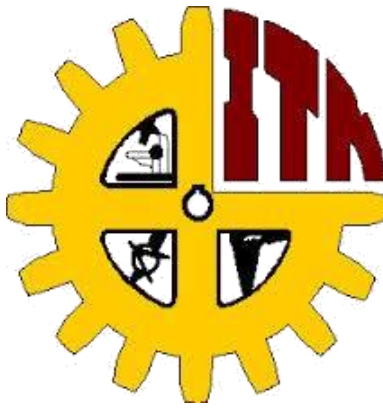




ALUMNO:

PERALTA PESQUEIRA LUIS ALFONSO

NUMERO DE CONTROL:

14340814

NOMBRE DEL PROFESOR:

REYES HURTADO JUAN MANUEL

TREBAJO:

CONVERTIDORES DE ENERGIA ELECTRICA

CONVERTIDORES DE ENERGIA ELECTRICA

Un convertidor de energía es un sistema o equipo electrónico que tiene por objetivo la conversión de energía eléctrica entre dos formatos diferentes. Por ejemplo, obtener corriente continua a partir de corriente alterna.

El concepto inicial de convertidor puede extenderse para incluir aspectos como: eficiencia, reversibilidad, grado de idealidad, fiabilidad, volumen o tecnología por citar las más importantes.



Un convertidor eléctrico tiene la característica de alterar la tensión y las características de la corriente eléctrica que recibe, transformándola de tal forma que sea apta para el uso a que esté destinada en cada situación.

De este modo, cuando un convertidor recibe la corriente continua a determinado voltaje y la transforma en corriente continua pero con un voltaje distinto se denomina convertidor DC-DC, en cambio los que transforman la corriente continua en alterna se llaman convertidores DC-AC.

Muchos de ellos se utilizan en energía solar para las conexiones que provienen de paneles fotovoltaicos. A esos convertidores se los denomina también inversores de uso fotovoltaico.

La conversión de potencia (o también conversión de energía) es el proceso de convertir la energía de una forma a otra. En un nivel general, esto podría incluir los procesos electromecánicos o electroquímicos. Sin embargo, en ingeniería eléctrica, la conversión de potencia tiene un significado más específico, que es la conversión de una forma de energía eléctrica a otra. Esto puede ser tan sencillo como un transformador para cambiar el voltaje de redes de corriente alterna, o implicar sistemas mucho más complejos. Los sistemas de conversión de potencia, denominados conversores o convertidores de potencia, a menudo incorporan la regulación de tensión (voltaje), que es el control de su valor dentro de ciertos límites.

TIPOS DE CONVERSION

Una forma de clasificar los sistemas de conversión de energía en ingeniería eléctrica es según si la entrada y la salida son de corriente alterna (AC) o de corriente continua (DC). De esta manera, los convertidores existentes se pueden clasificar según la conversión sea:

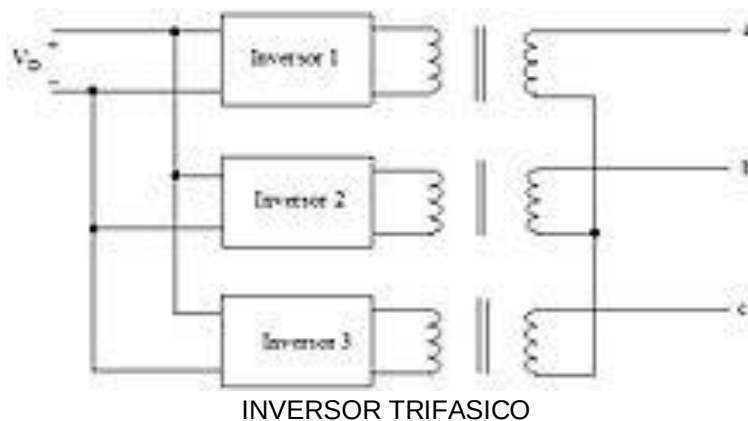
- De corriente continua a corriente continua (convertidor DC-DC).
- De corriente alterna a corriente continua (rectificador).
- De corriente continua a corriente alterna (inversor).
- De corriente alterna a corriente alterna (convertidor AC-AC).
- De voltaje a corriente (fuente de intensidad).

4.1 INVERSORES (CD-CA)

Los inversores, o convertidores CC-CA, son un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. Un inversor tiene como función la de cambiar un voltaje CC de entrada en un voltaje CA simétrico a la salida, procurando que este posea la magnitud y frecuencia deseada por el usuario.

Los inversores trifásicos son utilizados para la alimentación de cargas trifásicas que requieran corriente alterna. Algunas de las aplicaciones de estos inversores son las siguientes:

- Fuentes de tensión alterna trifásica sin interrupciones
- Puesta en marcha de motores de corriente alterna trifásicos
- Conexión de fuentes que producen energía en continua con las cargas trifásicas (paneles fotovoltaicos).



