin variación alguna: usar un motor de 2 velocidades.
- Se necesita variar la velocidad en forma regular según lo demanda el proceso, y no son velocidades predeterminadas: usar motor con variador de velocidad.

Históricamente, las soluciones propuestas para variar velocidad se han enfocado de acuerdo al avance tecnológico del momento. La Figura 1 muestra tres opciones que aún perduran, aunque con tendencia a desaparecer. La primera imagen es un sistema conocido como Variador de Velocidad por Corrientes de Eddy, que usa el principio magnético de las corrientes de eddy. El siguiente es un Variador con Engranajes Variables. Y el último es un sistema que modifica la velocidad por medio del ajuste de una polea variable, que cambia la relación, lo cual se hace de forma manual moviendo la manija mostrada.



Figura 1 Diversos sistemas de velocidad variable

Sin embargo, el sistema más utilizado para aplicaciones de velocidad variable fue el motor de Corriente Directa. Este sistema presenta características particulares que lo hizo difícil de superar por muchas décadas, como es presentar un control de torque simple, además de tener un buen torque de salida a bajas velocidades. El motor de corriente directa presenta algunos inconvenientes, principalmente por el complejo mantenimiento.

Con el desarrollo de la electrónica de potencia, fue posible mejorar el variador electrónico de velocidad, lo que facilitó enormemente la operación de los sistemas, y como consecuencia el motor de corriente directa empezó a ser reemplazado. El uso del transistor como elemento de control (switcheo), aumentó considerablemente la rapidez de respuesta de los equipos empleados años atrás. Esto resultó en un mejor desempeño del motor, y se redujo significativamente el tamaño de los variadores, y los equipos aumentaron sus características.

Existen diversos modos de operación de los variadores electrónicos basados en modulación por ancho de pulso, o PWM por sus siglas en inglés.

Modulación por ancho de pulso PWM

La modulación por ancho de pulso, o PWM por las siglas en inglés de *pulse-width modulation*, de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de la señal periódica de entrada (senoidal en este caso), para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga (motor en este caso). La señal moduladora (carrier o switching frequency) es del orden de kHz (valores típicos en variadores comerciales: 2, 4, 8, 16 KHz). La Figura 2 muestra un diagrama en bloques de un variador de velocidad, que puede operar por medio de PWM para reconstruir la señal de salida.

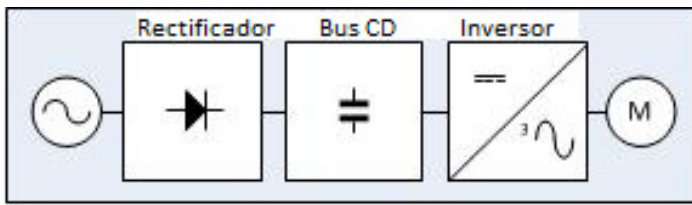


Figura 2 Diagrama en bloques de un variador típico.

La señal moduladora es típicamente de tipo triangular, y la salida modulada es un tren de pulsos de distinto ancho, con un nivel entre -Vcd y + Vcd. La Figura 3 muestra el caso típico. El valor RMS o valor cuadrático medio (valor efectivo) es senoidal com lo presenta la figura de abajo.

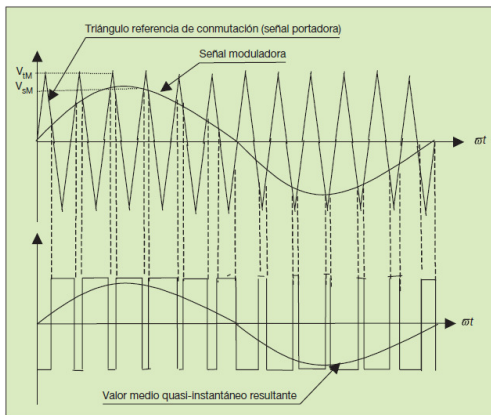


Figura 3 Esquema de operación del PWM

La forma más usada de inversor es con un arreglo de 6 transistores bipolares de compuerta aislada, o IGBT por sus siglas en inglés, que operan por medio de tensión en la base, lo que les permite altas velocidades de conmutación. El sistema pasa de un sistema de tensión y frecuencia **fijas**, a uno de tensión y frecuencia **variable**, para que el motor responda cambiando velocidad. La Figura 4 muestra el tipo de señal de salida y cómo hace el sistema para modificar la tensión y frecuencia.

