

Medidas en el inversor

Nota de aplicación

Los problemas ocasionados por el ruido inducido en el circuito de control y en los de excitación de los inversores; ó los derivados de los armónicos, así como los métodos para resolverlos y las herramientas a utilizar, son el objeto de esta nota de aplicación dedicada a la instrumentación más adecuada para tareas de mantenimiento preventivo ó correctivo en variadores de velocidad.

El ruido eléctrico inducido puede afectar significativamente a los circuitos de control sensibles (control de velocidad, par y lógica de control), a los sensores de realimentación de posición y también a las salidas enviadas a los indicadores de pantallas y a la electrónica de control. Dado que muchas de las entradas de control tienen, como máximo, escalas de 0 a 5 Vdc o 10 Vdc y resoluciones típicas del uno por mil, bastan unos cuantos milivoltios para que funcionen incorrectamente. De hecho, cantidades importantes de ruido pueden llegar a dañar el variador ó el motor.

Una fuente muy común de ruido eléctrico son las bobinas de los relés y de los contactores. Los transitorios debidos a la apertura de los circuitos de las bobinas pueden generar puntas de varios centenares de voltios, que a su vez, pueden inducir varios voltios de ruido en cables adyacentes. Es importante, pues, seguir métodos de instalación correctos, utilizando cableado apantallado para los circuitos de control sensibles y separando éste cableado del de los circuitos de las bobinas de contactores y relés.

Además, el añadir circuitos de filtrado a las bobinas de contactores y relés eliminará los arcos y reducirá el ruido inducido en el cableado adyacente. Para la mayoría de las bobinas de CA se puede conectar una resistencia de 33 k Ω en serie con un condensador de 0,047 μ F, en paralelo con cada bobina de relé y contactor de CA. Para bobinas de CC y para obtener resultados similares a los que se obtienen con el filtro RC en las bobinas de CA, hay que utilizar un diodo con la polaridad invertida.

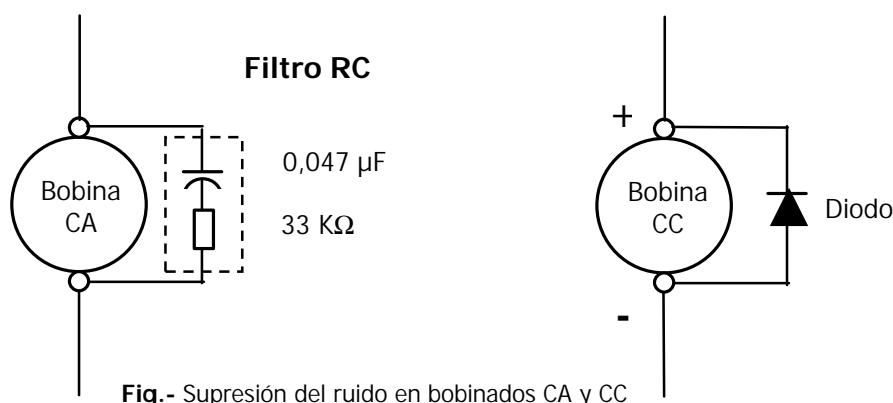


Fig.- Supresión del ruido en bobinados CA y CC

El ruido en las entradas de línea, debido a variadores de CC controlados por SCR, inversores de alimentación de corriente, rectificadores de seis pulsos y otras cargas ruidosas existentes en el edificio ó planta industrial, pueden inducir también en el cableado de control adyacente ruido no deseado. Por otra parte, las señales PWM de conmutación rápida y alta energía en el cableado del motor contribuyen también a este problema, siempre que los cables no estén apantallados y se encuentren próximos al cableado de control. En resumen, es importante estar seguro de que los cables de entrada de línea y el cableado del motor estén contenidos dentro de un conducto metálico rígido independiente y convenientemente conectado a tierra.

La verificación de la existencia de problemas de ruido en el cableado de circuitos de control requiere el uso de un osciloscopio y hay que tener muy en cuenta que cuando se utiliza un osciloscopio para hacer medidas de baja tensión, se deben adoptar precauciones especiales para que el ruido no se acople al osciloscopio y pueda confundirse con ruido correspondiente al cableado de las señales de control. Utilizando sondas de tensión con un factor de atenuación "x10" con cables de masa cortos se minimizará el problema.

Relación tensión/frecuencia

Dado que la relación entre la tensión y la frecuencia determina la magnitud del par motor generado para un motor de inducción de CA, si el motor experimenta una pérdida de par, su medida puede dar algunas claves acerca de lo que esta pasando.

