



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Nombre del Proyecto de Residencia:

**Diseño de un sistema de alimentación basado en celdas
solares aplicado a un sistema de riego**

Reporte Final

Nombre del Residente: Reynolds Omar García Hernández

Carrera; Ing. Electrónica

N° de Control: 06270046

Semestre 10°

Asesor: Rubén Herrera Galicia

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Febrero del 2011

Fecha

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego han cambiado con el pasar del tiempo, hay diferentes sistemas donde se utilizan estrategias y así obtienen mejoras de producciones en sus cultivos. En la actualidad los lugares donde se utiliza, tienen diferentes maneras de manejar el vital líquido estos sistemas con el pasar del tiempo han cambiado, con la automatización se pretende muchas mejoras en estos casos se utiliza sistemas de alimentación diseñado especial mente para que reúna las necesidades del mismo. En muchos partes los sistemas de riego son necesarios para poder mantener en óptimo trabajo y no tener pérdidas en la producción, para esto debe estar constante mente funcionando y monitoreando los cambios de clima que sufre repentinamente el ambiente, estos procesos manejan maquinaria eléctrica que se encargan de regulan la cantidad de agua que se debe suministrar dependiendo de lo que haya detectado el sistema de control en el ambiente. Por el hecho de manejar maquinaria eléctrica es necesaria mucha potencia para controlar estas máquinas eléctricas, por lo general trabajan con corriente alterna. En el campo hay zonas donde es muy difícil adquirir energía eléctrica ya que los suministros quedan muy retirados del lugar donde se necesita y en muchos casos se abstienen de tener estos sistemas de riego. Para suministrar energía a estos lugares se necesita otros tipos de obtener energía como por ejemplo por medio del sol, este generador de energía para utilizarlos deben tener un sistemas de alimentación diseñados especial mente para la función que se le utilice y además también se encargue de almacenar la energía para luego usarla cuando se lo requiera. En los sistemas de riego donde se utilizan energía solar son necesarias manejar maquinas eléctricas que necesitan corriente de CA con una potencia alta, ya que la energía solar proporciona por el sol genera corriente de CD es necesario utilizar un inversor que convierta la energía en CD a CA, dependiendo del uso que tenga al inversor será capaz de alimentar suficiente energía a las diferentes máquinas eléctricas que se necesiten. Para mantener en funcionamiento óptimo. Estos sistemas es necesario controlar las diferentes etapas con precisión, con la utilización de los micro controladores se puede hacer estas funciones, ya que han probado ser un gran ayuda para las etapas de control. Ya que es muy necesario mantener un sistema de regado que se encargue de cuidar y monitoreo para evitar el desperdicio del vital líquido, con la aplicación de una alimentación basado en energía solar.

CAPITULO 1

1.1 Antecedentes

En la actualidad existen diferentes estrategias de administración en el uso de corriente eléctrica, la naturaleza proporciona energía renovable ya utilizada en muchas aplicaciones donde se trabajan equipos que consumen alta potencia de trabajo.

Para trabajar la energía renovable eficientemente debe convertirse en corriente alterna, este trabajo necesita transformarse de corriente continua a alterna ya que la tención alterna brinda potencia de trabajo eficaz donde es necesario la utilización del inversor.

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia.

Entre las aplicaciones que se contemplan podemos destacar: sistemas de alimentación fotovoltaicos, sistemas de alimentación utilizando celdas de combustible, Sistemas de Seguridad y Vigilancia (CCTV) (con el opcional de salida sinusoidal), Equipos PLC'S (Controladores Lógicos programables), Lámparas halógenas (reflectores), mini-generadores eólicos, compensación armónica también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Las aplicaciones son muchas en un ámbito electrónico, la conversión es muy indispensable cuando se trabaja con energía renovable en donde tiene la facilidad de adquirir energía en casi cualquier lugar dependiendo del clima, área de trabajo y temporada. También es estos tiempos es imprescindible el ahorro de energía eléctrica, la creación de estas fuentes de energía favorece en mayor parte al costo tarifario de la energía eléctrica el buen manejo, la calidad de potencia y la calidad de señal transmitida es esencial para un buen rendimiento en las actividades que se necesite una alto consumo.

Conforme la tecnología avanza son más frecuentes los intentos de trabajar con energía alternativas (toda energía capaz de suplir a la energía o fuentes energéticas actuales), que no solamente prueban ser eficientes sino renovables. Su grado de contaminación al ser generada y trasformada es real menta bajo. Algunas de las áreas de investigación actuales son energía eólica, hidráulica, mareomotriz (energía de las olas), solar, geotérmica, biomasa, etc. Comienza a tener auge en países como Alemania, España y Dinamarca

CAPITULO 1

produciendo hasta el 19% de la producción de electricidad. Más de 15, 000,000 millones de KV/h de electricidad son generados anualmente en todo el mundo, de los cuales la energía renovable genera un 1%. Se estima que México cuenta con un potencial eólico de aproximadamente 50,000 MW, de los cuales existen actualmente plantas generadoras de tan solo 1.5 MW en la zona sur de México.

1.2 Estado del arte

En la universidad autónoma de México se presenta un Inversor de 200 VAC Alimentado con el Puerto FireWire para un Video queratómetro de Campo Plano (VQCP). En el presente trabajo se muestra el diseño de un inversor de voltaje. Este inversor es empleado para alimentar una pantalla electroluminiscente necesaria en un video queratómetro de campo plano. El video queratómetro de campo plano (VQCP) es un instrumento por medio del cual se puede estudiar la forma de la córnea mediante mapas topográficos. Este equipo, está integrado por una cámara digital (CCD) que toma la fotografía del ojo, una fuente de luz para iluminar la córnea, una pantalla o patrón de manchas que sirven de referencia y un programa de computadora para procesar la imagen. Los queratopógrafos se basan principalmente en dos principios físicos, de reflexión o proyección. Los resultados obtenidos son aceptables dado que se logró obtener una salida sinusoidal en el transformador con una amplitud de 200 VAC p-p. Con estas características se logró un brillo adecuado en la pantalla de tal forma que se puede iluminar el sistema sin problemas.

En el Instituto Tecnológico de Celaya implementa el uso de inversor con la posibilidad de aumentar su potencia y eficiencia con métodos de conexión en paralelo. La operación apropiada de los convertidores CD/CA en paralelo es crucial en un sistema distribuido. Para agregar confiabilidad y expansibilidad se integran sistemas que sean redundantes y que posean flexibilidad. El concepto de redundancia consiste en tener una (N+1) o más unidades de UPS (N+X) en reserva, y si alguno del resto de los N módulos se daña o se desconecta, los módulos que están en estado de reserva pueden ser conectados automáticamente para suministrar las funciones de las unidades dañadas. A su vez esta característica ofrece también flexibilidad ya que si aumenta la capacidad en potencia del sistema entero, simplemente se agregan más unidades conectándolas en paralelo. Un sistema redundante en paralelo puede proporcionar típicamente la disponibilidad del 99.99%, lo cual significa que el sistema no funcionará por pérdidas sólo una hora durante un año. Hablando en términos generales, un sistema de convertidores CD/CA en paralelo debe alcanzarlas siguientes características, la misma amplitud, frecuencia y fase en el voltaje de salida, Distribución de corriente igual entre las cargas, Flexibilidad para aumentar el número de unidades, Operación lista para su uso en cualquier momento que se requiera. La operación en paralelo de los convertidores CD/CA tiene un gran número de

CAPITULO 1

ventajas incluyendo la confiabilidad, la redundancia, la modularidad, la capacidad de mantenimiento y la reducción de tamaño.

1.3 Justificación

Hoy en día existen múltiples lugares en donde se carece del servicio de corriente eléctrica y manejos de control del vital líquido, estos lugares por lo general son zonas rurales. Las aplicaciones de los sistemas de riego son muchas, con la ayuda de estos se evitan el exceso o poco uso del agua.

Es por ello el diseño de un sistema de alimentación en base con celdas solares con una aplicación que ayude a zonas rurales. Donde es necesario un sistema de control y así mayor producción en beneficio para cualquier persona que lo necesite.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de alimentación basado en celdas solares para suministrar la energía eléctrica necesaria para operar un sistema de riego automatizado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Seleccionar las dimensiones de los paneles solares y la capacidad de banco de batería.
- b) Diseñar y construir un control de recargado para el banco de baterías para el monitoreo y visualización.
- c) Diseñar un inversor para proporcionar CA a la bomba y las electroválvulas, y al sistema de riego automatizado.
- d) Diseñar un sistema de monitoreo de la alimentación
- e) Diseñar una fuente de regulación para el sistema de Riego.

CAPITULO 1

- f) Rediseñar el sistema de control de alimentación del micro controlador 1 y 2, tal que esta sean actuados solo cuando se requiera medir o regar. El resto del tiempo se mantendrá apagados para ahorro de energía.

1.5 Metodología

- El Panel solar suministrara energía a la batería debida mente con su protección.
- El control de recargado hará la tarea de alimentar al banco de batería mientras lo requiera.
- El banco de batería almacenará energía para todo el sistema.
- En el circuito de regulación se adaptará energía necesaria para los micros y sensores del sistema de riego.
- El control de alimentación del micro 1 y 2 funciona cuando el micro cero lo requiera para dicha tarea
- El inversor será alimentado por el banco de baterías que dará energía a la etapa de potencia
- Un inversor entrega una potencia para la bomba, electroválvulas y el sistema de riego.

1.6 Planteamiento del problema

La aplicación del sistema se cargará al banco de batería siempre y cuando la emisión del sol llegue al sistema de recarga. Por ese medio generara energía para el banco de batería en el transcurso del día, que es donde el sol irradia luz. Influye mucho también el clima en donde está, hay temporadas en el que escasea la radiación de luz del sol.

1.6 Delimitación del problema

El tipo de riego será por aspersión o se puede adaptar a otro tipo de regado. El área de regado influye en la potencia de la bomba, el número de electroválvulas y la potencia suministrada del inversor. En el prototipo se emplearan dos electro válvulas junto a un inversor proporcionándole la energía necesaria para su funcionamiento, pero esta cantidad se puede aumentar hasta satisfacer las necesidades de la plantación, dependiendo de estas características se necesitara un número menor o mayor, tanto del banco de baterías, los paneles solares e inversores . Actualmente el sistema está basado en la combinación de cinco micro controladores: micro controlador de mando, micro controlador de control, micro controlador de potencia, Micro controlador de recarga de batería, Micro controlador del inversor.

Microcontrolador de recarga de batería: Es un PIC16F877A, que hace la función de estar al pendiente del banco de batería, para que cuando sea necesaria se recargue, el voltaje proveniente del panel solar y la batería será mostrado en un LCD para un mayor entendimiento de la alimentación, cuando esté en las condiciones necesarias se facilitará una orden de que pueden activar los equipos de potencia que son la bomba de agua y las electroválvulas.

Microcontrolador del inversor: Es un PIC16F877A, oscila la frecuencia que necesita para generar la onda sinusoidal siempre que se le ordene. Sera utilizado por las electroválvulas y la bomba.

Microcontrolador de mando: Es un PIC16F84A, mide el tiempo. Este, gobierna a un LCD, donde muestra el tiempo, al igual que genera órdenes de mando para el microcontrolador de control y el microcontrolador de potencia. El microcontrolador de mando da las órdenes para indicar el inicio del momento de tomar mediciones y el momento de riego.

