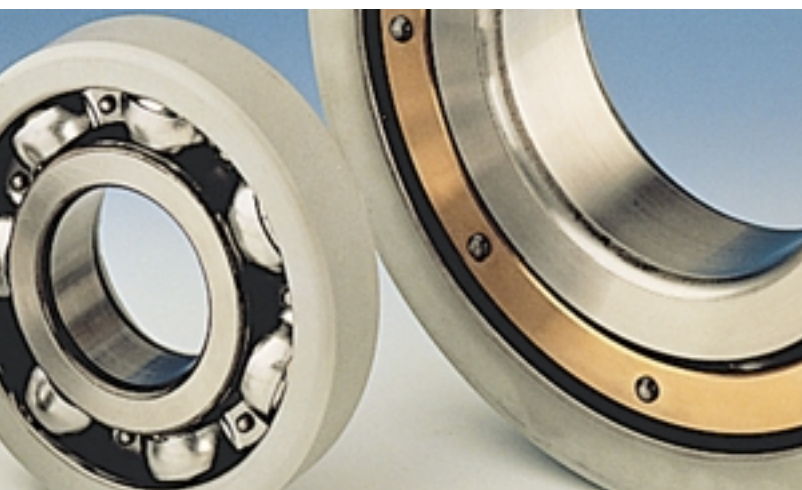


## **Corrientes de los cojinetes en sistemas de accionamiento de CA modernos**





<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>5</b>
	Generalidades .....	5
	Cómo evitar las corrientes de los cojinetes .....	5
<b>2</b>	<b>Generación de corrientes de los cojinetes .....</b>	<b>6</b>
	Pulsos de corriente de alta frecuencia .....	6
	Conmutación más rápida .....	6
	¿Cómo se generan las corrientes de los cojinetes de AF? .....	7
	Corriente de circulación .....	7
	Corriente de conexión a tierra del eje .....	7
	Corriente de descarga capacitativa .....	7
	Circuito de modo común .....	7
	Capacitancias parásitas .....	9
	¿Cómo circula la corriente por el sistema? .....	10
	Caídas de tensión .....	10
	Transformador de modo común .....	11
	Distribuidor de tensión capacitativo .....	13
<b>3</b>	<b>Cómo impedir los daños por corriente de los cojinetes de alta frecuencia .....</b>	<b>15</b>
	Tres enfoques .....	15
	Cables a motor multipolares .....	15
	Ruta de impedancia corta .....	16
	Conexiones de unión de alta frecuencia .....	17
	Siga las instrucciones específicas para el producto .	17
	Soluciones adicionales .....	17
	Medición de corrientes de los cojinetes de alta frecuencia .....	18
	Deje que los especialistas efectúen las mediciones .	19
<b>4</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Índice .....</b>	<b>21</b>



# Capítulo 1 - Introducción

---

## **Generalidades**

Algunas nuevas instalaciones de convertidores pueden presentar fallos en los cojinetes apenas unos meses después de su puesta en marcha. Los fallos pueden ser provocados por corrientes de alta frecuencia que circulan a través de los cojinetes del motor.

Aunque las corrientes de los cojinetes se han venido dando desde la invención de los motores eléctricos, la incidencia de los daños que provocan se ha incrementado durante los últimos años. Ello se debe a que los convertidores de velocidad variable modernos con sus pulsos de tensión de rápido aumento y altas frecuencias de conmutación pueden provocar pulsos de corriente a través de los cojinetes cuya descarga repetida puede desgastar de forma gradual los anillos guía de los cojinetes.

## **Cómo evitar las corrientes de los cojinetes**

Para evitar que se produzcan daños, es esencial proporcionar vías de conexión a tierra adecuadas y permitir que las corrientes de fuga vuelvan al bastidor del inversor sin tener que pasar a través de los cojinetes. La magnitud de las corrientes puede reducirse empleando cables a motor simétricos o filtrado en la salida del inversor. El correcto aislamiento de la construcción de los cojinetes del motor interrumpe la ruta de la corriente de los cojinetes.

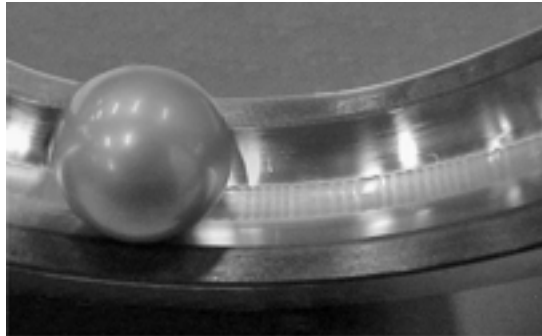
## Capítulo 2 - Generación de corrientes de los cojinetes

---

### **Pulsos de corriente de alta frecuencia**

Las corrientes de los cojinetes se presentan de distintos modos. De todas formas, aunque las prácticas modernas de diseño de motores y fabricación casi han eliminado las corrientes de los cojinetes de baja frecuencia inducidas por la asimetría del motor, la conmutación rápida en los sistemas de accionamiento de CA modernos puede generar pulsos de corriente de alta frecuencia a través de los cojinetes. Si la energía de estos pulsos es lo bastante elevada, se lleva a cabo la transferencia de metal del cojinete y los rodillos guía al lubricante. Ello se conoce como maquinado de descarga eléctrica o EDM. El efecto de un solo pulso es insignificante, pero una pequeña caída EDM es una discontinuidad que aglutina más pulsos y se convierte en una gran caída típica EDM. La frecuencia de conmutación de los accionamientos de CA modernos es muy alta y el gran número de pulsos provoca una rápida acumulación del desgaste. Como resultado, es posible que tenga que sustituirse el cojinete aunque no lleve demasiado tiempo en servicio.

