

CAPÍTULO IV

Inversores

4.1.- Introducción

Los convertidores cd - ca se llaman inversores. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de continua a un voltaje simétrico de salida de alterna, con la magnitud y frecuencia requeridas. El voltaje de salida podría ser fijo o variable, a una frecuencia fija o variable [15]. Los inversores se utilizan principalmente en aplicaciones como motores de alterna de velocidad ajustable, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) y dispositivos de corriente alterna que funcionen a partir de una batería [5].

4.2.- Convertidor en puente de onda completa

El convertidor en puente de onda completa de la figura 4.1a es el circuito básico que se utiliza para convertir continua en alterna. A partir de una entrada de continua se obtiene una salida de alterna cerrando y abriendo interruptores en una determinada secuencia. La tensión de salida V_O puede ser $+V_{CC}$, $-V_{CC}$, o cero, dependiendo de qué interruptores están cerrados.

Las figuras 4.1b a la 4.1e muestran los circuitos equivalentes de las combinaciones de interruptores [5].

Tabla 4.1.- Combinaciones de los interruptores del inversor

Interruptores cerrados	Voltaje de salida, V_o
S_1 y S_2	$+V_{cc}$
S_3 y S_4	$-V_{cc}$
S_1 y S_3	0
S_2 y S_4	0

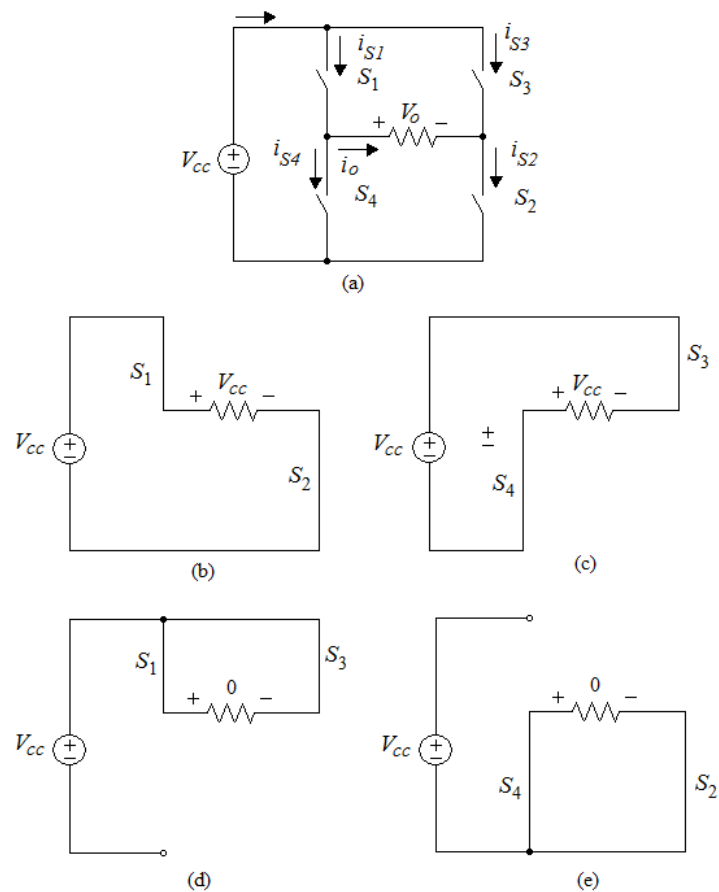


Figura 4.1.- (a) Puentes convertidor de onda completa. (b) S_1 y S_2 cerrados. (c) S_3 y S_4 cerrados. (d) S_1 y S_3 cerrados. (e) S_2 y S_4 cerrados [5].

Se puede observar que S_1 y S_4 no deben estar cerrados al mismo tiempo, así como S_2 y S_3 . De lo contrario se produciría un cortocircuito en fuente de entrada. Los interruptores reales no se abren y se cierran instantáneamente. Por tanto, debe tenerse en cuenta los tiempos de transición de la conmutación al diseñar el control de los interruptores. El tiempo permitido para la conmutación se denomina tiempo muerto [5].

4.3.-Inversor de onda cuadrada

El convertidor en puente de onda cuadrada es el esquema de conmutación más sencillo para conseguir un voltaje de salida en forma de onda cuadrada. Los interruptores conectan la carga a $+V_{cc}$ cuando S_1 y S_2 están cerrados y a $-V_{cc}$ cuando S_3 y S_4 están cerrados [5]. La conmutación periódica del voltaje de la carga entre $+V_{cc}$ y $-V_{cc}$ genera en la carga un voltaje con forma de onda cuadrada. Aunque esta salida alterna no es sinusoidal, puede ser una onda de alterna adecuada para algunas aplicaciones [5].

