
¿Qué son los VARIADORES?

¿6 ó 12 pulsos?

¿Qué es el variador VECTORIAL DE FLUJO?

¿Qué es EMC?

Frenado

Reactancias

¿Qué son los variadores?

Un variador de c.a. es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de rotación de un motor c.a. o de inducción. Este tipo de motores también se conocen como motores asíncronos o en jaula de ardilla.

La velocidad de rotación del motor se rige por la frecuencia de la corriente de alimentación aplicada. Por lo tanto, la mejor manera de controlar la velocidad del motor consiste en controlar la frecuencia de corriente aplicada.

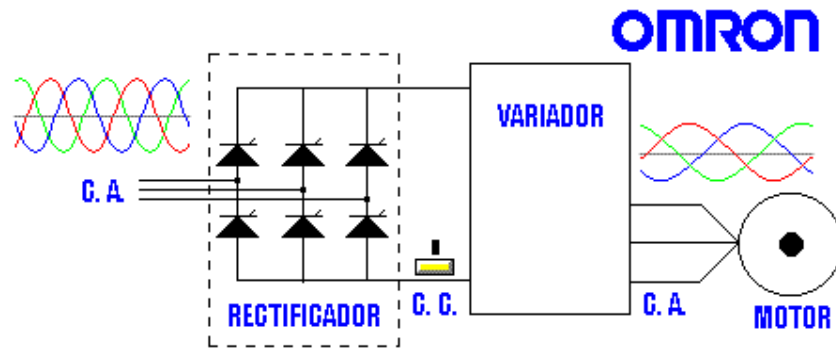
$$\text{Velocidad} = \frac{120 \times f}{P}$$

Donde **f** = frecuencia y **p** = número de polos.

Polo hace referencia al tipo de construcción del motor. La velocidad de rotación de un motor de 4 polos conectado a 50 Hz será de 1.500 rpm, mientras que la de un motor de 2 polos será de 3.000 rpm.

Además de cambiar la frecuencia, el variador también varía el voltaje aplicado al motor para asegurar que existe el par necesario en el eje del motor sin que surjan problemas de sobrecalentamiento.

A continuación figura un diagrama de los principales bloques de un variador:



Variador simplificado

Rectificador:

Esta parte incluye 4 ó 6 diodos, en función de si se trata de un variador de entrada monofásico o trifásico, que rectifican la frecuencia fijada del voltaje de entrada que se suministra al enlace de c.c.

Enlace de c.c.:

Esta parte está integrada por condensadores que almacenan el voltaje del rectificador que se utiliza en la fase inversora del variador. El voltaje existente puede alcanzar los 800 Vc.c., por lo que debe extremarse la precaución y no tocar ningún componente de esta parte. Esta área también sirve para absorber el exceso de energía del proceso de regeneración, término que se emplea para describir la energía que "genera" el motor cuando se detiene de forma precipitada una carga con un momento de inercia muy elevado. Si se desean obtener altos niveles de frenado se precisan transistores y resistencias adecuados.

Variador:

El variador contiene seis transistores empleados a modo de conmutadores que reconstituyen el enlace de c.c. en un patrón de frecuencia y voltaje variables para controlar el motor c.a. El sistema más empleado para ello es la modulación de la duración de los pulsos (PWM).

Circuito de control:

En esta parte se utiliza la información del usuario, como la velocidad definida, para controlar las funciones del variador y generar la velocidad y el par necesarios para el eje del motor. El circuito de control también sirve para proteger el variador en determinadas situaciones y para proporcionar al usuario información sobre el estado del variador. Si se controlan la frecuencia y el voltaje aplicados con precisión, el usuario puede estar seguro de conseguir un buen rendimiento del proceso y del producto. En los últimos años se han logrado importantes avances en esta área, avances como los *variadores de control vectorial de flujo* en lazo abierto y en lazo cerrado, descritos más adelante.

[Volver arriba](#)

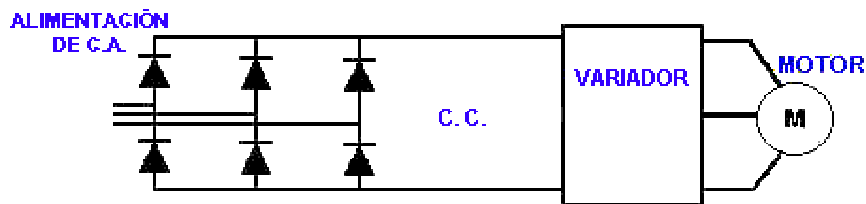


¿6 ó 12 pulsos?

Los efectos de la frecuencia de alimentación conocidos como 'armónicos' son producto del variador cuando éste obtiene corriente de la red eléctrica. Los armónicos distorsionan el suministro de alimentación y pueden tener efectos adversos sobre los equipos que utilizan el mismo suministro.

