

# motor tico

BOLETÍN MENSUAL PREPARADO POR [WWW.MOTORTICO.COM](http://WWW.MOTORTICO.COM), COSTA RICA

OCTUBRE 2013

## Selección de Cables en Variadores de Velocidad

Los cables de poder utilizados entre el **Variador de Velocidad Electrónico** y el **Motor** son un componente clave del sistema, y generalmente se pasan por alto consideraciones de selección. En este Motortico se expondrán algunas recomendaciones que mejoren la selección.

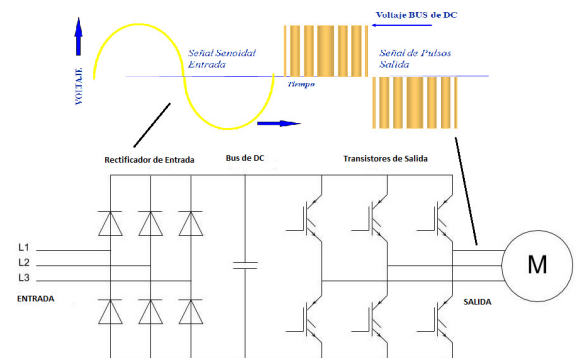
### Teoría de Variadores

Un variador electrónico de velocidad es un controlador de la velocidad aplicado a Motores Eléctricos Trifásicos, donde la señal de entrada tiene: Nivel de tensión y frecuencia **fijas**, y la señal de salida tiene: Nivel de tensión y frecuencia **variables**. Esto produce que en el eje de salida (Flecha) se modifique la velocidad según los requerimientos del usuario. Lo anterior responde a la relación conocida entre frecuencia  $f_{red}$ , cantidad de polos y velocidad sincrónica ( $n_{sinc}$ : Velocidad del campo magnético rotatorio), esta es:

$$n_{sinc} = \frac{120 * f_{red}}{polos}$$

Al modificar la  $f_{red}$  la velocidad del campo magnético cambiará, y con esto la velocidad mecánica del eje. La figura siguiente muestra las señales participantes, a la izquierda la entrada **Senoidal**; a la izquierda la señal de **Pulsos de Salida**. El valor RMS de la tensión (Valor efectivo) sí es Senoidal, reaccionando el motor como se quiere, que es cambiando su velocidad.

Figura 1. Señales Entrada y Salida según la etapa



### Generación de Corrientes

Las últimas familias producidas de variadores electrónicos utilizan en su etapa de **Salida** los conocidos Transistores Bipolares de Compuerta Aislada (IGBT por sus siglas en inglés), los cuales son controlados por tensión, lo que redujo significativamente sus tiempos de conmutación, produciendo a su vez formas de onda de tensión con tiempos de subida (Risetime, en inglés, tiempo de pasar del 10 al 90% del valor de tensión) del orden de micro segundos ( $\mu s$ ). Esta mayor velocidad de reacción de la tensión ( $dv/dt$  más rápidos) produce un incremento en los acoples capacitivos, los cuales están presentes en todo equipo eléctrico. Los acoples también están presentes en un motor alimentado con señal senoidal pura, los cuales son capacitancias. Pero el uso de variadores produjo que este fenómeno se incrementara. Esta situación crea un camino posible para el ruido de alta frecuencia a tierra, y ya no por las mismas líneas. Provocando contaminación de la instalación. La figura 2 ilustra esta situación, mostrando el ruido como  $I_g$ , además los acoples capacitivos mencionados como  $C_{lg-m}$  (Motor) y  $C_{lg-c}$  (Cables convencionales).

La mayor o menor velocidad de operación de los transistores se puede controlar en cierto rango con un parámetro programable en el variador, conocido como **Frecuencia de Conmutación**, en kHz. Por ejemplo, los valores normales son: 2, 4, 8, 16Khz. Esto incidirá en todo lo explicado anteriormente. El aumento en la frecuencia de conmutación provoca una mejor respuesta de regulación de velocidad del equipo, lo que conviene, pero trae los problemas conexos tratados en este boletín, es decir, se debe llegar a un balance entre beneficios y problemas.

De la figura 2 se puede ver que el camino por tierra para el ruido (Del orden de mA) provoca distintos potenciales en su tránsito (Potential #1, #2 t #3), lo que es perjudicial para la instalación.

