

Marcado CE + Marcado CE ≠ Marcado CE: Concepto aplicado a máquinas, sistemas complejos o instalaciones fijas: Gestión de los componentes

Artículo cedido por Cemdal



Introducción

www.cemdal.com



Autor: Francesc Daura Luna, Ingeniero Industrial, experto en compatibilidad electromagnética. Director de CEMDAL

"Agradezco la ayuda de Raimón Gómez, ingeniero de CEM en Wavecontrol por la ayuda en la realización de este artículo y el anterior de Noviembre 2013."

La correcta gestión de compra y control técnico de los componentes necesarios para diseñar una máquina o un sistema complejo desde el punto de vista de la compatibilidad electromagnética (CEM) es vital para asegurar el obligado cumplimiento de la Directiva de CEM, 2004/108/CE. El concepto **"marcado CE + marcado CE = marcado CE"** (CE+CE=CE) trata de una práctica muy común en el sector de la maquinaria y de las grandes instalaciones fijas. Se basa en la idea de que si se compra un número de componentes o aparatos destinados a un sistema, todos ellos marcados CE, el sistema completo formado por estos componentes no necesita ningún trabajo adicional para poder tener el marcado CE. Así, el conjunto se podría declarar compatible con todas las directivas pertinentes de seguridad, baja tensión y compatibilidad electromagnética (CEM). La figura 1 muestra los bloques de una máquina formada por 9 componentes, todos ellos con el marcado CE. Con la práctica **"CE+CE=CE"** teóricamente se

podría automáticamente aplicar el marcado CE a la máquina completa. Pero, lo más seguro es que si se realizan las pruebas de CEM, la máquina completa no cumpla y no pueda aplicarse el marcado CE. Es también evidente que si alguno de los componentes incorporados a la máquina no es conforme y no tiene el marcado CE, la máquina completa tampoco será conforme y no podrá llevar el marcado CE. La práctica **CE+CE=CE** es totalmente incorrecta en todos los sentidos y no se acepta legalmente.

El uso de tecnologías electrónicas cada vez más sofisticadas en las máquinas es cada vez mayor en todos los ámbitos de la actividad humana, incluyendo aquellos en los que los errores o fallos de funcionalidad pueden tener implicaciones para la seguridad funcional y humana. Todas las tecnologías electrónicas son vulnerables a errores o mal funcionamiento causado por interferencias electromagnéticas (EMI). Las tecnologías más sofisticadas y complejas tienden a ser más susceptibles. Además de las fuentes naturales de EMI, tales como los rayos y relámpagos, todas las tecnologías eléctricas y electrónicas

son fuentes de EMI. La tendencia es el aumento de la frecuencia de procesamiento y por tanto al aumento de las emisiones electromagnéticas (EM). La consecuencia de todo esto es que, si no se la considera la compatibilidad electromagnética en los diseños de ingeniería de las máquinas, pueden surgir fallos funcionales con consecuencias incontrolables para las personas que las utilizan. Con ello pueden haber riesgos económicos incontrolados para los fabricantes y proveedores de servicios que emplean las tecnologías electrónicas en sus máquinas. La figura 2 da una visión general de la problemática del incremento de los riesgos en una máquina debido a las EMI.

Cuando los fallos en los componentes electrónicos de las máquinas pueden tener implicaciones de seguridad funcional o personal, se requiere asegurar un buen nivel de CEM para controlar los riesgos de seguridad y los riesgos económicos asociados. Históricamente las disciplinas de la seguridad funcional y de la CEM, se han desarrollado por separado. En general, los ingenieros que revisan la seguridad no tienen un



Figura 1: Si se realizan las pruebas de CEM de la máquina completa, casi seguro no cumplirá, aunque todos sus componentes cumplan. Si alguno de los componentes no cumple, la máquina completa tampoco cumplirá

