

TITULO:
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN INVERSOR TRIFASICO TIPO PUENTE
CON TRANSISTORES**

Ricardo García Paredes¹, William Torres Escandón², Darío Zúñiga Burgos³ ,
Norman Chootong Ching⁴

¹Ingeniero Electrónico Industrial 2002

²Ingeniero Electrónico Industrial 2002

³Ingeniero Electrónico Industrial 2002

⁴Director de Tópico, Ingeniero Electrónico, Escuela Superior Politécnica del Litoral 1982, Maestría en Administración de Sistemas de Calidad 1999, MBA (2002)

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño y construcción de un convertidor DC/AC trifásico, el mismo que será utilizado como equipo didáctico en los laboratorios de la FIEC. Dicho equipo puede emplearse en el control de velocidad de un motor de corriente alterna, y el método a emplearse para el control es por variación de frecuencia.

El equipo en sí consta de tres partes: circuito de control, circuito de fuerza y circuito de acoplamiento. En el circuito de control, se utiliza un arreglo especial del integrado monostable 555 el cual emitirá los pulsos de reloj a frecuencia variables. Dichos pulsos llegan a un circuito especial de Flip Flops JK (*ring counter*) el cual desfazará las señales que llegarán a los transistores de potencia (los cuales forman el circuito de fuerza). Para enlazar las señales de control y de fuerza hacemos uso de optoacopladores (circuito de acoplamiento).

INTRODUCCION

Cada vez son mayores los requerimientos para un mejor control de velocidad en los motores sean estos de corriente continua o alterna. Por esto surge la necesidad de construir equipos de gran confiabilidad y robustez que cubran estos requerimientos. Gracias al avance en la electrónica de potencia se pueden diseñar e implementar dichos equipos. Este proyecto de tesis consiste precisamente usar estas herramientas, para construir, en este caso en particular, un inversor trifásico con transistores de potencia cuyo control sea por variación de frecuencia de alimentación a un motor de corriente alterna. Incluso dicho inversor queda como equipo didáctico para uso de los estudiantes de la FIEC, para reforzar en forma práctica los conocimientos teóricos vistos en electrónica de potencia.

CONTENIDO

1. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE INVERSORES

Para conseguir una corriente alterna partiendo de una corriente continua necesitamos un conjunto de interruptores que puedan ser conectados y desconectados a una determinada carga de manera que la salida sea positiva y negativa alternativamente.

Cada uno de estos interruptores debe de estar constituido por un par de tiristores o transistores para que la corriente pueda circular en los dos sentidos, aunque en la práctica cada interruptor estará compuesto por un tiristor o transistor y un diodo. El circuito básico que se pueden dar de inversores se muestra en la figuras 1.1

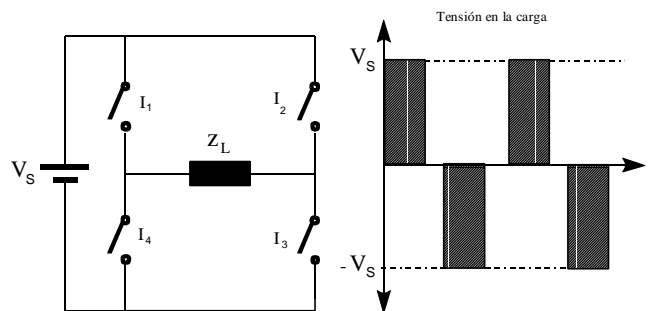


Fig. 1.1 Circuito básico de configuración en puente.

En la figura 1.1 se utilizan cuatro interruptores los cuales se cierran dos a dos; durante el primer semiperíodo se cierran I_1 e I_3 , y durante el segundo lo hacen I_2 e I_4 . Además en este circuito, a igualdad de valor de la batería, tenemos una tensión de salida igual al voltaje de la fuente.

1.1 APLICACIONES DE LOS INVERSORES

Actualmente existen multitud de aplicaciones para los convertidores DC/AC. Entre ellas puede citarse el control de motores de corriente alterna, donde se hace necesario un rectificador controlado para convertir a continua la señal alterna y regular la potencia entregada al motor, para después volver a ondular la señal mediante un inversor. Otro ejemplo de aplicación de los inversores u onduladores es el de la recuperación de la energía rotórica de un motor donde, mediante escobillas se recoge la energía que se pierde por rozamiento en el rotor de éste y, a través de un inversor, se convierte a la tensión y frecuencia necesarias para devolverla a la red.