Microcontrolador de control: Es un PIC16F877A, hace mediciones a través de los sensores conectados a él. Convierte voltaje analógico a digital. Recibe órdenes del microcontrolador de mando que le indican: medición ó riego. En caso de medición le indican el número de medición. Y después de las mediciones, almacena los resultados en la memoria EEPROM. Cuando recibe la orden de riego recupera los datos de la memoria EEPROM, los promedia, calcula el tiempo de riego con las ecuaciones 3.1 y 3.22, y transmite el resultado al microcontrolador de potencia. Los sensores utilizados en este proyecto son: temperatura del aire, humedad del aire, y humedad de la tierra.

CAPITULO 1

Microcontrolador de potencia: Es un PIC16F84A, lee el tiempo de riego que le pide al microcontrolador de control, además detecta el cruce por cero de la tensión de la corriente alterna, esto a través de un circuito de cruce por cero y genera una señal rectangular con anchura de pulso igual al tiempo de riego que viene especificado en minutos. La señal rectangular sirve para activar un circuito de potencia que controla a la bomba. Las señales similares en otras terminales del microcontrolador sirven para activar a electro válvulas de manera alternada, también a través de circuitos de potencia.

El microcontrolador de potencia también se mantiene apagado la mayor parte del tiempo, es activado únicamente cuando es riego; se activa con la orden de mando del microcontrolador de mando, pero después, tiene que mandar un alto para “anclaje”. El anclaje dura el mismo tiempo que dure el riego, pero al terminar la actividad manda un bajo para cortar su alimentación.

1.7 Hipótesis de trabajo

Los sistemas de riego basadas en alimentación alternativas, se basan en la percepción humana lo que conduce a un desperdicio notable tanto de energía eléctrica y del agua. Aquí proponemos un método donde la alimentación sea eficiente, donde se administre la energía y basa su forma de regado en las necesidades de las plantaciones y en los factores climáticos y edáficos.

Un dispositivo capaz de dale energía, guardarla y administrarla para un mayor duración, capaz de tomar lecturas de temperatura y humedad, las cuales sirvan de base para la cantidad de regado, es una herramienta útil en una plantación, ya que aumenta la producción en las cosechas y permite un considerable ahorro de agua.

CAPITULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Un inversor, también llamado ondulator, es un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual es utilizado para interrumpir la corriente entrante y generar una onda. Esta onda alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda sinusoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal deberían ser sinusoidales.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac's o los IGBT's. Inversores más eficientes utilizan varios modos electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda sinusoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda. Condensadores e inductores pueden ser utilizados para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Además, es posible producir una llamada "onda sinusoidal modificada", la cual es generada a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de tierra. Una circuitería lógica se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente.

Se pueden clasificar en general de dos tipos:

1) inversores monofásicos

2) inversores trifásicos.

Inversores más avanzados utilizan la modulación por ancho de pulsos con una frecuencia portadora mucho más alta para aproximarse más a la onda seno o modulaciones por vectores de espacio mejorando la distorsión armónica de salida. También se puede pre distorsionar la onda para mejorar el factor de potencia.

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado IGBT (Insulated Gate Bipolar transistor ó Transistor Bipolar de Puerta Aislada).

2.1 Parámetros característicos de un inversor

La figura 2.1 muestra un inversor alimentando una carga genérica. El inversor se caracteriza básicamente por la calidad de su onda de salida, que en general puede ser una tensión o una corriente. Cuanto menor sea el contenido en armónicos de la onda de salida más próxima será ésta a una onda sinusoidal pura. En este sentido se definen los parámetros siguientes:

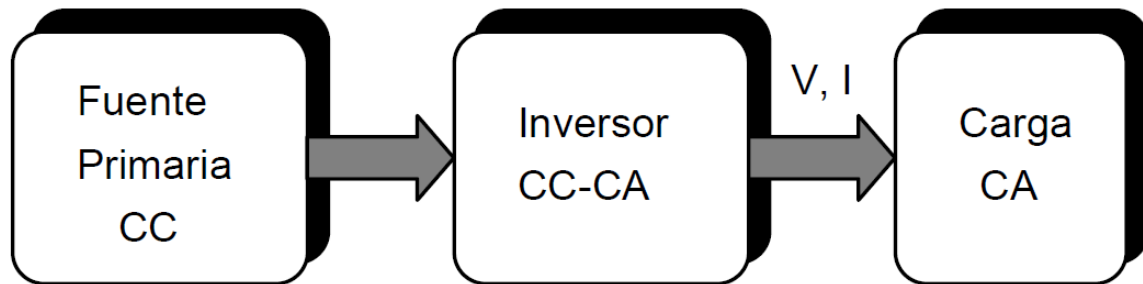


Figura 2.1. Esquema de conversión CC-CA

2.2 El inversor monofásico en puente completo

El inversor en puente completo está formado por 4 interruptores de potencia totalmente controlados, típicamente transistores MOSFETs o IGBTs, tal y como se muestra en la figura 2.2

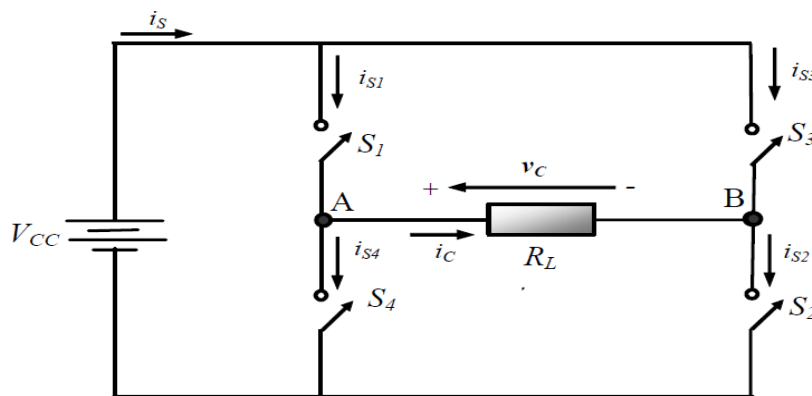


Figura 2.2 inversor de tipo completo

La tensión de salida V_C puede ser $+V_{CC}$, $-V_{CC}$, ó 0 , dependiendo del estado de los interruptores. La tabla siguiente muestra la tensión de salida que se obtiene al cerrar determinadas parejas de interruptores.

Interruptores cerrados	Tensión de salida V_C
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 2.3 Respuesta Inversor monofásico de puente completo

Observe que S_1 y S_4 no deberían estar cerrados al mismo tiempo, ni tampoco S_2 y S_3 para evitar un cortocircuito en la fuente de continua. Los interruptores reales no se abren y se cierran instantáneamente, por tanto debe tenerse en cuenta los tiempos de conmutación al diseñar el control de los interruptores.

El solapamiento de los tiempos de conducción de los interruptores resultaría en un circuito denominado, en ocasiones, fallo de solapamiento en la fuente de tensión continua. El tiempo permitido para la conmutación se denomina tiempo muerto ("blanking time"). Para obtener una tensión de salida V_{CC} igual a cero se pueden cerrar al mismo tiempo los interruptores S_1 y S_3 o bien S_2 y S_4 . Otra forma de obtener una tensión cero a la salida sería eliminando las señales de control en los interruptores, es decir, manteniendo abiertos todos los interruptores.

2.3 El inversor con modulación por onda cuadrada

La técnica de modulación o el esquema de conmutación más sencillo del inversor en puente completo es el que genera una tensión de salida en forma de onda cuadrada. En éste caso los interruptores conectan la carga a $+V_{CC}$ cuando S_1 y S_2 están cerrados (estando S_3 y S_4 abiertos) y a $-V_{CC}$ cuando S_3 y S_4 están cerrados (estando S_1 y S_2 abiertos). La conmutación periódica de la tensión de la carga entre $+V_{CC}$ y $-V_{CC}$ genera en la carga una tensión con forma de onda cuadrada. Aunque esta salida alterna no es sinusoidal pura, puede ser una onda de alterna adecuada para algunas aplicaciones.

La forma de onda de la corriente en la carga depende de los componentes de la carga. En una carga resistiva, la forma de onda de la corriente se corresponde con la forma de la tensión de salida. Una carga inductiva tendrá una corriente más sinusoidal que la tensión, a causa de las propiedades de filtrado de las inductancias. Una carga inductiva requiere ciertas consideraciones a la hora de diseñar los interruptores del inversor, ya que las corrientes de los interruptores deben ser bidireccionales. Para ello, se suelen poner

diodos en anti paralelo con cada uno de los interruptores. En el caso del ondulator en puente se utilizarían cuatro diodos en anti paralelo con cada uno de los interruptores. Para el caso del medio puente y del pushpull se utilizarían 2 diodos, uno para cada interruptor.

La figura 2.3 muestra la forma de onda de la tensión de salida V_C para un inversor en puente de onda completa con modulación por onda cuadrada. Éste tipo de modulación no permite el control de la amplitud ni del valor eficaz de la tensión de salida, la cual podría variarse solamente si la tensión de entrada V_{CC} fuese ajustable.

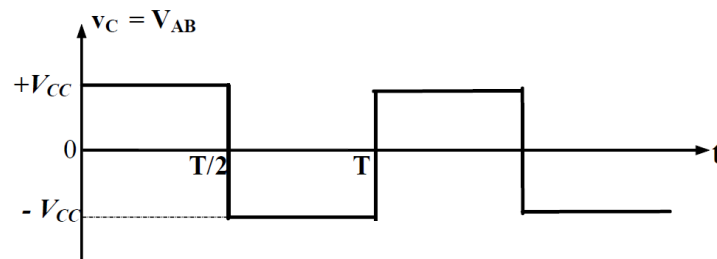


Figura 2.3 Formas de onda de tensión en la carga RL del inversor en puente controlado por onda cuadrada.

2.4 El inversor con modulación por onda cuasi-cuadrada

Se observa que aunque a la salida se ha obtenido una tensión alterna, ésta no se parece en absoluto a una sinusoidal pura. De hecho una onda cuadrada periódica pura tiene infinitos armónicos sobre la frecuencia fundamental.

Para solucionar este inconveniente existen varias alternativas. La primera es añadir un filtro tipo LC a la salida, lo cual es costoso dado el elevado número de armónicos de baja frecuencia que se deben filtrar.

