

Ampliació de Variadors de Velocitat.

1.- Conceptos básicos.

a.- Formas constructivas de los motores.

Los motores eléctricos según el emplazamiento donde vaya a estar funcionando, deben tener una forma constructiva u otra. Estas formas constructivas son las siguientes:

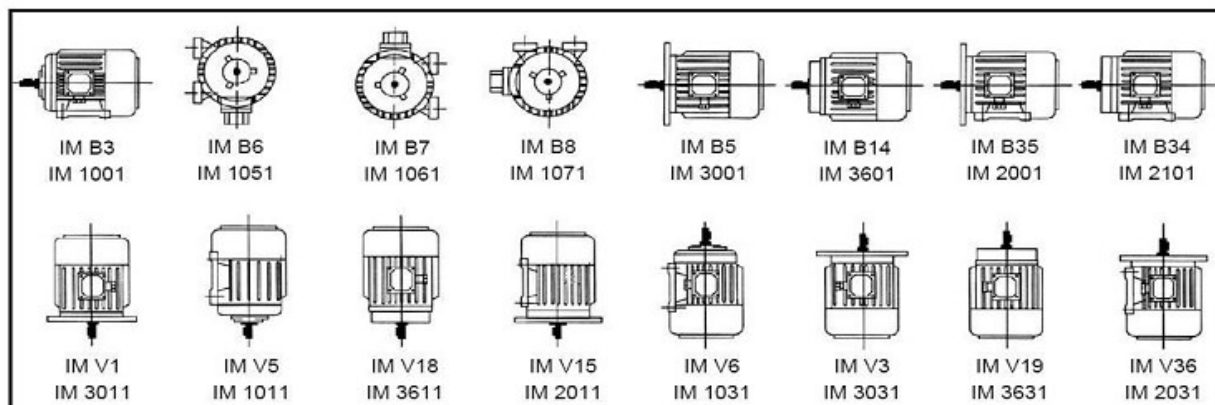


Figura 1.7. formas constructivas de los motores eléctricos.

Podemos observar que existen 3 formas básicas de montaje de los motores eléctricos:



*Fig 1.8. forma B3
(con patas)*



*Fig 1.9. forma B5
(con brida pasante)*



*Figura 1.10. forma B14
(con brida roscada)*

Es importante también tener en cuenta la orientación (eje arriba, eje abajo, patas laterales, etc..) para determinar la forma constructiva idónea del motor.

2.- Características técnicas del motor asíncrono trifásico.

Una buena parte de las características de los motores eléctricos se expresa en la propia **placa de características del motor**, tal como tensiones, potencia, frecuencia, velocidad, nivel de protección, clase de aislamiento, factor de potencia, tipo de servicio, etc. En las figuras siguientes se observan 2 ejemplos de placas de características:

3 ~ Mot. 1LA7096-4AA11				
UD 0609/70322582-68				
IP 55	90L	IM B5	IEC/EN 60034	Th. Cl. F
50 Hz	230/400V	ΔY	60 Hz	460 V Y
1.5 Kw	5.9/3.4 A		1.76 Kw	3.3 A
Cosφ 0.81	1420/ min		Cosφ 0.82	1720/ min
220-240/380-420V	ΔY		440-480 V Y	
6.1-6.1/3.6-3.5 A			3.4-3.4 A	
SF 1.1				

Conectado a frecuencia de 50Hz

Tensión de alimentación: 230 V en Δ - 400 V en Y

Intensidad: 5,9 A en Δ y 3,4 A en Y.

Potencia en el eje: 1,5 Kw

Factor de potencia: $\cos \phi = 0,81$

Velocidad nominal: 1 420 r.p.m.



fig. 3.10 Placa característica 2

En la tabla 1 se muestran características técnicas de motores comerciales de diferentes potencias.

kW	rpm	η	$\cos\varphi$	I_n	I_a/I_n	M_a/M_n	M_{max}/M_n
1,1	2.880	83,8	0,77	2,5	4,8	3,6	3,6
1,5	2.880	84,1	0,8	3,2	8,1	3,6	4
2,2	2.860	85,6	0,85	4,4	8,5	3,5	3,7
3	2.920	86,7	0,84	5,9	12,3	4,2	6,3
4	2.940	89,9	0,86	7,5	12,5	4,3	4,5
5,5	2.920	88,6	0,88	10,1	8,9	3	3,2
7,5	2.900	89,5	0,9	13,5	7,9	3	3,5
11	2.930	90,7	0,86	20,4	7,3	2,4	3,1
15	2.930	91,6	0,86	27,5	7,6	2,5	3,1

Tabla 1.

Siendo:

I_a/I_n : Relación entre la corriente de arranque y la nominal

M_a/M_n : Relación entre el par de arranque y el nominal

M_{max}/M_n : Relación entre el par máximo y el nominal

2.1.- Conexión de los devanados del motor trifásico.

El devanado trifásico del estator de un motor asíncrono puede conectar en estrella o en triángulo, dependiendo la tensión de la red y la que se indique en la placa de características del motor. De esta forma tenemos que los motores trifásicos pueden funcionar a dos tensiones.

Así, por ejemplo, un motor cuya placa de características registre las tensiones 400/230 V, nos indica que se puede conectar en estrella a la tensión mayor (400V) ya que en cada devanado del motor estará a $400/\sqrt{3}=230V$ y en triángulo a la menor (230 V). De forma que cada bobina siempre queda sometida a la tensión menor (Figura 3.11).

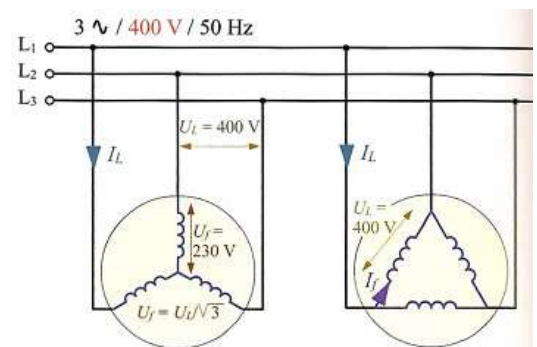


Figura 3.11

En la caja de bornes de los motores aparecen los seis terminales correspondientes a los tres devanados del motor más el terminal de conexión a tierra. La disposición de los terminales siempre se hace de la misma forma, siguiendo las normas internacionales. Para conseguir la conexión en estrella, basta con unir con unos puentes los finales Z-X-Y. La conexión en triángulo se consigue realizar con facilidad al unir con unos puentes los terminales (U-Z), (V-X) y (W-Y) (Figura 3.12).

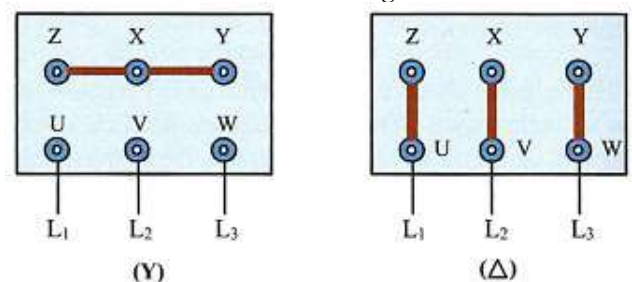
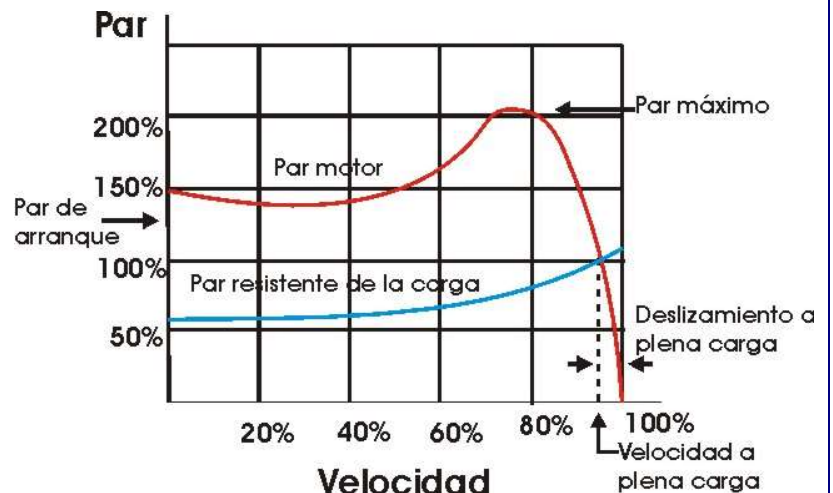