Las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia han sido investigadas por ABB desde 1987. La importancia del diseño del sistema se ha recalcado en los últimos años. Cada elemento individual implicado, como el motor, la caja de engranajes o el controlador del convertidor, son el producto de técnicas de fabricación sofisticadas y normalmente presentan un tiempo medio entre fallos (MTBF) favorable. Sólo cuando se combinan estos componentes y se observa el sistema como un todo se hace evidente que se requieren ciertas prácticas para la instalación.



**Figura 1:** Las corrientes de los cojinetes pueden provocar “estrias de los cojinetes”, un patrón rítmico en los anillos guía de los cojinetes.

### **Conmutación más rápida**

La tecnología de accionamiento de CA actual, que incorpora transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), crea situaciones de conmutación 20 veces más rápidas que las que se consideraban normales hace diez años. Recientemente, el número de fallos en los cojinetes de tipo EDM ha aumentado en los sistemas de accionamiento de CA relativamente pronto después de la puesta en marcha, en un espacio de uno a seis meses. La incidencia depende de la arquitectura del sistema de accionamiento de CA y de las técnicas de instalación empleadas.

## **¿Cómo se generan las corrientes de los cojinetes de AF?**

La fuente de las corrientes de los cojinetes es la tensión que se induce en el cojinete. En el caso de las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia, esta tensión puede generarse de tres modos distintos. Los factores más importantes que definen el mecanismo relevante son el tamaño del motor y cómo se hallan conectados a tierra el bastidor y el eje del motor. La instalación eléctrica, es decir, el tipo de cable adecuado y las uniones adecuadas de los conductores protectores y del apantallamiento eléctrico, juega un papel importante.  $du/dt$  de los componentes de la etapa de potencia del accionamiento de CA y el nivel de tensión del enlace de CC afectan al nivel de las corrientes de los cojinetes.

### **Corriente de circulación**

En motores grandes, la tensión de alta frecuencia se induce entre los extremos del eje del motor por el flujo de alta frecuencia que circula alrededor del estator. El flujo lo causa una asimetría neta de corriente capacitativa que se transmite del bobinado hacia el bastidor del estator a lo largo de la circunferencia del estator. La tensión entre los extremos del eje afecta a los cojinetes. Si es suficiente para superar la impedancia de la película de aceite de los cojinetes, una corriente que intenta compensar el flujo neto en el estator empieza a circular en el bucle formado por el eje, los cojinetes y el bastidor del estator. Esta corriente es una corriente de los cojinetes de alta frecuencia de tipo de circulación.

### **Corriente de conexión a tierra del eje**

La fuga de corriente al bastidor del estator tiene que circular de vuelta al inversor, que es la fuente de esta corriente. Cualquier ruta de vuelta contiene impedancia, y por ello la tensión del bastidor del motor aumenta en comparación con el nivel de tierra de la fuente. Si el eje del motor se conecta a tierra a través de la maquinaria accionada, el incremento de la tensión del bastidor del motor se aprecia por encima de los cojinetes. Si la tensión aumenta lo bastante para superar la impedancia de la película de aceite del cojinete del extremo del convertidor, parte de la corriente podría circular a través del cojinete del extremo del convertidor, el eje y la máquina accionada de vuelta al inversor. Esta corriente de los cojinetes es de un tipo de conexión a tierra del eje.

### **Corriente de descarga capacitativa**

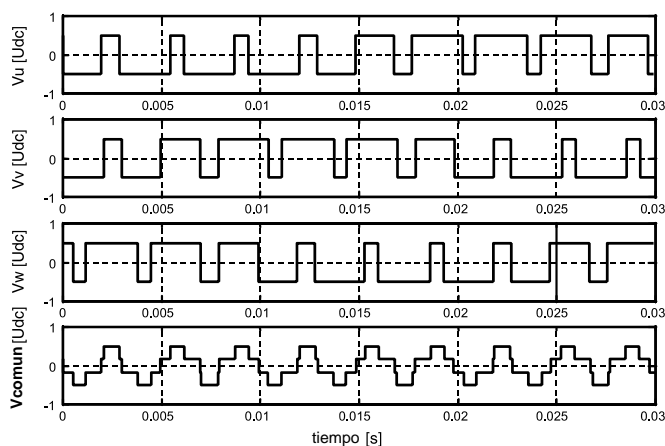
En motores pequeños, la división de tensión interna de la tensión de modo común sobre las capacitancias de fuga internas del motor puede provocar tensiones en el eje lo bastante elevadas para crear pulsos de corriente de los cojinetes de alta frecuencia. Ello puede ocurrir si el eje no se conecta a tierra a través de la maquinaria accionada mientras que el bastidor del motor se conecta a tierra en el modo estándar de protección.

### **Circuito de modo común**

Las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia son una consecuencia de la circulación de corriente en el circuito de modo común del sistema de accionamiento de CA.