La segunda alternativa es mejorar el control de los interruptores de potencia. Una alternativa que permite ajustar el valor eficaz de la tensión de salida y eliminar los armónicos de baja frecuencia es la llamada onda cuasi-cuadrada o cancelación de tensión, en la cual se mantiene un nivel de tensión nulo sobre la carga durante parte del período. De esta manera, mejoramos el contenido de armónicos de la tensión de salida. La tensión que se obtiene utilizando la modulación por onda cuasi-cuadrada se puede apreciar en la figura 2.4

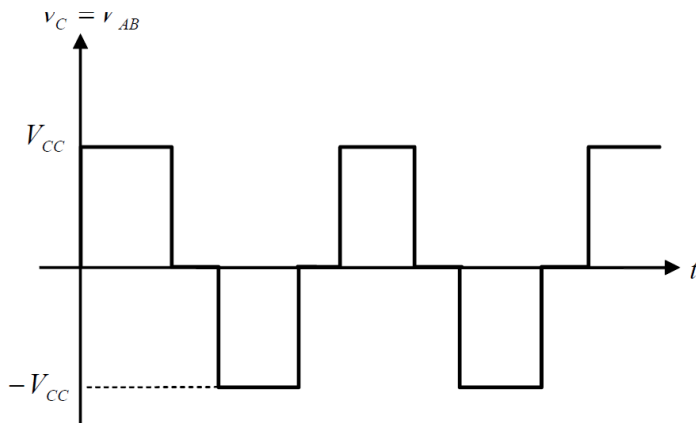
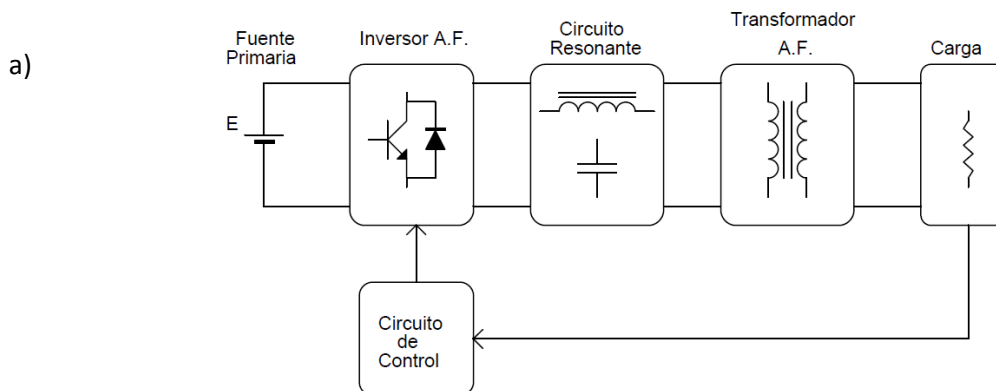


Figura 2.4. Formas de onda de tensión en la carga RL del inversor en puente completo controlado por cancelación de tensión (modulación por onda casi-cuadrada).

2.5 Diagrama de bloques de un inversor resonante

La Figura 2.5 muestra el diagrama de bloques de un inversor resonante, tanto para el caso de alimentación en tensión (Fig. 1.5a) como para el caso de alimentación en corriente (Fig. 1.5b). Se observa que está formado por cinco etapas fundamentales:

- Fuente primaria de continua
- Inversor estático de alta frecuencia
- Circuito resonante
- Transformador de alta frecuencia
- Circuito de gobierno y control



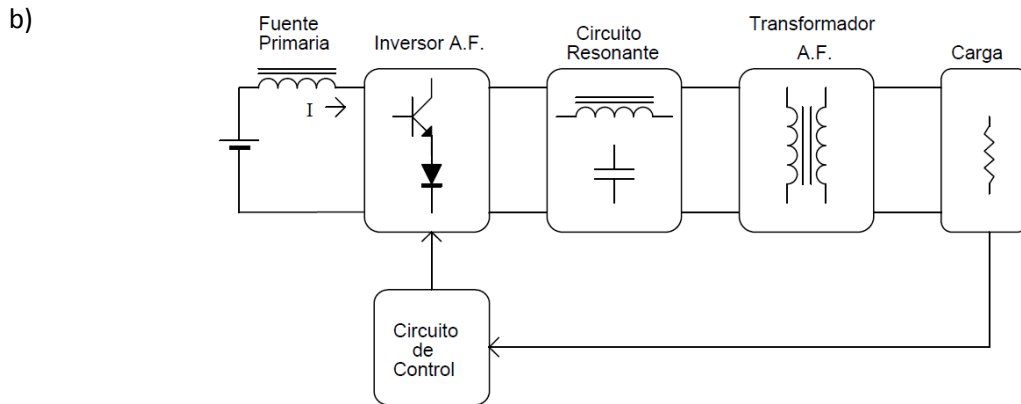


Figura 2.5. Diagrama de bloques de un inversor resonante: (a) Alimentado en tensión y (b) alimentado en corriente.

Las diferentes topologías de inversores resonantes más habituales se obtienen combinando un inversor de alta frecuencia de los mostrados con un circuito resonante de los ilustrados en la figura 2.6

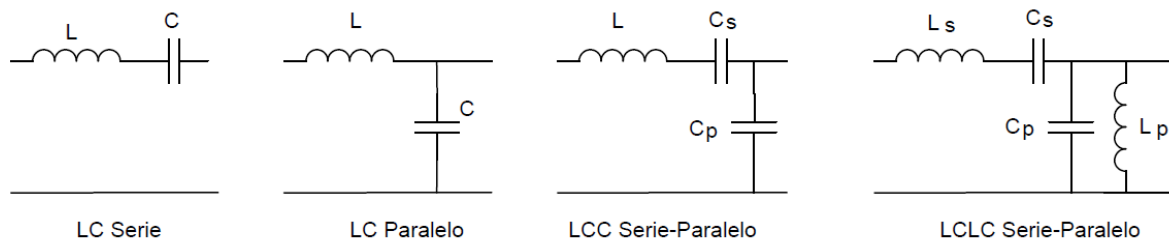


Figura 2.6. Topologías básicas de inversores resonantes alimentados en tensión

2.5.1 Modos de funcionamiento de un inversor resonante

El caso más general desde el punto de vista de los diferentes modos de conmutación que pueden producirse corresponde al inversor en puente completo con control por deslizamiento de fase. En esta topología se dispone de dos parámetros de control: la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo.

En función del desfase existente entre la tensión de salida (V_o) y la corriente (I_o) del circuito resonante pueden darse los siguientes modos de conmutación:

- Modo de conmutación a tensión cero (ZVS) o conmutación forzada
- Modo de conmutación a corriente cero (ZCS) o conmutación natural
- Modo de conmutación mixto (ZVS-ZCS)

2.5.1.1 Modo de conmutación a tensión cero (ZVS)

La figura 1.7 muestra las ondas de gobierno de los transistores del puente junto con las formas de onda de tensión y corriente en el circuito tanque para este modo de conmutación. Como se observa en la figura, la secuencia de conducción para los dispositivos del puente es Q1-Q2, D3-Q2, D3-D4, Q3-Q4, D1-Q4 y D1-D2. Cada transistor es activado cuando su diodo en anti paralelo ya se encuentra conduciendo, esto hace que la tensión que soporta al entrar en conducción sea muy reducida. Este tipo de conmutación se denomina por ello conmutación a tensión cero o ZVS (Zero-Voltage-Switching) y cuando se produce, las pérdidas de entrada de conducción del transistor son nulas.

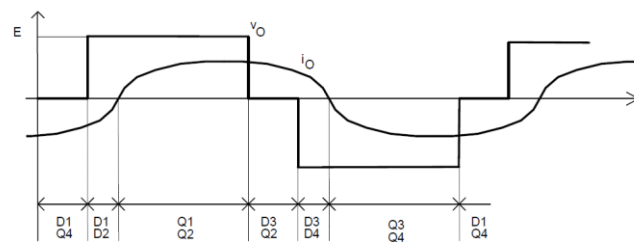


Figura 2.7 Modo de funcionamiento de un inversor resonante.

2.5.1.2 Modo de conmutación a corriente cero (ZCS)

La figura 2.8 muestra las formas de onda de control de los transistores y de tensión y corriente en el circuito tanque resonante para este modo de funcionamiento. Como vemos en la figura 1.8 la secuencia de conmutación en este caso es Q1-Q2, D1-D2, Q3-Q4, D3-D4 y Q1-D4. Ahora cada transistor sale de conducción porque su corriente pasa por cero, se invierte y comienza a circular de forma natural por el diodo que tiene en anti paralelo.

Los transistores salen de conducción con corriente cero, de ahí que a este tipo de conmutación se la denomine conmutación a corriente cero o ZCS (Zero-Current-Switching). En este caso las pérdidas de salida de conducción en los transistores son nulas y por ello a estas conmutaciones se las denomina en ocasiones conmutaciones naturales. Sin embargo, en este caso cuando se produce la entrada de un transistor su diodo en anti paralelo no se encuentra en conducción y el transistor está soportando la tensión de entrada. La entrada en conducción no se produce a tensión cero como en el caso anterior, sino que el transistor se ve obligado a manejar simultáneamente corriente y tensión durante la conmutación, con las consiguientes pérdidas.

En cuanto a los diodos se producen problemas adicionales en las conmutaciones. Si observamos la figura 2.8 el transistor que entra en conducción lo hace sacando de conducción al diodo del otro transistor de su misma rama; por ejemplo, en la mencionada figura, Q3 entra en conducción polarizando inversamente a D1 y la corriente debe pasar instantáneamente desde el diodo al transistor, lo que no puede ocurrir debido al propio tiempo de recuperación en inversa del diodo. Esto provoca la aparición de picos de corriente debido a cortocircuitos puntuales, además de las pérdidas de entrada de conducción del transistor y de salida del diodo.

Por ello en este modo se hace necesario el empleo de diodos rápidos con bajo tiempo de recuperación en inversa para disminuir los problemas durante la conmutación. Aquí ya no es válido el empleo de los diodos parásitos de los Darlington o de los MOSFET debido a sus malas características. En tales casos, estos diodos deben ser anulados colocando diodos rápidos uno de bloqueo en serie con el transistor y otro en paralelo con el conjunto transistor y diodo adicional.

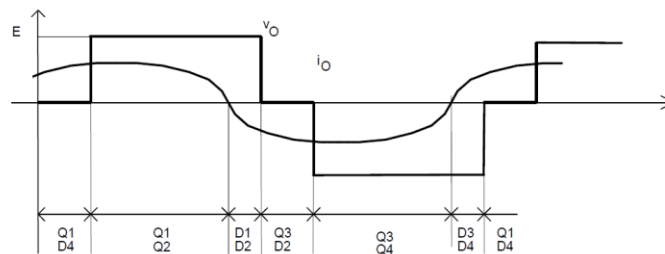


Figura 2.8 Modo de funcionamiento de un inversor resonante.

2.5.1.3 Modo de conmutación mixto (ZVS-ZCS)

Para valores reducidos del ciclo de trabajo aparece el modo de conmutación mixto, en el cual dos de los interruptores del puente trabajan en ZVS, mientras que los otros dos lo hacen en ZCS. Las formas de onda características en este modo se muestran en la figura 2.9. La secuencia de conmutación en este caso es la siguiente: Q1-Q2, Q2-D3, Q3-D2, Q3-

Q4, Q4-D1 y Q1-D4. Como se observa, los transistores Q1 y Q3 entran en conducción cuando sus diodos en anti paralelo están ya conduciendo, es decir, conmutan a tensión cero (ZVS) y salen de conducción manejando corriente. Por otro lado, los transistores Q2 y Q4 de la otra rama entran en conducción con tensión, pero salen de conducción de forma natural al invertirse la corriente y pasar a su diodo en anti paralelo, es decir conmutan a corriente cero (ZCS). Se tiene por tanto una mezcla de las características de ambos modos.