Figura 3.12

3.- Parámetros y curvas características de un motor

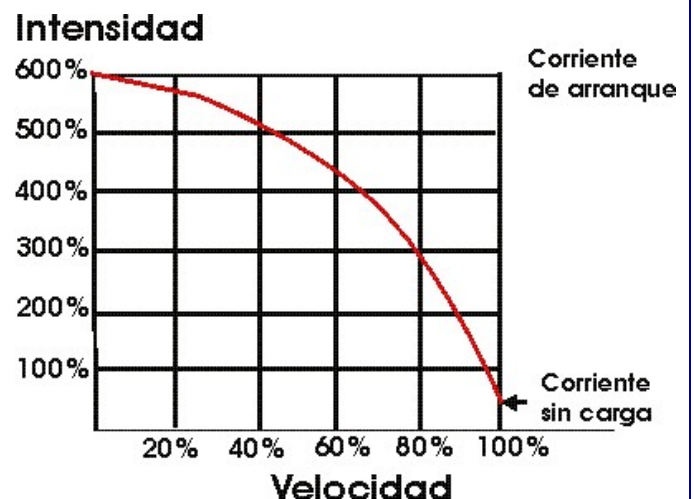
La velocidad de operación del motor con tensión, frecuencia y carga nominales es, aproximadamente, un 97% de la velocidad de sincronismo; es decir, funciona con un deslizamiento de un 3%. Cuando aumenta la carga, disminuye la velocidad, con lo que aumenta el deslizamiento. En estas condiciones, el flujo del estator corta las barras del rotor más rápidamente, incrementando así la corriente y el par del motor. Cuando disminuye la carga, por el contrario, aumenta la velocidad, luego disminuye el deslizamiento y el par



En el proceso de arranque, la diferencia entre el par motor y el par resistente de la carga se emplea en crear una aceleración que lleva al motor hasta el punto de equilibrio en el cual estos dos pares antagonistas se igualan. Este será el punto de funcionamiento estable del motor.

La intensidad absorbida por el motor empieza en un valor de, aproximadamente, el 600% del valor nominal y va disminuyendo durante el proceso de arranque.

Aunque el motor funcione sin carga, cerca de la velocidad de sincronismo existe un consumo de corriente, la *corriente magnetizante*, necesaria para crear el flujo magnético en el motor. Es reactiva y relativamente constante.



Cuestiones:

- 3.1.- Indica en qué punto de la curva velocidad-par se sitúa el motor cuando se alcanza una velocidad constante en rpm. ¿Por qué crees que se alcanza precisamente ese punto?
- 3.2.- Si se arranca el motor sin carga, ¿Qué consumo de corriente tendrá una vez alcanzada una velocidad constante? ¿En qué punto de la curva de intensidad estaremos? ¿Y en la curva de par-velocidad? ¿Cómo será el consumo de potencia reactiva, mayor o menor que la activa?
- 3.3.- Si estando el motor funcionando a su par nominal:
 - a.- Se reduce el par resistente. ¿Qué sucede con la velocidad de rotación (en rpm) y con la corriente absorbida? Explícalo referenciándote con las gráficas anteriores.
 - b.- Se incrementa el par resistente. ¿Qué sucede con la velocidad de rotación (en rpm) y con la corriente absorbida? Explícalo referenciándote con las gráficas anteriores.
- 3.4.- Que sucederá en el motor si aumento el par resistente poco a poco de forma continuada.

4.- Variación de velocidad

La velocidad del motor en rpm es (siendo s el deslizamiento en rpm):

$$n(rpm) = \frac{60 \cdot f}{p} - s$$

De esta ecuación se desprende que la velocidad puede ser controlada de tres maneras:

1º Cambio en el número de par de polos (p)

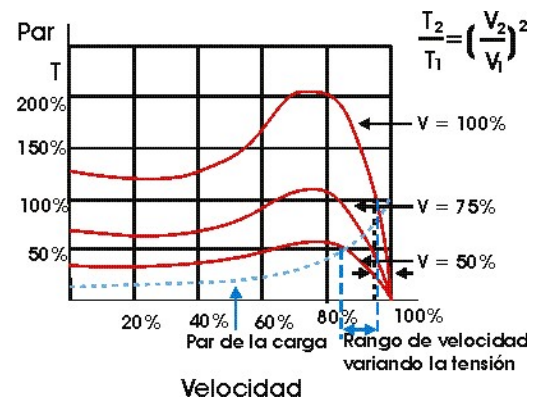
El motor tiene varios bobinados conmutables. Se puede conseguir tantas velocidades fijas como bobinados distintos. Por ejemplo, los motores de lavadoras que deben conmutar entre dos velocidades fijas, de lavado y de centrifugado.

2º Cambio en el deslizamiento (s)

Se puede hacer mediante el ajuste de la tensión del motor. La reducción de par es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación.

El par es menor cuando disminuye la tensión, y aumenta así el deslizamiento.

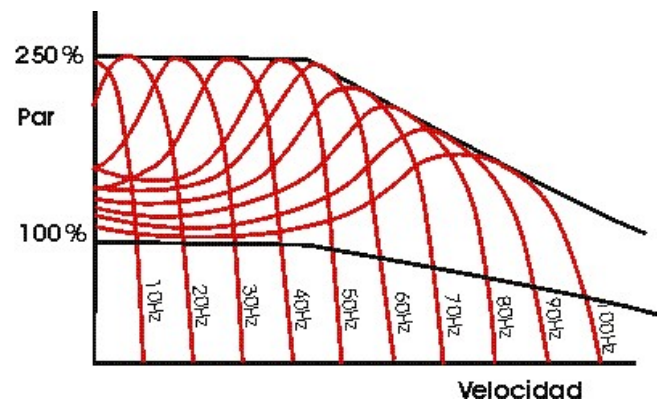
Éste método requiere una carga cuyo par aumente con la velocidad. Por ejemplo, ventiladores.



3º Cambio en la frecuencia

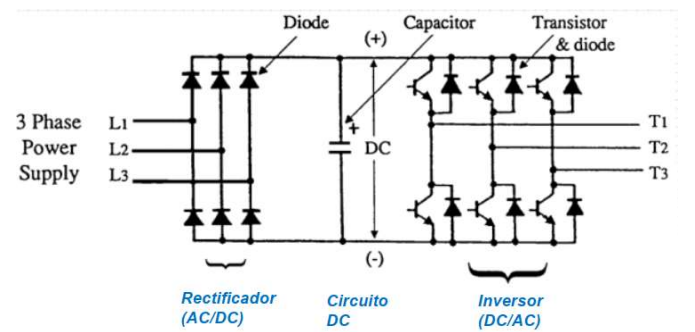
Es el mejor método, por las siguientes razones:

- Se mantiene el rendimiento en toda la gama de velocidades.
- Se dispone de un control continuo.
- El par se mantiene, aún a bajas velocidades.
- Se puede lograr velocidades mayores que la nominal de sincronismo del motor.



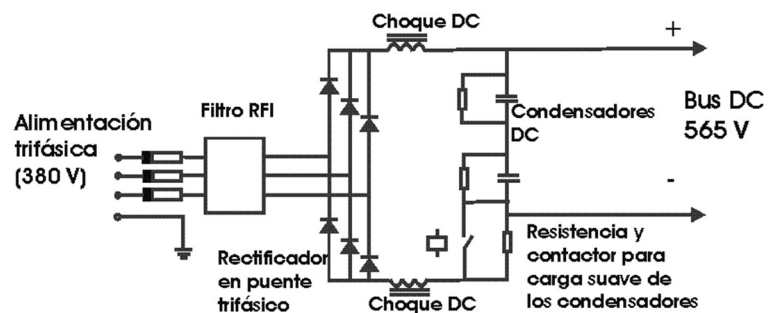
5.- Variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia son equipos destinados a controlar la velocidad de un motor de corriente alterna. A partir de la alimentación AC, estos equipos producen una salida de frecuencia y tensión variables, adecuada para controlar la operación de un motor.