Una fuente de alimentación sinusoidal trifásica típica está equilibrada y es simétrica en condiciones normales. Es decir, la suma de vectores de las tres fases siempre es igual a cero. Por ello, es normal que el neutro esté en cero voltios. De todas formas, este no es el caso con una fuente de alimentación

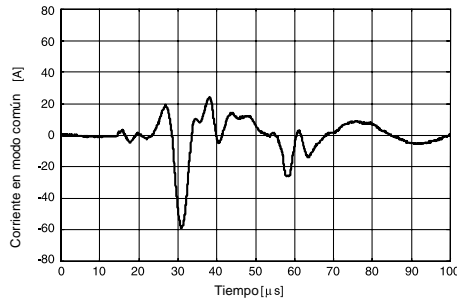
trifásica conmutada PWM, en la que una tensión de cc se convierte a una tensión trifásica. Aunque los componentes fundamentales de frecuencia de las tensiones de salida son simétricos y equilibrados, es imposible obtener la suma de tres tensiones de salida de forma instantánea igualándola a cero con dos posibles niveles de salida disponibles. La tensión resultante de punto neutro no es cero. Esta tensión puede definirse como una fuente de tensión de modo común. Puede medirse en el punto cero de cualquier carga, por ejemplo el punto estrella del bobinado del motor.



**Figura 2:** Este esquema muestra las tensiones de fase de una fuente de alimentación trifásica PWM típica y la media de las tres, o tensión en punto neutro, en un sistema de accionamiento de CA moderno. La tensión neutra es claramente distinta de cero y su presencia puede definirse como una fuente de tensión de modo común. La tensión es proporcional a la tensión de bus de CC, y tiene una frecuencia igual a la frecuencia de conmutación del inversor

Siempre que se cambia una de las tres salidas del inversor de uno de los posibles potenciales a otro, se fuerza a una corriente proporcional a esta tensión a circular a tierra a través de las capacitancias de tierra de todos los componentes del circuito de salida. La corriente circula de vuelta a la fuente a través del conductor de tierra y las capacitancias de fuga del inversor, que son externas al sistema trifásico. Este tipo de corriente, que circula por el sistema en un bucle que está cerrado externamente al sistema, se denomina intensidad de modo común.

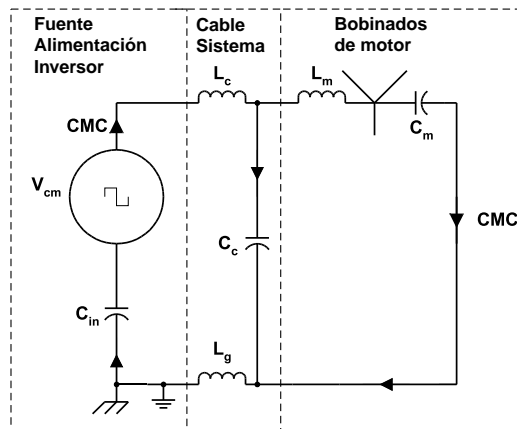




**Figura 3:** Un ejemplo de la intensidad de modo común en la salida del inversor. El pulso es una superposición de diversas frecuencias debido a las distintas frecuencias naturales de las rutas paralelas de la intensidad de modo común.

## Capacitancias de fuga

Una capacitancia se crea siempre que dos componentes conductores están separados por un aislador. Por ejemplo, el hilo de fase de cable tiene capacitancia al hilo de PE separado mediante aislamiento de PVC, por ejemplo, y el arrollamiento del bobinado del motor está aislado del bastidor por una capa de barniz y por aislamiento de ranura, por lo que tiene un valor de capacitancia al bastidor del motor. Las capacitancias dentro de un cable y especialmente dentro del motor son muy reducidas. Una capacitancia reducida significa una elevada impedancia para altas frecuencias, con lo que se bloquean las corrientes de fuga de baja frecuencia. De todas formas, los pulsos de aumento rápido producidos por las fuentes de alimentación modernas contienen frecuencias tan elevadas que incluso las capacitancias pequeñas dentro del motor proporcionan una ruta de baja impedancia para que circule la corriente.



**Figura 4:** Bucle simplificado de la intensidad de modo común de un inversor PWM y el motor de inducción. La fuente de alimentación del inversor actúa como una fuente de tensión de modo común ( $V_{cm}$ ). La

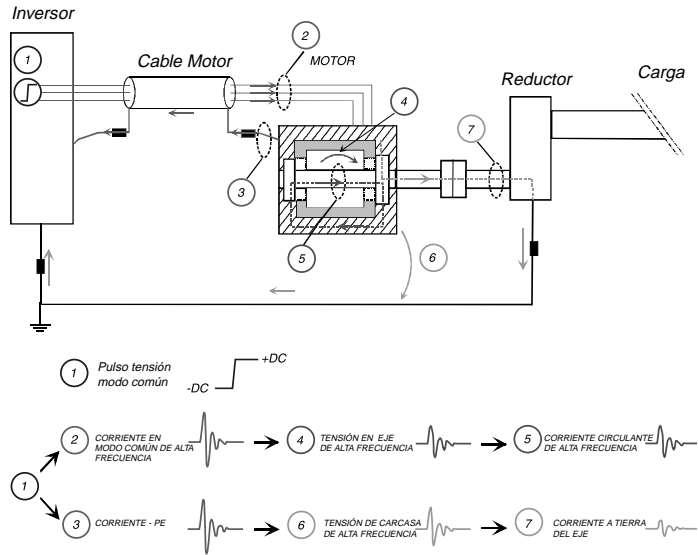
*intensidad de modo común (CMC) circula a través del cable de modo común y las inductancias de motor,  $L_c$ ,  $L_m$  y a través de las capacitancias de fuga entre los bobinados del motor y el bastidor del motor, combinadas para ser  $C_m$ . Desde el bastidor del motor, la corriente pasa a través del circuito de tierra de la fábrica que tiene la inductancia  $L_g$ .  $L_g$  también recibe alimentación de intensidad de modo común desde la capacitancia de cable de fuga  $C_c$ . El bastidor del inversor se conecta a tierra de fábrica y acopla la intensidad de modo común/corrientes de tierra a través del inversor de fuga a las capacitancias de bastidor, combinadas como  $C_m$ , de vuelta a la fuente de tensión de modo común.*

