

CAPITULO 2

Métodos para llevar a cabo la variación voltaje/frecuencia

De acuerdo al método para variar la velocidad sincrónica de un motor trifásico de corriente alterna, debemos alimentar el motor con una tensión y frecuencia variable, dependiendo de la velocidad que se quiera. Es muy importante tener en cuenta que al modificar la frecuencia que se aplica al estator, es necesario variar la tensión aplicada de la misma forma y en la misma magnitud. Esto se debe hacer para mantener el mismo grado de saturación y densidad de flujo en el entrehierro del motor.

Existen dos maneras de realizar la variación de velocidad en motores trifásicos, las cuales se explican a continuación:

2.1 Por medio de tiristores

Hace algunos años, y por mucho tiempo, los tiristores fueron parte fundamental del control de velocidad para motores de CA por variación de frecuencia. En un principio solo estos elementos podían ser utilizados para este fin, pues no existía en el mercado otro tipo de semiconductores que pudieran suministrar las corrientes que estos variadores demandaban. Además, éste tipo de semiconductores, debiendo ser de potencia, tenían un alto costo. Esta característica hacía casi imposible su empleo en este tipo de equipos para motores de corriente continua.

Con el advenimiento de nuevas tecnologías para la fabricación de semiconductores, los tiristores fueron desplazados y en su lugar se fueron utilizando transistores de potencia, MOSFETS de potencia, y últimamente IGBTs.

Uno de los principales problemas que se afrontaban con los tiristores era toda la circuitería paralela que se debía diseñar para su apagado. Además se tenía que emplear un gran número de tiristores dentro del diseño, ya que el control de velocidad para motores de CA prácticamente era dos controles en uno; un control de voltaje para la parte de voltaje de CD y otro para la parte de frecuencia. Esto se puede ver en la figura 2.1

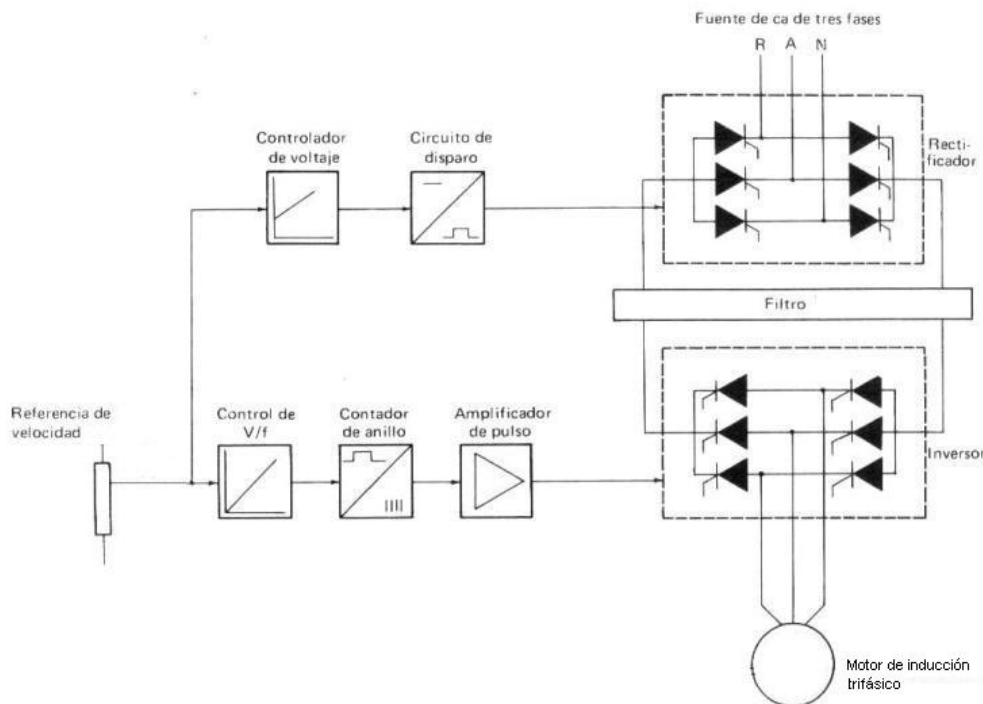


Figura 2.1 Control de frecuencia de un motor de corriente alterna [4]

A continuación se explican los bloques que conforman la figura 2.1

Referencia de velocidad

Básicamente constituido por una resistencia variable (potenciómetro), que servía para ajustar el valor de referencia de 0 al 100%

Convertidor de V/F

Esta etapa del control era prácticamente un convertidor de voltaje a frecuencia. El valor de voltaje que se obtenía de la referencia de velocidad se convierte en un valor de frecuencia proporcional al voltaje de entrada y es la base en frecuencia de la velocidad del motor. Cabe mencionar que el control se efectuaba a lazo abierto.

Controlador de voltaje

El voltaje de referencia es aplicado también a este controlador de voltaje para generar un valor de voltaje proporcional a la frecuencia actual del contador de anillo. En esta etapa es controlado el torque del motor.

Circuito de disparo

El voltaje de control que se genera en la etapa controladora de voltaje es aplicado a esta etapa para disparar los tiristores.

Contador de anillo

Esta es la parte digital del sistema, encargada de proporcionar la secuencia correcta y desplazar 120 grados cada uno de los pulsos de salida. La frecuencia dependía exclusivamente de la etapa anterior.