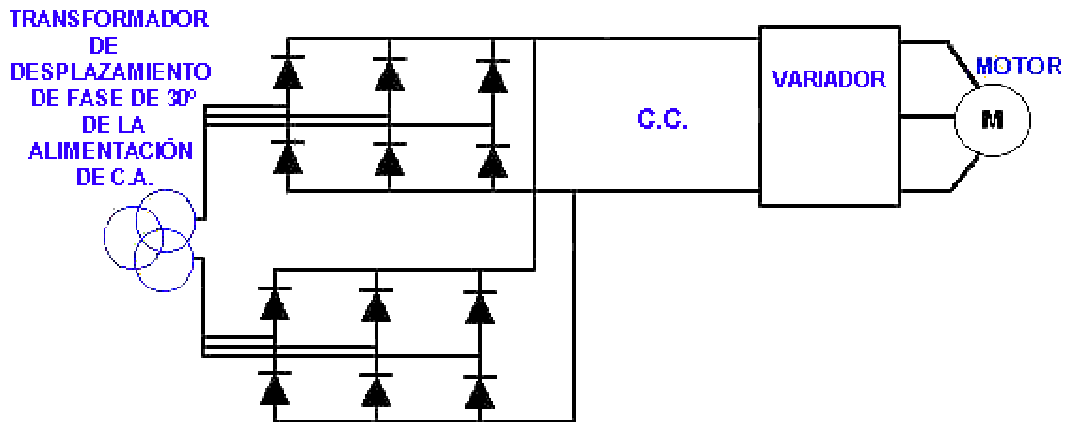
Una manera de combatir esta distorsión consiste en reducir los efectos armónicos del suministro. Para ello es preciso duplicar el número de veces que se obtiene corriente del suministro y, por lo tanto, también reducir la corriente obtenida por cada pulso. De este modo se "nivela" la corriente extraída y, con ello, el contenido armónico de la línea de suministro. Este método de gestión de la calidad de la alimentación eléctrica se conoce como control de 12 pulsos.

El variador normal de 6 pulsos consta de 6 elementos rectificadores (dos por fase: uno para el medio ciclo positivo y otro para el medio ciclo negativo).



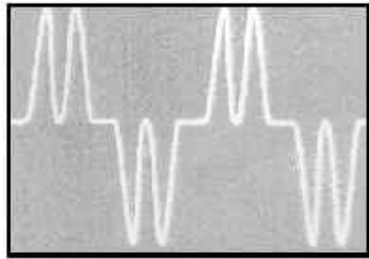
Variador de 6 pulsos

El variador que utiliza el control de 12 pulsos consta de dos unidades de rectificación con 6 elementos rectificadores cada una (12 en total); la segunda unidad se conecta mediante un transformador de desplazamiento de fase.

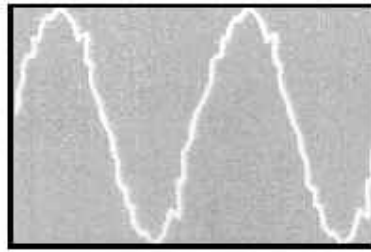


Variador de 12 pulsos.

El resultado sobre la corriente de entrada es visible cuando se utiliza el control de 12 pulsos.



Entrada de 6 pulsos sin reactancia. La distorsión de corriente es del 88%



Entrada de 12 pulsos con transformador de desplazamiento de fase. La distorsión de corriente es del 12%

Al igual que la configuración de 12 pulsos, se pueden acoplar reactancias en la entrada de la red eléctrica del variador, o del enlace de c.c., para reducir la distorsión global, tal como se muestra en las ilustraciones.

[Volver arriba](#)

¿Qué es el variador VECTORIAL DE FLUJO?

Conforme se consolidaba el empleo de los variadores de velocidad durante los últimos años, han surgido nuevos requisitos. La mayoría de ellos hacen referencia al rendimiento dinámico: par a velocidad cero, respuesta rápida para mejorar el impacto de la carga y control exacto de la velocidad.

Hasta ahora, los sistemas variadores de c.c. solían incluir estas características. Los componentes generadores de corrientes de flujo y par se controlaban de modo mecánico en la posición exacta según el tipo de motor mediante la combinación de conmutadores y juegos de cepillos. Este sistema garantizaba que los variadores de c.c. generasen pares controlados a cualquier velocidad. Sin embargo, existían algunos inconvenientes como, por ejemplo, el desgaste mecánico de los cepillos (que precisan un mantenimiento periódico), el nivel de potencia global y los mayores costes que genera el motor.

Lo que necesitaban estos sistemas era la simple construcción de un motor de c.a. equipado con rendimiento dinámico gracias a la inclusión de un variador de c.c.