Sin embargo, las dos aplicaciones que se han considerado como más generalizadas en la actualidad son los *sistemas de alimentación ininterrumpida de C.A.* y los *sistemas de conversión de energía fotovoltaica*.

2. CIRCUITO DE FUERZA DEL INVERSOR TRIFÁSICO

El inversor trifásico se puede conseguir con una configuración de seis transistores y seis diodos, como se muestra a continuación:

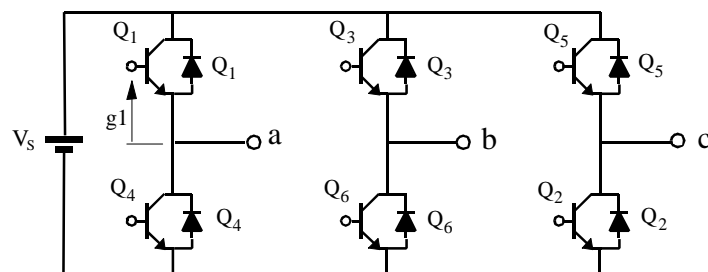


Fig. 2. 1 Inversor trifásico.

A los transistores le podemos aplicar dos tipos de señales de control: desfasadas 120° ó 180° entre sí. La diferencia se presenta en que en

conducción 180° conducen tres transistores a la vez, mientras que en el inversor por conducción de 120° , conducen solamente dos transistores.

La carga puede ser conectada en estrella o en delta usando los terminales A, B y C. Los transistores de potencia están fijadas en la secuencia T1, T2, T3, T4, T5, T6, T1, Si el período T del voltaje de salida del inversor es dividido en 2π radianes (360 grados) entonces cada transistor conducirá por intervalo de $\pi/3$ (120 grados).

A continuación, mostramos en el siguiente gráfico, las diferentes formas de ondas para el modelo en el cual cada transistor de potencia conduce por un periodo de π :

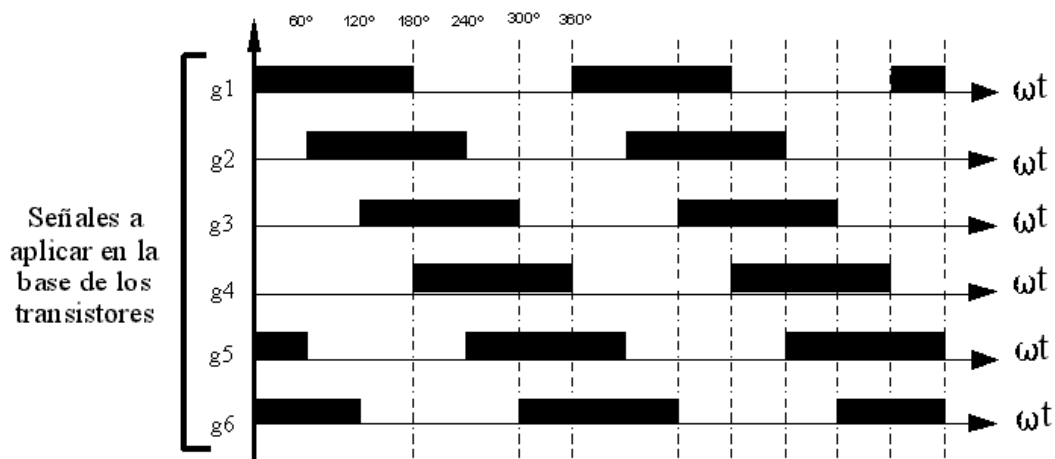


Fig.2. 2 Señales aplicadas a las bases de los transistores

Las señales de voltajes V_{g1} a V_{g6} presentan un desfase entre ellos de un intervalo de 60° ($\pi/3$ radianes) y cada señal tiene una duración de 180° (π radianes).

A continuación, se muestra las formas de ondas tanto para voltaje línea – línea, como línea – neutro:

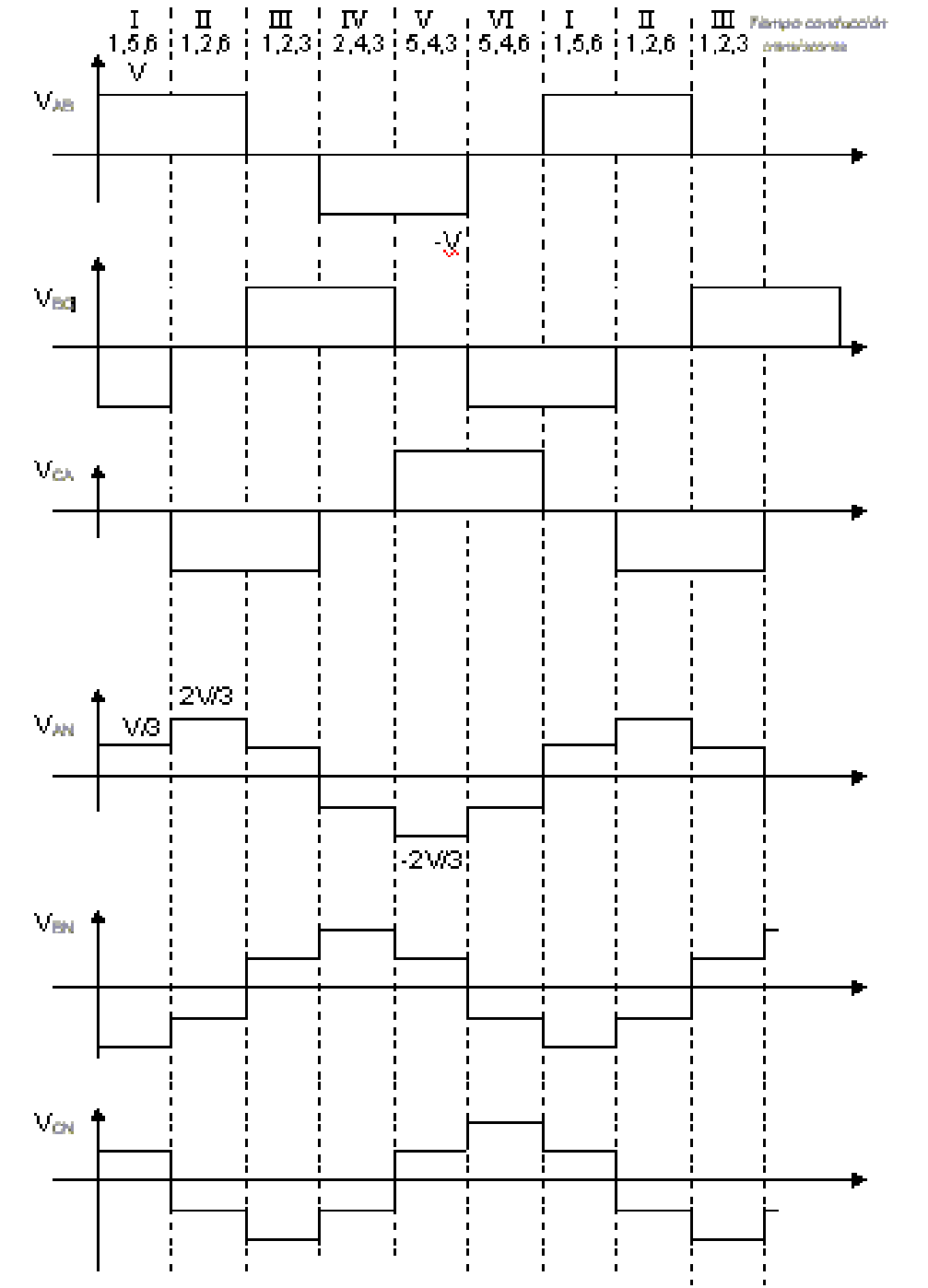


Fig. 2.3 Formas de onda en la carga.

Con carga resistiva, los diodos colocados en paralelos a los transistores no tienen ninguna función. Si la carga tiene elementos inductivos (como ocurre con un motor), la corriente en cada línea del inversor podría estar retrasada con respecto al voltaje, como se muestra en la figura 2.4.

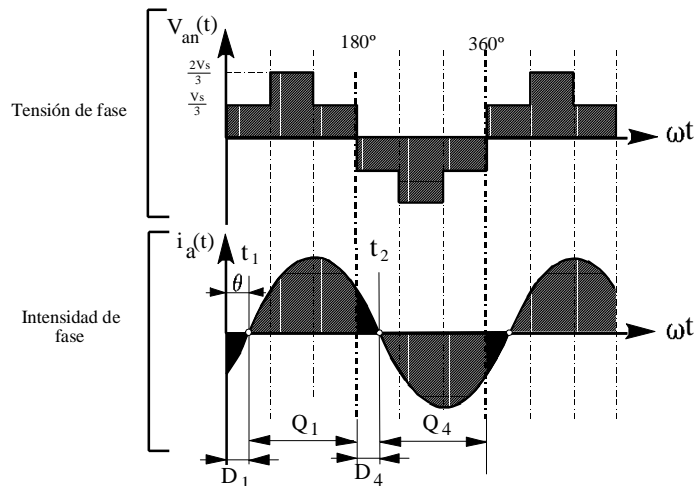


Fig.2.4

Inversor trifásico con carga RL.