La forma de onda de la corriente en la carga depende de los componentes de la carga [5]. En una carga resistiva, la forma de onda de corriente corresponde con la forma de voltaje de salida. El comportamiento del inversor de onda cuadrada se puede observar en la figura 4.1. En la figura 4.2 se observan las formas de onda de salida de este inversor.

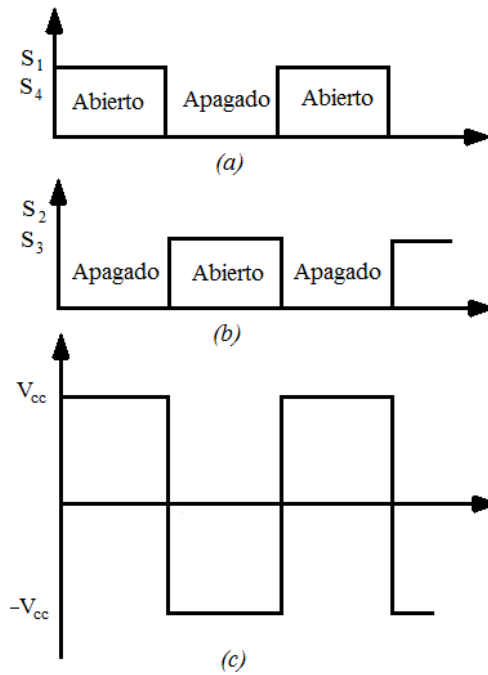


Figura 4.2.- Formas de onda del inversor de onda cuadrada

La forma de onda del voltaje de la salida de los inversores ideales debería ser sinusoidal. Sin embargo, las de los inversores prácticos no son sinusoidales y contienen ciertas armónicas. Con la disponibilidad de los dispositivos semiconductores de potencia de alta velocidad, se pueden minimizar los contenidos armónicos del voltaje de salida, o al menos reducirlos en forma importante, mediante técnicas de conmutación [15].

4.4.- Salida con modulación por ancho de pulsos

En la modulación PWM, la amplitud del voltaje de salida se puede controlar por medio de las formas de onda moduladoras. Dos ventajas de la modulación PWM son la reducción de los requerimientos de filtro para reducir los armónicos y el control de la amplitud de salida. Entre las desventajas se puede citar que los circuitos de control de los interruptores son más complejos, y que hay mayores pérdidas debidas a una conmutación más frecuente [5].

4.5.- Conmutación bipolar

La figura 4.3 muestra el principio de la modulación por anchura de impulsos bipolar sinusoidal. La figura 4.3a muestra una señal sinusoidal de referencia y una señal portadora triangular [5]. Cuando el valor instantáneo de la senoide de referencia es mayor que la portadora triangular, la salida está en $+V_{cc}$, y cuando la referencia es menor que la portadora, la salida está en $-V_{cc}$ [5].

$$V_o = +V_{cc} \text{ para } V_{\text{seno}} > V_{\text{tri}}$$

$$V_o = -V_{cc} \text{ para } V_{\text{seno}} < V_{\text{tri}}$$

Esta versión de PWM es bipolar, ya que la salida toma valores alternos entre más y menos la tensión de la fuente de continua [5].

El esquema de conmutación que permitirá implementar la conmutación se determina comparando las señales instantáneas de referencia y portadora:

S_1 y S_2 están conduciendo cuando $V_{\text{seno}} > V_{\text{tri}}$ ($V_o = +V_{\text{cc}}$)

S_3 y S_4 están conduciendo cuando $V_{\text{seno}} < V_{\text{tri}}$ ($V_o = -V_{\text{cc}}$)