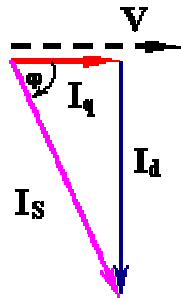
La respuesta es el control vectorial

En los variadores vectoriales, el módulo variador controla las corrientes que generan flujo y par a fin de optimizar el empleo de la corriente que genera el par motor. Gracias a la tecnología mejorada de la circuitos de control, la reacción a la carga también se ha visto mejorada, al igual que el mantenimiento de la velocidad.

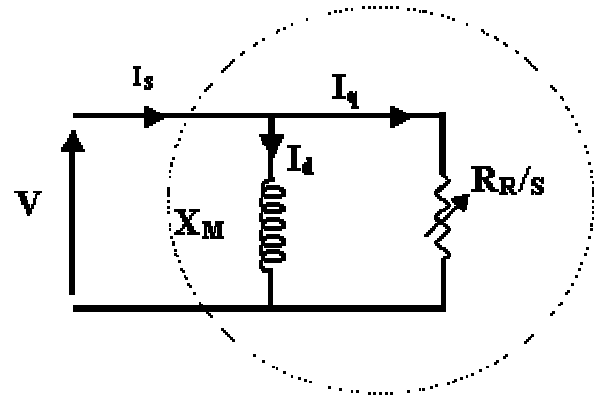
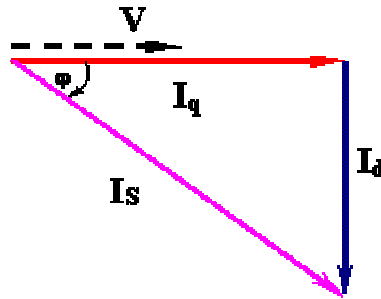
De hecho, los variadores se utilizan ahora no sólo en lugar de los variadores de c.c. tradicionales sino también en lugar de los controladores de servomecanismo.

Corriente total (I_s) distribuida entre el vectorial de la corriente generadora de flujo (I_d) y la corriente generadora de par (I_q).

Carga baja



Carga elevada



Circuitaria simplificada equivalente a la de un motor de inducción de c.a.

Estos avances se han logrado de dos modos en los variadores de c.a. modernos. El primero de ellos es el control vectorial totalmente cerrado.

Este sistema utiliza un encoder que informa sobre la posición y la velocidad del eje del motor y del variador, información útil para efectuar los cálculos matemáticos de los componentes que generan las corrientes de flujo y de par controlado. En algunos sistemas, sin embargo, esto podía representar un coste adicional y una mayor complejidad, motivo por el cual se han desarrollado una serie de variadores vectoriales de lazo abierto o sin sensor que no utilizan encoder como señal de realimentación. Este sistema se ajusta automáticamente mediante el motor y el variador. En este proceso, el variador obtiene información específica sobre el motor a través de pruebas estáticas y dinámicas y traza un mapa del motor o un "observador" que sirve para reconstruir el sistema de control en lazo cerrado.

El sistema de control en lazo cerrado ofrece el mejor rendimiento de la velocidad y del par. De todas maneras, la mayoría de las aplicaciones utilizan los sistemas característicos sin sensor, lo cual elimina la necesidad de realizar un mantenimiento habitual en los sistemas de c.c. o de tener que disponer de la información del encoder en el caso de los sistemas de control en lazo cerrado.

[Volver arriba](#)

EMC (Compatibilidad electromagnética)

Los variadores ofrecen múltiples ventajas a los usuarios con relación al control y a la energía (un mejor control y reducción de la energía empleada). Debido a su

construcción y modo de funcionamiento, sin embargo, pueden crear algunos problemas de interferencias electromagnéticas en los sistemas. Las interferencias son el resultado de la conmutación veloz de los dispositivos IGBT de alta corriente del variador, que genera una señal PWM en el variador. Este tipo de problemas también se conocen como interferencias de radiofrecuencia o RFI. Las interferencias pueden eliminarse si se siguen los procedimientos adecuados.

Las RFI pueden ser de dos tipos: de inmunidad y de emisión. Existen normativas europeas que garantizan que los productos y los equipos se adapten a los estándares aplicables.

Según la trayectoria de la interferencia deben adoptarse unas medidas u otras para solucionar de modo sencillo y eficaz el problema, como se indica a continuación:

Interferencias en bornas de conexión a red eléctrica

1. Debe introducirse un filtro especial para RFI en la entrada de la red eléctrica. Debe estar lo más cerca posible de la red a fin de atenuar las interferencias de la borna, así como cualquier otra interferencia que pueda radiar el cable de entrada de la red.

Interferencias radiadas del cable del motor:

1. El cable que une el variador con el motor debe ser apantallado y debe tener una toma a tierra en ambos extremos.
2. Los cables de control deberían separarse de los cables de alimentación.
3. Los cables de control deberían estar apantallados.