CLASIFICACION DE LOS INVERSORES

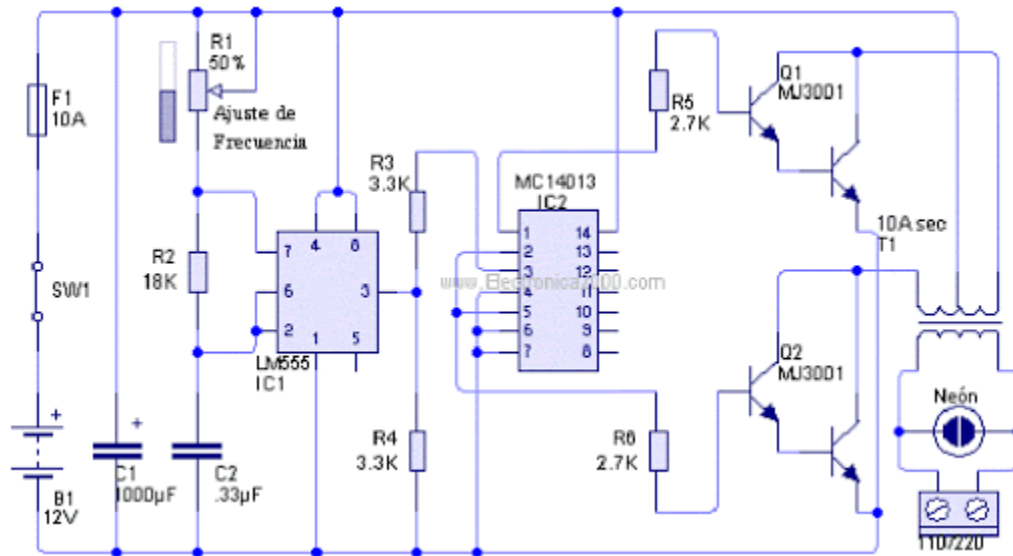
Podemos clasificar de forma general los inversores en:

- Inversores monofásicos con cancelación de voltaje: se puede variar la magnitud y frecuencia del voltaje de salida, sin tener en cuenta que el voltaje de entrada sea constante y que los interruptores no sean controlados en PWM (modulación de ancho de pulso). Esta clase de inversores combinan las cualidades de los inversores siguientes.
- Inversores modulados en PWM: En la entrada de este inversor se encuentra un voltaje CC constante que por lo general proviene de un puente rectificador. La modulación de ancho de pulso PWM controla la magnitud y la frecuencia del voltaje de la salida; dicha modulación controlara los interruptores del inversor.
- Inversores de salida cuadrada: Para esta clase de inversores es necesario controlar la magnitud de la entrada en CC para de esta manera tener control

sobre la magnitud de la salida en CA. La principal función de esta clase de inversor es la de controlar la frecuencia de la señal de salida.¹

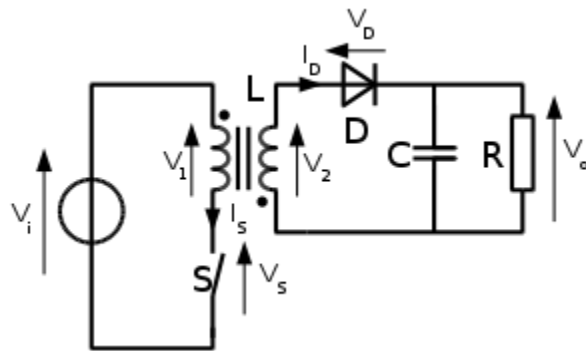
Con este tipo de clasificación también podemos obtener cómo se clasifican los inversores trifásicos.

La función de un inversor o convertidor de corriente directa a corriente alterna, es precisamente esa, convertir la corriente directa de una batería (acumulador) en corriente alterna.



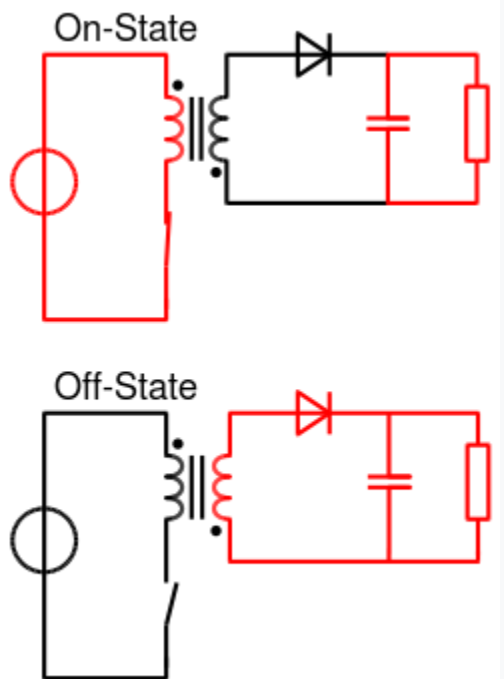
4.2 FLYBACK

El convertidor de retroceso es un convertidor DC a DC con aislamiento galvánico entre entrada y salida. Tiene la misma estructura que un convertidor reductor-elevador con dos bobinas acopladas en lugar de una única bobina; erróneamente, se suele hablar de un transformador como elemento de aislamiento pero, en realidad no es así, puesto que un transformador no almacena más que una mínima parte de la energía que maneja mientras que el elemento inductivo del retroceso almacena toda la energía en el núcleo magnético. Esta es la razón por la que el dispositivo inductivo de este tipo de convertidores es mucho más voluminoso para una misma frecuencia de conmutación que el de otros convertidores con aislamiento que sí usan transformador de verdad como los push-pull y los puentes. Por este motivo, este convertidor sólo se usa en aplicaciones de baja potencia. Otro problema frecuente es el efecto negativo de la inductancia de dispersión que causa sobretensiones importantes en el interruptor controlado con lo que su uso queda limitado a aplicaciones de baja tensión de entrada, salvo que se usen redes de para amortiguación.