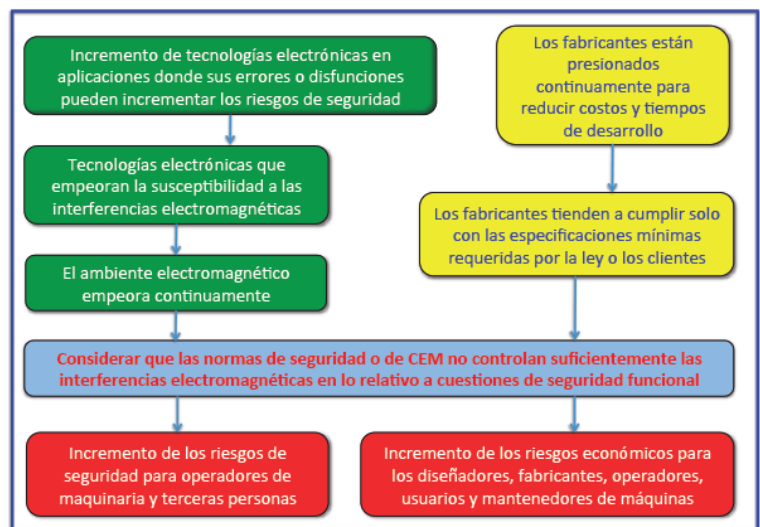


Figura 2: Incremento de los riesgos en una máquina debido a las interferencias electromagnéticas

conocimiento detallado de la CEM y los ingenieros de diseño electrónico o de CEM no tienen un conocimiento profundo de la seguridad funcional. No hay muchas normas de seguridad que incluyan requisitos de CEM en la seguridad funcional.

Los riesgos económicos se pueden presentar sobre todo debido a la responsabilidad en los productos, pero también debido al incumplimiento de las normas de seguridad o de CEM. Ello puede causar la prohibición de entrada en el mercado de los productos peligrosos en la Unión Europea o su retirada del mercado. También puede afectar negativamente a la reputación de marca del fabricante. Los costes de tener una buena gestión de la CEM y de la seguridad siempre son menores que los costes legales de cualquier demanda de responsabilidades.

La CEM puede afectar a la seguridad y buen funcionamiento de las máquinas. Una máquina está formada por componentes de deben cumplir con la CEM, pero su instalación incorrecta puede hacer que la máquina completa no cumpla. Una buena gestión de compra y análisis de los componentes facilita luego el cumplimiento de la CEM. Asimismo una buena instalación de los componentes, siguiendo las buenas reglas de diseño, es clave para asegurar el cumplimiento de la CEM. Todo ello asegura la seguridad funcional, reduce los riesgos fiabilidad y contribuye a tener una mejor calidad en la máquina.

El diseñador y creador de la máquina es responsable de asegurar que todos los componentes que la forman tienen las prestaciones de seguridad y de CEM adecuadas. Conseguir los dos objetivos puede significar que seguramente se deberán cambiar las especificaciones técnicas en cuanto a CEM y seguridad de los componentes integrantes de la máquina.

Al mismo tiempo se deberá prever las medidas de mitigación electromagnética en su instalación. El diseñador de la máquina debe tener los conocimientos necesarios sobre la aplicación y el control total del diseño, para asegurar el cumplimiento de los niveles deseados de las prestaciones de seguridad y de CEM. Si no es así, sería conveniente subcontratar expertos externos.

Negociación y compromiso de los proveedores de componentes

Los proveedores pueden no ser capaces de cumplir con las especificaciones, o no ser capaces de proporcionar todos los documentos requeridos de las pruebas de CEM. Puede negociarse la aceptación de una especificación reducida o un reducido número de pruebas.

También puede ser posible modificar el diseño del componente para adaptarse a las especificaciones de la máquina final. La ingeniería es siempre compromiso y la gran ventaja de seguir una metodología es que el diseñador de la máquina conocerá los compromisos acordados. Es mucho mejor que trabajar con especificaciones desconocidas. La figura 3 muestra gráficamente como gestionar la calidad de la CEM en los componentes a incorporar en la máquina.