Si la frecuencia leída es estable pero la tensión es baja, alta o inestable esto puede ser una indicación de un problema existente en el circuito del bus de CC. Si la frecuencia es inestable pero la tensión es correcta, entonces puede deberse a alguna incorrección en el circuito de control (IGBT's). Si la frecuencia y la tensión fluctúan a la vez, ó si la velocidad del motor está desviada respecto a la relación tensión/frecuencia, entonces una de las entradas del variador de velocidad a la tarjeta de control puede estar averiada. Sin embargo, los variadores vectoriales en los que se controla el par por medio de regulación de la corriente de forma no lineal en toda la escala de velocidades son una excepción a esta regla, porque la relación tensión/frecuencia variará considerablemente y será difícil de predecir, no siendo, por tanto, adecuada a efectos de diagnóstico.

Circuitos de excitación de inversores

Aunque los variadores del tipo PWM se están haciendo cada vez más populares y van sustituyendo a los inversores de fuente de tensión (más comúnmente llamados *variadores de seis pulsos*), todavía existen muchos de estos variadores instalados y que, por tanto, requieren mantenimiento. Aunque todas las comprobaciones indicadas en la nota de aplicación "Medidas en variadores de velocidad" (desequilibrio de tensiones y corrientes, funcionamiento con una fase y sobrecalentamiento) son, sin duda, aplicables a los variadores de seis pulsos, este tipo de variadores presentan además algunos problemas específicos.

Un transistor *en cortocircuito* en algunos de los variadores de seis pulsos se puede detectar utilizando un osciloscopio. Un transistor en buen estado tendrá una onda cuadrada con una forma casi perfecta con flancos abruptos, mientras que un transistor defectuoso tendrá un flanco de subida redondeado en los picos.

Si el transistor *cortado* es la causa de que se dispare el circuito de protección del variador, se puede desconectar la etapa del convertidor que rectifica la CA transformándola en CC., y se puede hacer funcionar el circuito del inversor con los 10 V, aproximadamente, de la tensión de fuga presente en el bus de CC. El circuito del controlador de entrada seguirá excitando los transistores, pero a una tensión mucho más baja, lo que permitirá detectar fácilmente el transistor defectuoso.

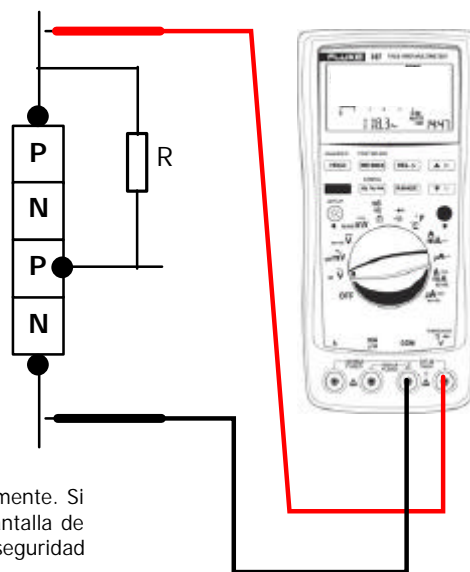
De forma similar, se puede desactivar la etapa del inversor durante la localización de averías en el circuito del convertidor de CA a CC y se puede variar el control de velocidad, y de esta manera monitorizar la tensión en el bus de CC para ver si esta varía con el control de velocidad

No hay que olvidar que las resistencias de realimentación de tensión tienen que permanecer conectadas al bus de CC para asegurar que la etapa del convertidor seguirá siendo controlada por el potenciómetro de velocidad. Hay que desconectar la sección del inversor de CA situada después de las resistencias de realimentación de tensión. Si no se sigue este procedimiento, el convertidor de CC entrará inmediatamente en funcionamiento a plena carga al poner en marcha el variador.

Cuando la sección del convertidor no funciona correctamente

Si la sección del convertidor no funciona correctamente, los SCR se pueden comprobar individualmente, fuera de circuito, utilizando el siguiente procedimiento:

- Seleccione en su multímetro digital ó Scopemeter la opción prueba de diodos.
- Conecte el cable rojo al ánodo y el cable negro al cátodo. Esto hará que se apliquen 3,5 VCC al diodo.
- Suelde una resistencia de 1 KO a dos pinzas de cocodrilo y conecte un extremo al ánodo y el otro extremo a la puerta.
- Esto debería activar el SCR y a través del mismo se debe medir una caída de tensión de 1,0 V, aproximadamente. Si no es así y el SCR no conduce, seguirá viendo OL en la pantalla de su multímetro digital y podrá determinar casi con toda seguridad que el SCR está averiado.