Amplificador de pulsos

Debido a que los elementos finales de control eran tiristores, la señal debía acondicionarse y aislarse galvánicamente del tiristor para no afectar los elementos generalmente TTL del contador de anillo.

2.2 Control del voltaje y frecuencia mediante modulación de ancho de pulso (PWM)

Mediante esta técnica se puede controlar la magnitud y frecuencia de la señal de salida mediante la modulación del ancho del pulso de los interruptores del inversor. La modulación de ancho de pulso es el proceso de modificar el ancho de los pulsos de un tren de pulsos en razón directa a una pequeña señal de control; cuanto mayor sea el voltaje de control, será más ancho el pulso resultante.

Existen diferentes tipos de modulación por ancho de pulso, tales como modulación por ancho de pulso único, por ancho de pulso múltiple, sinusoidal, sinusoidal modificado, entre otros, cada uno con sus respectivas características. Dado que en este trabajo se necesita producir una señal senoidal, se empleará la modulación por ancho de pulso sinusoidal.

Las señales de control, se generan comparando a una señal de referencia sinusoidal de amplitud A_r , con una onda portadora triangular de amplitud A_c y frecuencia f_c . La frecuencia f_r de la señal de referencia determina la frecuencia fundamental de la salida del inversor. La variable de control es el

índice de modulación de amplitud (M), o índice de modulación, el cual es la relación de A_r entre A_c

$$M = \frac{A_r}{A_c}$$

Si se varía A_r desde 0 hasta A_c , se puede modificar el ancho de pulso δ , de 0° a 180° . De esta manera, la amplitud pico de la senoidal controla el índice de modulación M , y en consecuencia el voltaje RMS de salida V_o . La figura 2.2 muestra lo explicado anteriormente¹ [1].

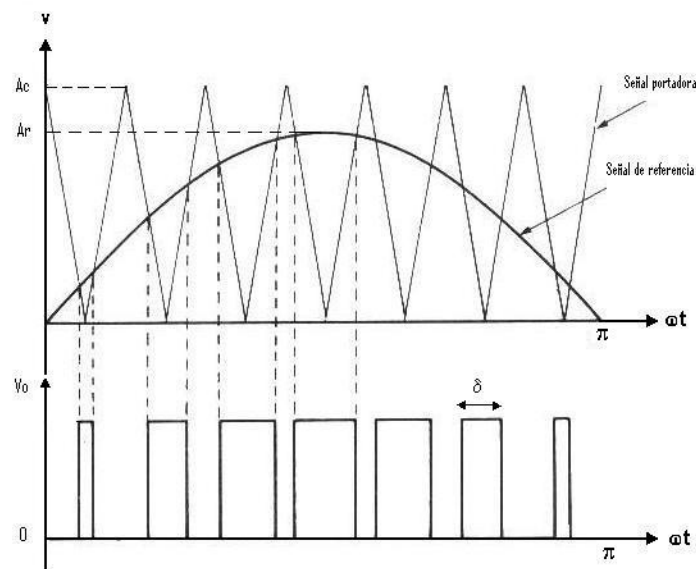


Figura 2.2 Modulación por ancho de pulso sinusoidal

La cantidad de pulsos por medio ciclo depende de la frecuencia de la portadora.

¹ La figura fue modificada de la original en la referencia [1] Rashid, "Electrónica de potencia"

Se puede observar que el área de cada pulso corresponde en forma aproximada, al área bajo la onda sinusoidal, entre los puntos medios adyacentes de los periodos de apagado de las señales de control.

Se pueden generar las mismas señales de disparo con una onda portadora triangular unidireccional como se ve en la figura 2.3 [1].

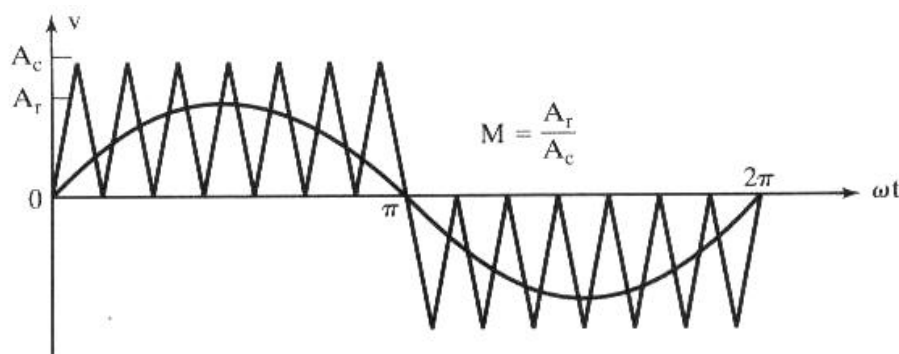


Figura 2.3 Modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional [1]

Al analizar el resultado de la forma de onda de la modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional, se notó que para las señales de control en un puente inversor trifásico, el semiciclo positivo puede ser idéntico al semiciclo negativo, desfasado este último 180° . En base a ésta característica, las señales de control se pueden basar sólo en los valores de la señal PWM resultante de un semiciclo.

Finalmente, después de analizar las técnicas para llevar a cabo la variación de frecuencia-voltaje para el control de velocidad en motores de corriente alterna, se eligió el control por modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional. Lo anterior debido a que el trabajo de la generación de las señales PWM unidireccionales se puede realizar con un microcontrolador.