Casi siempre es comercialmente mejor la utilización de componentes con un buen diseño de CEM, en lugar de comprar componentes que podrían ser insuficientes y luego hacer frente a los problemas de CEM que aparezcan en la máquina, al final de su proceso de construcción. Los costos de los componentes podrían aumentar, pero al costar menos el hacer frente a los problemas de CEM en las primeras etapas

de la integración en la máquina, podemos beneficiarnos de un coste global menor. La experiencia dice que puede costar unas 10 veces más hacer frente a un problema de CEM en un nivel superior en el proceso de integración. Si el problema de CEM aparece cuando la máquina ya está instalada en la fábrica del cliente, los costes se pueden multiplicar por factores mucho mayores (de 100 a 1000 veces).

Debemos asegurarnos de que las especificaciones técnicas de CEM acordadas se escriben en los contratos de compra negociados con los proveedores de los componentes. En los componentes más críticos se recomienda acordar cláusulas de indemnización, para que el proveedor se comprometa a indemnizar al comprador si sus componentes no cumplen con las especificaciones requeridas.

Los proveedores que ofrecen buenas especificaciones, bajo costo y el mercado CE, pero no puedan proporcionar evidencias aceptables de su comportamiento de CEM real saben que, en la práctica pasan la responsabilidad del cumplimiento de la Directiva de CEM al comprador. Siguiendo estas recomendaciones el número de proveedores aceptables tiende a reducirse a solo los que demuestran que realmente pueden satisfacer lo que sus clientes necesitan a nivel de especificaciones de CEM.

Figura 3: Gestión de la calidad de la CEM en los componentes a incorporar en la máquina



Comprobación de la conformidad de CEM de los componentes

El comportamiento electromagnético real de un componente es desconocido hasta que se comprueba. No hay muchos proveedores que proporcionen los resultados obtenidos por sus componentes durante las pruebas de inmunidad y emisiones EM. Los componentes para los cuales no esté disponible la evidencia necesaria no deberían comprarse, a menos que se quiera arriesgar tener problemas de CEM en la máquina final, tener gastos imprevistos y alargar los plazos de entrega de la máquina al cliente.

Si los posibles proveedores aducen cuestiones de secreto industrial como razón para no ofrecer el informe de las pruebas de laboratorio, debemos insistir en tener un informe que confirme que el producto en cuestión cumple con la CEM, sin necesidad de revelar ningún supuesto secreto. Estos informes simplemente dan los resultados de las pruebas según las normas y no necesitan entrar en los detalles del diseño interno del componente. La excusa del secreto industrial no es aceptable y no se sostiene.

La declaración de conformidad de un producto de un proveedor no es una prueba definitiva, aunque lo puede ser en el caso de productos de pequeñas empresas fabricantes de aparatos, con bajo volumen de producción, en los que no haya importantes implicaciones para la seguridad. Sin embargo, las decla-

raciones de conformidad son útiles como una guía para el uso previsto del producto y la aptitud profesional del proveedor. Los detalles a tener en cuenta en la declaración deben incluir la lista de normas requeridas. Es posible que sea difícil juzgar si los componentes son adecuados si solo se enumeran las diferentes normas. Algunas normas, como la norma EN 61800-3 (Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable) para las unidades de inversor/motor y la norma EN 61131-2 (Autómatas programables: Especificaciones y ensayos de los equipos), no pueden ser aplicadas a la máquina final y pueden ser de poca ayuda. Estas dos normas tienen niveles muy relajados. Las necesidades, los costos y los riesgos de los clientes fabricantes de maquinaria son más exigentes. En la práctica es bueno requerir un amplio margen de confianza para las emisiones (por ejemplo, unos -10dB por debajo de los límites solicitados a la máquina completa) para tener en cuenta las variaciones inevitables en su propia fabricación en serie y la acumulación de las emisiones que a menudo se produce en las máquinas. Pero si cada componente sólo tiene un margen de -2 ó -3 dB a varias frecuencias, las posibilidades de tener algunos sobrepasos del límite de la norma es probablemente de un 50% o más. Para mitigar la situación descrita, el método puede ser imponer un margen mínimo de -6 dB respecto a las emisiones radiadas y un margen de -3 dB para las emisiones conducidas.

También vale la pena comprobar si el informe de conformidad está claramente firmado y fechado por el director del proveedor o su equivalente técnico. Las fechas que son recientes para los componentes que han estado en el mercado desde hace muchos meses pueden ser sospechosas.