***Nota:** algunos SCR pueden necesitar una tensión más alta para activarse. En este caso, conecte una bombilla de 12V en serie con el SCR y una batería de 9 ó 12 Vcc entre la bombilla y el SCR. Conecte la resistencia entre la puerta y el terminal positivo de la batería. Si la bombilla se enciende, entonces el SCR conduce correctamente.*

Cuando se trata de inversores PWM

Muchos de los variadores PWM más modernos están presentando altísimo nivel de integración, hasta el punto que el bloque de diodos de entrada y los IGBT's están en ocasiones *incorporados* en un solo módulo no susceptible de reparación, que está atornillado al disipador de calor. El coste de estas unidades raras veces justifica el tiempo necesario para su reparación, contando que haya piezas de repuesto disponibles. Sin embargo, algunos variadores más antiguos tienen el número suficiente de componentes discretos para que un técnico, si dispone del tiempo necesario y de la documentación adecuada, pueda acometer su reparación. Muchas reparaciones en campo sólo están justificadas a nivel de módulos ó tarjetas de circuito impreso, por ejemplo: el bloque de diodos/IGBT's. Si una ó más de las salidas de fase al motor fallan o conducen parcialmente, se puede comprobar la etapa de entrada a los IGBT's para ver si la integridad de las señales es correcta. Si las entradas parecen estar en condiciones correctas (comparándolas con una unidad que esté en buenas condiciones), el siguiente paso podría ser cambiar el bloque de IGBT's. Si las señales de entrada a la etapa de IGBT's parecen ser indicativas de un posible defecto, puede seguir tratándose del bloque de IGBT's el que esté cargando el circuito de entrada del variador, y es posible que sea necesario cambiar la tarjeta de control de los IGBT (ó arreglarla, si fuese viable).

Si la etapa de entrada de los IGBT's parece ser definitivamente defectuosa, hay que determinar si el problema está en la tarjeta que alimenta las entradas del bloque de IGBT's ó en el propio bloque. Si es accesible, conviene probar el circuito de entrada de los IGBT's con la alimentación cortada, pero aislando el motor y la tarjeta de circuito impreso de control de los IGBT, eliminando las conexiones correspondientes. Puede utilizarse la función de prueba de diodos del multímetro ó Scopemeter para probar el IGBT de la misma manera que se ha explicado para la prueba de SCR's.

Cuando la tensión en el bus de continua es demasiado alta

Los transitorios (subidas rápidas de menos de 0,5 ciclo) y las subidas de tensión (de 0,5 a 180 ciclos) en las entradas de alimentación de CA así como su reflejo al motor, son las dos causas más corrientes de los disparos intpestivos y molestos de los circuitos de protección contra sobretensiones de los inversores de los variadores de velocidad. Los transitorios y las subidas de tensión pueden ser debidos a eventos provenientes de fuera de la instalación, como un rayo o la conmutación, por la compañía eléctrica, de etapas de compensación de factor de potencia ó de transformación; y también a eventos producidos dentro de la instalación generalmente debidos a la conexión/desconexión de cargas. Para probar esto, puede utilizarse un osciloscopio ó un analizador de red, con la capacidad de representar formas de onda en su pantalla con una resolución temporal no inferior a 10 μ s/div. Es conveniente que permitan documentar la medida con la fecha y hora del evento, en tiempo real.

Si el variador está instalado en una región propensa a actividad tormentosa, es importante comprobar si el edificio tiene el nivel de protección adecuada contra sobretensiones. Además, el sistema de tierras del edificio tiene que estar instalado y funcionando debidamente para ayudar a derivar a tierra, con seguridad, las descargas de rayos, en lugar de hacerlo a través de alguna vía del sistema de distribución de energía eléctrica del edificio. Deben adoptarse las medidas necesarias para minimizar sus efectos en los equipos eléctricos y electrónicos, por lo general un edificio en el que el cableado y la conexión a tierra son defectuosos, es un edificio sea susceptible de sufrir problemas y averías debidos a transitorios, y a subidas y bajadas de tensión.

Para cerciorarse de la presencia de transitorios de tensión, puede utilizarse un osciloscopio digital como los ScopeMeter® de Fluke para medir, capturar y, lo que es más importante, documentar con fecha y hora, para poder correlacionarlo en el tiempo con cualquier evento que haya originado presumibles averías y fallos en la instalación, y por extensión en variadores de velocidad instalados.