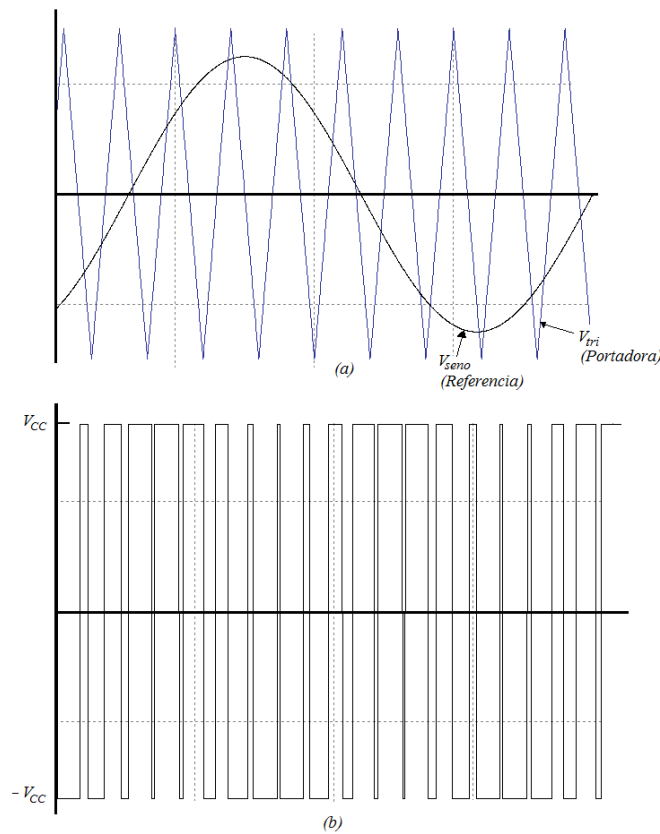


Figura 4.3.- Modulación por anchura de impulsos bipolar. (a) Referencia sinusoidal y portadora triangular. (b) La salida es $+V_{\text{cc}}$ cuando $V_{\text{seno}} > V_{\text{tri}}$ y es $-V_{\text{cc}}$ cuando $V_{\text{seno}} < V_{\text{tri}}$ [5].

4.6. - Conmutación unipolar

En un esquema de conmutación unipolar para la modulación por ancho de pulsos, la salida se conmuta de nivel alto a cero, o de nivel bajo a cero, en lugar de entre niveles alto y bajo, como en la conmutación bipolar. Un esquema de conmutación unipolar tiene los siguientes controles de interruptores:

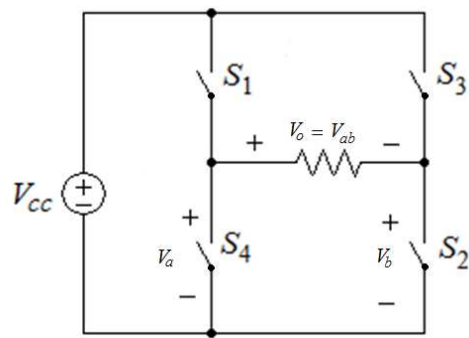
S_1 conduce cuando $V_{\text{seno}} > V_{\text{tri}}$

S_2 conduce cuando $-V_{\text{seno}} < V_{\text{tri}}$

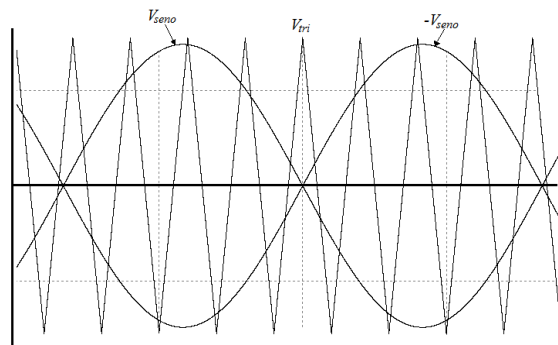
S_3 conduce cuando $-V_{\text{seno}} > V_{\text{tri}}$

S_4 conduce cuando $V_{\text{seno}} < V_{\text{tri}}$

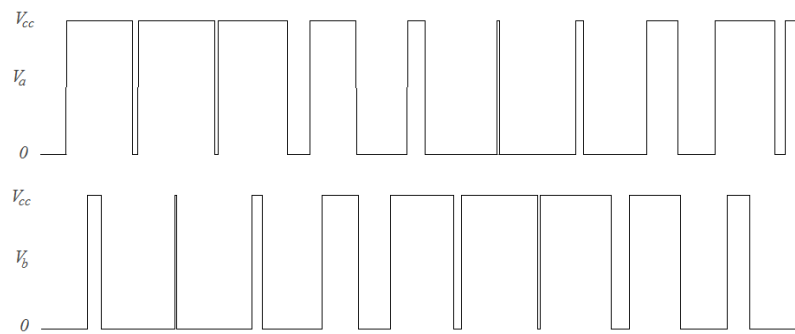
Se puede observar que los interruptores S_1 , S_4 y S_2 , S_3 son complementarios: cuando un interruptor de uno de los pares está cerrado, el otro está abierto. Los voltajes V_a y V_b en la figura 4.4a oscilan entre $+V_{cc}$ y cero. El voltaje de salida $V_o = V_{ab} = V_a - V_b$ es tal y como se muestra en la figura 4.4b [5].