### **¿Cómo circula la corriente por el sistema?**

El camino de vuelta de la corriente de fuga del bastidor del motor de vuelta al bastidor del inversor consta del bastidor del motor, el apantallamiento de cable o conductores PE y posiblemente de las piezas de aluminio o acero de la estructura del edificio de la fábrica. Todos estos elementos contienen inductancia. La circulación de la intensidad de modo común a través de esta inductancia provocará una caída de tensión que eleva el potencial del bastidor del motor por encima del potencial de tierra de la fuente en el bastidor del inversor. Esta tensión del bastidor del motor es una parte de la tensión de modo común del inversor. La intensidad de modo común buscará una ruta con la menor impedancia. Si hay una gran cantidad de impedancia en las rutas previstas, como la conexión PE del bastidor del motor, la tensión del bastidor del motor hará que se desvíe una parte de la intensidad de modo común por una ruta no prevista a través del edificio. En las instalaciones prácticas existen diversas rutas paralelas. Muchas tienen un efecto menor sobre el valor de la intensidad de modo común o las corrientes de los cojinetes, pero pueden ser importantes para satisfacer los requisitos de EMC.

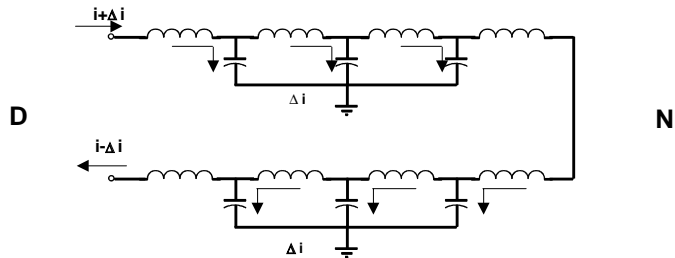
### **Caídas de tensión**

Si el valor de esta inductancia es lo bastante elevado, la reactancia en el rango superior de las frecuencias de intensidad de modo común típicas, 50 kHz a 1 MHz, puede soportar caídas de tensión de más de 100 voltios entre el bastidor del motor y el bastidor del inversor. Si, en tal caso, el eje del motor se conecta a través de un acoplamiento metálico a la caja de engranajes u otra maquinaria accionada que esté conectada a tierra sólidamente y cerca del mismo potencial de tierra que el bastidor del inversor, entonces es posible que parte de la intensidad de modo común del inversor circule a través de los cojinetes del motor, el eje y la maquinaria accionada de vuelta al inversor.



**Figura 5:** Una presentación esquemática que muestra la corriente de circulación y la corriente de conexión a tierra del eje; ésta última resulta de una tensión del bastidor del motor elevada con una conexión a tierra superior de la máquina.

Si el eje de la maquinaria no tiene contacto directo con el nivel de tierra, la corriente puede circular a través de la caja de engranajes o de los cojinetes de la máquina. Estos cojinetes pueden resultar dañados antes que los cojinetes del motor.

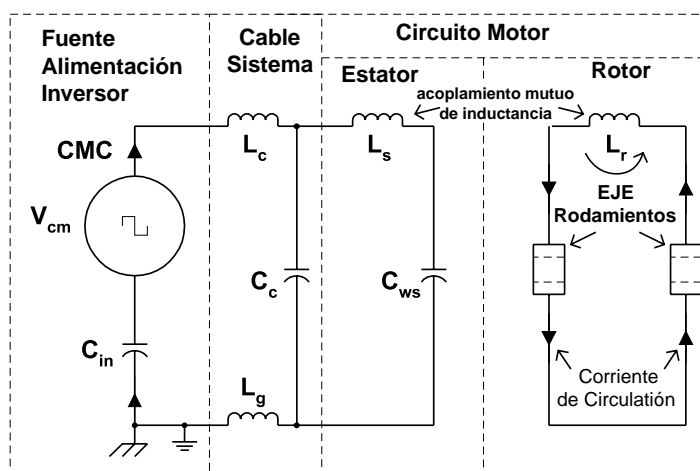


**Figura 6:** Fuente de la corriente de los cojinetes de circulación de alta frecuencia. La fuga de corriente a través de las capacitancias de estator distribuidas da una suma de corriente que no es cero en toda la circunferencia del estator. Ello lleva a un efecto de magnetización neto y a flujo alrededor del eje del motor.