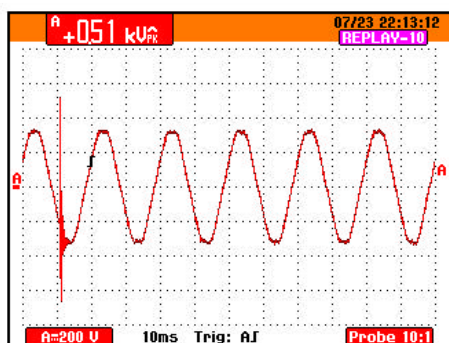


Fig.- Transitorio obtenido en modo "Replay" con el Scopemeter 196C de Fluke, (CATIII 600V según IEC 1010-1), permitiendo correlacionarlo en el tiempo con la fuente del problema (caída de un rayo en un lugar cercano, compañía eléctrica ó acciones de conmutación en equipamiento eléctrico)

Para prevenir problemas de calidad eléctrica como son los transitorios de tensión, pueden instalarse etapas de filtrado que hagan de "barreras", y que por lo general están compuestas por transformadores de aislamiento ó reactancias en serie en la entrada de los variadores. Una solución alternativa podría ser instalar dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD) en el cuadro de potencia o en el lado del primario del transformador de distribución que alimente el variador de velocidad. Sin embargo, si el transitorio procede de una carga conectada al mismo secundario que el variador de velocidad, podría ser necesario utilizar un transformador de aislamiento o reactancias en serie independientes directamente delante del variador de velocidad o, mejor aún, instalar para el variador de velocidad su propia fuente de alimentación.

Las subidas de tensión de mas de 30 ciclos de duración se pueden monitorizar y registrar utilizando un ScopeMeter de Fluke en modo "Trend Plot". En caso de presencia de las eatas indeseadas subidas, una solución es instalar relés de desconexión que cubran los ciclos que dure la subida de tensión. La viabilidad de esta solución vendrá determinada por el tiempo que el circuito de entrada del variador de velocidad pueda estar desconectado antes de que

la tensión del bus de CC descienda a valores de “caída” de subtensión no tolerables por el variador. Otra posible solución es utilizar un dispositivo de regulación de la tensión, como una fuente de alimentación ininterrumpida (SAI ó UPS), pero se debe tener en cuenta que la mayoría de los SAI´s se diseñan para soportar bajadas de tensión e interrupciones momentáneas y no son capaces de superar situaciones de subida de la tensión, a menos que hayan sido específicamente diseñadas para esto. Es importante comprobar cuidadosamente las especificaciones del SAI ó UPS.

Las sobretensiones ó variaciones de la tensión de larga duración pueden ser debidas a cargas muy importantes que se desconectan dentro del edificio o a una respuesta lenta del sistema de regulación de la tensión de la compañía eléctrica a grandes reducciones de la demanda en la red eléctrica. También en estos casos la solución pasa por la instalación de un dispositivo, como un UPS, que sea capaz de hacer frente a las sobretensiones, así como a las bajadas de la tensión y las interrupciones de la alimentación eléctrica.

Otra fuente muy común de sobretensiones en el bus de CC es la regeneración de motores. Esto ocurre cuando la carga del motor se mueve por inercia y comienza a accionar el eje del motor en lugar de ser accionada por él, lo que hace que el motor se transforme en un generador y devuelva energía al bus de CC. Una regeneración excesiva se puede medir comprobando un cambio de sentido de la corriente de CC hacia el bus, vigilando simultáneamente el bus de CC para ver si se produce una subida por encima del punto de disparo. Si la regeneración es la causa del disparo por sobretensión, se puede utilizar un sistema llamado *frenado dinámico* que limita la velocidad con la que se permite que la corriente de regeneración alimente los condensadores del bus. Si ya esta en uso el frenado dinámico y no funciona correctamente, se puede probar de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Si el freno está compuesto por resistencias, se puede inspeccionar visualmente para ver si hay indicios de sobrecalentamiento (decoloración, agrietamiento o, incluso, el olor característico de un componente sobrecalentado) y, también, se puede medir el valor de la resistencia y compararlo con el especificado por el fabricante. Si el freno dinámico está compuesto básicamente por transistores, se pueden comprobar las uniones de silicio utilizando la función prueba de diodos del Scopemeter como se ha descrito anteriormente. Además, se puede medir la corriente de frenado y la forma de onda de la corriente para compararlas con las de un sistema que se sepa que esta en buenas condiciones.