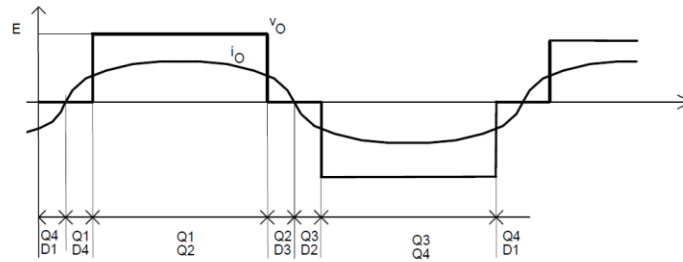


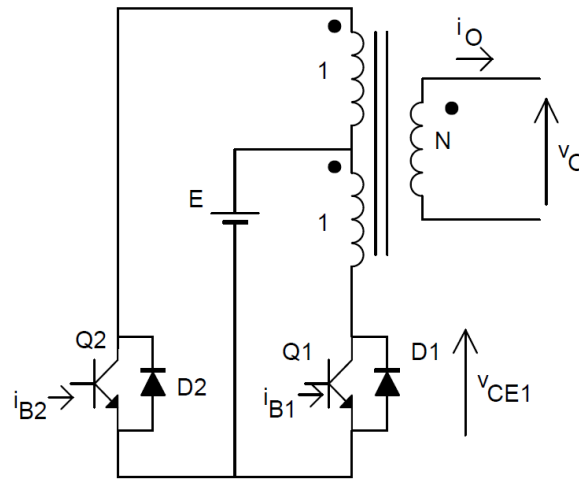
Figura 2.9 Modo de funcionamiento de un inversor resonante.

2.6 Inversor push-pull

El inversor push-pull presenta la ventaja de poder ajustar el nivel de tensión de la onda cuadrada de salida por medio de la relación de espiras del transformador. Sin embargo tiene el inconveniente fundamental de que los transistores deben soportar el doble de la tensión de entrada, ya que a la propia tensión de entrada se le suma el valor reflejado en el primario del transformador. Esto hace necesario el empleo de transistores con tensiones de ruptura superiores y en consecuencia con peores características de conducción.

Además esta topología exige el uso de un elemento reactivo adicional como es el transformador, lo que aumenta el costo para algunas aplicaciones. Esto hace que dicha topología se reserve para el caso de tensiones de entrada reducidas, donde además el uso de un transformador elevador es inevitable.

Por otro lado, el diseño y la construcción del transformador debe realizarse con mucho cuidado para evitar componentes continuas en el flujo del núcleo, que podrían dar lugar a fuertes corrientes de magnetización, disminuyendo el rendimiento del inversor o incluso produciendo su destrucción debido a la saturación del transformador. La figura 2.10 muestra el Inversor Push-pull.



2.10 Inversor Push-pull

2.7 Inversor asimétrico

El inversor asimétrico es muy simple pues sólo requiere dos interruptores. Estrictamente hablando esta topología no corresponde a un inversor pues genera una tensión de salida que tiene siempre la misma polaridad. Esto hace preciso que el circuito tanque al que alimenta esta topología presente un condensador en serie con la entrada de forma que se bloquee el paso de corriente continua. Así la tensión alterna de entrada al circuito tanque corresponderá a una onda cuadrada de tensión máxima igual a la mitad de la tensión de entrada. Esta topología es muy empleada para la implementación de inversores auto oscilantes. La figura 2.11 muestra el inversor asimétrico.

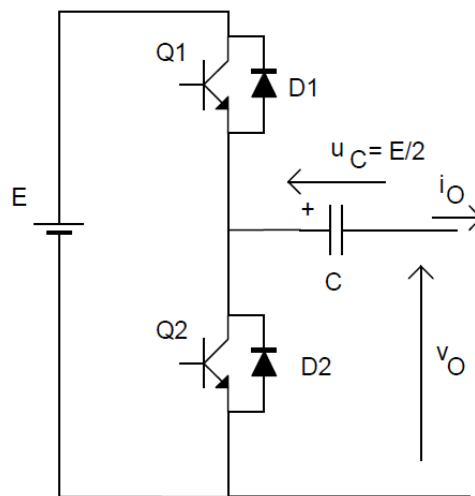


Figura 2.11. Inversor asimétrico

Normalmente el condensador de filtro se considera parte del circuito resonante. El principal inconveniente de este inversor es que el condensador de filtro soporta un nivel de continua igual a la mitad de la tensión de entrada. Por ello, este condensador debe ser de valor elevado para minimizar el rizado de tensión. Por la misma razón, también debe ser un condensador de baja resistencia serie, lo que aumenta su costo.

2.8 Inversor en medio puente

El inversor en medio puente emplea dos condensadores para crear un punto a una tensión flotante igual a la mitad de la tensión de entrada. De esta forma la tensión de salida corresponde directamente a una onda cuadrada de valor máximo igual a la mitad de la tensión de entrada. Los condensadores deben ser escogidos adecuadamente de forma que sean capaces de suministrar la energía necesaria en cada ciclo de conmutación sin una descompensación excesiva en su tensión. Su funcionamiento es muy similar al del inversor asimétrico.

2.9 Inversor en puente completo

En algunas aplicaciones con elevada tensión de entrada, los inversores asimétricos y medio puente, pueden no suministrar potencia suficiente a la salida, en estos casos puede emplearse la topología en puente completo. Esta topología emplea cuatro interruptores para generar una tensión cuadrada de valor máximo igual al de la tensión de entrada, el doble que en las otras dos topologías anteriores, por lo que la potencia disponible en la salida se multiplica por cuatro.

En este inversor los interruptores sólo soportan una tensión igual a la de entrada. Otra ventaja del inversor en puente completo es que permite la modulación de la señal de salida, permitiendo así el control del valor eficaz de la tensión aplicada al circuito resonante.

Por otro lado, uno de los inconvenientes de este inversor es que en cada instante se encuentran siempre dos semiconductores en estado de conducción. Por ello el rendimiento para potencias de salida reducidas será inferior que en el caso de los otros inversores en los que sólo un semiconductor conduce en cada intervalo. En la figura 2.12 se muestra Un Inversor de Puente completo.

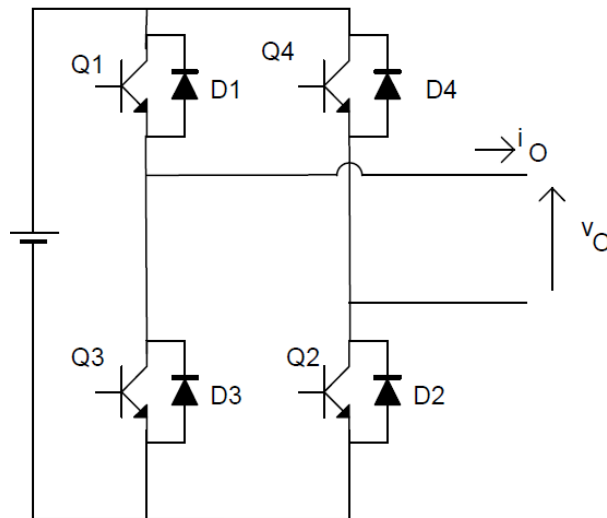


Figura 2.12 Inversor de Puente Completo

2.10 Control de la potencia de salida de un inversor resonante

En muchas aplicaciones de inversores resulta interesante poder regular la tensión o corriente de salida para mantenerla constante frente a variaciones en la tensión de entrada, en la carga, etc. En otros casos puede ser interesante controlar la onda de salida en un margen amplio para variar así la potencia entregada a la carga. Ejemplos típicos son el control del flujo luminoso cuando se alimentan lámparas de descarga, el control de temperatura en sistemas de calentamiento por inducción, etc.

Las técnicas empleadas para el control de la potencia de salida de un inversor resonante son básicamente las siguientes:

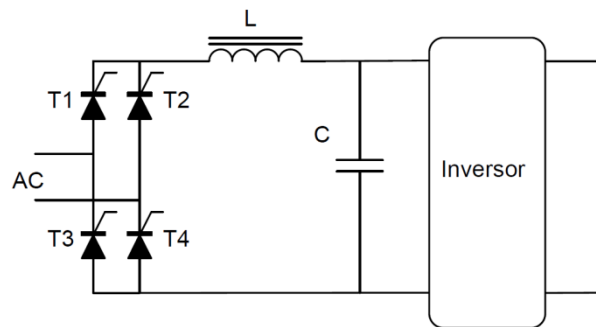
- Control de la tensión continua de entrada al inversor
- Control por frecuencia de conmutación de los interruptores
- Control por deslizamiento de fase o enclavamiento
- Control por modulación de ancho de pulso o PWM
- Control por modulación de densidad de pulsos o PDM

2.11 Tensión continua de entrada

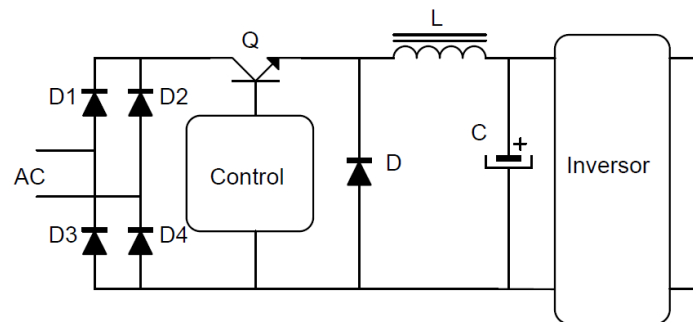
Puesto que la tensión de salida del inversor de alta frecuencia, que es la tensión de entrada del circuito tanque, depende directamente de la tensión continua de entrada, ésta puede emplearse como parámetro de control de la potencia suministrada por el inversor resonante. De esta forma la onda alterna de salida mantiene su forma relativa y su frecuencia, variando su amplitud proporcionalmente a la tensión continua de entrada.

Esto exigiría el empleo de alguna etapa intermedia de conversión CA-CC que permitiese ajustar el nivel de la tensión continua de salida. Algunas de las posibles soluciones se muestran en la figura 2.13.

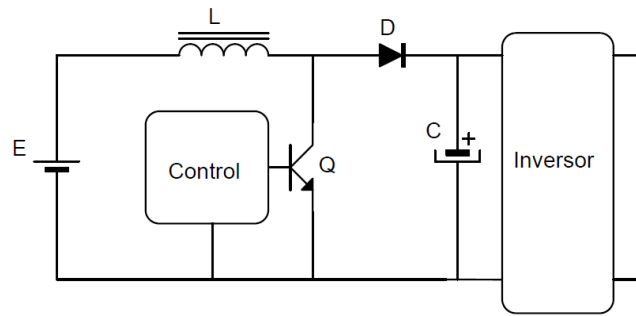
Para el caso de alimentación desde alterna puede emplearse un rectificador controlado, tal como muestra la figura 2.13a. No obstante en este convertidor los interruptores trabajan a frecuencias de red por lo que su respuesta dinámica es lenta. En caso de ser necesaria una respuesta dinámica rápida puede emplearse un convertidor CC-CC conmutado a frecuencia independiente, tal como muestra la figura 2.13b. Finalmente, en el caso de alimentar el inversor desde una batería se emplearán soluciones basadas en reguladores conmutados. En la figura 2.13c se muestra un convertidor elevador a modo de ejemplo.



a)



b)



c)

Figura 2.13. Etapas previas para el control de la tensión de entrada al inversor.