El diagrama del convertidor de retroceso se muestra en la figura 1. Como se ha mencionado antes, es equivalente a un convertidor reductor-elevador con dos bobinas acopladas en lugar de una. Por lo tanto, el principio de funcionamiento de ambos es similar:

- Cuando el interruptor está activado (diagrama superior de la figura 2), la bobina primaria está conectada directamente a la fuente de alimentación. Esto provoca un incremento del flujo magnético en el núcleo. La tensión en el secundario es negativa, por lo que el diodo está en inversa (bloqueado). El condensador de salida es el único que proporciona energía a la carga.
- Cuando el interruptor está abierto (diagrama inferior de la figura 2) la energía almacenada en el núcleo magnético es transferida a la carga y al condensador de salida.



Los dos estados de un convertidor de retroceso. (a) La energía se transfiere de la fuente al núcleo mediante el devanado primario y del condensador a la carga. (b) la energía se transfiere del núcleo magnético al condensador y a la carga mediante el devanado secundario y el diodo

LIMITACIONES:

- La transferencia de energía requiere un núcleo mayor que otros convertidores ya que no se trata de un transformador sino de bobinas acopladas.
- Comparado con otras topologías, el interruptor controlado debe soportar tensiones más elevadas.

APLICACIONES:

- Fuentes de alimentación conmutadas de baja potencia como cargadores de baterías de teléfonos móviles, fuentes de alimentación de PC, etc.
- Generación de grandes tensiones para tubos de rayos catódicos en televisiones y monitores...
- Sistemas de ignición en motores de combustión interna.

4.3 MODULACION PWM, SPWM

Modulación PWM:

La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D=T/T$$

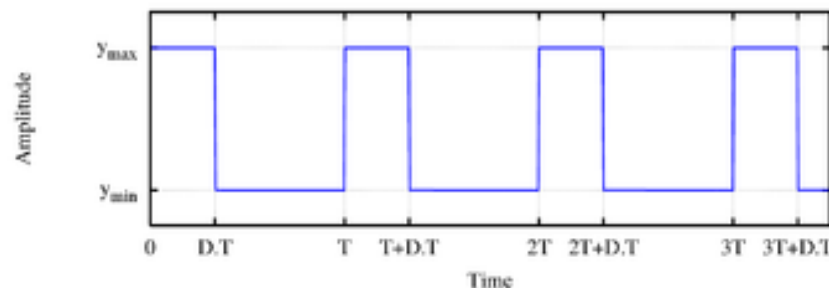
D es el ciclo de trabajo

T es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T es el período de la función

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda dientes de sierra, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal dientes de sierra y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Estas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.



APLICACIONES:

En la actualidad existen muchos circuitos integrados en los que se implementa la modulación PWM, además de otros muy particulares para lograr circuitos juguete funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoelectrónicos, choppers para señores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones. Se distinguen por fabricar este tipo de integradas compañías como Texas Instruments, National Semiconductor, Maxim, y algunas otras más.

En los motores:

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna, como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o

desconectado), controlado normalmente por relés (baja frecuencia) o MOSFET o tiristores (alta frecuencia).

Otros sistemas para regular la velocidad modifican la tensión eléctrica, con lo que disminuye el par motor; o interponen una resistencia eléctrica, con lo que se pierde energía en forma de calor en esta resistencia.

Otra forma de regular el giro del motor es variando el tiempo entre pulsos de duración constante, lo que se llama modulación por frecuencia de pulsos.

En los motores de corriente alterna también se puede utilizar la variación de frecuencia.

La modulación por ancho de pulsos también se usa para controlar servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada un cierto período que depende de cada servo motor. Esta información puede ser enviada utilizando un microprocesador como el Z80, o un microcontrolador (por ejemplo, un PIC 16F877A, 16F1827, 18F4550, etc. de la empresa Microchip).

Como parte de un conversor ADC

Otra aplicación es enviar información de manera analógica. Es útil para comunicarse de forma analógica con sistemas digitales.

Para un sistema digital, es relativamente fácil medir cuánto dura una onda cuadrada.

Sin embargo, si no se tiene un conversor analógico digital no se puede obtener información de un valor analógico, ya que sólo se puede detectar si hay una determinada tensión, 0 o 5 voltios por ejemplo (valores digitales de 0 y 1), con una cierta tolerancia, pero no puede medirse un valor analógico. Sin embargo, el PWM en conjunción con un oscilador digital, un contador y una puerta AND como puerta de paso, podrían fácilmente implementar un ADC.

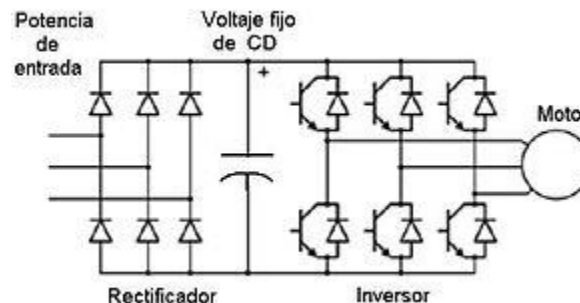


Diagrama de ejemplo de la utilización de la modulación de ancho de pulsos en un variador de frecuencia.

Modulación SPWM:

El inversor monofásico de la figura 1b está compuesto por un bus DC, un puente H de dos ramas, y una carga AC. Cada rama contiene dos interruptores que conmutan de acuerdo a la estrategia de modulación. Cada interruptor (I1, I2, I3 e I4) está compuesto por un IGBT (Q1, Q2, Q3 y Q4) y un diodo en anti paralelo (D1, D2, D3 y D4). El disparo de los interruptores se realiza mediante señales digitales en las puertas G1, G2, G3, y G4. El inversor convierte la tensión DC del bus de continua en tensión alterna AC inyectando las corrientes que requiere la carga. Los interruptores tienen tres posibles estados de conducción. En estado de conducción de los IGBT (Q) la corriente que atraviesa el IGBT del interruptor es I_Q y el voltaje colector emisor v_{CE} es positivo. En estado de conducción del diodo (D) la corriente por el diodo del interruptor es I_D y el voltaje colector emisor v_{CE} es negativo. Y en el estado en que ninguno conduzca el interruptor es un circuito abierto y el voltaje colector emisor es V_s .