El bus de CC: cuando la tensión es demasiado baja

Muy a menudo las bajadas de tensión (de 0,5 a 180 ciclos) y la discontinuidad de la alimentación (mas de 180 ciclos) en la entrada del variador están asociadas con los disparos intespestivos de sus circuitos ó elementos de protección. Y con bastante frecuencia, las caídas de la tensión son causadas por la conexión de grandes cargas dentro del mismo sistema de distribución eléctrica de la planta, fábrica ó edificio, ó quizá, por el arranque ó conexión de una carga eléctrica de gran potencia en una instalación colindante.

Es vital y de gran utilidad disponer de instrumentación de medida con la capacidad no sólo de registrar estos eventos en el suministro sino también con la posibilidad de poder adjuntar de forma automática y en tiempo real el dato de fecha y hora de la bajada de tensión. En la mayoría de ocasiones el fallo afectará a los variadores de frecuencia instalados y por ello es muy importante poder documentar no sólo la interrupción sino también los datos temporales con el objetivo de determinar las causas y el origen del fallo. Es, por otra parte, conveniente comenzar a realizar estos registros en la acometida de servicio. De esta manera, se podrá saber rápidamente si la causa de la bajada de tensión esta dentro ó fuera de la instalación.

El método consiste en vigilar simultáneamente la tensión y la corriente para poder saber si el problema se encuentra *aguas abajo* de la acometida de servicio, donde el aumento de corriente coincide con la bajada de tensión, ó *aguas arriba* (fuera de la instalación) dónde la bajada de tensión se produce sin el correspondiente aumento de la corriente. En el supuesto de que el problema provenga de nuestra propia instalación, se comenzará a realizar las medidas pertinentes en los distintos cuadros eléctricos hasta que se consiga “acorralar” la

carga que presente, al mismo tiempo, bajada de tensión y aumento de corriente, que será la carga problemática y causante de las bajadas de tensión.

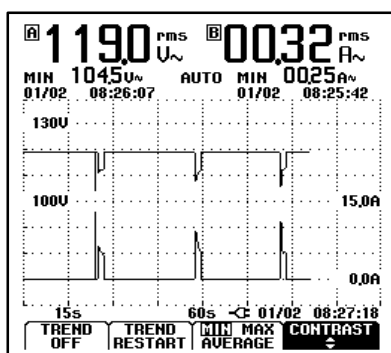


Fig.- Bajada de tensión producida por una carga situada aguas abajo del cuadro de distribución eléctrica. El Scopemeter 123 también puede indicar la fecha y hora del evento. Toda esta información puede tratarse informáticamente a través del Software Fluke View.

Hay situaciones dónde es el motor conectado a un determinado variador de velocidad el que, absorbiendo suficiente corriente como para hacer que la tensión del bus de CC descienda por debajo del punto de fallo por caída de tensión (pero no la suficiente para hacer que se dispare la protección contra sobrecorriente) el que provoca la caída. Es necesario comprobar la corriente del motor para ver si existe sobrecarga (comparar con el valor de la placa de características del motor) y verificar también si los ajustes del programa del variador son correctos para los valores nominales del motor.

No debe dejarse de lado el examinar también la forma de onda de la tensión de entrada del variador de velocidad, que debe ser perfectamente sinusoidal. Un aplanamiento importante de la forma de onda puede impedir que los condensadores del bus de CC se carguen por completo hasta el valor de pico, lo que disminuirá la tensión en el mismo, así como la corriente disponible en el circuito de salida del variador.

Etapas de entrada de CA, puente de diodos,...

Localizar una averías en los puentes de diodos utilizados en variadores PWM es bastante sencilla. Los diodos fallan normalmente a causa de sobretensiones transitorias o condiciones de sobrecorriente. Si el diodo en cortocircuito ha hecho disparar el interruptor antes de que se haya quemado dejando un circuito abierto, un multímetro digital con prueba de diodos permitirá descubrir este problema con bastante facilidad. Interesa utilizar la *prueba de diodos*, ya que la tensión que aplica el multímetro en, p.e., el modo de medida de *resistencia* puede no ser suficiente para hacer que el diodo conduzca.