En general, un variador electrónico produce tensiones balanceadas a la salida (Siempre es así), de manera que la corriente de frecuencia fundamental (50 ó 60Hz) también sean balanceadas, es decir:  $I_u + I_v + I_w = 0$ . Además de los voltajes de salida, el variador produce a la salida, por su forma de operación, un Voltaje de Modo Común (Indicado con  $V_{ng}$  en la figura), que varía en magnitud según la **Frecuencia de Conmutación** seleccionada. Este voltaje es el que se presenta entre: Cables de cada fase, Cables a tierra, cables de cada fase a la pantalla (Cuando existe) y bobinado a tierra. Las corrientes producidas por este voltaje muchas veces se llaman de Modo Común, o de Secuencia Cero. En resumen, esto produce situaciones negativas, estas son: **Ruido de Modo Común**, **Interferencia Electromagnética**, y aumento en las **Corrientes de Carga** capacitiva en cables.

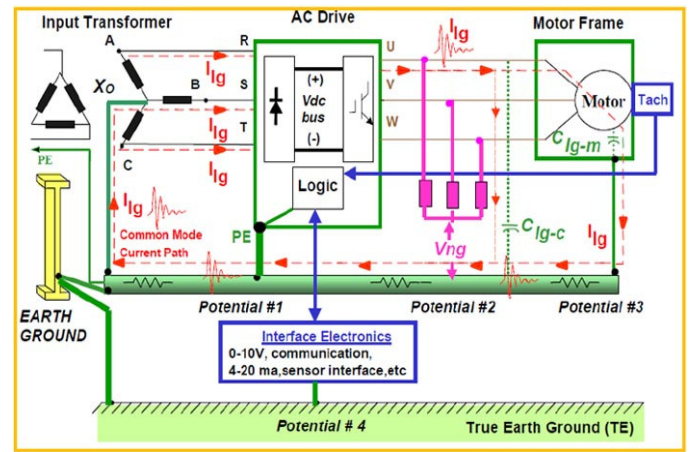


Figura 2. Camino del ruido de alta frecuencia (Fuente: <http://www.vibescorp.ca>)

Problemas que Produce

En el motor se producen daños prematuros en varias partes, así como en la instalación, los problemas son:

1. Reducción de la vida útil del aislamiento entre fases.
2. Reducción de la vida útil de los rodamientos.
3. Daños prematuros en el aislamiento de los cables de alimentación Variador-Motor. Este es justamente el tema del boletín.

Cables de potencia para Motores alimentados por Variadores

Los cables requeridos en estas aplicaciones son diseñados especialmente para soportar transitorios de tensión que pueden alcanzar 1200-1600V, debido al fenómeno de onda reflejada (Estudiado en otro boletín). El aislamiento termoplástico de los conductores THHN no está previsto para esta función. Los aislantes recomendados son los de tipo XLPE (Polietileno Reticulado), con capacidades de hasta 1600V, sin degradar su aislamiento.

Otras consideraciones para el uso de cables THHN entre variador y motor es su proceso de fabricación, que puede permitir espacios de aire en el aislante de PVC. En vista que el aire tiene una constante dieléctrica mucho menor que el PVC, un transitorio de tensión provocado por el variador puede producir la generación de descargas, que debilitan el aislante, llevando incluso a casos de ruptura total.

El último factor a considerar es la **Pantalla** (Shielded, en inglés) que contienen los cables especiales para conectar el motor al variador, el cual debe ser conectado sólidamente a tierra. El Ruido de Modo Común, explicado antes, encuentra este camino de baja impedancia y fluye por éste, aunque en algunos casos parte del ruido puede irse por el eje del motor y rodamientos, aunque es menor. Figura 3.

Cuando se usan los cables blindados con pantalla se produce un fenómeno adicional, conocido como Efecto Piel, lo que produce que efectivamente sea la pantalla el principal camino para el ruido.

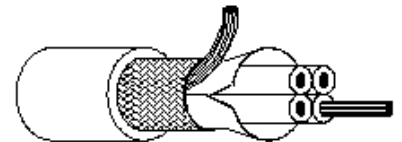


Figura 3. Cable Blindado XLPE (3 Fases + Tierra)

Terminaciones de Cables

El objetivo de dar un camino adecuado a las corrientes de modo común, para que retornen al variador sin producir ruido ni interferencia electromagnética, se puede venir abajo con el uso de un mal conector final. Se deben escoger conectores adecuados, que asegure la conexión firme a tierra, con un contacto en los 360°. Ver figura 4.



Figura 4. Terminaciones

Finalmente, se muestra en la figura 5 la comparación entre tensión de salida al motor entre 2 tipos de cables, uno convencional con aparición de ruido de modo común, y el otro con pantalla sin ruido.

Figura 5. Ejemplo de comportamiento de la tensión de alimentación al motor