4.4 CICLO CONVERTIDORES (CA-CA)

Un convertidor CA/CA, a partir de una tensión de entrada alterna, produce en la salida una tensión también alterna pero de características distintas, sea en valor eficaz, sea en frecuencia, o en ambas.

Cuando únicamente se altera el valor de la tensión alterna (CA), tenemos los llamados reguladores de tensión alterna (o reguladores de potencia alterna) y los que permiten obtener una salida con frecuencia distinta a la presente en la entrada, son los ciclos convertidores.

En este documento se estudian en detalle los reguladores de tensión alterna.

Los reguladores de tensión alterna son convertidores estáticos de energía que permiten variar la potencia entregada a una determinada carga.

En general, se controla la potencia mediante el control del valor eficaz de la tensión suministrada a la carga. De ahí el nombre de reguladores o controladores de tensión alterna.

4.5 CHOPPERS (CD-CD) TROCEADORES

CHOPPERS O TROCEADORES Introducción Existen muchas aplicaciones en electrónica donde está disponible una fuente de alimentación primaria de DC fija para el manejo de una carga. Cuando esta tiene que ser manejada, se requieren de tensión y corrientes variables, entonces surge la necesidad de los conversores DC/DC denominados troceadores o chopper. Estos conversores se caracterizan por realizar un proceso, mediante el cual se transforma energía de un nivel de tensión continua fija, en tensión continua variable. La evolución de los interruptores de estado sólido para el manejo de cargas de mediana y alta potencia, permiten obtener características como: rapidez, bajo consumo de energía, confiabilidad, frecuencia de operación elevada y bajas pérdidas de conmutación. Choppers o troceadores Los “choppers” o troceadores son convertidores CD-CD que sirven para elevar o reducir una tensión en corriente directa. Su principal campo de aplicación es para control de motores de corriente continua y para fuentes de alimentación. Un convertidor de 1 cuadrante sólo puede entregar potencia a la carga.

Usos de los choppers • En lugares donde es necesario controlar procesos a velocidad continua con gran precisión (industria del papel).

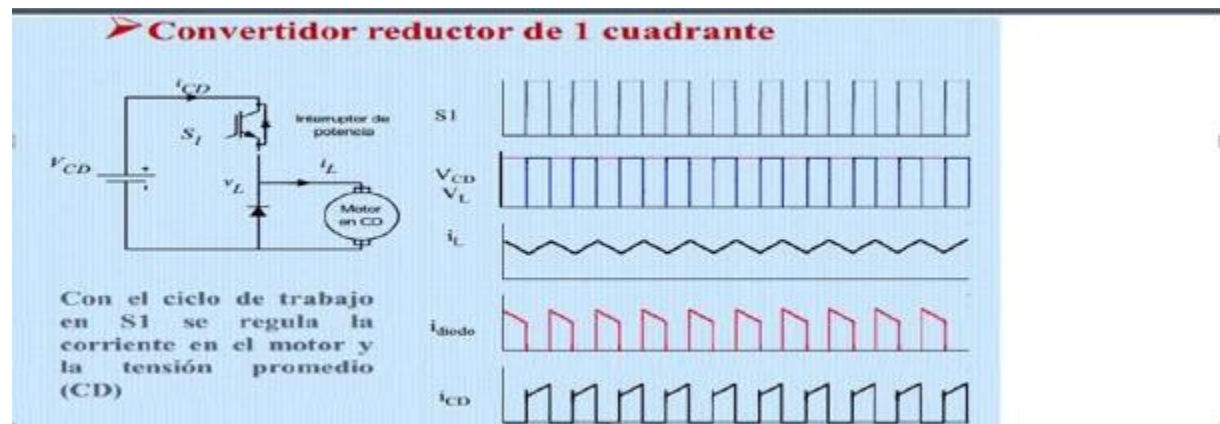
• En sistemas donde es necesaria un alto par de arranque a velocidad variable (industria minera). • En sistemas de posicionamiento de gran exactitud, como robótica. • En sistemas de tracción: vehículos eléctricos, metro, trolebus, etc. Convertidor reductor de 1 cuadrante La regulación de velocidad del motor de CD la realiza el “ciclo de trabajo” • La velocidad del motor se regula a partir de la tensión en CD que entrega el convertidor. • Esta tensión es controlada por medio del interruptor de potencia que se cierra y abre (conmutación) en alta frecuencia, entre 1 y 5 kHz. • La relación entre el tiempo en que está cerrado y el tiempo en que está abierto se conoce como ciclo de trabajo, y su valor determina directamente la velocidad de giro del motor

Al reducir el ciclo de trabajo en la señal de control S1, el tiempo que dura encendido

el interruptor de potencia disminuye. Al disminuir el tiempo de conducción, se reduce la corriente que recibe el motor de CD. La reducción de la corriente implica una disminución de la velocidad.

Restricciones de los choppers de un cuadrante • El flujo de corriente sólo puede ser hacia el motor. • La tensión en terminales del motor sólo puede ser positiva (no se permite frenado regenerativo ni cambio de sentido de giro). • Los puntos anteriores restringen al sistema para poder absorber energía cuando el motor regenera. Esta situación se presenta en sistemas con gran inercia mecánica. Convertidor reductor de 2 y 4 cuadrantes El chopper de dos cuadrantes permite el frenado dinámico del motor de corriente directa. El interruptor de potencia S1 regula la velocidad del motor, y el interruptor S2 control el frenado, al desviar la corriente generada por el motor durante el frenado, evitando que circule hacia la fuente de tensión.