Previo desconexión de la tensión de alimentación, y mediante la prueba de diodos se comprueba la continuidad entre el bus de CC- y el bus de CC+ y cada una de las conexiones de entrada de línea. Utilizando de referencia el terminal positivo en el bus de CC+, hay que probar cada una de las entradas de línea con el terminal negativo. En todos los casos la lectura debe indicar OL (sobrecarga) o una situación de polaridad invertida. Se repiten las lecturas, pero esta vez con el terminal negativo en el bus de CC+, y se mide cada una de las entradas de línea con el terminal positivo. Esto enviará corriente de polarización a los diodos y hará que conduzcan. Con una caída de tensión a través de ellos de 0,5 a 0,7 V, aproximadamente. Se ha de utilizar el mismo procedimiento para los tres diodos conectados al bus CC-. La única diferencia será que el terminal positivo en este bus hará que los diodos conduzcan y el terminal negativo invertirá la polarización diodos y dará una lectura OL en el multímetro digital. Los diodos en cortocircuito darán una lectura de 0V y los diodos en circuito abierto darán una lectura OL cuando deberían estar conduciendo (tensión de polarización de aproximadamente 0,7 V en diodos de silicio).

En la mayoría de los variadores de velocidad modernos se utiliza también algún tipo de circuito de precarga para los condensadores del bus de CC para reducir la corriente de conexión. Esto evita el disparo de circuitos de protección, además de proporcionar una

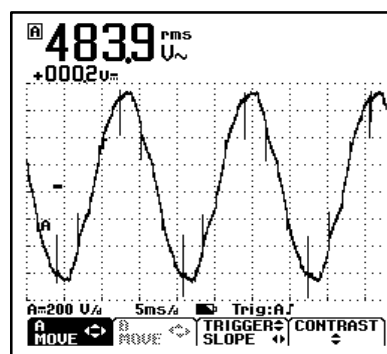
reducción importante en el tamaño del bobinado y del transformador que, normalmente serían necesarios para soportar la corriente de conexión. Hablando en términos generales, los variadores de velocidad de menos de 200 CV utilizan una resistencia de precarga que limita la corriente de conexión hasta que el bus de CC está cargando al 60%, aproximadamente en cuyo momento un relé se cierra para suprimir la resistencia del circuito. En tareas de localización de averías tampoco está de más examinar, como posibles causas, el estado de la resistencia y el relé de precarga.

En los variadores de velocidad de mas de 200 CV se utilizan generalmente SCR en la parte delantera que *recortan* la tensión de CA (que se permite que sea rectificada). Esto hace que se carguen lentamente los condensadores del bus de CC hasta que éste alcanza un nivel predeterminado y, posteriormente, los SCR pasan a hacer la rectificación completa.

...muescas de tension y...

En los variadores de velocidad de seis pulsos más antiguos se utilizan normalmente SCR´s ,en lugar de diodos, para rectificar la tensión de línea de entrada, ya que con los SCR se puede rectificar sólo una parte de la onda sinusoidal entrante, reduciendo o aumentando, de esta manera, la tensión de pico que se recibe en el condensador del bus de CC. Recuérdese que al aumentar ó disminuir la tensión de pico de este bus, se está aumentando o disminuyendo la tensión de pico de la señal del circuito de salida aplicada al motor y, por tanto, también la tensión eficaz que se entrega al motor.

Por ello es posible que la tensión contenga “muescas” (ver figura de la derecha) debidas al disparo de los SCR desde el circuito de control, lo que puede ser un verdadero problema si esta tensión distorsionada llega al sistema eléctrico de distribución y se aplica a otras cargas electrónicas sensibles. La manera más corriente de afrontar el problema de las muescas de tensión en los variadores de seis pulsos es utilizar reactancias en serie en la entrada del variador, ó utilizar un simple transformador. La ventaja de este último elemento es que reduce también el ruido en modo común.



Medidas obtenidas con el Scopemeter Fluke 123

Sin embargo, siendo la manera más corriente, no está exenta de riesgos. Es importante saber que las reactancias y transformadores aumentarán la impedancia de la alimentación, lo que puede suponer problemas para otras cargas que compartan el mismo circuito derivado. El efecto secundario habitual es que, dado el variador de velocidad absorberá corrientes no lineales (armónicas), además de recortar la tensión las corrientes armónicas pueden producir una distorsión adicional de la tensión debido al aumento de la impedancia de línea. Por otra parte, puede haber cargas, como las baterías de condensadores para la compensación de reactiva, que pueden entrar en resonancia con la instalación (típicamente de carácter inductivo) y otros dispositivos que puedan existir aguas arriba como reactancias y transformadores, y amplificar las corrientes armónicas para una determinada frecuencia.