La toma a tierra desempeña un papel importante en las interferencias. Todos los puntos de conexión a tierra deben ser de metal y deben utilizarse tiras de sujeción siempre que sea posible. La longitud del cable, por su parte, debe ser lo más corta posible. [\[Véase también\]](#)

[Volver arriba](#)

Frenado

El término frenado describe el efecto de la energía generada en el motor que se realimenta en el variador que lo controla. La realimentación de energía puede darse en situaciones como, por ejemplo, la deceleración, o parada total, de la carga en términos de velocidad o la reducción de la carga cuando ésta se controla verticalmente.

Para controlar el movimiento vertical, es decir, la elevación, se necesita un variador que pueda soportar la regeneración necesaria. Es decir, debe utilizarse un transistor de frenado (por lo general incorporado en los variadores con menos de 15 KW) y una resistencia de frenado adecuados.

Los variadores suelen tener dos modalidades de funcionamiento: moción y regeneración. El término moción hace referencia al tiempo durante el cual el variador controla la carga. Regeneración indica el período en el que la carga intenta hacerse con el control.

La energía se genera porque, si se analiza el tipo de motor, éste es prácticamente idéntico al del generador, y si el rotor gira con la fuerza actual, se dan todas las condiciones necesarias para lo que se denomina regeneración.

Es precisamente esta energía regenerativa la que los diseñadores de equipos y procesos deben tener en cuenta. Existen dos métodos habituales para tratar la energía regenerativa:

1. Frenado dinámico: el medio más frecuente para controlar la regeneración. En principio, se utiliza una resistencia para absorber la energía y disiparla en forma de calor. En el interior del circuito de conexión de c.c. del variador, un transistor (estándar o acoplado posteriormente) controla el voltaje del circuito de c.c. y, en un determinado punto, efectúa una conmutación rápida, con lo que la resistencia (acoplada externamente debido al calor) forma parte o se excluye del circuito, disipando de este modo el exceso de energía. La principal ventaja de este sistema es que se necesitan muy pocos componentes adicionales, la tecnología es sencilla y funciona.
2. Frenado regenerativo: se utiliza un rectificador controlado en paralelo con el existente para permitir que la energía regenerativa se reutilice en el sistema principal. El control del sistema reside en el propio variador. Debido al mayor coste de este diseño, suele aplicarse únicamente en variadores diseñados en exclusiva para funcionar en áreas de aplicación propensas a la regeneración.

Si no se adoptan las medidas correctivas indicadas, la energía que regenera el motor podría causar un aumento del voltaje en la conexión a c.c., lo que provocaría golpes en la carga o sobrecarga en el variador o daños importantes en los componentes internos del mismo.

[Volver arriba](#)

Reactancias

Las reactancias desempeñan muchas y diversas funciones en la instalación de los variadores. Éstas son algunas de las más usuales:

1. En la entrada de la red eléctrica del variador: en la entrada de la red eléctrica monofásica o trifásica del variador se acopla una reactancia de c.a. para contrarrestar posibles efectos de las bornas de conexión como picos parásitos de

tensión, caídas de tensión y pérdidas de alimentación momentánea (por voltaje bajo). Las reactancias también permiten mejorar la potencia eléctrica del sistema incluso cuando éste funciona con velocidades y cargas distintas.

2. Entre el variador y el motor: la capacitancia que se produce entre los conductores y las pantallas puede provocar fugas de corriente, así como interrupciones o bloqueos del variador en fallos de la conexión a tierra o en casos de sobrecorriente. La reactancia altera el circuito equivalente, con lo que se reducen al mínimo las posibilidades de interrupción o bloqueo provocadas por las fugas de corriente.
3. En el circuito de c.c. del variador: en el circuito de c.c. intermedio se acopla una reactancia de c.c. que reduce de modo considerable los niveles de distorsión armónica que se generan al utilizar variadores debido a la carga rápida por pulsos no lineal del circuito de c.c. de los variadores. Como consecuencia, se generan corrientes armónicas que se superponen a las básicas, distorsionando de este modo la onda sinusoidal teórica. Esta reacción puede dar lugar a ciertos problemas como el calentamiento de los cables y transformadores, ruidos como las interrupciones y la reducción de la vida útil de los componentes. La mayoría de los variadores por encima de los 15 kW disponen de reactancia de c.c.

[Véase también sistemas de 6/ 12 pulsos.](#)

Las reactancias son un método fácil de usar, sólido y efectivo para reducir efectos no deseados en la instalación de los variadores. La elección del valor de la reactancia es algo complicado; es recomendable ponerse en contacto con la [Oficina nacional de ventas](#) para obtener más información.

[Volver arriba](#)