### Transformador de modo común

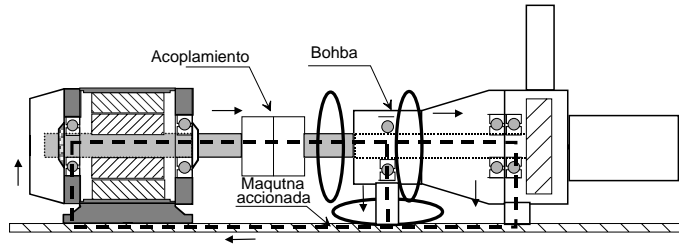
La mayor proporción de la capacitancia de fuga del motor se forma entre los bobinados del estator y el bastidor del motor. Esta capacitancia se distribuye alrededor de la circunferencia y a lo largo del estator. A medida que la corriente pasa al estator por la espira, el contenido de alta frecuencia de la corriente que entra en la espira del estator es mayor que la corriente saliente.

Esta corriente neta produce un flujo magnético de alta frecuencia que circulará en las laminaciones del estator, induciendo una tensión axial en los extremos del eje. Si la tensión se convierte en lo suficientemente elevada, puede circular una corriente de circulación de alta frecuencia interna al motor a través del eje y ambos cojinetes. En este caso, el motor puede considerarse un transformador, en el que la intensidad de modo común que circula en el bastidor del estator actúa como primario e induce la corriente de circulación al circuito del rotor o secundario. Esta corriente de los cojinetes se considera la más dañina con valores de cresta típicos de 3 a 20 amperios dependiendo de la potencia nominal del motor,  $du/dt$  de los componentes de la etapa de potencia del accionamiento de CA y nivel de tensión del enlace de CC.



**Figura 7:** La tensión en el eje axial de alta frecuencia puede considerarse una resultante del efecto de transformador, en el que la intensidad de modo común que circula en el bastidor del estator actúa como un primario e induce la corriente de circulación hacia el circuito de rotor o secundario.

Otra versión de la corriente de los cojinetes de circulación ocurre cuando la corriente, en lugar de circular completamente dentro del motor, circula a través del eje y los cojinetes de la caja de engranajes o la maquinaria accionada y en un elemento estructural que es externo y común al motor y a la máquina accionada. El origen de la corriente es el mismo que para la corriente circulando dentro del motor. Un ejemplo de esta corriente de los cojinetes de circulación “vagabunda” se muestra en la figura 8.

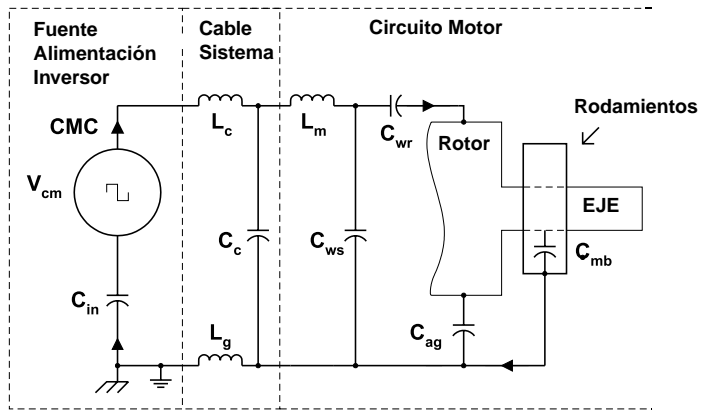


**Figura 8:** Corriente de los cojinetes de circulación "vagabunda", donde el bucle de corriente es externo al motor.

### Distribuidor de tensión capacitivo

También están presentes otras capacitancias de fuga en el motor, como la capacitancia entre los bobinados del estator y el rotor, o la que existe en el vacío de aire del motor entre el hierro del estator y el rotor. Incluso los cojinetes mismos pueden llegar a tener capacitancia de fuga.

La existencia de capacitancia entre los bobinados del estator y el rotor acopla de forma efectiva los bobinados del estator al hierro del rotor, que está también conectado al eje y a los anillos guía internos del cojinete. Los cambios rápidos en la intensidad de modo común desde el inversor pueden dar lugar a corrientes en la capacitancia alrededor de la circunferencia y a lo largo del motor, y además entre los bobinados del estator y el rotor hacia los cojinetes.



**Figura 9:** Bucle de modo común de un convertidor de velocidad variable, con capacitancias de fuga del estator, rotor y cojinete.

La circulación de corriente hacia los cojinetes puede cambiar con rapidez, ya que ello depende del estado físico del cojinete en un momento dado. Por ejemplo, la presencia de una capacitancia de fuga en los cojinetes sólo se mantiene mientras las bolas de los cojinetes están cubiertas de aceite o grasa y no son conductoras. Esta capacitancia, en la que la tensión del eje inducida aumenta, puede cortocircuitarse si la tensión de los cojinetes supera el umbral de su valor de transición conductiva o si un “punto elevado” en una bola atraviesa la película de aceite y entra en contacto con ambos anillos guía del cojinete. A una velocidad muy baja, los cojinetes tienen contacto metálico ya que las bolas no se han elevado por encima de la película de aceite.

Generalmente, la impedancia de los cojinetes gobierna el nivel de tensión en el que los cojinetes empiezan a conducir. Esta impedancia es una función no lineal de la carga de los cojinetes, la temperatura, la velocidad de rotación y el lubricante empleado, y la impedancia varía entre casos distintos.