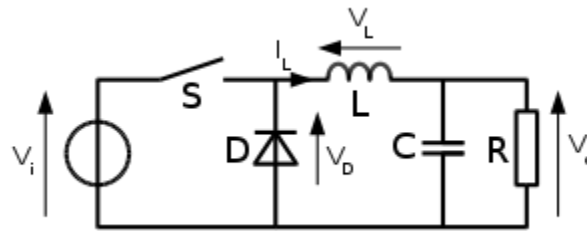
En caso de que la fuente de alimentación permita el regreso de energía, el chopper de dos cuadrantes puede controlar el flujo de esta. • En sistemas donde se puede regresar energía a la fuente de alimentación, como en el caso de baterías, el interruptor S2 regula el flujo de energía del motor hacia la fuente durante el frenado regenerativo. • En sistemas alimentados desde un rectificador (monofásico o trifásico), no es posible regresar energía a partir del frenado regenerativo. En este caso, el interruptor S2 cierra el lazo de corriente.



4.6 REDUCTOR (BUCK)

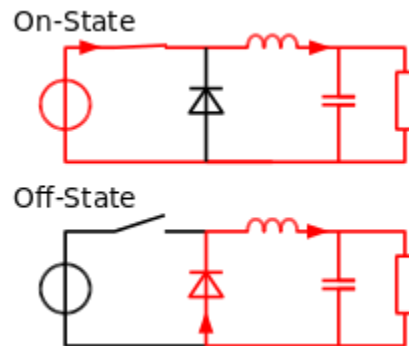
El convertidor reductor o convertidor buck (del inglés buck convertir) es un convertidor de potencia, DC-DC sin aislamiento galvánico, que obtiene a su salida una tensión menor que a su entrada. El diseño es similar a un convertidor elevador o Boost, también es una fuente conmutada con dos dispositivos semiconductores (transistor S y diodo D), un inductor L y opcionalmente un condensador C a la salida.

La forma más simple de reducir una tensión continua (DC) es usar un circuito divisor de tensión, pero los divisores gastan mucha energía en forma de calor. Por otra parte, un convertidor Buck puede tener una alta eficiencia (superior al 95 % con circuitos integrados) y autorregulación.



Estructura y Funcionamiento:

El funcionamiento del conversor reductor es sencillo, consta de un inductor controlado por dos dispositivos semiconductores los cuales alternan la conexión del inductor bien a la fuente de alimentación o bien a la carga.



Las dos configuraciones de un reductor. (a) La energía se transfiere de la fuente a la bobina al condensador y a la carga. (b) la energía se transfiere de la bobina y el condensador a la carga.

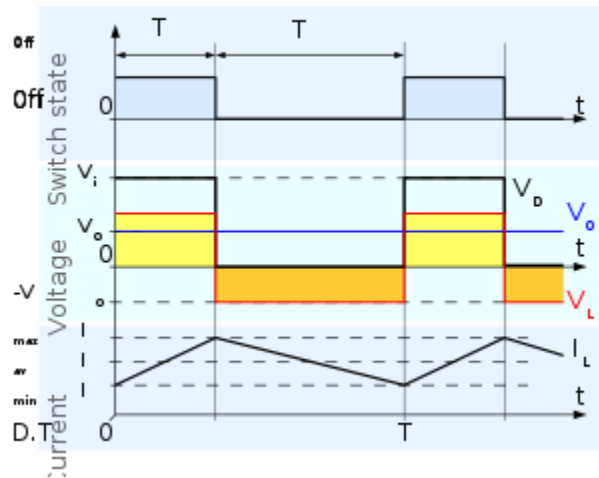
Análisis del circuito:

El convertidor se dice que está en modo continuo si la corriente que pasa a través del inductor (I_L) nunca baja a cero durante el ciclo de conmutación. En este modo, el principio de funcionamiento es descrito por el cronograma de la figura 3:

- Con el interruptor cerrado la tensión en el inductor es $V_L = V_i - V_o$ y la corriente aumenta linealmente. El diodo está en inversa por lo que no fluye corriente por él.
- Con el interruptor abierto el diodo está conduciendo en directa. La tensión en el inductor es $V_L = -V_o$ y la corriente disminuye.

La energía almacenada en el inductor es:

$$E = \frac{1}{2} L \times I_L^2$$



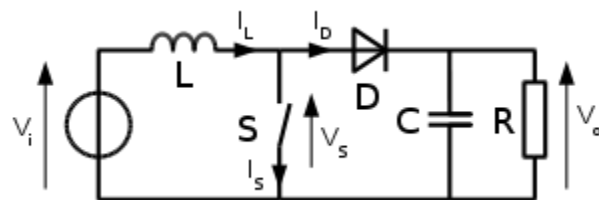
Evolución de las tensiones y corrientes con el tiempo en un convertidor reductor ideal en modo continuo.

4.7 ELEVADOR (BOOST)

El convertidor elevador o convertidor boost (del inglés boost converter) es un convertidor DC a DC que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada. Es un tipo de fuente de alimentación conmutada que contiene al menos dos interruptores semiconductores (diodo y transistor), y al menos un elemento para almacenar energía (condensador, bobina o combinación de ambos). Frecuentemente se añaden filtros contruidos con inductores y condensadores para mejorar el rendimiento.