Cuando el transistor Q4 en la figura en la figura está apagado, la única ruta para la corriente de línea negativa es a través de D1. Entonces el terminal de carga *a* es conectada fuente DC a través de D1 mientras la corriente de carga reverse su polaridad en $t = t_1$. Durante el periodo para $0 < t < t_1$, el transistor Q1 no conducirá. Similarmente, el transistor Q4 únicamente conducirá a partir de $t = t_2$. Los transistores podrían estar continuamente conduciendo, por lo que el tiempo de conducción de los transistores y diodos dependerá del factor de potencia de la carga.

3. CIRCUITO DE CONTROL

Para el circuito de fuerza necesitamos que deben llegar como voltaje de base a emisor las formas de ondas mostradas en la figura 2.2. Para eso, estas mismas formas de ondas se deben generar del mismo circuito de control. Primero se generará un tren de pulsos (señal de *clock*) el cual se obtiene de un oscilador controlado por voltaje (VCO) con el cual variamos la frecuencia en el rango ya establecido.

El circuito que nos dará el oscilador controlado por voltaje está formado por un arreglo especial del temporizador 555, mostrado en la siguiente figura:

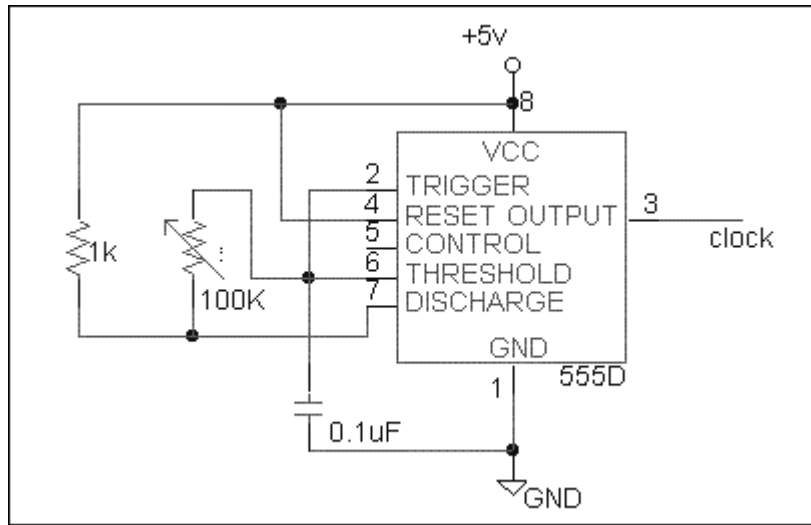


Fig.3.1 Circuito de Reloj

Este tren de pulsos va a un arreglo especial de Flip Flop JK llamado *ring counter* el cual dará los desfases cada 60° de las ondas que harán entrar en corte o saturación a los transistores. De esta etapa de *ring counter* obtendremos 6 formas de ondas. A continuación se muestra el circuito implementado usando los Flip Flop JK:

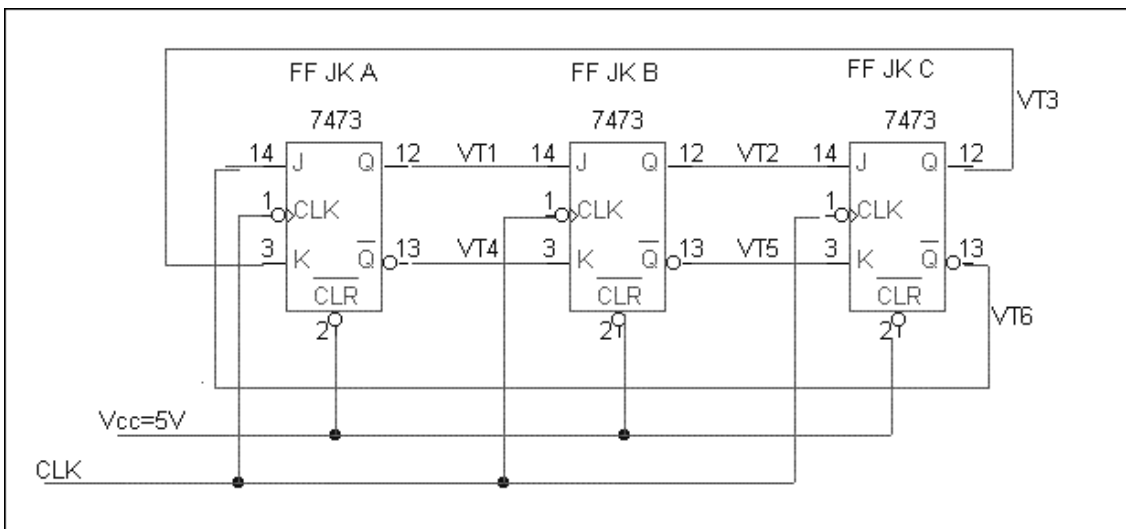


Fig.3.2 Circuito Ring Counter

Estas señales serán enviadas luego a una etapa de acoplamiento, en el cual se utilizará optoacopladores, que conmutarán los transistores del circuito de fuerza. El circuito de comando amplificador se muestra a continuación.

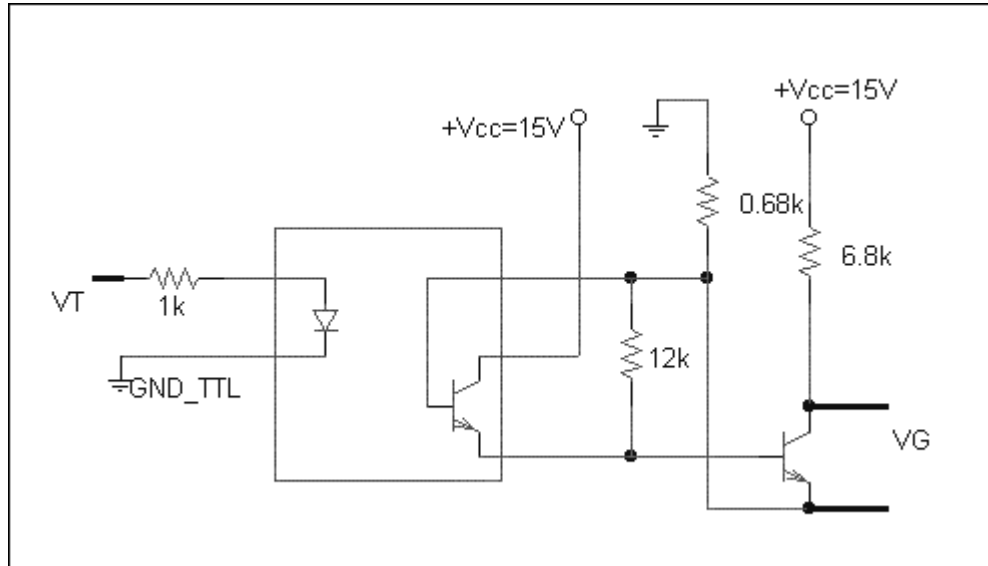


Fig.3.3 Circuito de acoplamiento para un transistor de potencia

CONCLUSIONES

- Para que los tiempos de conducción sean correctos, debemos asegurarnos que los pulsos de reloj tengan el mismo tiempo de subida y bajada. Esto es crítico, ya que se pueden presentar conducción en tiempos no deseados, lo cual puede distorsionar la forma de onda de salida o producir cortocircuitos.
- Ya que los transistores de potencia fueron escogidos con un valor de β muy elevado, nos asegura que el circuito de fuerza funcionará de manera correcta.
- Se podría mejorar el Inversor estableciendo un circuito de retroalimentación, ya sea sensando la corriente de línea que alimenta a la carga o la velocidad del motor, para realizar un control más efectivo en la variación de velocidad del mismo.
- También se puede añadir modulación por ancho de pulso, el cual nos permite mejorar la forma de onda de salida, y reducir lo más posible los armónicos. Esto es válido, ya que las pruebas realizadas han sido con cargas RL, pero para motores de inducción se pueden presentar ciertos

inconvenientes, ya sea por mayores pérdidas en el motor, que afectarán en el rendimiento del mismo.

- Se puede observar en las gráficas de osciloscopio, que al aumentar o disminuir el valor de inductancia en la carga, se presenta una mayor o menor distorsión en la forma de onda. Igualmente, por la presencia de la inductancia, los valores de corriente de carga disminuirán considerablemente.

REFERENCIAS

- Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, de Robert F. Coughlin y Frederick F. Driscoll (Cuarta edición, pgs 381-382)
- Power Semiconductor Circuits, de Dewan & Straighen (pgs 315-325)
- Power Electronics: Cicuits, Devices and applications 2nd Edition; de Muhammad H. & Rashid (pgs 364-369)
- An Engineering approach to digital design, de William I. Fletcher (pgs 402-406)

.....
Ing. Norman Chootong Ching

Director de Tópico