El principal inconveniente de este método de control es la disminución en el rendimiento total del inversor debido a la configuración en dos etapas, aparte de un mayor costo. Puede ser interesante en algunos casos en los que se desee corregir el factor de potencia con esta primera etapa.

2.12 Control por deslizamiento de fase o enclavamiento

Por medio del control adecuado de los interruptores del inversor puede variarse la forma de onda de salida, modificando su valor eficaz. El método consiste en no aplicar siempre toda la tensión de entrada en la salida del inversor, sino que en determinados intervalos se cortocircuita el circuito resonante, aplicándole tensión cero. Esto suele realizarse empleando la topología en puente completo en la que se utilizan los interruptores superiores o inferiores cerrados simultáneamente para cortocircuitar la carga. Si además se varía la duración de los intervalos en los que está cortocircuitada la carga, puede modificarse la forma de onda de la salida y por tanto su valor eficaz.

El nombre de ciclo de trabajo dado a este parámetro de control suele emplearse por similitud con el funcionamiento de los convertidores CC-CC conmutados, de ahí que en algunas ocasiones a este modo de control se le denomine también modulación de ancho de pulso o PWM. No obstante, las denominaciones más habituales son: método de deslizamiento de fase (phase-shift) o de enclavamiento (clamped-mode). En algunas referencias también se les denomina a estos inversores como inversores de clase D, por su similitud de funcionamiento con los amplificadores de audio de clase D.

La técnica de control de fase también puede emplearse acoplando las salidas de dos inversores por medio de transformadores y desplazando a su vez las señales de control de

los inversores. La figura 2.14 muestra un ejemplo empleando inversores push-pull en los que el transformador de salida siempre está presente.

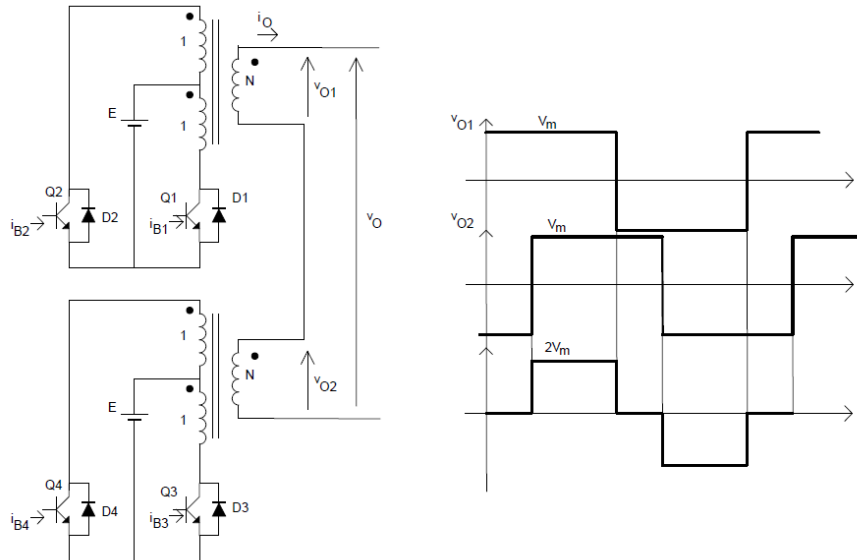


Figura 2.14 Control de fase empleando dos inversores push-pull acoplados.

2.13 Inversores bidireccionales con aislamiento eléctrico sin filtro intermedio en corriente continua.

Los convertidores CC/CA con aislamiento eléctrico, bidireccionales y sin filtro intermedio en corriente continua se pueden clasificar dependiendo de la característica de funcionamiento del transformador.

2.13.1 Inversor de tipo directo

Los inversores de tipo directo transfieren la energía por el transformador sin utilizarlo como elemento de almacenamiento de energía.

El inversor de tipo directo se basa en utilizar un convertidor CC/CA utilizando una topología que puede ser: puente completo, medio puente o push-pull. El convertidor CC/CA genera una señal modulada en anchura de pulso o con anchura de pulso fijo; esta señal se eleva utilizando el transformador de alta frecuencia, posteriormente se utiliza un convertidor CA/CA con interruptores bidireccionales que puede actuar como rectificador

positivo o negativo, en el caso en que el convertidor CC/CA entregue una señal modulada en anchura de pulso o puede funcionar con modulación de anchura de pulso, en el caso en que el convertidor CC/CA entregue una señal con anchura de pulso fijo. Finalmente el filtro pasa bajos elimina los armónicos de orden elevado y entrega una señal sinusoidal. La figura 2.15 muestra el diagrama de bloques de un inversor de tipo directo con la modulación de anchura de pulso en el convertidor CC/CA. La figura 2.16 muestra el diagrama de bloques aplicando la modulación de anchura de pulso en el convertidor CA/CA.

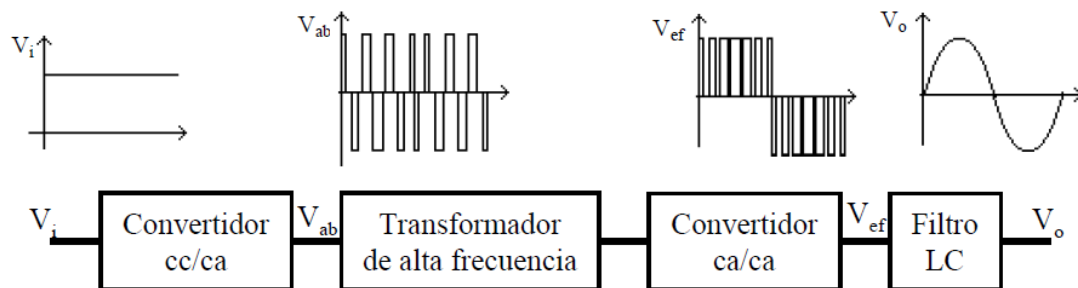


Figura 2.15 Inversor bidireccional de tipo directo con la modulación de anchura de pulso en el convertidor CC/CA.

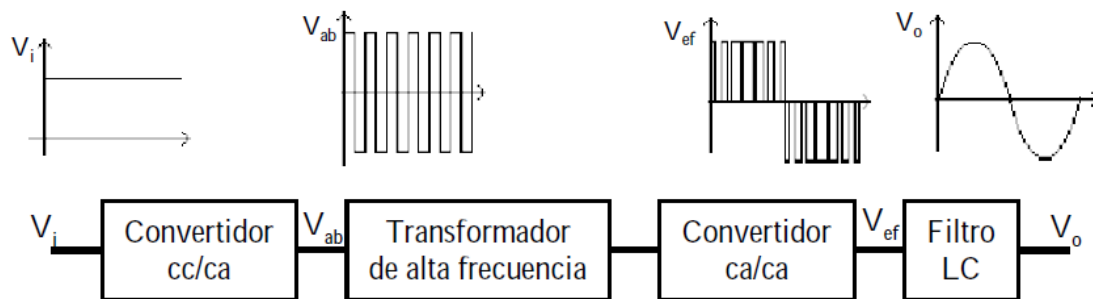


Figura 2.16 Inversor bidireccional de tipo directo con la modulación de anchura de pulso en el convertidor CA/CA.

2.13.2 Inversor de tipo indirecto

Los inversores de tipo indirecto almacenan energía de forma temporal en el transformador durante un intervalo del periodo de conmutación.

El inversor de tipo indirecto se basa en utilizar el convertidor flyback para generar una señal de tensión cuyo valor corresponde a un semiciclo de la señal de línea, de tal forma que con una segunda etapa de inversión del signo se puede generar la señal sinusoidal aplicable a la carga de alterna.

2.14 Inversores multiniveles

Un inversor multinivel permite obtener más de tres niveles de tensión en la carga. Un mayor número de niveles en la tensión de salida del inversor mejorará la calidad de energía entregada y permitirá reducir el tamaño del filtro entre la salida del inversor y la carga. A partir de una rama conformada por condensadores conectados en serie dispuesta en paralelo con la fuente de tensión de corriente directa es posible dividir la tensión en varios niveles.

2.14.1 Inversor multinivel en cascada

El inversor multinivel en cascada está constituido por varios inversores de puente completo conectados en serie o cascada. Este inversor genera una tensión de varios niveles a partir de fuentes de corriente continua individuales que pueden ser baterías, celdas de combustible o celdas solares. La tensión de salida del inversor multinivel se obtiene al sumar las tensiones de salida de los inversores de puente completo.

En comparación con los otros tipos de inversores multinivel, esta topología requiere de una menor cantidad de componentes debido a que no utiliza diodos fijadores o capacitores de balanceo.

Esta topología permite reducir el factor armónico total (THD) al controlar los tiempos de activación de los transistores que dan inicio a los distintos niveles de tensión, de esta forma se puede obtener una tensión casi sinusoidal con un bajo THD. Además esta topología permite utilizar técnicas de conmutación suave para activar los transistores y reducir las pérdidas de energía por conmutación.

Debido a que cada inversor de puente completo tiene un ciclo de trabajo diferente las baterías no se descargan por igual, esto se puede evitar intercambiando la conmutación de transistores en modo secuencial de forma que los diferentes puentes completos se alternen los ciclos de trabajo.

La figura 2.17 muestra un inversor multinivel en cascada constituido por tres inversores puentes completos.

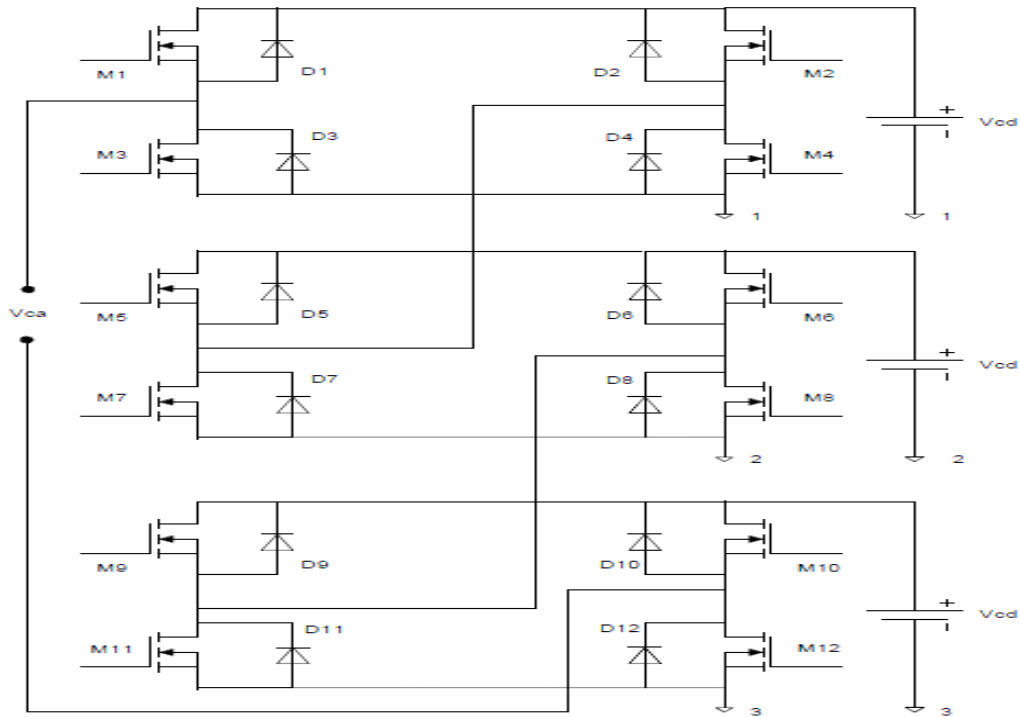


Figura 2.17 Inversor multinivel en cascada de tres puentes H

Para un inversor multinivel en cascada constituido por k inversores puente completo es posible obtener una tensión pico a pico de $(2k + 1)$ niveles. La figura 2.19 muestra las tensiones generadas en los tres puentes completos de la figura 2.18.