Un conector de suministro de energía habitual no se puede conectar directamente a dispositivos como ordenadores, relojes o teléfonos. La conexión de suministro genera una tensión alterna (AC) y los dispositivos requieren tensiones continuas (DC). La conversión de potencia permite que dispositivos de continua utilicen energía de fuentes de alterna, este es un proceso llamado conversión AC a DC y en él se usan convertidores AC a DC como rectificadores.

La energía también puede provenir de fuentes DC como baterías, paneles solares, rectificadores y generadores DC, pero ser de niveles inadecuados. El proceso de cambiar una tensión de continua a otra diferente es llamado conversión DC a DC. Un convertidor elevador es uno de los tipos de convertidores DC a DC. Presenta una tensión de salida mayor que la tensión de la fuente, pero la corriente de salida es menor que la de entrada.



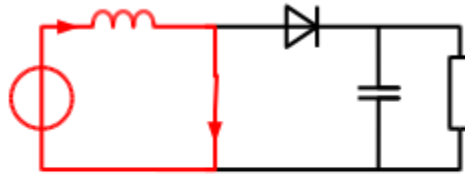
Análisis del circuito:

El principio básico del convertidor elevador consiste en dos estados distintos dependiendo del estado del interruptor S (ver fig. 2):

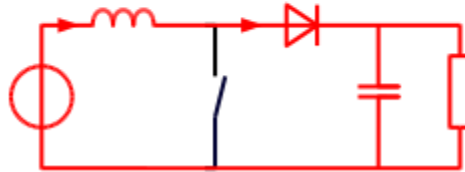
- Cuando el interruptor está cerrado (On-state) la bobina L almacena energía de la fuente, a la vez la carga es alimentada por el condensador C .
- Cuando el interruptor está abierto (Off-state) el único camino para la corriente es a través del diodo D y circula por el condensador (hasta que se carga completamente) y la carga.

Existen dos situaciones de funcionamiento: Modo continuo (toda la energía se transfiere a la carga, sin llegar a que la corriente se anule), y Modo Discontinuo (la carga consume menos de lo que el circuito puede entregar en un ciclo).

On-State



Off-State



Las dos configuraciones de un elevador. (a) La energía se transfiere de la fuente a la bobina y del condensador a la carga. (b) la energía se transfiere de la fuente y de la bobina al condensador y a la carga.

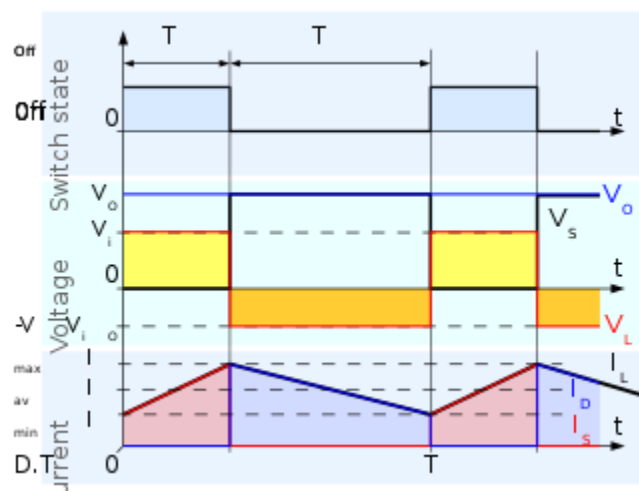
Modo continuo:

Cuando un convertidor elevador opera en modo continuo, la corriente a través del inductor (I_L) nunca llega a cero. La figura 3 muestra las formas de onda típicas de corrientes y voltajes de un convertidor operando en este modo.

El voltaje de salida se puede calcular como sigue, en el caso de un convertidor ideal (es decir, que usa componentes con comportamiento ideal), operando en condiciones estacionarias:

Durante el estado ON, el conmutador S está cerrado, lo que hace que el voltaje de entrada (V_i) aparezca entre los extremos del inductor, lo que causa un cambio de corriente (I_L) a través del mismo durante un período (t), según la fórmula:

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{V_i}{L}$$



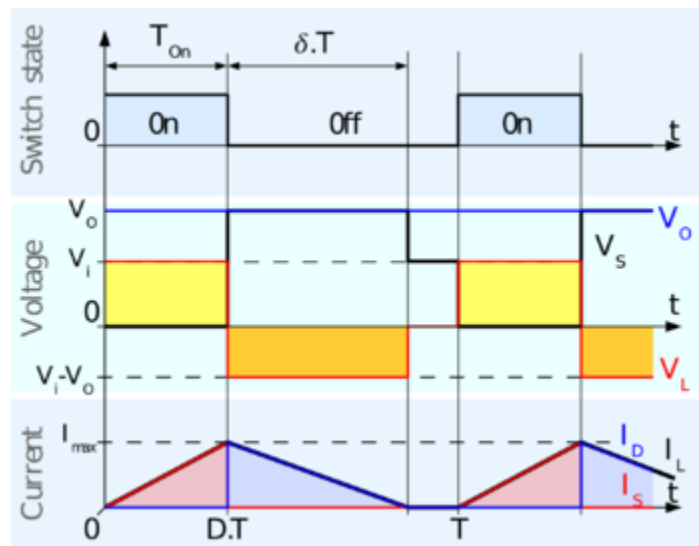
Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor Boost operando en modo continuo.