En general, estos equipos convierten la alterna de entrada en una tensión intermedia continua, y después, por medio de técnicas de conmutación, convierten esta continua en la salida de frecuencia y tensión variables.

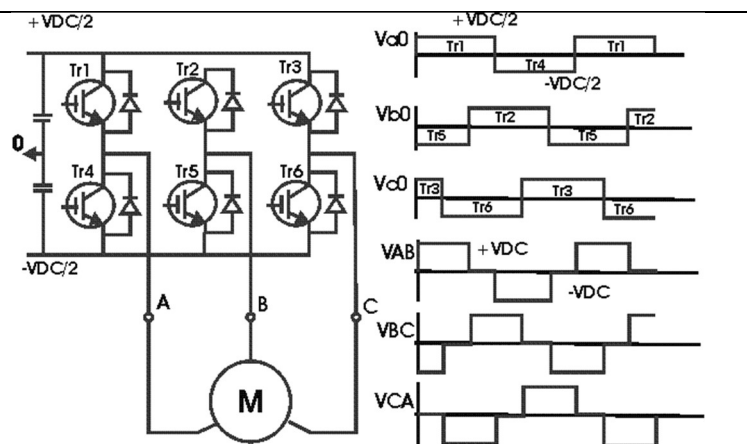
Generalmente, a la entrada del equipo existe un rectificador que transforma la alterna de entrada en una continua de valor alrededor de 600 Vdc. Esta tensión está filtrada por medio de una combinación L-C con objeto de reducir el rizado de la tensión resultante y para evitar devolver a la red un contenido de armónicos de corriente excesivos.



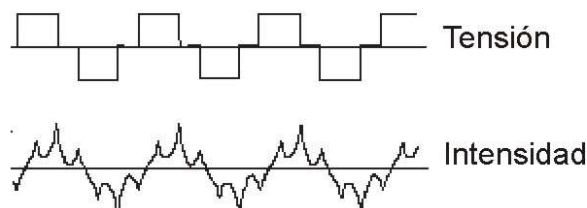
5.1.- Formas de onda

En la figura se observa la secuencia de conmutaciones de cada uno de los transistores del inversor, así como las tres tensiones que aparecen en la salida.

Evidentemente, para el motor sería preferible una tensión perfectamente senoidal, pero puede funcionar bien con estas tensiones. Un inconveniente es una pulsación de par que aparece cada vez que conmuta alguno de los transistores, que se aprecia especialmente cuando se funciona a baja velocidad.

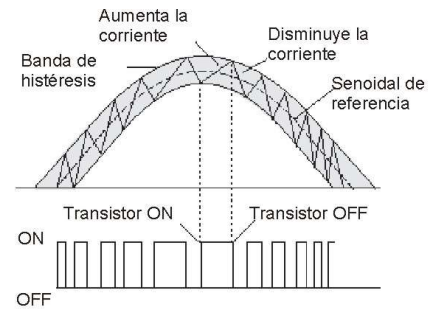


Y, por otra parte, las corrientes no senoidales contienen armónicos que causan calentamiento del motor, haciendo necesario utilizar el motor por debajo de sus características nominales.

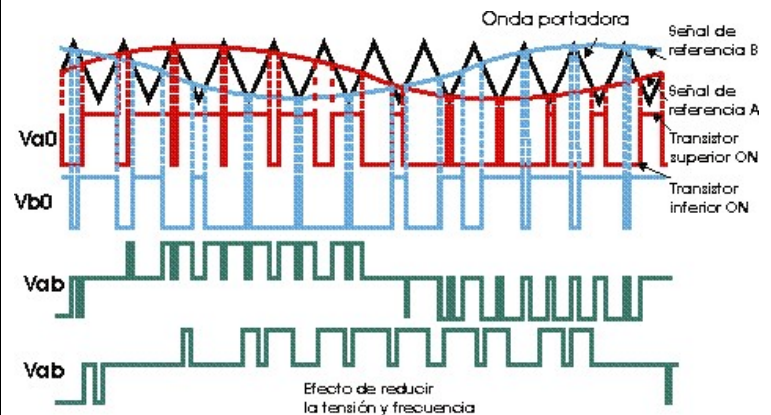


5.2.- Salida PWM

Controlando los instantes de conmutación de los transistores del inversor se puede conseguir formas de onda a la salida que minimicen el contenido de armónicos de la corriente. Puede existir muchas formas de configurar estas conmutaciones, cada una de las cuales con sus ventajas e inconvenientes.



Una de las mejores es controlar la corriente del motor de forma instantánea a lo largo de todo el ciclo, de modo que se ajustan los periodos de conducción o de bloqueo de cada transistor para que esta corriente se parezca lo más posible a una senoidal.



A partir de una misma tensión continua, aumentando la anchura de los impulsos se obtiene mayor tensión de salida; disminuyéndola, menor tensión de salida. Modulando la anchura en todo momento se consigue que la intensidad se aproxime considerablemente a una senoidal.

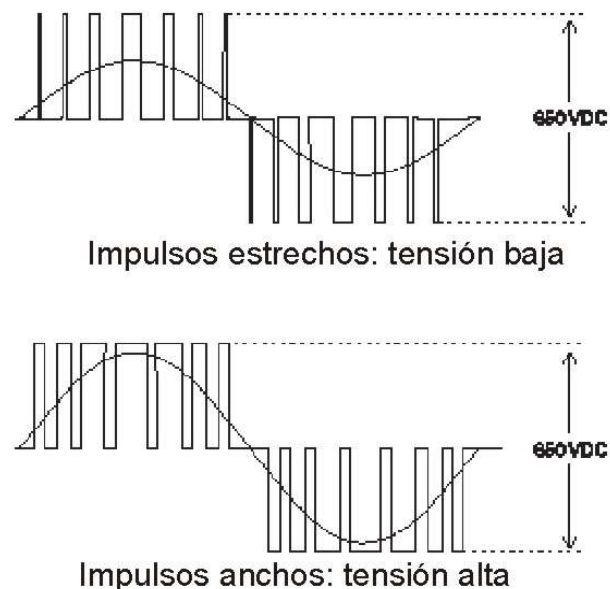


Figura 1. Conmutación PWM (2)

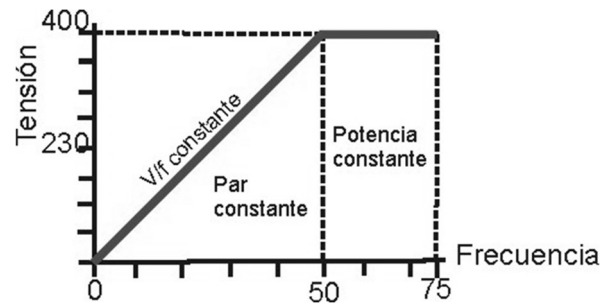
5.3.- Modos de operació

Un variador de freqüència pot tenir els següents modes de operació:

Control lineal tensió-freqüència

En este modo de operació el variador suministra al motor una relació V/f constant, en qualsevol freqüència entre 0 i la nominal de 50Hz. Este es el modo de control más sencillo, y es adecuado para aplicaciones de tipo general.

La impedancia en serie del estator provoca una caída de tensión cuando el motor es cargado, lo que lleva a una reducción de la tensión eficaz que es aplicada al motor. Esto causa el debilitamiento del campo del estator y una resultante reducción del par disponible.



Esto es más evidente a bajas velocidades cuando la tensión aplicada al motor ya es baja. Para superar esto, se puede reprogramar la curva V/f y reforzar la tensión a frecuencias bajas.