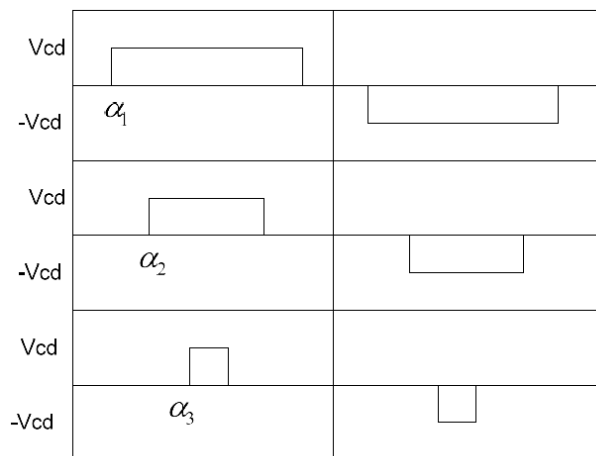


Figura 2.19. Tensiones generadas por puente del inversor de la figura 2.18

La figura 2.20 muestra la tensión multinivel obtenida a la salida del inversor conformada por siete niveles incluido el cero.

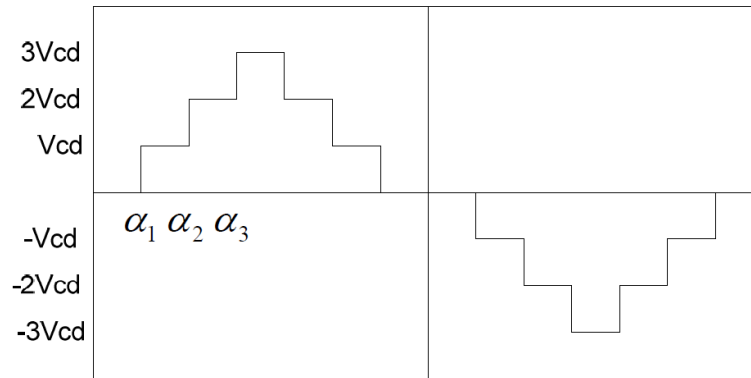


Figura 2.20. Tensión generada a la salida del inversor de la figura 2.18

Con la misma cantidad de inversores de puente completo es posible maximizar el número de niveles a la salida del inversor multinivel escalando los niveles de tensión de las baterías.

2.15 Motores BRUSHLESS

El motor BRUSHLESS es un motor síncrono trifásico que tiene un rotor con imanes permanentes. Los devanados del estator son alimentados con tensiones de manera que el imán permanente del rotor sigue los campos magnéticos creados por los devanados del estator.

Hay dos tipos de motor BRUSHLESS: el motor BRUSHLESS trapezoidal y el motor BRUSHLESS sinusoidal. Aunque el principio básico de funcionamiento es totalmente igual, la diferencia más destacable está en la forma de alimentar los devanados del estator. En el motor BRUSHLESS sinusoidal cada una de las fases (devanados) se alimenta con pulsos rectangulares de tensión con un desfase entre cada una de las fases de 120° . En el motor BRUSHLESS sinusoidal en cambio se alimenta con tensión alterna trifásica.

Los bobinados de un motor brushless, están distribuidos a lo largo del estator en múltiples fases. Dichos motores constan normalmente de tres fases con una separación de 120° entre ellas. A diferencia de los motores brushed convencionales donde la conmutación entre sus fases se realiza internamente de forma mecánica, en los motores brushless las corrientes y voltajes aplicados a cada uno de los bobinados del motor deben ser controlados independientemente mediante una conmutación electrónica. El dispositivo encargado de realizar esta tarea se denomina controlador de motor.

Diseño de un sistema de alimentación basado en celdas solares aplicado a un sistema de riego.

Capítulo 2: Fundamento teórico

Para generar par motor el controlador debe excitar continuamente los bobinados adecuados de forma que generen un campo magnético perpendicular a la dirección del rotor.

Las técnicas de control para motores brushless se pueden clasificar según el algoritmo de conmutación implementado. Las más utilizadas actualmente son:

- Conmutación trapezoidal (también llamada 6- steps mode o basada en sensores hall),
- Conmutación sinusoidal
- Control vectorial (Field Oriented Control).

Estas técnicas tienen básicamente como objetivo estimar la excitación óptima de cada una de las fases del motor y se diferencian principalmente por su complejidad de implementación, que se traduce en un incremento de prestaciones.

A continuación se describen algunas de las características más relevantes de cada técnica de control.

La conmutación trapezoidal proporciona una primera aproximación al control de motores brushless. Gracias a su sencilla implementación y a los pocos recursos utilizados es ampliamente usada en aplicaciones de muy bajo coste. No obstante debido a su alto rizado de par en todo el espectro frecuencial la hace desaconsejable para cualquier aplicación que demande una mínima precisión o eficiencia.

La conmutación sinusoidal soluciona el problema del rizado del par a cambio de aumentar la complejidad del control y de incorporar un sensor de mayor precisión. Sin embargo, debido a que trabaja en el espacio variante del tiempo presenta una limitación de control a altas velocidades.

El control vectorial soluciona los problemas de ambos controles consiguiendo una alta eficiencia y control del par tanto a bajas como a altas velocidades.

2.15.1 Técnicas de control de motores BRUSHLESS

2.15.1.1 Control basado en Conmutación trapezoidal

Uno de los métodos más simples de control de motores brushless es el llamado conmutación trapezoidal o 6-steps mode. En este esquema se controla la corriente que circula por los terminales del motor, excitando un par simultáneamente y manteniendo el

tercer terminal desconectado. Sucesivamente se va alternando el par de terminales a excitar hasta completar las seis combinaciones posibles.

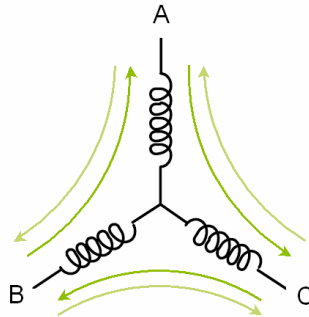


Figura 2.21 Esquema de los seis posibles caminos de circulación de corriente en el control trapezoidal.

Tres sensores de efecto hall situados en el motor son utilizados para proporcionar la posición aproximada del rotor al controlador y que éste pueda determinar el próximo par de terminales a excitar.

Existen distintas técnicas de modulación orientadas a la generación de señales de excitación para motores BRUSHLES mediante las cuales, se puede aumentar la eficiencia del sistema.

Debido a que en todo momento las corrientes de dos bobinados son iguales en magnitud y la tercera siempre es nula, el vector de corrientes del estator o resultado de la suma vectorial de las corrientes que circulan por las bobinas, sólo puede apuntar a 6 direcciones discretas que se muestra en la figura 2.22

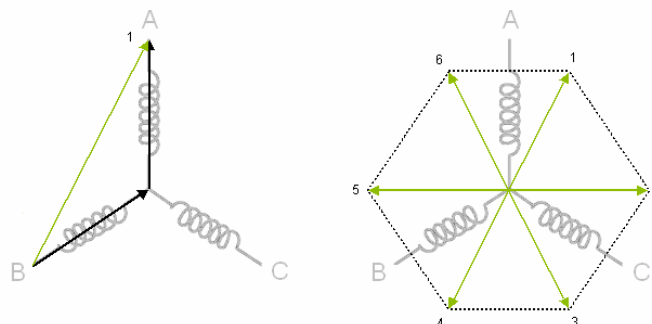


Figura 2.22 Ejemplo de cálculo del vector de corrientes del estator y espacio de posibles direcciones de dicho vector.

Dado que el vector de corrientes sólo puede apuntar en seis direcciones se produce una desalineación entre éstas y la posición real del rotor. En el peor de los casos, cuando el rotor se encuentre en la posición intermedia de uno de los 6 sectores, la desalineación puede llegar a ser de 30 grados.

Esta desalineación genera un rizado en el par del motor de aproximadamente el 15% a una frecuencia seis veces la velocidad de rotación del motor que se muestra en la figura 2.23

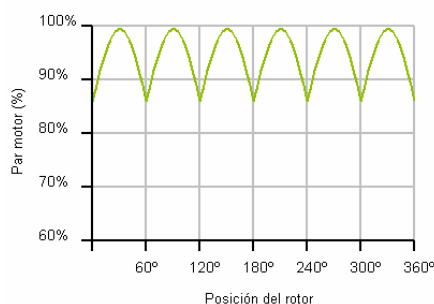


Figura 2.23. Rizado del par motor respecto a la posición del rotor en una conmutación trapezoidal.

Este rizado dificulta el control de motores brushless. En aplicaciones que demanden movimientos a baja velocidad se hace especialmente notable provocando una disminución en la precisión de dichos movimientos.

Además puede ocasionar desgaste mecánico, vibraciones o ruido audible reduciendo las prestaciones y el tiempo de vida del motor.

No obstante gracias a su fácil implementación, esta técnica de conmutación viene siendo muy utilizada desde el inicio de los motores brushless especialmente en aplicaciones de bajo coste.

2.15.1.2 Control basado en Conmutación sinusoidal

La conmutación sinusoidal es vista como un control más avanzado y exacto que el trapezoidal, ya que intenta controlar la posición del rotor continuamente.

Esta continuidad se consigue aplicando simultáneamente tres corrientes sinusoidales desfasadas 120° a los tres bobinados del motor. La fase de estas corrientes se escoge de forma que el vector de corrientes resultante siempre esté en cuadratura con la orientación del rotor y tenga un valor constante.

Como consecuencia de este procedimiento se obtiene un par más preciso y sin el rizado típico de la conmutación trapezoidal. No obstante, para poder generar dicha modulación

sinusoidal es necesaria una medida precisa de la posición del rotor. Debido a que los sensores de efecto hall solo proporcionan una posición aproximada es necesario el uso de otro dispositivo que aporte mayor precisión angular.

La salida de los filtros es utilizada como entrada del generador de excitación que en la mayoría de los casos incorpora un modulador PWM. La conmutación sinusoidal soluciona los problemas de eficiencia que presenta la conmutación trapezoidal. Sin embargo, presenta problemas a altas velocidades de rotación del motor debido a la limitación frecuencia del bucle de corriente. A mayor velocidad de rotación, mayor error y por tanto mayor desalineación entre el vector de corrientes y la dirección de cuadratura del rotor. Este hecho provoca una progresiva disminución del par motor que se muestra en la figura 2.24

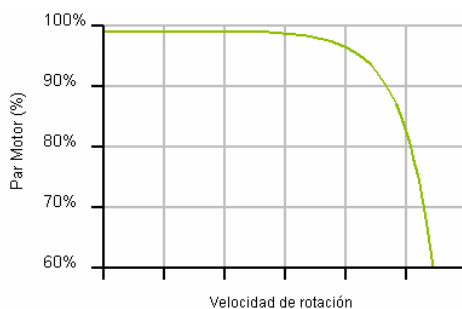


Figura II-6: Par Motor en función de la velocidad de rotación

Para mantener el par constante se necesita aumentar la corriente que circula por el motor provocando una disminución de la eficiencia. Este deterioro de la eficiencia aumenta al incrementarse la velocidad hasta llegar a un punto en el que el desfase entre el vector de corrientes y la dirección de cuadratura puede llegar a 90° produciendo un par motor completamente nulo.