## Capítulo 3 - Cómo impedir los daños por corrientes de los cojinetes de alta frecuencia

### Tres enfoques

Existen tres enfoques para afectar a las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia: un sistema de cableado y conexión a tierra correcto; la interrupción de los bucles de corriente de los cojinetes; y una amortiguación de la intensidad de modo común de alta frecuencia. Todos estos factores contribuyen a reducir la tensión de los cojinetes a valores que no inducen pulsos de corriente de los cojinetes de alta frecuencia en absoluto, o que amortiguan el valor de los pulsos a un nivel que no tiene efecto alguno sobre la vida de los cojinetes. Deben tomarse distintas medidas para cada tipo de corriente de los cojinetes de alta frecuencia.

La base del dominio de las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia radica en un sistema de cableado correcto. Las prácticas de conexión a tierra estándar para los equipos se han diseñado principalmente para proporcionar una conexión de impedancia lo suficientemente baja para proteger al personal y al equipo contra fallos de la frecuencia del sistema. Un convertidor de velocidad variable puede conectarse a tierra eficazmente en las frecuencias elevadas de intensidad de modo común si la instalación sigue tres prácticas:

### Cables a motor multipolares

Emplee solamente cables a motor simétricos multipolares. La disposición del conector a tierra (protección a tierra, PE) en el cable a motor tiene que ser simétrica para evitar las corrientes a frecuencia fundamental. La simetría del conductor PE se logra con un conductor alrededor de todas las conexiones de fase de un cable que contiene una disposición simétrica de tres conexiones de fase y tres conductores de tierra.

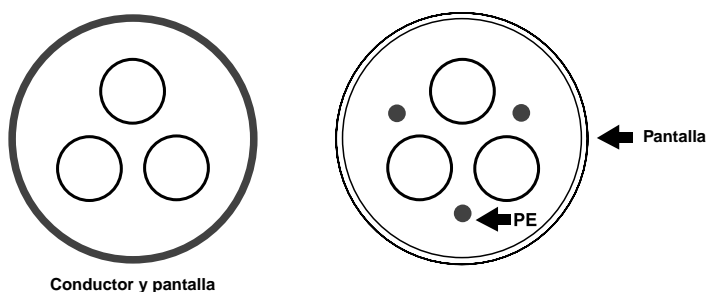
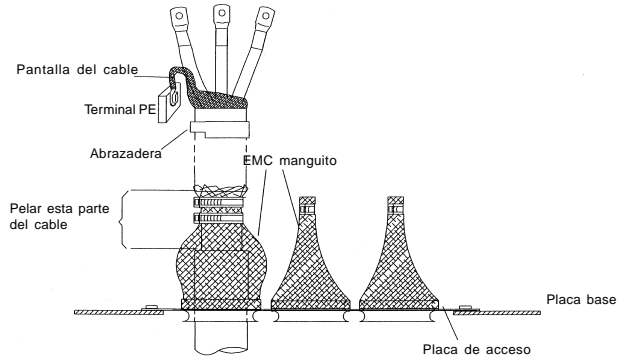


Figura 10: Cable de motor recomendado con configuración de núcleos simétrica.

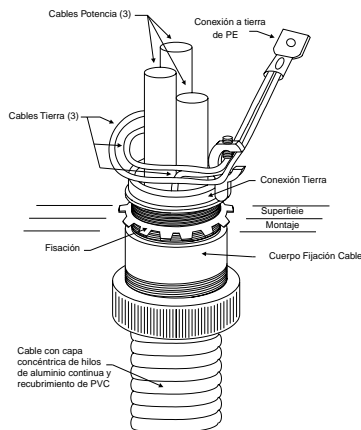
**Ruta de impedancia corta**

Defina una ruta de impedancia corta y baja para que la intensidad de modo común vuelva al inversor. El mejor modo, y el más sencillo, es emplear cables a motor apantallados. El apantallamiento debe ser continuo y de un buen material conductor, como cobre o aluminio, y las conexiones en ambos extremos tienen que efectuarse con una terminación de 360°.

Las figuras 11a y 11b muestran terminaciones de 360° para prácticas de cableado europeas y americanas.



**Figure 11 a: Terminación de 360° correcta para práctica de cableado europea. El apantallamiento se conecta con un cable flexible lo más corto posible al terminal PE. Para efectuar una conexión de 360° de alta frecuencia entre el manguito EMC y el apantallamiento del cable, el aislamiento exterior del cable se retira.**

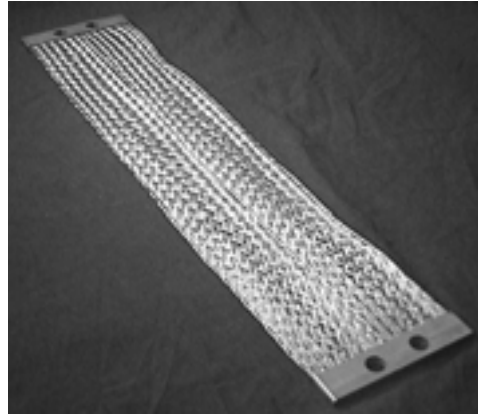


**Figura 11 b: Terminación de 360° correcta para práctica de cableado americana. Debería emplearse un pasatapas aislado de conexión a tierra en ambos extremos del cable a motor para conectar eficazmente los cables de tierra a la armadura o conducto.**



**Conexiones de  
unión de alta  
frecuencia**

Añada conexiones de unión de alta frecuencia entre la instalación y los puntos de referencia de tierra conocidos para igualar el potencial de los elementos afectados, empleando cintas trenzadas de cobre de 50 - 100 mm de anchura; los conductores planos proporcionarán una ruta de inductancia menor que los cables redondos. Ello debe realizarse en los puntos en los que se sospecha que existe una discontinuidad entre el nivel de tierra del inversor y el del motor. Además, es posible que sea necesario igualar el potencial entre los bastidores del motor y de la maquinaria accionada para puentear la ruta de corriente a través de los cojinetes de la máquina accionada y del motor.