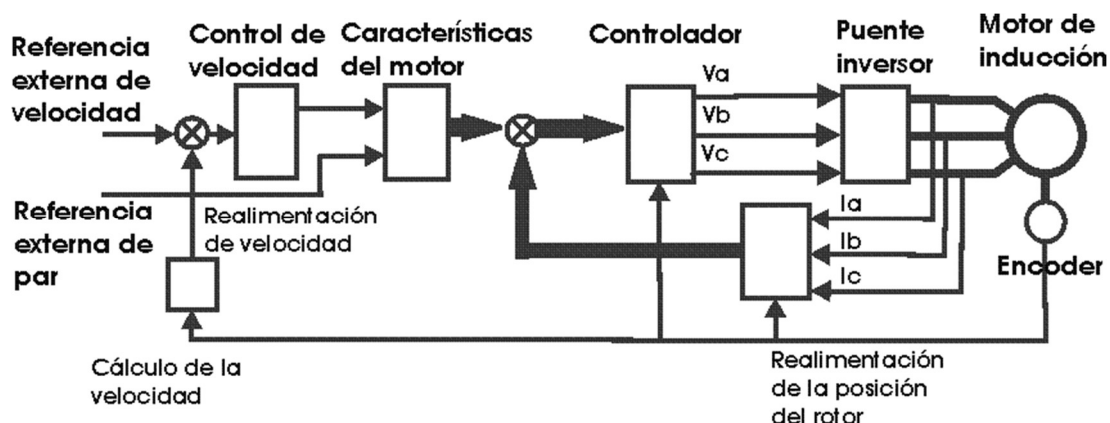
Control vectorial

Este tipo de control tiene una respuesta de par muy rápida, haciéndolo adecuado para aplicaciones de control de precisión de par, velocidad y posición. La capacidad de llegar al par máximo del motor en todas las velocidades, incluyendo a motor parado, hace a este controlador especialmente adecuado para grúas, montacargas y elevadores.

Básicamente este tipo de control consiste en reproducir un modelo matemático del motor y, por medio de un complejo algoritmo, controlar de forma independiente el flujo magnético y el par desarrollado por el motor, considerando en todo momento no sólo su magnitud, sino su posición espacial; es decir, su comportamiento como *vectores*.

Los controladores vectoriales actuales emplean *control vectorial indirecto*, donde la magnitud y la orientación del flujo del entrehierro son calculadas desde el conocimiento de los parámetros del motor.

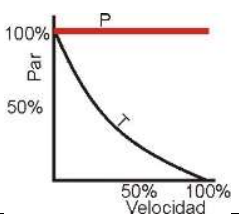

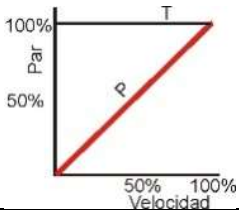

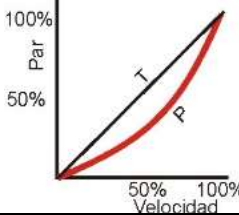

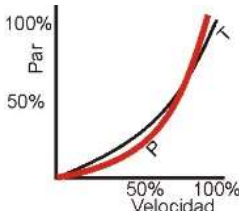

El control vectorial *sin medida de la velocidad* pierde prestaciones a velocidades muy bajas (algunos Hz). Si se desea un funcionamiento perfecto a todas las velocidades es necesario instalar un mecanismo externo de medida de la velocidad, tal como un encoder o un generador tacométrico.



La respuesta del motor es muy rápida. Típicamente, un escalón de 100% de par puede ser aplicado a la carga en menos de 10 milisegundos.

5.5.- Aplicaciones

Cuando se aplica un motor AC a una aplicación, es necesario conocer la potencia, el par y la velocidad característicos de la carga. En la siguiente figura se representa características típicas de varias cargas.

Tipos de máquinas	Par motor	Potencia		
Bobinadoras, tornos, máquinas de cortar	$T \approx 1/N$	$P = \text{cte}$		
Cintas transportadoras, máquinas de proceso, molinos	$T = \text{cte}$	$P \approx N$		
Calandras con fricción viscosa, frenos	$T \approx N$	$P \approx N^2$		
Bombas, ventiladores	$T \approx N^2$	$P \approx N^3$		

Generalmente, las cargas caen dentro de una de estas categorías:

Par constante. La carga es esencialmente la misma a lo largo de todo el rango de velocidades. El funcionamiento a par constante implica que el par necesario para mantener la carga en marcha es el mismo a lo largo de todo el rango de velocidad. La expresión par constante se refiere a la capacidad del motor para mantener constante el flujo. En realidad el par producido depende del que presenta la carga.

Par variable. La carga aumenta conforme aumenta la velocidad. Una carga con par variable implica que el par y la potencia aumentan con un aumento en la velocidad. Las bombas y ventiladores son ejemplos de este tipo de carga. Por ejemplo, bombas y ventiladores.

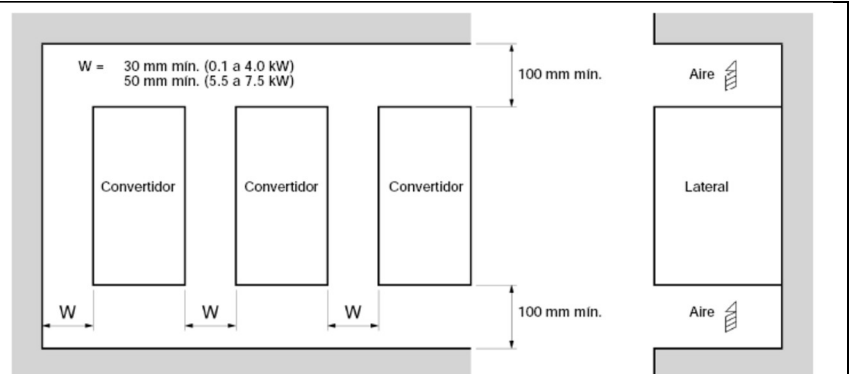
Potencia constante. La carga disminuye según aumenta la velocidad. Las aplicaciones de potencia constante necesitan una fuerza constante con el cambio de radio. Un torno, por ejemplo, empieza con un cierto diámetro de pieza. Conforme se va cortando y trabajando la pieza se va reduciendo el diámetro, pero la fuerza de corte se debe mantener constante. Por ejemplo, máquinas rotativas de corte y bobinadoras.

6.1.- Instalación de variadores:

- Instalar el convertidor en lugares donde se den las siguientes condiciones:
 - Temperatura ambiente de operación: -10°C a 50°C
 - Humedad: 90% HR o menor (sin condensación)
- Instalar el convertidor en lugares limpios, sin aceite ni polvo o dentro de un armario cerrado protegido de dichos elementos.
- Durante la instalación u operación del convertidor, prestar especial atención para que no ingresen en su interior objetos extraños como partículas metálicas, aceite, agua...
- Instalar el convertidor en una superficie vertical de tal forma que los caracteres de la placa de características queden hacia arriba.
- Para mejorar la fiabilidad de la operación, el convertidor se debería instalar en un ambiente libre de cambios bruscos de temperatura.
- Si el convertidor está instalado en un ambiente cerrado como por ejemplo un armario, utilizar un Ventilador de refrigeración o un acondicionador de aire para mantener la temperatura del aire interno a una temperatura inferior a 50°C . La vida de los condensadores electrolíticos incluidos dentro del convertidor de frecuencia se prolonga manteniendo la temperatura del aire interno tan baja como sea posible.