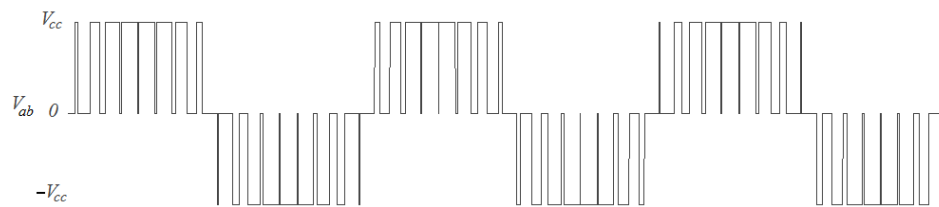
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4.4.- (a) Inversor de onda completa para PWM unipolar. (b) Señales de referencia y portadora. (c) Voltajes V_a y V_b del puente. (d) Voltaje de salida [5].

4.7. - Definiciones y consideraciones relativas a la modulación por ancho de pulsos [5].

A continuación se mencionan algunas definiciones y consideraciones que resultan de utilidad al utilizar PWM.

- El índice de modulación de frecuencia mf : Las frecuencias armónicas existen en y alrededor de los múltiplos de la frecuencia de conmutación. Los valores de algunos armónicos son bastantes grandes, a veces mayores que la componente fundamental. Como estos armónicos se encuentran a altas frecuencias, para eliminarlos puede bastar con un simple filtro paso bajo. El índice de modulación de frecuencia mf se define como la relación entre las frecuencias de las señales portadora y de referencia:

$$mf = \frac{f_{portadora}}{f_{referencia}} = \frac{f_{tri}}{f_{seno}} \quad (27)$$

Al aumentar la frecuencia de la portadora aumentan las frecuencias a las que se producen los armónicos. Una desventaja de las elevadas frecuencias de conmutación son las mayores pérdidas en los interruptores [5].

- El índice de modulación de amplitud m_a : Este índice se define como la relación entre las amplitudes de las señales de referencia y portadora:

$$m_a = \frac{V_{m,referencia}}{V_{m,portadora}} = \frac{V_{m,seno}}{V_{m,tri}} \quad (28)$$

Sí $m_a \leq 1$, la amplitud de la frecuencia fundamental del voltaje de salida, V_1 es linealmente proporcional a m_a . Es decir,

$$V_1 = m_a V_{cc} \quad (29)$$

De esta manera, la amplitud de la frecuencia fundamental de la salida PWM está controlada por m_a . Esto es importante si se tiene una fuente de voltaje de directa sin regular, porque el valor de m_a se puede ajustar para compensar las variaciones en el voltaje de directa de la fuente, produciendo una salida de amplitud constante. Por otra parte, m_a se puede variar para cambiar la amplitud de la salida. Si m_a es mayor que uno, la amplitud de la salida aumenta al incrementar el valor de m_a , pero no de forma lineal [5].

- Interruptores: Los interruptores en el circuito en puente de onda completa deben ser capaces de transportar la corriente en cualquier dirección para la modulación por ancho de pulsos, al igual que lo hacen para operación de onda cuadrada. Así, son necesarios diodos de retroalimentación en los dispositivos de conmutación. Otra consecuencia de utilizar interruptores reales es que no se abren o cierran instantáneamente. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los tiempos de conmutación en el control de los interruptores.
- Voltaje de referencia: El voltaje de referencia sinusoidal debe generarse dentro del circuito de control del inversor, o tomarse de una referencia externa. Podría parecer que la función del puente inversor es irrelevante, porque se necesita que haya un voltaje sinusoidal presente antes de que el puente pueda generar una salida sinusoidal. Sin embargo, la señal de referencia requiere de muy poca potencia. La potencia suministrada a la carga proviene de la fuente de potencia de directa, y éste es el propósito que se persigue con el inversor.

En este capítulo se habló de los inversores de onda completa, estos convertidores emplean cuatro interruptores donde dos de ellos trabajan al mismo tiempo, mientras los otros dos son complementarios. Se mencionó las técnicas de modulación PWM con el fin de obtener una señal sinusoidal en la salida. En el siguiente capítulo se hará el diseño fotovoltaico como paso número uno para lograr los objetivos de la tesis.