**Figura 12: Cinta de unión de AF.**

**Siga las  
instrucciones  
específicas para el  
producto**

Aunque los principios básicos de las instalaciones son los mismos, las prácticas de instalación idóneas para productos diferentes pueden diferir. Por ello, es vital que siga atentamente las instrucciones de instalación que se facilitan en los manuales específicos para el producto.

**Soluciones  
adicionales**

La interrupción de los bucles de corriente de los cojinetes se logra aislando la construcción de los cojinetes. La intensidad de modo común de alta frecuencia puede amortiguarse empleando filtros dedicados. Como fabricante de inversores y motores, ABB puede ofrecer la solución más apropiada en cada caso así como instrucciones detalladas acerca de las prácticas correctas de conexión a tierra y cableado.

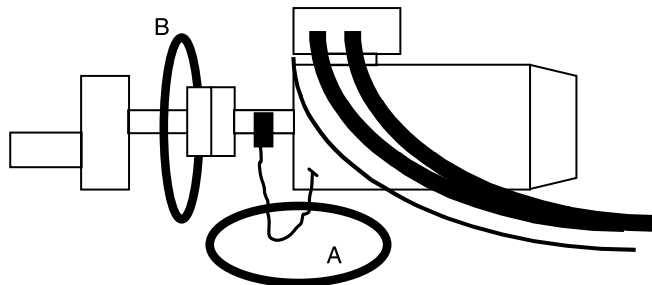
## **Medición de las corrientes de los cojinetes de alta frecuencia**

**La monitorización del estado de los cojinetes debe llevarse a cabo con mediciones de vibración establecidas.**

Es imposible medir las corrientes de los cojinetes directamente desde un motor estándar. Sin embargo, si se sospecha que existen corrientes de los cojinetes de alta frecuencia, pueden tomarse mediciones de campo para verificar la existencia de bucles de corriente que se sospecha que existen. El equipo de medición debe tener un ancho de banda amplio (mínimo 10kHz a 2 MHz) capaz de detectar valores de cresta de al menos 150 a 200A y valores RMS de por lo menos 10mA. El factor de cresta de las señales medidas no suele ser menor a 20. La corriente puede circular en lugares poco usuales, como los ejes en giro. Por ello, se requieren equipos y personal con experiencia.

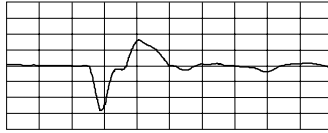
ABB emplea un sensor flexible de corriente especialmente diseñado con núcleo de aire de tipo Rogowski con accesorios dedicados y posee una amplia experiencia con más de mil convertidores medidos en distintas aplicaciones en todo el mundo.

Los puntos de medición más importantes están dentro del motor. Durante las mediciones, la velocidad del motor tiene que estar al menos a un 10% del valor nominal para que los cojinetes se levanten por encima de la película de aceite. Como ejemplo, las mediciones básicas se muestran en la figura 13. La figura 14 muestra ejemplos de ondas de tensión de corriente medidas. Los inversores GTO se emplearon principalmente en los años 80 y en la actualidad se emplean los inversores IGBT. Observe las diferencias en la escala en los gráficos.

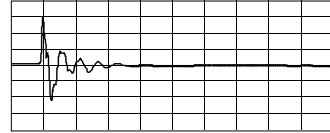


**Figura 13: Mediciones básicas: A) Intensidad de circulación medida con un jumper; B) Corriente de conexión a tierra del eje.**

A) Corriente de circulación

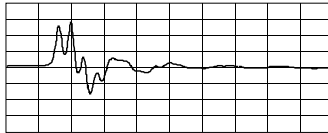


*Inversor GTO, 5 $\mu$ s/div, 2A/div*

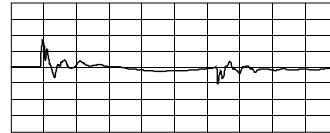


*Inversor IGBT, 5 $\mu$ s/div, 2A/div*

B) Corriente de conexión a tierra del eje



*Inversor GTO, 2 $\mu$ s/div, 10A/div*



*Inversor IGBT, 5 $\mu$ s/div, 500mA/div*

**Figura 14:** Ejemplos de ondas de tensión de corriente en los puntos de medición mostrados en la figura 13.

**Deje que los especialistas efectúen las mediciones**

Dado que el equipo de medición adecuado no está disponible de forma comercial en el mercado y se requiere una experiencia especializada para llevar a cabo las mediciones e interpretar los resultados, se aconseja que las mediciones de la corriente de los cojinetes sean realizadas solamente por personal especializado.