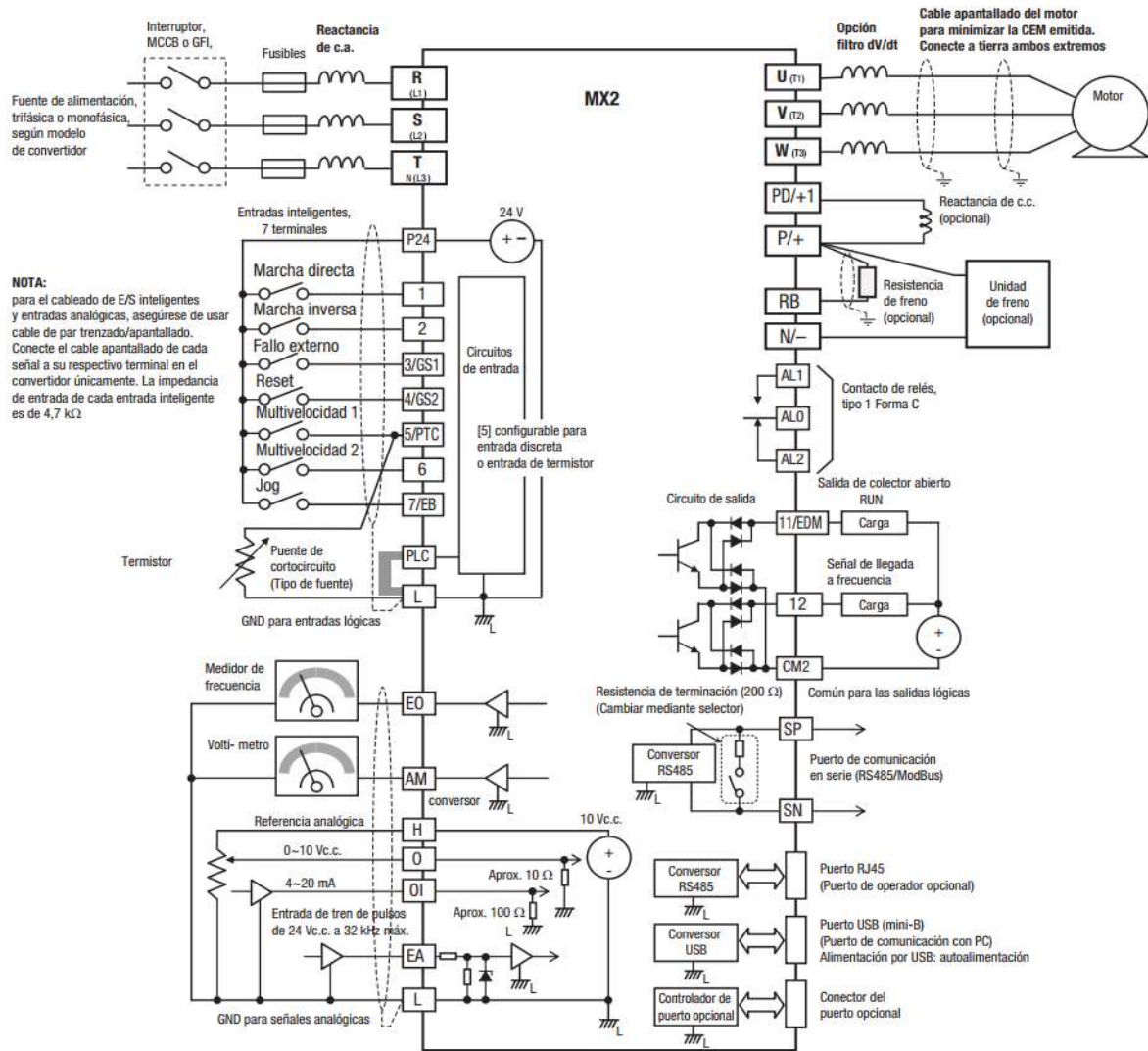
• La temperatura en la superficie del convertidor puede alcanzar 30°C más que la temperatura ambiente. Por lo tanto, mantener alejados del convertidor todos los cables y dispositivos que puedan verse influenciados negativamente por el calor.

• Cuando se instale el convertidor, dejar siempre el siguiente espacio para permitir la disipación natural del calor del convertidor:



6.2.- Conexiones.

Las conexiones posibles en el variador MX2 son las que se muestran a continuación, en este esquema se puede apreciar el tipo de conexiones de cada entrada y salida disponible en el variador MX2 de Omron.



Selección del variador para un motor en concreto:

Desde el mismo manual de usuario de OMRON, se puede elegir el variador idóneo para el motor a controlar. Ver punto 1-2. Especificaciones del Variador MX2. Sección 1 pag 3.

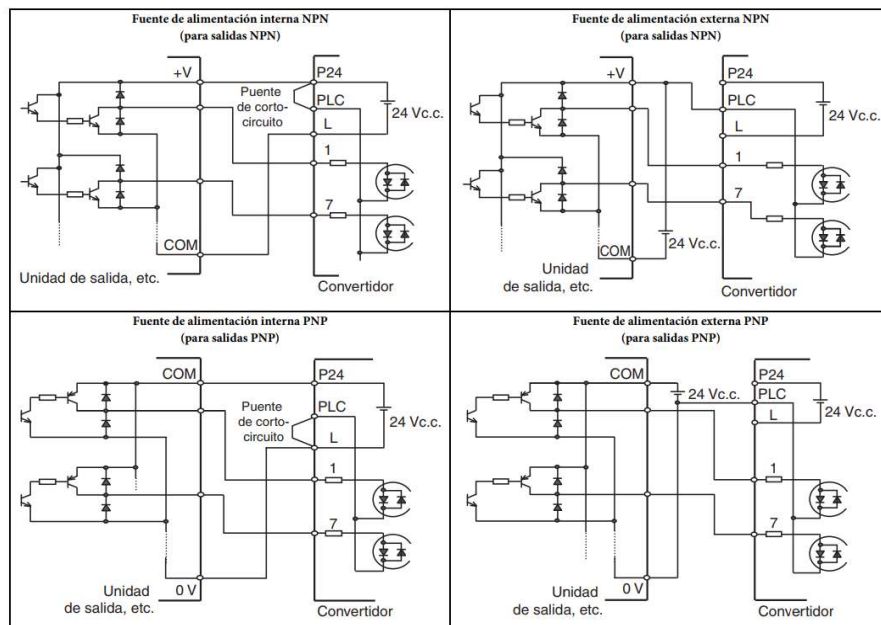
6.3.- Terminales del Variador:

Los terminales mostrados en el diagrama de conexiones anterior y su significado son los siguientes:

Tipo	Nombre del terminal	Empleo	Descripción	Especificaciones eléctricas	
Digital	Fuente de alimentación	P24	+24 V para entradas lógicas	Fuente de alimentación de 24 V.c.c. para la entrada digital Si se selecciona la lógica positiva, se convierte en el común de entrada (no cortocircuitar con el terminal L)	100 mA máx. incluida la entrada digital (5 mA cada una)
		PLC	Común de entrada inteligente	Este terminal se usa como el terminal común de la entrada digital. Fuente de alimentación interna (y contactos sin tensión): Cortocircuito entre P24 y PLC: Lógica negativa (la corriente fluirá de la entrada MX2 a la salida) Cortocircuito entre CM1 y PLC: Lógica positiva (la corriente fluirá de la salida a la entrada MX2)	
		L (fila superior)	GND para entradas lógicas	Suma de las corrientes de entrada [1]-[7] (retorno)	
	Entrada	1	Entradas lógicas discretas (Los terminales [3], [4], [5] y [7] tienen función doble)	Es posible asignar cualquiera de las entradas digitales multifunción a estos terminales. Cuando la función de seguridad se activa mediante un interruptor de hardware, los ajustes multifunción 77:GS1 y 78:GS2 son obligatorios para los terminales 3 y 4 y la funcionalidad cambia según ISO13849-1 Para PTC conecte el termistor del motor entre los terminales 5 y L y asigne 19:PTC en el parámetro C005. El convertidor dará fallo si el termistor excede de los 3 kOhm. Para la entrada de tren de pulsos B establezca 85:EB en el parámetro C007. La frecuencia máx. para este terminal es de 2 kHz.	Tensión de ON: 18 V mín. Tensión de OFF: 3 V máx. Tensión máxima: 27 Vc.c. Corriente de carga: 5 mA a 24 V
		2			
		3/GS1			
		4/GS2			
		5/PTC			
		6			
		7/EB			
		EA	Entrada de tren de impulsos A	32 kHz máx. El común es [L]	
	Salida	11/EDM	Salidas lógicas discretas [11] (El terminal [11] tiene una función doble. Seleccionado mediante interruptor de hardware)	Se puede establecer cualquier señal de salida multifuncional para estos terminales. En el caso de que se seleccione EDM, la funcionalidad se basa en ISO13849-1.	50 mA máx. de corriente máxima en estado ON 27 Vc.c. de tensión máxima en estado OFF
		12	Salidas lógicas discretas [12]	50 mA de corriente máxima en estado ON, 27 Vc.c. de tensión máxima en estado OFF El común es CM2	
CM2		GND para salidas lógicas	100 mA: retorno de corriente [11], [12]		
EO		Salida de tren de pulsos	10 Vc.c. 32 kHz máximo	2 mA máximo	
AL0		Contacto común de relé	Se puede establecer cualquier señal de salida multifuncional para estos terminales.	250 Vc.a. 2,5 A (carga R) máx. 250 Vc.a. 0,2 A (carga I, P.F.=0,4) 100 Vc.a. 10 mA mín.	
AL1		Contacto de relés, normalmente abierto		30 Vc.c. 3,0 A (carga R) máx. 30 Vc.c. 0,7 A (carga I, P.F.=0,4) 5 Vc.c. 100 mA mín.	
AL2		Contacto de relés, normalmente cerrado			
Analógica	Salida	AM	Salida de tensión analógica	0-10 Vc.c.	1 mA máximo
	Entrada	OI	Entrada de corriente analógica	Rango de 4 a 19,6 mA, 20 mA nominal,	impedancia de entrada 100 W
		O	Entrada de tensión analógica	Rango de 0 a 9,8 Vc.c., 10 Vc.c. nominales,	impedancia de entrada 10 KW
	Fuente de alimentación	H	Referencia analógica de +10 V	-	10 Vc.c. nominales, 10 mA máximo
		L (fila inferior)	GND para señales analógicas	Suma de las corrientes [OI], [O] y [H] (retorno)	