... el desequilibrio de tensiones

El desequilibrio de tensiones en los terminales del motor, además de que puede afectar de manera adversa al funcionamiento del motor, también puede ser causa de problemas en la entrada del variador de velocidad. La norma ANSI C84.1-1989 recomienda un desequilibrio máximo de tensiones del 3% en ausencia de carga, mientras que el desequilibrio recomendado por la norma IEC es del 2%. Sin embargo, un desequilibrio de tensiones tan pequeño como un 0,3% en la entrada de un inversor PWM puede originar las muescas de tensión (vistas más arriba) y el paso de una corriente excesiva en una o más fases, lo que

provocará el disparo de la protección contra sobrecorrientes del variador de velocidad. Aunque el desequilibrio de tensiones del 0,3% corresponde a un caso extremo agravado por un motor con una carga baja, para detectarlo se necesitaría un osciloscopio, y la medida recomendada sería comprobar el problema de muescas en la señal. Por otro lado, para hacer las medidas de tensión necesarias para el cálculo del desequilibrio de tensiones en % sería recomendable un multímetro digital preciso.

Una causa corriente de desequilibrios es la existencia de cargas monofásicas que se conectan ó desconectan en la misma rama de alimentación trifásica del variador de velocidad. Se puede utilizar la función de registro Trend Plot del Scopemeter 123 para viendo tendencias determinar cuál es la carga monofásica que esta causando la mayor parte del problema. Si esto ocurriese y para eliminar o minimizar éste problema, puede utilizarse una fuente de alimentación mas "rígida" mediante el aumento de la potencia nominal del transformador, ó instalando una fuente de alimentación independiente y separada para el variador de velocidad.

NOTA: Si bien los procedimientos de medida, problemas localizados y herramientas utilizadas son validos tanto en EE UU coma en Europa, algunos de los datos numéricos que aparecen en el artículo corresponden a valores obtenidos en EE UU.

Los armónicos y el cumplimiento de la norma IEEE-519

Existen dos problemas básicos en relación con los armónicos y los variadores de velocidad: bien que el variador de velocidad esté funcionando en un entorno de armónicos generados por otras cargas ó bien que sea el variador de velocidad el que esté creando un entorno de armónicos para cargas situadas dentro y fuera de la propia instalación. Es decir, cómo se ve afectado el variador de velocidad y cómo puede crear problemas para otras cargas. Del segundo caso, la generación de armónicos, es de lo que se ocupa el método recomendado por la norma IEEE-519.

El problema principal de la instalación de un variador de velocidad en un entorno de armónicos es el achatamiento de la parte superior de la onda de tensión. La conversión de CA en CC implica absorber corriente sólo en el pico de la onda de tensión (ver figura 1), cuando la tensión en la línea de CA se hace superior a la tensión del condensador del bus de CA. Esta entrada repentina de corriente en el condensador es lo que hace que la tensión disminuya en su pico (se achate). El achatamiento de la tensión de línea, debido a otras cargas electrónicas de la instalación, produce que el condensador del bus de CC del variador de velocidad no se pueda cargar hasta su máxima capacidad. Esto puede provocar caídas espectaculares en la tensión del bus de CC., en el caso de que la carga del motor aumente bruscamente ó que se produzca una bajada de tensión repentina en las entradas de tensión de línea. Aumentando la potencia del transformador y la sección de los conductores de distribución, ó instalando un SAI, la magnitud del problema debe reducirse.

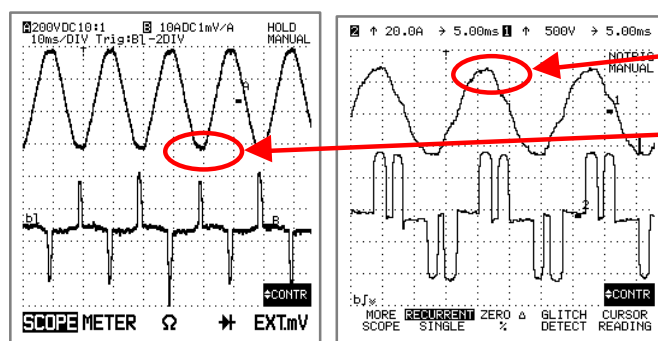


Fig.-1 Las corrientes no lineales (armónicas) originan el achatamiento de la forma de onda de tensión.