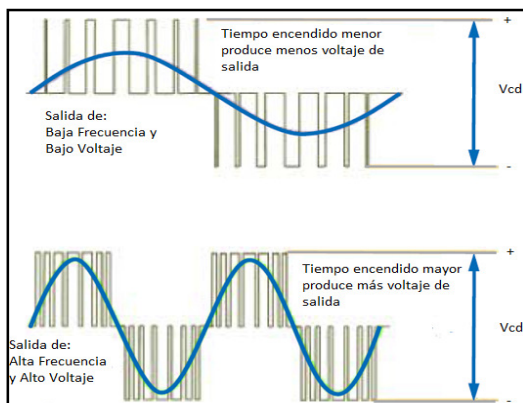


Figura 4 Método de operación del PWM

Modo de operación Escalar

El modo Escalar es una forma de controlar la velocidad del motor por medio del esquema PWM, también se conoce como

método Voltios/Hertz. El motor responderá al cambio de frecuencia, sin embargo no es la única que variable que cambia, ya que si se reduce la frecuencia la reactancia inductiva X_L también bajaría, y si se mantiene constante la tensión esto provocaría un aumento de corriente, que podría quemar el motor. Es así como la tensión también se modifica. La forma de hacerlo es mantener la relación V/Hz constante durante la operación del motor, por dos razones adicionales:

- Mantener $\phi = k \frac{V}{f}$ constante. Donde ϕ es el flujo magnético en el entrehierro, y depende de la relación V/f para mantenerse constante.
- Mantener $T = K \left(\frac{V}{f}\right)^2$ constante. Donde T es el torque producido por el motor en el eje, y depende también de V/f para mantenerse constante, pero esta vez al cuadrado.

Es así como el control Escalar o V/Hz mantiene constante la relación Voltios/Hertz, para mantener el flujo magnético en el entrehierro contante, y así producir un torque constante en el eje. Pero en bajas frecuencias hay problemas de caída de flujo, provocando pérdida de torque, y para compensar esto se mantiene una cierta tensión en bajas frecuencias, o compensación tipo Torque Boost. La Figura 5 muestra la situación.

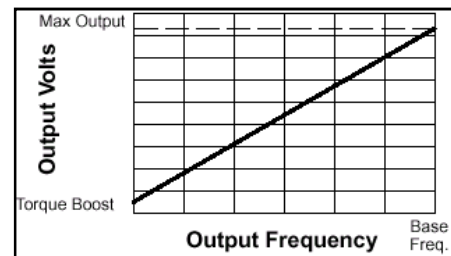


Figura 5 Curva del modo Escalar

En altas frecuencias también se presenta caída de flujo, al aumentar la reactancia inductiva (recuerde que $X_L = 2\pi fL$). Es así como el control Escalar opera correctamente para ciertos tipos de carga, como las de Torque Variable, y en un rango de velocidad 2:1, es decir entre 1/2 de la velocidad base, hasta un valor aproximado de 90Hz. La Figura 6 muestra la caída de torque a bajas frecuencias.

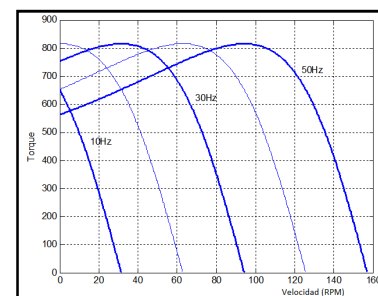


Figura 6 Curva Torque-Velocidad para control Escalar para 50Hz

Por ser un método típicamente usado en lazo abierto, la regulación de velocidad no es tan precisa, del orden de 3%. Para aplicaciones más exigentes se deberá recurrir a otros modos de operación.