6.4.- Configuración de las entradas digitales (NPN / PNP).

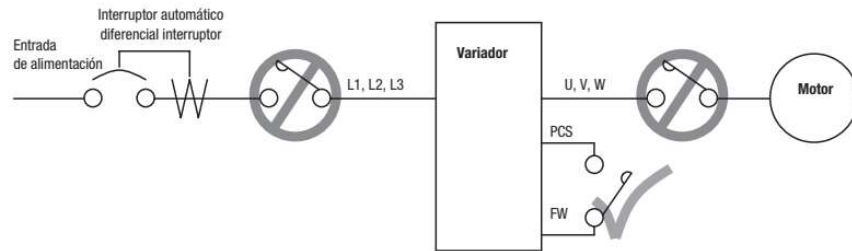
Se puede conectar entradas digitales ya sean NPN o PNP al variador, teniendo en cuenta las siguientes conexiones. Ya sea usando la alimentación interna del propio MX2 o mediante una fuente de alimentación externa.



6.5.- Consideraciones para el uso de variadores.

Uso de contactores.

No realice una parada mediante la desconexión de los contactores electromagnéticos en el lado principal o secundario del variador. Si se produce un corte de alimentación repentino mientras una instrucción de funcionamiento está activa, la unidad puede reiniciar el funcionamiento automáticamente después de que finalice el corte de alimentación. Si existe una posibilidad de que tal situación pueda ocasionar lesiones al personal, instale un contactor en la parte de alimentación, de modo que el circuito no permita el re arranque automático después de la recuperación de la alimentación.



Si se utiliza el operador remoto opcional y se ha seleccionado la función de reintento, también se producirá el reinicio automático cuando esté activo un comando RUN. Por lo tanto, actúe con precaución

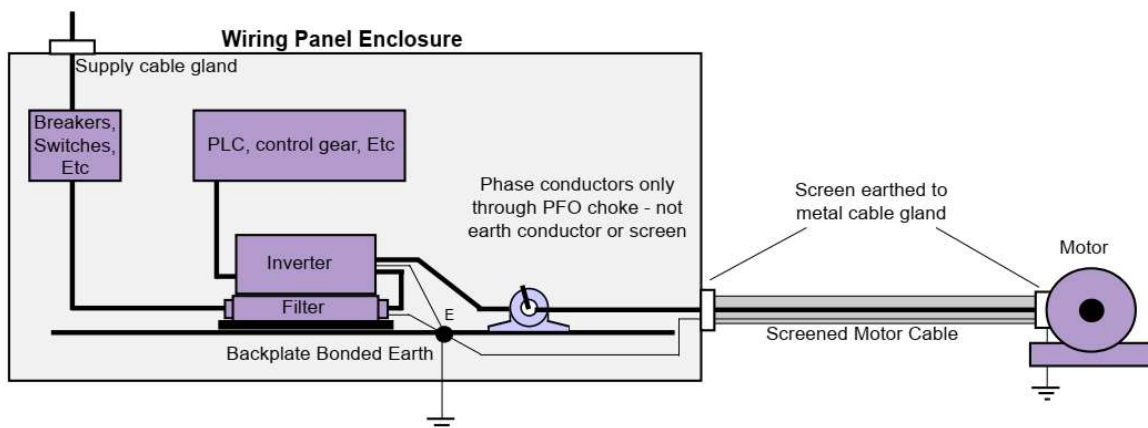
Generación de armónicos.

Los convertidores también generan interferencias radiadas y conducidas de alta frecuencia, que pueden afectar a los equipos electrónicos, se pueden instalar filtros de ruido que eliminan las interferencias conducidas a través de los cables y mallas metálicas que eliminan las interferencias radiadas por los cables, estas mallas se deben conectar a tierra.

Para proteger los instrumentos del funcionamiento erróneo debido a las interferencias de ruidos, se deben utilizar lejos del variador. También resulta eficaz si se protege toda la estructura del variador. La adición de un filtro EMI en el lado de entrada del variador también reduce el efecto del ruido en la línea de alimentación comercial en los dispositivos externos.

Una medida adicional, es instalar el convertidor dentro de una caja metálica y puesta a tierra.

IT IS IMPORTANT THAT ALL LEAD LENGTHS ARE KEPT AS SHORT AS POSSIBLE
AND THAT INCOMING MAINS AND OUTGOING MOTOR CABLES ARE KEPT WELL
SEPARATED.

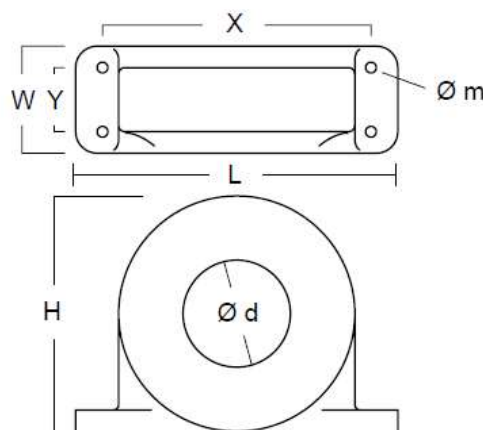


Filtros para variadores de frecuencia OMRON MX2:

Clase de entrada	Modelo de variador	Modelo de filtro RASMI
1 fase Clase 200 V	AB001/AB002/AB004	AX-FIM1010-RE (10A)
	AB007	AX-FIM1014-RE (14A)
	AB015/AB022	AX-FIM1024-RE (24A)
3 fase Clase 200 V	A2001/A2002/A2004/A2007	AX-FIM2010-RE (10A)
	A2015/A2022	AX-FIM2020-RE (20A)
	A2037	AX-FIM2030-RE (30A)
	A2055/A2075	AX-FIM2060-RE (60A)
	A2110	AX-FIM2080-RE (80A)
	A2150	AX-FIM2100-RE (100A)
3 fase Clase 400 V	A4004/A4007	AX-FIM3005-RE (5A)
	A4015/A4022/A4030	AX-FIM3010-RE (10A)
	A4040	AX-FIM3014-RE (14A)
	A4055/A4075	AX-FIM3030-RE (23A)
	A4110/A4150	AX-FIM3050-RE (50A)

Ferritas para eliminación de interferencias en variadores omron:

•PFO Motor Cable Chokes



Output Choke	motor kW	D (mm)	L	W (mm)	H	X	Y (mm)	m	price (euro)
3G3IV PFO OC/1	≤ 2.2	21	85	22	46	70	-	5	5.24
3G3IV PFO OC/2	≤ 15	28	105	25	62	90	-	5	7.43
3G3IV PFO OC/3	≤ 45	50	150	50	110	125	30	5	11.65
3G3IV PFO OC/4	> 45	60	200	65	170	180	45	6	20.29

The PFO output chokes can be used in conjunction with the filters to improve EMC performance. They are especially effective where radiated emissions from long drive to motor cables are a problem e.g. corruption of near by control or data cable signals or radio / television interference. The correct fitting of a PFO choke into the motor cable can eliminate these problems.