En las instrucciones de uso también se debe observar, en su informe de conformidad, las advertencias no apropiadas o no razonables, limitaciones de uso, o intentos de exenciones de responsabilidad, tales como "No utilice este producto si causa interferencia" o "puede dejar de funcionar si el equipo es interferido". Los productos no destinados a aplicaciones de seguridad crítica (tales como los autómatas convencionales) deberían indicar que no están destinados a dicho uso, aunque pocos lo hacen.

Problemas a observar en materia de normas

A menudo hay mucha confusión sobre las normas genéricas de CEM. Muchos proveedores eligen las normas que hacen que sea más fácil su marcado CE, en lugar de proporcionar las prestaciones que sus clientes realmente necesitan. Recordar que es la función y el entorno electromagnético del usuario de la máquina final lo que rige las normas aplicables, en lugar de la tecnología que incorpora el componente. Esto puede conducir a tener problemas de CEM con las normas aplicadas a los componentes. Por ejemplo, los paneles de control industriales y comerciales que utilizan microprocesadores tienen que solicitar la EN 61000-6-1, y no se debe utilizar la norma de emisiones EN 55022, que a menudo se piensa se puede aplicar a cualquier cosa que utiliza la tecnología digital.

Hay un conjunto principal de normas genéricas, de emisiones y de inmunidad presentados en la figura 4. Algunos productos se declaran usando las normas EN61000-6-1 y EN61000-6-4, las más fáciles de cumplir de las cuatro normas genéricas. Pero esto significa que los productos son demasiado ruidosos para los entornos residenciales, comerciales e industriales ligeros y no son suficientemente inmunes para los entornos industriales más exigentes, por lo que no se pueden utilizar en

Figura 4: Normas genéricas principales de CEM

- **EN 61000-6-1** : Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. Se trata de una norma bastante relajada para uso residencial, comercial y de entornos industriales poco ruidosos.
- **EN 61000-6-2** : Inmunidad en entornos industriales. Esta es la norma de inmunidad genérica más difícil de cumplir al ser la más severa. Se aplica al ambiente industrial más ruidoso.
- **EN 61000-6-3** : Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. Es equivalente a la norma EN 55022 clase B.
- **EN 61000-6-4** : Norma de emisión en entornos industriales. Se trata de una norma de CEM relajada en emisiones para entornos industriales más ruidosos. Es muy similar a la norma EN 55011 Grupo 1 Clase A y la EN 55022 Clase A.
- **EN 61000-3-2** : Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase).
- **EN 61000-3-3** : Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y "flicker" en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente asignada ≤ 16 A por fase y no sujetos a una conexión condicional.

cualquier lugar sin una importante labor adicional de mejora de la CEM.

Los mejores productos para el uso no controlado en general o cuando el entorno del usuario puede no estar muy bien definido, son aquellos que cumplen con las normas más estrictas para las emisiones e inmunidad: EN61000-6-3 y EN61000-6-2. Los mejores productos cumplirán la EN 61000-6-3, ya que incluye las pruebas de transitorios (EN 61000-4-5) y las caídas de tensión (EN 61000-4-11) que se producen en la vida real. La normalización de estos elementos hace que la selección de los productos y su uso en las máquinas finales sea mucho más fácil.

Los productos declarados con la norma EN61000-6-1 se venden usualmente para su incorporación en los aparatos destinados a ser utilizados en entornos industriales y comerciales ligeros, pero sus emisiones son demasiado altas para estos ambientes y su uso necesita reforzar la CEM y, probablemente, realizar más pruebas de CEM en la máquina final, para asegurar la conformidad. Del mismo modo, los artículos declarados con la EN61000-6-4 se venden a menudo para su incorporación en ambientes industriales más ruidosos, en los que su inmunidad será demasiado baja sin reforzarla adicionalmente.