La instalación de variadores de velocidad crea problemas de armónicos para otras cargas fundamentalmente cuando se trata de variadores de gran potencia ó cuando existe un gran número de variadores de pequeña potencia, situación que se presenta cada vez con más frecuencia. Si la

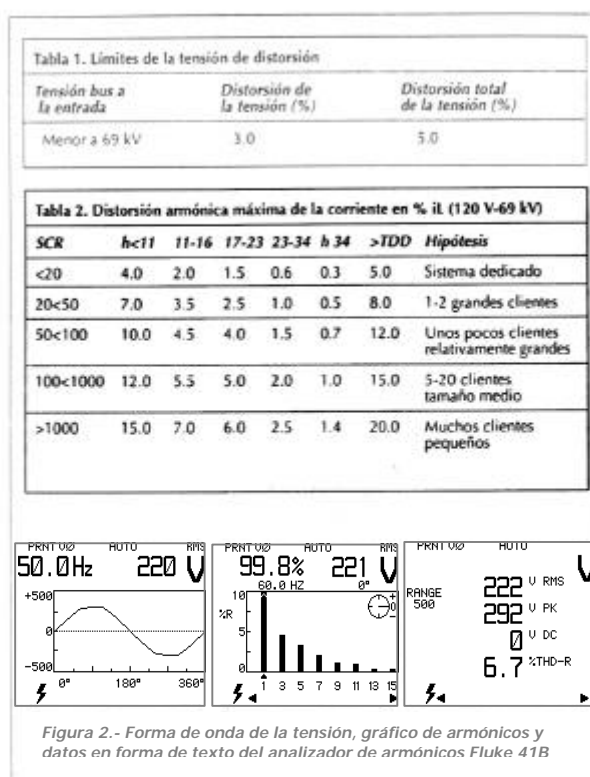
instalación de variadores de velocidad supera la capacidad del transformador de distribución de la instalación ó del cableado de distribución, se puede producir un achatamiento de la forma de onda de la tensión y originar problemas para otras cargas no lineales de la propia instalación. Un ejemplo de cargas sensibles a esta situación son los ordenadores personales.

El problema se presenta también cuando una gran instalación de variadores de velocidad genera corrientes armónicas que superan las directrices establecidas en la norma IEEE-519. El objeto de esta norma es ofrecer directrices sobre el contenido de corrientes armónicas que pueden permitirse que pasen al exterior del edificio hacia el sistema de distribución de la compañía eléctrica (ver las tablas 1 y 2).

Hay que recordar que las corrientes armónicas son un problema si encuentran algún tipo de impedancia de fuente. En otras palabras, si el transformador de la compañía eléctrica tiene una capacidad de tensión/corriente demasiado pequeña para el nivel de las corrientes armónicas presentes, la tensión de la fuente comienza a distorsionarse. Puesto que la compañía eléctrica es responsable de suministrar tensión exenta de distorsión a todos sus clientes, puede llegar a penalizar a una empresa cuyos variadores de velocidad y otras cargas no lineales estén generando más corrientes armónicas de las que el sistema de distribución puede admitir.

Independientemente del problema de armónicos que se esté intentado solucionar, será necesario utilizar un analizador de armónicos, como el 41B ó 43B de Fluke, que disponen de la transformada rápida de Fourier (FFT) para la medida de armónicos, análisis espectral y representación de la forma de onda para analizar la distorsión de la tensión. La medida debe hacerse en el punto de acoplamiento común con el variador de velocidad funcionando a plena carga y luego con el variador desconectado, para determinar cuál es el efecto ó el "peso" del variador de velocidad en la totalidad de la instalación para cumplir con las directrices de la norma IEEE-519.

La relación de la corriente de cortocircuito (SCR) es básicamente la "rigidez" del sistema al cual está conectado la instalación. La tabla 1 muestra el límite de la distorsión armónica total, así como el límite de distorsión para cada armónico para tensiones por debajo de 69kV. La tabla 2 muestra cuál es la distorsión máxima de la corriente para distintos SCR y para los distintos rangos de armónicos.



La figura 2 muestra cómo se presentan los datos de la distorsión de la tensión por armónicos en el analizador de armónicos 41B. También hay dos pantallas disponibles para la corriente y la potencia. Esta medida se hizo a la entrada de un variador de velocidad y muestra la distorsión total armónica (THD), que en este caso está por encima del 5%. Si se hubieran obtenido los mismos resultados en la medida hecha en el punto de acoplamiento común, esta instalación no cumpliría con las directrices de la norma IEEE-519. Sin embargo, se produce con frecuencia cierta compensación de armónicos con otras cargas del sistema de distribución, lo que normalmente significa lecturas más bajas de la distorsión total armónica en el punto de acoplamiento común.

Por J. David Rodríguez
Fluke Ibérica - División Industrial

Adaptación libre de la Nota de aplicación de Fluke Corporación "Medida en variadores de velocidad con multímetros Fluke"