Resistencias de frenado

Consultar la página 250 del manual de usuario del variador MX2 de OMRON.

Cables para uso en variadores de frecuencia:

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)

<https://es.prysmiangroup.com/sites/es.prysmiangroup.com/files/media/documents/Afumex-Class-Varinet-VFD-1kV-RC4OZ1-K-Cca-s1b-d1-a1-MAR23.pdf>

Cable de alta seguridad y fácil pelado para interconexión entre variadores de frecuencia y motores.

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1; UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1C4OZ1-K (AS)



Alta protección electromagnética

Gracias a su doble pantalla de trenza de cobre con cobertura del 60 % y de cinta de aluminio/poliéster con cobertura del 100 %, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias. Lo que supone una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos. Los cables con pantallas de trenza de cobre, con coberturas inferiores al 60%, incumplen la normativa.

1. Conductor

Metal: cobre recocido.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla polietileno reticulado (XLPE).

Colores:

Conductor de protección: 1 conductor (formaciones 4G) o 3 conductores colocados simétricamente, color amarillo/verde.

Fases: marrón, negro y gris, según UNE 21089-1.

3. Cubierta interna

Material: mezcla LSOH libre de halógenos tipo DMZ-E. Color negro.

4. Pantalla

Material: trenza de hilos de cobre pulido. Cobertura mínima 60%. Cinta de aluminio/poliéster con sobreposición del 20%.

5. Cubierta externa

Material: mezcla LSOH libre de halógenos tipo DMZ-E.
Color: negro.

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (D) (mm) (1)	Radio mínimo de curvatura	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C Ω /km (4)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							$\cos \phi = 1$	$\cos \phi = 0,8$
4G6	17,5	175	493	3,30	49	44	6,87	5,59
4G10	19,8	198	687	1,91	68	58	4,06	3,34
3x16 + 3G6	24,4	244	952	1,21 / 1,1	91	75	2,56	2,13
3x25 + 3G6	26,6	266	1282	0,78 / 1,1	115	96	1,62	1,38
3x35 + 3G6	27,8	278	1555	0,554 / 1,1	143	117	1,17	1,01
3x50 + 3G6	31,7	317	2194	0,386 / 1,1	174	138	0,86	0,77
3x70 + 3G16	37,5	375	3029	0,272 / 0,40	223	170	0,6	0,56
3x95 + 3G16	39,4	394	3665	0,206 / 0,40	271	202	0,43	0,42
3x120 + 3G25	46,3	463	4828	0,161 / 0,26	314	230	0,34	0,35
3x150 + 3G25	48,7	487	5690	0,129 / 0,26	359	260	0,28	0,3
3x185 + 3G35	53,8	538	6991	0,106 / 0,185	409	291	0,22	0,26
3x240 + 3G50	59,9	599	9126	0,080 / 0,129	489	336	0,17	0,21

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C) → XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b.

(3) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu).

(4) En las formaciones con 3 conductores de protección (amarillo/verde) figura la resistencia total de los 3 conductores en paralelo. Es decir, un tercio de la resistencia de cada conductor.

7.- INICIALIZACIÓN A PARÁMETROS DE FÁBRICA:

Después de cambiar muchos parámetros, es posible que no nos acordemos de los parámetros que haya que modificar para dejar el Variador en un estado conocido, para ello tenemos la inicialización. Tener en cuenta que tras la inicialización la configuración actual se perderá, sin ser posible su recuperación.

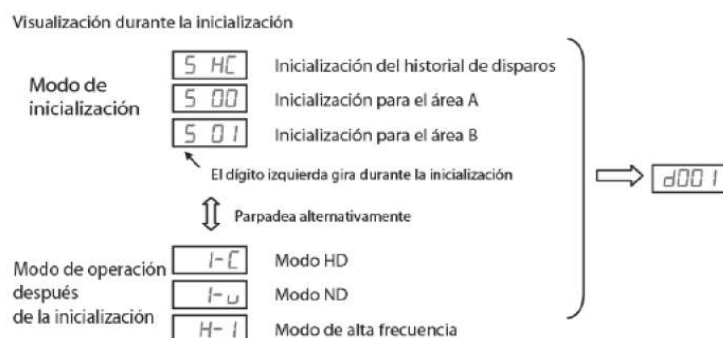
Los parámetros a tener en cuenta son:

Param	Descripción	Ajuste
B084	Selección de modo (Parámetros o Histórico)	00: Desactivado 01: Borra el histórico de fallos 02: Inicializa todos los parámetros 03: Borra el histórico de fallos e inicializa todos los parámetros 04: Borra el histórico de fallos, inicializa todos los parámetros y el programa EzSQ
B085	Selección de datos iniciales	00: Japón y EEUU 01: Europa
B094	Configuración de datos objetivo de la inicialización	00: Todos los parámetros 01: Todos los parámetros excepto los terminales de entrada/salida y las comunicaciones 02: Sólo los parámetros registrados en Uxxx 03: Todos los parámetros excepto los registrados en Uxxx y b037
B180	Activación de inicialización	01: Activación

Nota: Los parámetros resaltados en rojo muestran la configuración para el restablecimiento completo del variador a valores de fábrica.

Para inicializar el variador, siga los siguientes pasos:

1. Seleccione el modo de inicialización en el parámetro b084
2. Seleccione los datos iniciales en el parámetro b085
3. Configure los datos objetivo de la inicialización en el parámetro b094
4. Configure el parámetro de activación de la inicialización b180 = 01 y presione la tecla Enter para comenzar la inicialización.
5. El siguiente display aparecerá durante unos segundos, finalizando la inicialización cuando se visualiza el parámetro d001 en el display:

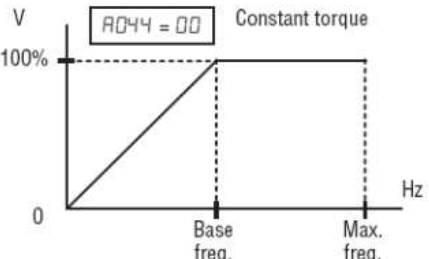
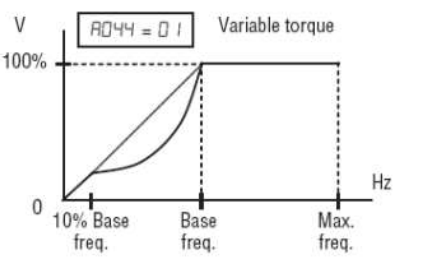
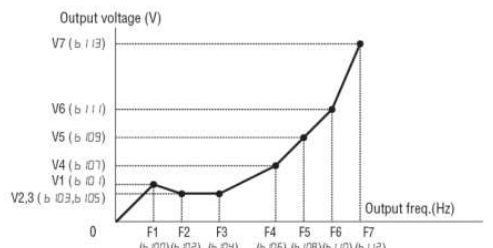


Cuestión 7.1:

Realiza una inicialización y después comprueba y escribe el valor de los parámetros que se han tratado en las cuestiones anteriores.