## Capítulo 4 - Referencias

---

1. *Conexión a tierra y cableado del sistema de accionamiento*, ABB Industry Oy, 3AFY 61201998 R0125
2. *Una nueva razón para los daños por corriente de los cojinetes en accionamientos de CA de velocidad variable* por J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. EPE 97, 7ª Conferencia europea sobre la electrónica y aplicaciones de potencia, 8-10 septiembre 1997. Trondheim, Noruega.
3. *Acerca de las corrientes de los cojinetes en los accionamientos de CA de velocidad variable y potencia media* por J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. procedimientos de la IEEE IEDMC en Milwaukee, mayo de 1997.
4. *Minimización de las corrientes eléctricas de los cojinetes en sistemas de accionamiento de velocidad ajustable* por Patrick Link. Conferencia sobre pulpa y papel IEEE IAS en Portland, ME, EEUU. Junio de 1998.
5. *Instrucción sobre la medición de corrientes de los cojinetes con una espira Rogowski*, ABB Industry Oy, 3BFA 61363602.EN.
6. *Laakerivirta ja sen minimoiminen säädettyjen vaihtovirtakäyttöjen moottoreissa*, I. Erkkilä, Automaatio 1999, 16.9.1999, Helsinki, Finlandia. (en finlandés).
7. *Corrientes de los cojinetes de alta frecuencia en motores asíncronos de baja tensión*, ABB Motors Oy y ABB Industry Oy, 00018323.doc.
8. *Corrientes de los cojinetes en accionamientos de CA* por ABB Industry Oy y ABB Motors Oy. Conjunto de encabezados en la base de datos LN "Intranet de directorios de documentos" en ABB\_FI01\_SPK08/FI01/ABB
9. *La guía del motor* GB 98-12.

Véanse también los manuales de instalación específicos para los productos.

## Capítulo 5 - Índice

---

- A**  
ABB 17, 18  
Accionamiento de CA 6, 7, 8  
acoplamiento metálico 10  
anillos guía 6, 14  
anillos guía de los cojinetes 5  
apantallamiento 16  
apantallamiento del cable 16  
apantallamiento eléctrico 7  
armadura 16
- B**  
bastidor 17  
bastidor del estator 7, 11, 12  
bastidor del inversor 5, 10  
bastidor del motor 7, 9, 10, 11  
bobinado 7, 8, 9, 10, 11, 13  
bobinados del estator 11, 13  
bobinados del motor 10  
bola 14  
Bucle de modo común 9, 13  
bucles de corriente de los cojinetes 15, 17
- C**  
cable 15  
cable a motor 15, 16  
cable de modo común 10  
cables a motor simétricos 5, 15  
caída de tensión 10  
caja de engranajes 6, 10, 12  
capacitancia de fuga 7, 8, 10, 11, 13, 14  
capacitancia del cable 10  
cintas trenzadas 17  
circuito de modo común 7  
circuito del rotor 12  
cojinetes 5, 6, 7, 12, 13, 14  
cojinetes del motor 5  
conducto 16  
conductores planos 17  
conexiones de unión 17  
controlador del convertidor 6  
convertidor de velocidad variable 5, 13, 15  
corriente de circulación 12  
corriente de circulación de alta frecuencia 12  
corrientes de fuga 5  
corrientes de los cojinetes 5, 6, 7, 12, 15, 18, 19  
corrientes de los cojinetes de alta frecuencia 6, 7  
corrientes de los cojinetes de baja frecuencia 6
- cráter EDM 6
- D**  
distribución de tensión interna 7  
dominio de la corriente de alta frecuencia 15
- E**  
eje 7, 12, 13  
eje del motor 5, 7, 10  
estator 7, 11, 13  
extremos del eje 12
- F**  
factor de cresta 18  
filtrado de la salida del inversor 5  
filtros dedicados 17  
flujo de alta frecuencia 7  
flujo magnético 12  
frecuencia de conmutación del inversor 8  
frecuencias de conmutación elevadas 5  
fuente de alimentación del inversor 9  
fuente de alimentación trifásica 7, 8
- I**  
intensidad de modo común 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17  
inversor 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17  
inversores GTO 18  
inversores IGBT 18
- L**  
laminaciones del estator 12
- M**  
máquina accionada 7, 17  
maquinado de descarga eléctrica (EDM) 6  
maquinaria accionada 7, 10, 12  
mediciones de campo 18  
motor 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18  
motores eléctricos 5
- P**  
película de aceite 7, 18  
primario 12  
pulsos de corriente 5  
pulsos de tensión 5  
PWM 7, 9
- R**  
ranuras de los cojinetes 6  
rotor 12, 13  
rutas de corriente de los cojinetes 5

## **S**

secundario 12  
sensor de corriente tipo  
Rogowski 18

## **T**

tensión axial 12  
tensión de los cojinetes 14  
tensión de modo común 7, 8, 10  
tensión de punto neutro 8  
Tensión de los cojinetes de alta  
frecuencia 7  
tensión del bus de CC 8  
tensión del eje axial 12, 13  
tensión del eje inducida 14  
tensiones del eje 7  
Terminación de 360° 16  
Tiempo medio entre fallos  
(MTBF) 6  
transformador 12  
Transistores bipolares de puerta  
aislada (IGBT) 6

## **V**

vías de conexión a tierra 5





**ABB Sistemas Industriales, S.A.**

División Accionamientos

Polígono Industrial Suroeste, s/n

08192 Sant Quirze del Vallès

Barcelona

Tel: 93 728 87 00

Fax: 93 728 87 43

Internet: <http://www.abb.com/es>