Los productos que pueden ser calificados como de tecnología de la información o de telecomunicaciones (TIC), por ejemplo, computadoras, módems, impresoras, teclados, etc, están autorizados a utilizar los límites de emisiones de clase A en sus productos específicos en la norma EN 55022, para su utilización en el entorno comercial y de industria ligera. Pero casi todas las demás normas de emisiones de CEM requieren límites más estrictos para aplicaciones comerciales y entornos industriales ligeros (por lo general equivalentes a la EN 55022 Clase B). Cuando un componente que cumple la EN 55022 Clase A se incorpora a la máquina final en la que no se permite declarar la conformidad usando la norma EN 55022, este componente pueden provocar emisiones excesivas y provocar la falta de cumplimiento de la norma de emisiones correspondiente. Este es un problema común en la integración de equipos y dispositivos informáticos en sistemas industriales

de control, o impresoras, teclados y pantallas en casi cualquier máquina o instalación fija.

Los productos declarados según la norma EN 55011 son equipos ISM (Industrial, Scientific and Medical). Los productos ISM pueden usar energía electromagnética para lograr su función principal. Los ejemplos incluyen calentadores dieléctricos tales como máquinas secadoras y pegadoras, soldadores de plástico y selladoras de bolsas, calentadores de inducción, soldadores eléctricos, máquinas de erosión por chispa, agitadores magnéticos y equipos de diatermia, ya sea médicos, de fisioterapia o cosméticos (como algunas máquinas depiladoras usadas en los salones de belleza).

La norma EN 55011 permite que algunas categorías de productos emitan valores altos e incluso niveles ilimitados de emisiones, a frecuencias específicas y por ello pueden causar considerables problemas de inmunidad en otros equipos y posibles riesgos de salud graves para sus operadores. Cuando se incorporan en una máquina final, en la que no puede aplicarse la norma EN 55011, los productos ISM pueden provocar emisiones excesivas, que llevan al incumplimiento de la CEM y pueden ser necesarias mejoras de CEM y probablemente algunas pruebas adicionales.

Comprobación de las instrucciones de instalación

Para que un componente alcance realmente unos buenos resultados de CEM, es necesario instalarlo por completo de acuerdo con las instrucciones detalladas de su proveedor. Esto es muy importante para la CEM, porque puede estar fácilmente comprometida simplemente por el uso de un tipo erróneo de cable o conector, o por una conexión incorrecta de un blindaje de un cable apantallado usando una "trenza" ("pigtail"). Deben evitarse los proveedores de productos electrónicos complejos que no puedan proporcionar las instrucciones detalladas de su instalación.

Un gran problema para muchos de los proyectos de ingeniería a medida, llaves en mano, es que en la instalación no se suele seguir las instruc-

ciones detalladas de los proveedores de sus componentes y se prefiere utilizar lo que se considera como "las mejores prácticas". Muchas de estas prácticas han sobrevivido sin cambios durante muchos años o más y deben actualizarse con las mejores técnicas actuales, considerando que los sistemas usan frecuencias más altas que antes.

En las instrucciones de uso de los componentes de los proveedores se deben comprobar las limitaciones o las instrucciones inadecuadas e inaceptables, tales como lo visto en la vida real:

- "No utilice este producto si causa interferencias".
- "No use este producto donde pueda ser interferido".
- "Si se producen interferencias, añada un filtro y / o añada una caja metálica".
- "Este producto puede requerir un reinicio manual después de una interferencia transitoria".
- "Este producto puede fallar cuando se expone a transitorios y sobretensiones".

Las instrucciones de montaje e instalación de los componentes también deben revisarse para ver si especifican cables caros o conectores exóticos, filtros adicionales, blindajes o condiciones ambientales inusuales. Esto puede afectar significativamente al coste y a los plazos del proyecto en general. Es una buena razón para leer con cuidado los manuales de instalación antes de tomar la decisión de comprar el componente y no después.

Por ejemplo, el momento adecuado para descubrir que el cable que se necesita para cumplir con la CEM según las instrucciones del proveedor, sólo está disponible bajo un pedido especial, tiene 3 meses de plazo de entrega, tiene una cantidad mínima de pedido de 2 kilómetros y los costos son elevados, es antes de realizar el pedido del componente. En su lugar se puede optar por un proveedor diferente, cuyo producto puede costar más, pero permite tener más beneficio en el proyecto al no necesitar ese cable especial más caro. El peor momento para descubrir los hechos negativos expuestos es cuando se acaba de instalar en el producto final y se descubre que además no funciona correctamente.