8. Métodos de control de motor:

El MX2 dispone de los siguientes métodos de control de motor, seleccionables a través de este parámetro:

<p>Control V/f - Par constante (A044=0):</p> <p>Se realiza el control V/f de motor. Se utiliza una curva de V/f interna orientada al desarrollo de una característica de par máximo constante.</p>	
<p>Control V/f - Par variable (A044=1):</p> <p>similar al método anterior, pero internamente se emplea una curva V/f orientada a cargas de par variable:</p>	
<p>Control V/f - Curva V/f libre (A044=2):</p> <p>el usuario puede definir una curva V/f según sus requerimientos. En este modo se deshabilitarán otras funciones, tales como: “toque boost” (A041), frecuencia base (A003) y frecuencia máxima (A004).</p>	
<p>Control SLV - Control vectorial sin sensor (A044=3):</p> <p>Orientado a aquellas aplicaciones que requieran una buena respuesta de par. En este caso será indispensable la correcta parametrización de los parámetros del motor.</p>	

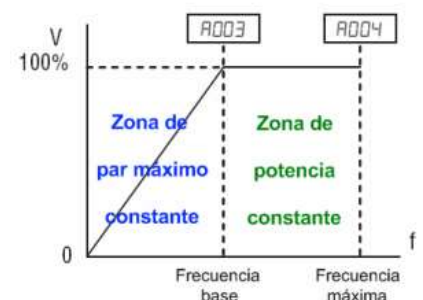
Los métodos de control V/f se basan en la frecuencia base (30 a 50Hz) y máxima (30 a 400Hz) definidas en los parámetros A3 y A4:

Zona par máximo constante:

la salida sigue la curva V/f constante hasta alcanzar la tensión y frecuencia nominales del motor. De este modo el par máximo que puede desarrollar el motor será constante en todo el rango de frecuencias.

Zona de potencia constante:

Se mantiene constante la tensión de salida (igual a la nominal del motor) y se incrementa la frecuencia. Con esto se puede conseguir que el motor trabaje a una velocidad mayor que la nominal especificada a costa de la correspondiente disminución de par



Control vectorial en lazo abierto.

El control vectorial en lazo abierto se caracteriza por considerar la corriente como un vector, y no como una magnitud (control V/f o escalar). De este modo se consigue un mejor control del motor, así como una regulación de velocidad más estable.

El variador MX2 tiene la función de autotuning para obtener el rendimiento adecuando del motor mediante la medición automática de las constantes del motor. El autotuning es efectivo sólo para el control vectorial en lazo abierto.

Tipos de autotuning:

- **Estático:** El variador inyecta corriente a rotor parado durante un tiempo. El valor de la corriente de vacío lo obtiene de una tabla. Este procedimiento, al ser estático, no calcula la relación de inercia.
- **Rotativo:** El variador inyecta corriente a rotor parado, y después hace girar el motor con carga durante un tiempo. Calcula la corriente de vacío y la relación de inercia. No es aplicable a movimientos con límites físicos.



Parámetros a configurar:

Param	Descripción	Unidades
H003	Potencia del motor	kW
H004	Número de polos del motor	Polos
A003	Frecuencia base	Hz
A082	Selección AVR (tensión del motor)	V
B012	Corriente nominal del motor	A

Seleccionar el tipo de autotuning en el parámetro:

H001	Selección del tipo de autotuning	0 : Deshabilitado 1 : Autotuning estático 2 : Autotuning rotativo
------	----------------------------------	---

Nota: Antes de empezar con el proceso de autotuning debe seleccionarse el origen del comando de Run en el parámetro A002, necesario para dar la señal de inicio al proceso, debiendo configurarse con el valor 02 si se desea suministrar desde la propia consola del variador.

Para comenzar el proceso de autotuning debe activarse la señal de Run, y mantenerse activa, mientras dure el proceso, que finaliza mostrando  en el display si ha terminado correctamente o  si no ha podido completarse con éxito.

Una vez finalizado el proceso correctamente activar los datos del autotuning configurando H002 = 02

H002	Selección de constantes del motor	0 : Motor estándar 2 : Datos de autotuning
------	-----------------------------------	---

Cuestión 8.1: Parametriza el variador en modo V-F para que funcione a 6Hz y páralo con la mano, observa el poco par resistente que ofrece.

Cuestión 8.2: Realiza un autotuning para poder trabajar con control vectorial, ten en cuenta que el motor debe ser del calibre del variador o similar.

Repite la cuestión 9.1 pero con el control vectorial y observa que el par resistente es mayor.

9.- Salidas del variador de frecuencia.

El MX2 dispone de 3 salidas digitales multifunción (una salida de relé y dos salidas colector abierto) con 58 posibles funciones asociadas. Las configuraciones por defecto son las siguientes:

Parámetro	Nombre	Explicación	Valor inicial
C021	Función salida [11]	00: RUN (señal de run)	0
C022	Función salida [12]	01: FA1 (frecuencia alcanzada 1)	1
C026	Función salida relé de alarma	05: AL (señal de alarma)	5

- Un relé con 2 salidas conmutadas (AL1 – (NA), AL2-(NC) y su común AL0).
- Dos salidas optoacopladas (11/EDM y 12 con su común CM2)

Terminal	Función	Descripción
11/EDM	Salida multifunción 1	Es posible utilizar este terminal como salida multifunción o como entrada de seguridad conforme a ISO13849-1. Por defecto: salida de "Run".
	Monitor de STO	
12	Salida multifunción 2	Por defecto: señal de FA1 "Frecuencia alcanzada 1"
CM2	GND para salidas	
AL0	Común de salida de relé	250VCA 2.5A max. (carga R) 250VCA 0.2A max. (carga I; FP=0.4) 100VCA 10mA min.
AL1	Salida relé, NO	
AL2	Salida relé, NC	

- Una salida analógica (AM con su común L).

Parámetro	Nombre	Explicación	Valor inicial
C028	Selección de señal [AM]	00: frecuencia de salida 01: corriente de salida 02: par de salida 04: tensión de salida 05: potencia de entrada 06: índice de carga termo-electrónica 07: frecuencia LAD 10: temperatura disipador 11: par de salida (con código) 13: salida de propósito general 16: opción (PWM)	7

Cuestión 9.1:

Conecta a la salida relé del PLC un piloto verde que indique que el variador está en RUN y otro rojo que está parado. En el PLC se implementará la cuestión 6 de la UD1, de forma que no se tengan en cuenta los tiempos de rampa de aceleración ni deceleración para los tiempos de operación del automatismo, es decir, que los tiempos de avance, paro y retroceso se computaran a partir de haber alcanzado la frecuencia de operación.

Si el motor está arrancando, en frecuencia de operación o parado será visualizado en el HMI.

Nota: Poner unas rampas de aceleración y deceleración de al menos 2 segundos.

Puedes consultar las opciones disponibles para las salidas en la página 168 del manual de usuario del MX2.

Ejercicio Ampliación

El objetivo de este ejercicio es reforzar los conocimientos adquiridos en las explicaciones sobre Instalación y cableado del 3G3MX2, además es un ejercicio que resultará básico como parte de los proyectos de Final de Ciclo.

Se trata de realizar el diseño del circuito de potencia de una máquina que dispone cuatro motores:

M1: 7,5 kW, 230/400, 1450 r.p.m.

M2: 5,5 kW, 230/400, 1450 r.p.m.

M3: 4.0 kW, 230/400, 1435 r.p.m.

M4: 2,2 kW, 230/400, 1425 r.p.m.

Estos motores deben disponer de sistema de variación de velocidad. La industria donde se instalará la máquina es, III 400V.

Cada motor será alimentado por un variador de frecuencia. Cada variador debe disponer: Protecciones, filtros de ruido a la entrada, dispositivos de reducción de armónicos (completo), resistencia para frenado regenerativo con filtro de ferrita.

Se dispondrá de un Interruptor General tetrapolar que alimentará a los cuatro motores.

Tareas:

1.- Esquema del circuito de potencia (EPLAN).

2.- Calcular e indicar para cada motor la referencia de los distintos elementos:

Motor	Variador MX2	Filtro entrada	Filtro de Ferrita	Sección línea (L <10m)	Protecciones	Resistencia de frenado
M1						
M2						
M3						
M4						

3.- Anexa una hoja comercial de otros fabricantes de los elementos diseñados.