Modo discontinuo:

En algunas situaciones, la cantidad de energía requerida por la carga es suficientemente pequeña como para ser transferida en un tiempo menor que el tiempo total del ciclo de conmutación. En este caso, la corriente a través del inductor cae hasta cero durante parte del periodo. La única diferencia en el principio descrito antes para el modo continuo, es que el inductor se descarga completamente al final del ciclo de conmutación (ver formas de onda de la figura 4). Sin embargo, esta pequeña variación en el funcionamiento, tiene un fuerte efecto en la ecuación del voltaje de salida, que puede calcularse como sigue:

Como la corriente del inductor al principio del ciclo es cero, su máximo es:

$$I_{L_{max}} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L}$$



Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor elevador operando en modo discontinuo.

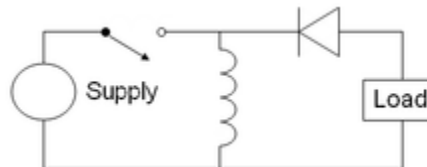
4.8 REDUCTOR-ELEVADOR (BUCK-BOOST)

Un convertidor reductor-elevador o convertidor *buck–boost* (del inglés *buck–boost converter*) es un tipo de convertidor DC-DC que tiene una magnitud de voltaje de salida que puede ser mayor o menor que la magnitud del voltaje de entrada. Esta es fuente de alimentación conmutada con una forma parecida a la del convertidor elevador y el convertidor reductor.

Hay dos topologías distintas a las que se llaman reductoras-elevadoras. Ambas pueden producir un gran rango de voltajes de salida, desde grandes magnitudes hasta casi cero.

- La forma inversora: el voltaje de salida es de signo inverso al de entrada.
- Un convertidor reductor seguido de un elevador: el voltaje de salida tiene la misma polaridad que la entrada, y puede ser mayor o menor que el de entrada. Un convertidor reductor-elevador no inversor puede utilizar un único inductor que es usado para el inductor reductor y el inductor elevador.

El voltaje de salida es ajustable variando el ciclo de trabajo del transistor de conmutación. Un posible inconveniente de este convertidor es que el interruptor no tiene un terminal conectado a tierra; esto complica el circuito. Además, la polaridad del voltaje de salida es opuesta al voltaje de entrada. Ninguno de los anteriores inconvenientes tiene consecuencias si la fuente de suministro está aislada del circuito de carga. (Si, por ejemplo, la fuente es una batería) ya que la polaridad de la fuente y el diodo pueden simplemente cambiarse. El interruptor puede colocarse tanto en el lado de la tierra como en el lado de la fuente.



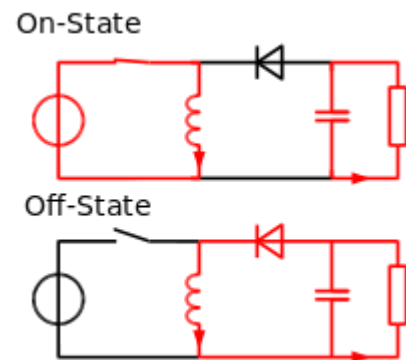
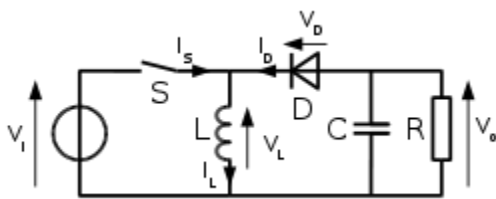
FUNCIONAMIENTO

El principio básico de funcionamiento del convertidor reductor-elevador es muy sencillo (ver figura 2):

- durante el estado On, la fuente de entrada de voltaje está directamente conectada al inductor (L). Por lo que se almacena la energía en L. En este paso, el condensador proporciona corriente a la carga de salida;
- durante el estado Off, el inductor está conectado a la carga de salida y el condensador, por lo que la energía es transferida de L a C y R.

Comparado a los convertidores reductor y elevador, las características del convertidor reductor-elevador son principalmente:

- la polaridad del voltaje de salida es inverso al de entrada;
- el voltaje de salida puede variar linealmente desde 0 a V_i (para un convertidor ideal). Los rangos de voltaje de salida para un convertidor reductor y elevador son respectivamente 0 a V_i y V_i a $2V_i$.



Los dos estados de operación de un convertidor reductor-elevador: cuando el interruptor está cerrado, la fuente de voltaje de la entrada proporciona corriente al inductor y el condensador proporciona corriente a la resistencia (carga de salida). Cuando el interruptor se abre el inductor proporciona corriente a la carga a través del diodo D.

4.9 CUK

El convertidor Ćuk es un tipo de convertidor DC-DC en el cual la magnitud de voltaje en su salida puede ser inferior o superior a su voltaje de entrada.

El convertidor Ćuk no aislado solo puede tener polaridad opuesta entre su entrada y su salida. Este utiliza un condensador como su principal componente de almacenamiento de energía. Este convertidor debe su nombre a Slobodan Ćuk, del California Institute of Technology, quien presentó por primera vez el diseño.

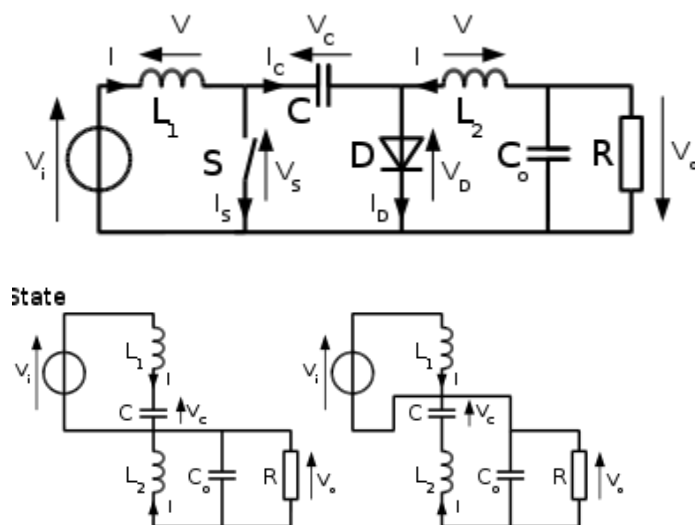
FUNCIONAMIENTO

Un convertidor Ćuk no aislado se compone de dos inductores, dos condensadores, un interruptor (normalmente un transistor), y un diodo. Su esquema puede ser visto en la figura 1. Es un convertidor inversor, por lo que el voltaje de salida es negativo con respecto al voltaje de entrada.