2.15.3 Control vectorial

El control vectorial es el más complejo y el que requiere mayor potencia de cálculo de las tres técnicas. A su vez también es la que mejor control proporciona.

El problema principal que presenta la conmutación sinusoidal es que intenta controlar directamente las corrientes que circulan por el motor, las cuales son intrínsecamente variantes en el tiempo. Al aumentar la velocidad del motor, y por tanto la frecuencia de las corrientes, empiezan a aparecer problemas.

El control vectorial o Field Oriented Control (FOC) soluciona el problema controlando el vector de corrientes directamente en un espacio de referencia ortogonal y rotacional,

Diseño de un sistema de alimentación basado en celdas solares aplicado a un sistema de riego.

Capítulo 2: Fundamento teórico

llamado espacio D-Q (Direct- Quadrature). Dicho espacio de referencia está normalmente alineado con en el rotor de forma que permite que el control del flujo y del par del motor se realice de forma independiente. La componente directa permite controlar el flujo y la componente en cuadratura el par.

CAPITULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se consideró la fuerza y el tipo del motor a sí mismo la energía necesaria del acumulador (batería). Al satisfacer esta demanda se utilizó motores de C.A. aplicando inversores para su funcionamiento.

3.1 Análisis de la demanda

En la aplicación del manejo del motor de A.C. se tomó en cuenta las estrategias y el manejo de los motores BRUSHLESS, por su alto desempeño y la estructura interna es semejante. En el manejo de motores de A.C. se manipuló internamente para controlar, y así aplicarle señal.

El control del motor de C.A. se manejó basado en comunicación trapezoidal como se utiliza en los motores BRUSHLESS que es uno de los métodos más usados de control de motores brushless también llamado 6-steps mode.

Los pulse de control trapezoidal en el motor son utilizados para proporcionar la posición aproximada del rotor y que éste pueda determinar el próximo par de terminales a excitar.

La construcción de motores de D.C. sin escobillas es muy similar a la de los motores de C.A. que se muestra en la figura 3.1.1

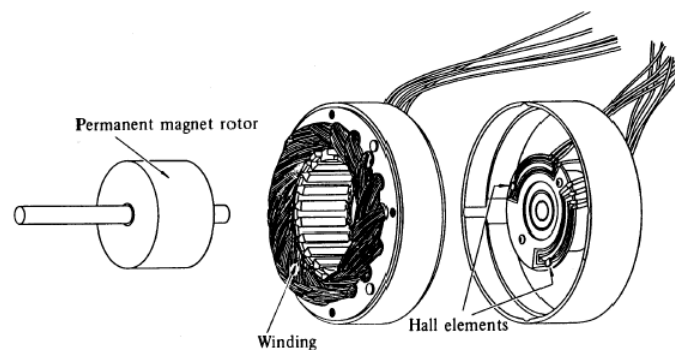


Figura 3.1.1 Partes del motor brushless

CAPITULO 3

El rotor es un elemento magnético permanente, y el estator está formado por embobinados al igual que un motor A.C. de varias fases. La gran diferencia entre estos dos tipos de motores es la forma de detectar la posición del rotor, para poder saber cómo se encuentran los polos magnéticos y así generar la señal de control mediante switches electrónicos.

En la construcción se utilizó la configuración de un inversor de puente completo, para lograr el control y manejo de un motor de C.A. de 60 Hz., por ello se debe tomar en cuenta la capacidad del motor, el tipo de construcción interna y la corriente que soporta.



Figura 3.1.2 motor de 4 Polos de C.A.



Figura 3.1.3 Motor Bipolar de C.A.

Estos motores son alimentados con un voltaje de 120 V A.C. a 60 HZ., para poder trabajar con ellos fue necesario manipularlos internamente, y en su interior configurar a cada polo e inyectarle señal proveniente del inversor.

Para encender el motor Bipolar fue necesario utilizar un inversor de puente completo ya que en su interior se encontró dos diferentes bobinas para esto se utilizó el siguiente diagrama que se muestra en la figura 3.1.4

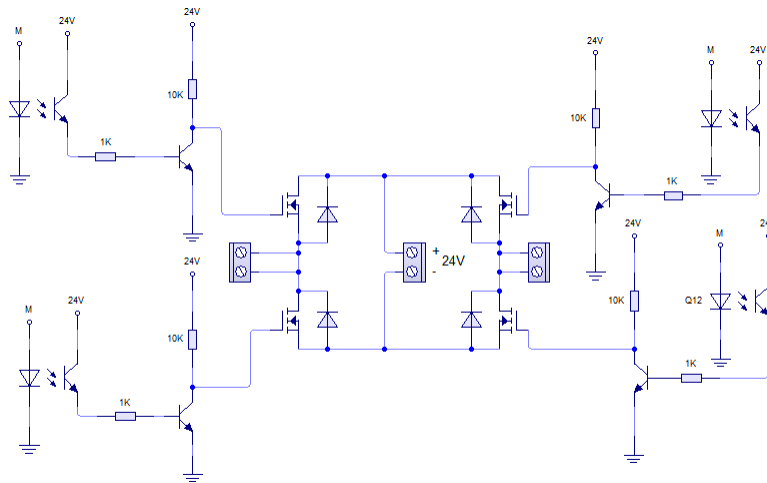


Figura 3.1.4 Inversor de puente completo acoplado con opto acopladores

La conexión con el motor de A.C. bipolar, fue necesario conectar un inversor de puente completo a cada bobina del motor, por esta razón se utilizaron dos inversores de puente completo.

Dentro del laboratorio se realizaron pruebas en el osciloscopio donde se puso a funcionar cada inversor, en la figura 3.1.5 se puede apreciar.



Figura 3.1.5 Señal del Inversor de Puente completo en un osciloscopio

Los Pulsos que se muestran en la figura 3.1.5 tiene una duración de 8ms. que es la velocidad en la que trabaja el motor bipolar de A.C. el cual se observó que a mayor velocidad, pierde potencia y velocidad.

Diseño de un sistema de alimentación basado en celdas solares aplicado a un sistema de riego.

CAPITULO 3

Para el motor de cuatro polos se utilizó la configuración del inversor de medio puente que se muestra en la figura 3.1.6

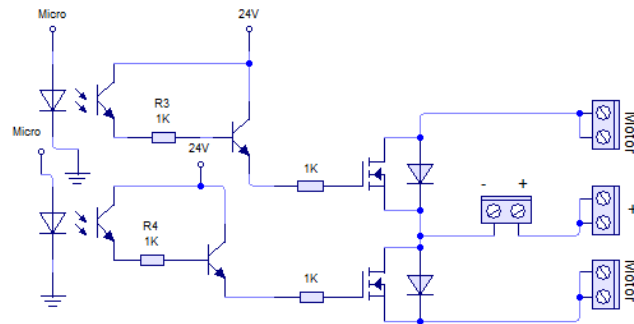


Figura 3.1.6 Inversor de Medio puente con optoacopladores

La duración de los pulsos positivos fueron probados en el motor de cuatro polos, donde se obtuvo una duración máxima de 8ms, donde se observó que a mayor velocidad, pierde potencia y velocidad.

En las pruebas que se realizaron se utilizó fuentes de laboratorio con capacidad máxima de 30V a 3A. Donde el voltaje que se utiliza es de 24V la cual es la suma de voltaje en serie de dos acumuladores (baterías) normales.



Figura 3.1.7 Batería a utilizar para la alimentación de los inversores

3.2 Control del sistema del inversor

En la construcción del control fue necesario utilizar un micro controlador, se utilizó el PIC correspondiente 16F877 el cual fue programado en lenguaje ensamblador, siguiendo la secuencia necesaria para el control del inversor de puente completo. En la figura 3.2.1 se muestra la etapa de control del inversor de puente completo.

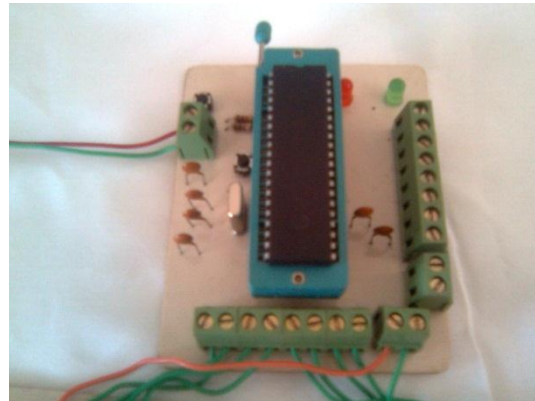


Figura 3.2.1 Micro controlador para la etapa de manejo del inversor de puente completo

Es importante señalar que un mal funcionamiento o pequeño error que tenga en el momento de programarlo o una mala alimentación, ocasionará varios daños en la etapa de potencia por lo que viene siendo el inversor de puente completo, es por ello que fue necesario elaborar un programa en donde se obtuviera los datos necesarios para una polarización correcta. El programa fue diseñado en Visual Basic 2008 en el cual se ingresan los datos de polarización que se necesita, y como resultado arroja los datos hexadecimales que son necesarios para la programación del micro controlador.

La figura 3.2.2 se muestra el programa utiliza para la programación del micro controlador.

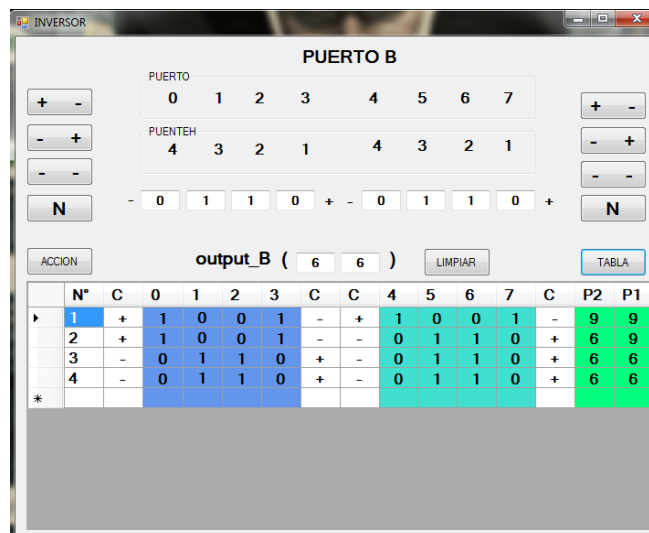


Figura 3.2.2 Programa en Visual Basic para el manejo del Inversor de Puente completo

En la etapa de protección se utilizó optoacopladores. Se eligió el circuito integrado PC817 que a su vez trabajan a un voltaje de 40v Max. A continuación se muestra en la figura 3.2.3

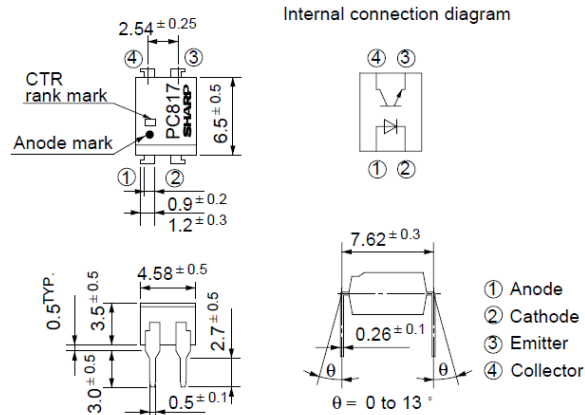


Figura 3.2.3 Opto acoplador PC817

Para la configuración del inversor de Puente completo se optó por el MOSFET de alta corriente, en este caso se utilizó el MOSFET IRS640 que soporta asta 18A a 200v.