El condensador C es usado para transferir energía y es conectado alternativamente a la entrada y a la salida del convertidor a través de la conmutación del transistor y el diodo (ver figuras 2 y 3).

Las dos bobinas L_1 y L_2 son usadas para convertir respectivamente la fuente de entrada de voltaje (V_i) y la fuente de voltaje de salida (V_o) en fuentes de corriente. En efecto, en un corto espacio de tiempo una bobina puede ser considerada como una fuente de corriente ya que mantiene una corriente constante. Esta conversión es necesaria ya que si el condensador estuviese conectado directamente a la fuente de voltaje, la corriente estaría solo limitada por la resistencia (parásita), dando como resultado una alta pérdida de energía.

Como pasa también en otros convertidores (convertidor Buck, convertidor Boost, convertidor Buck-boost) el convertidor Ćuk puede trabajar tanto en modo continuo como en modo discontinuo de corriente. Además, a diferencia de otros convertidores, este también puede operar en modo de voltaje discontinuo (i.e el voltaje en el condensador cae a cero durante el ciclo de conmutación).



Los dos estados de operación de un convertidor aislado Ćuk. En esta figura, el diodo y el interruptor son reemplazados por un cortocircuito cuando está encendido o por un circuito abierto cuando está apagado. Se puede evidenciar que cuando está en estado apagado, el condensador C está siendo cargado por la fuente de entrada a través del inductor L1. Cuando está en estado encendido, el condensador C transfiere la energía al condensador de salida a través del inductor L2.

4.10 VARIADOR DE FRECUENCIA PARA MOTOR

Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en nuestros negocios y vidas ya que controlan básicamente todo lo que necesitamos para nuestro trabajo y actividades de ocio. Todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige el proceso en cuestión, y usar solo la energía necesaria.

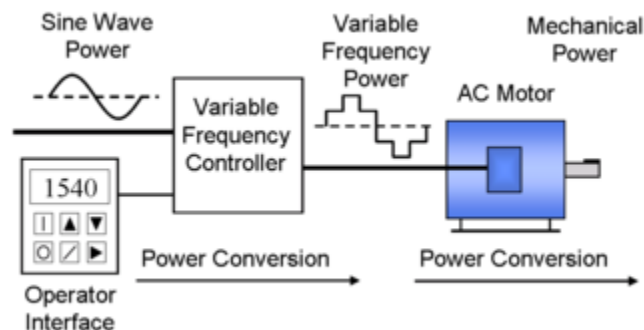
El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

Los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.

El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de improductividad.

El variador de frecuencia también es conocido como convertidor de frecuencia de corriente alterna, convertidor de velocidad variable, variador de velocidad, VSD, VFC o VFD por sus siglas en inglés o simplemente variador o convertidor. A menudo hay confusiones sobre la diferencia entre variador de velocidad y variador de frecuencia o convertidor de frecuencia. Si tomamos como referencia las siglas más ampliamente usadas a nivel internacional (“VFD” del inglés “Variable Frequency Drive”), y lo traducimos literalmente, nos conduciría a “Accionamiento de Frecuencia Variable”. Sin embargo, los términos más utilizados actualmente en nuestro país son convertidor de frecuencia y variador de frecuencia.



FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde RPM = Revoluciones por minuto, f = frecuencia de suministro AC (Hercio), p = Número de polos

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3600 RPM, 1800 RPM, 1200 RPM y 900 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 60 Hz, y 3000 RPM, 1500 RPM 1000 RPM y 750 RPM para 50Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de tener par en los momentos en los que alcanzase al campo magnético)

Esa variación en el ciclo de trabajo hace subir o bajar el valor medio de la señal La forma de variar la frecuencia básicamente consta de cambiar el ciclo de trabajo (tiempo ON y tiempo OFF en un período) de una onda cuadrada periódica, de tal forma que el valor medio de la tensión (el promedio) a lo largo del tiempo varíe entre V máximo y V mínimo. .(Ver figura a su derecha). La velocidad con que variamos el ciclo de trabajo, o sea su valor medio, será la frecuencia de variación del valor medio. Esto físicamente se logra a través de "llaves electrónicas" de conmutación que son los IGBT (transistores bipolares de compuerta aislada) que actúan como interruptores que al cerrarse y abrirse por medio de un software específico conforman la onda cuadrada, que permite obtener la señal sinusoidal.

Motor del VFD

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD.(variador de frecuencia)

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador. La energía intermedia CC es convertida en una señal quasi-senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).

Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores, fueron introducidos en los Variadores de Frecuencia, siendo aplicados en inversores de todas las tensiones disponibles. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

Las características del motor CA requieren una variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 volts cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ($460/60 = 7.67 \text{ V/Hz}$ en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz es la regla general. El método más novedoso y extendido en nuevas aplicaciones es el control de voltaje por Modulación de la Anchura de Pulso (PWM).