Para controlar a los MOSFET se utilizaron transistores Darlington en donde se hace uso del TIP122. En la figura 3.2.4 se muestra dos inversores de puente completo para el manejo del motor.

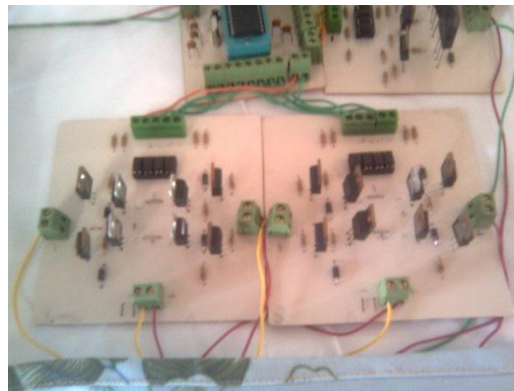


Figura 3.2.4 Inversor de puente completo

El Voltaje que suministra el inversor de puente completo es de 24V, -24V en cada polo del motor de C.A., es importante la velocidad en que trabaja un inversor de puente completo para controlar el motor.

La velocidad en que trabajo son pulsos no menores de 8ms, a una mayor velocidad el motor sufre problemas de control en sus polos, de esta manera el motor no logra girar a su velocidad deseada. Este procedimiento se utilizó para el motor bipolar de C.A.

Diseño de un sistema de alimentación basado en celdas solares aplicado a un sistema de riego.

CAPITULO 3

En el manejo del motor de cuatro polos fue necesario utilizar un inversor de medio puente para polarizarlo debidamente, el cual trabaja con pulsos diferentes como el del pasado motor y la cantidad de voltaje que utiliza para cada pulso es igual, es decir trabaja con 24V Y -24V C.D. En la figura 3.2.5 se muestra el inversor de medio puente con el motor de C.A. de 4 polos



Figura 3.2.5 Inversor de medio Puente y el Motor de CD de 4 polos

Al final de las pruebas se unieron los dos motores el bipolar y el de cuatro polos, donde se combina la programación de pulsos, es decir el inversor de puente completo y de medio puente. En la figura 3.2.6 se muestra la unión de los dos motores con el mismo micro controlador.

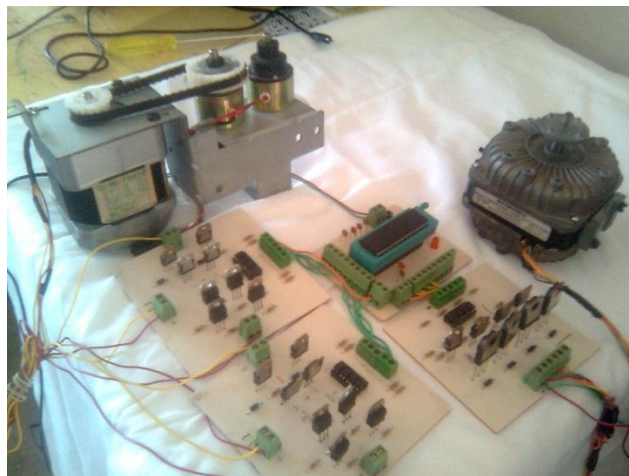
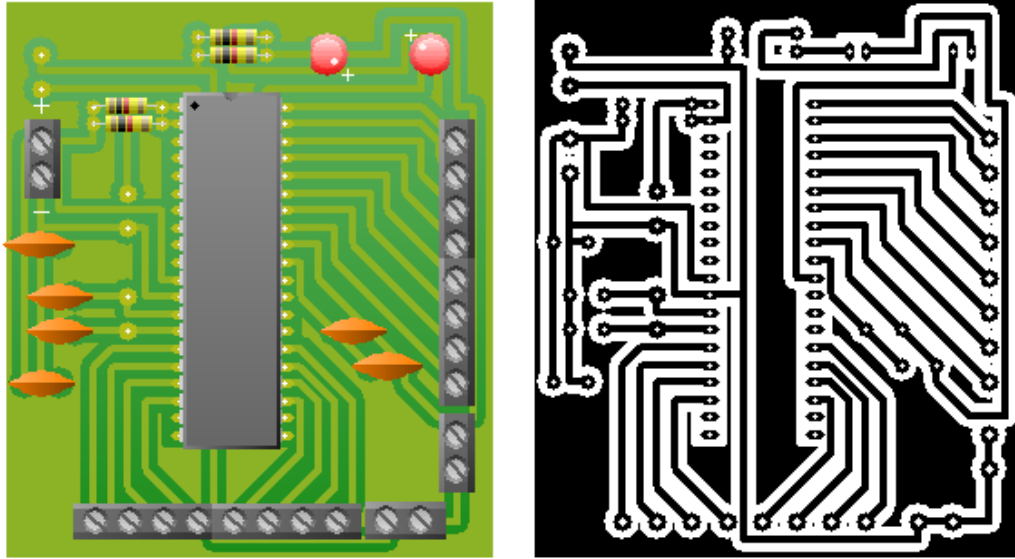
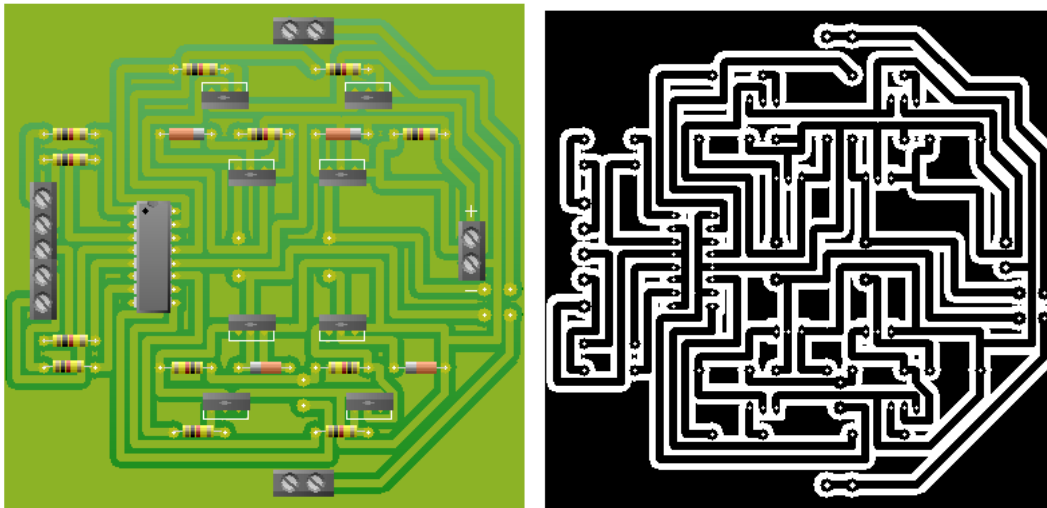


Figura 3.2.6 Inversor de Puente completo y medio puente

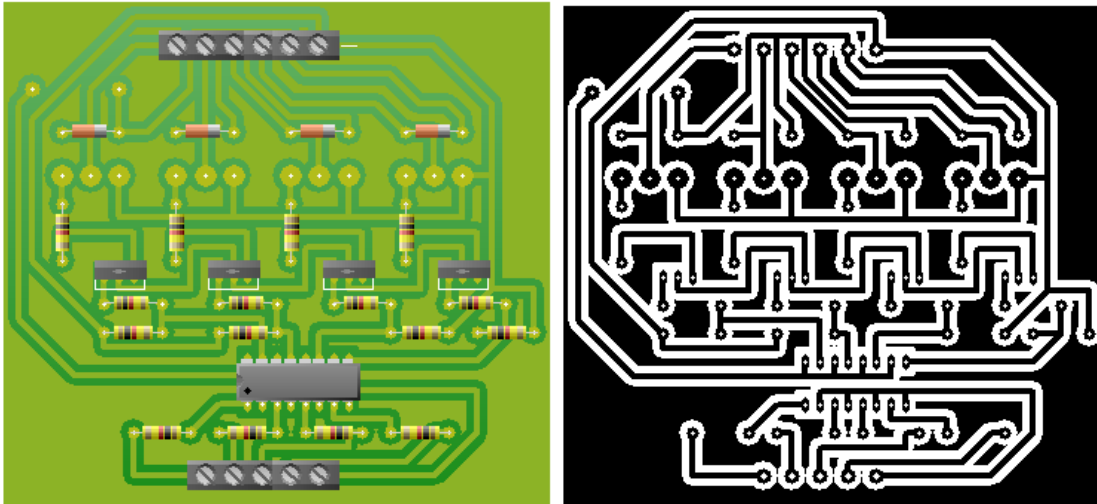
Diagramas de Circuitos impresos



PCB Etapa de control del Inversor de puente completo



PCB Inversor de Puente completo



PCB 2 Inversores de Medio Puente

5.1 CONCLUSIONES

El funcionamiento de motores de corriente alterna puede ser manejado con corriente directa. Por ejemplo los acumuladores (baterías). Sin necesidad de un transformador que aumente el voltaje, del devanado primario al secundario. Sino excitar a cata bobina con pulsos de corriente directa.

5.2 COMENTARIOS

Con el manejo de inversores se puede utilizar corriente directa. Para trabajar con maquinaria que necesite corriente alterna, ayudando de esta manera en las plantaciones o cultivos y así poder manejarla en cualquier lugar que se necesite sin tantas limitaciones.

Al utilizar este sistema se pretende cumplir con las exigencias del manejo de una bomba de agua y tener la capacidad de transportar agua a los depósitos; por ejemplo tinacos, cisternas etc. Es una ventaja en lugares donde es imposible tener acceso al control de sistemas electrónicos y eléctricos para favorecer una mejor utilización del agua.

Bibliografía

- Tesis de llamada diseño de un inversor multinivel en cascada monofásico de bajo contenido armónico para cargas resistivas. Presentado por: EDGARDO ALBERTO PORTUGAL FERNÁNDEZ
- Tesis llamada diseño de un inversor resonante con conmutación suave. Presentado HECTOR MANUEL GUIZAR REYEZ.
- Tesis de llamada Aplicación de un inversor multinivel como variador de frecuencia de un motor de inducción trifásico. Presentado por CRISTIAN MARCELO ELGUETA DÍAZ
- Información en PDF llamada ELECTRÓNICA DE POTENCIA echa por el Departament d'Enginyeria Electrònica Universitat Politècnica de Catalunya
- <http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Inversor>