Comprobación de los resultados de pruebas y certificados

Los informes de las pruebas de los componentes pueden ser demostrativos de sus prestaciones de CEM. Los comentarios en los informes de ensayo tales como "esta parte de la norma no se cumple ..." son muy reveladores. Los resultados completos y positivos de un laboratorio de pruebas acreditado son la prueba más convincente. Los ensayos de CEM pueden ser imprecisos. Incluso en los buenos laboratorios acreditados se experimentan diferencias de $\pm 4\text{dB}$ a $\pm 6\text{dB}$ cuando miden el mismo aparato debido a las imprecisiones de la norma y los equipos e instalaciones de los laboratorios.

La realización correcta de las pruebas de CEM no es fácil. En algún caso muy improbable podría llegar a ocurrir que algún laboratorio negara la conformidad de forma incorrecta a un equipo bien diseñado. Los resultados completos de las pruebas deben incluir: la identificación exacta del modelo y versión del componente probado, dibujos detallados o fotografías de las configuraciones de las pruebas, las descripciones de cómo se llevaron a cabo, la lista de los equipos de prueba utilizados y sus fechas de calibración y si el aparato pasó o no pasó la prueba. El informe debe ser firmado por el ingeniero de pruebas del laboratorio. Los informes de CEM deben incluir los gráficos que muestran que las emisiones están cómodamente por debajo de las líneas límite de la norma, así como los criterios de respuesta funcional de los ensayos de inmunidad. Estos informes deben ser revisados con el siguiente criterio:

- ¿Están de acuerdo con las instrucciones detalladas de instalación de CEM del proveedor? Se debe tener cuidado especial en el uso de tipos especiales de cables o conectores o el uso de ferritas.
- ¿Las configuraciones de las pruebas son como la configuración que se va a utilizar en la máquina final? Comprobar especialmente la falta de algunos cables externos. Los cables suelen crear los mayores problemas de CEM y dejándolos fuera suelen dar mejores resultados. Esta estrategia no es correcta y es engañosa.
- ¿Se han elevado los límites de las

emisiones a cumplir de forma consciente cambiando los procedimientos, métodos o montajes de las pruebas para pasarlas más fácilmente? Esta práctica no es aceptable.

- ¿Se han reducido los límites de inmunidad de forma consciente cambiando los procedimientos, métodos o montajes de las pruebas para pasarlas más fácilmente?. Esta práctica tampoco es aceptable.

En todos los informes de los ensayos de CEM, nos debemos asegurar de que no hay comentarios negativos a lo largo de sus líneas tipo: "el producto cumple las normas cuando ...". No es raro que los ingenieros del proveedor añadan medidas correctivas durante las pruebas en el laboratorio y que el ingeniero de pruebas lo referencie en el informe. Entonces, puede suceder que estas medidas correctivas provisionales queden "olvidadas" y no se apliquen cuando el aparato va a producción. Así, los componentes en producción no cumplirán con la Directiva de CEM. A veces, los proveedores ofrecen un certificado de pruebas realizadas en su propio laboratorio de pruebas. La auto certificación es totalmente legal si se realiza correctamente. Los logotipos de agencias de prueba, como VDE, SEMKO, DEMKO, NEMKO, UL, CSA, SEV, BSI, AENOR, etc, también pueden aparecer en el producto o en su documentación. Sin embargo, hay ejemplos de proveedores fraudulentos que marcan sus productos con logotipos de agencias o la marca CE, sin tener esa aprobación de la agencia o laboratorio correspondiente. En algunos casos se modifica engañosamente el informe de ensayos de laboratorio para cubrir un producto que no se ha comprobado. Así que siempre sería mejor confirmar todos los certificados sospechosos con el laboratorio de pruebas de CEM, especialmente cuando el tema en cuestión parece tener un precio excesivamente bajo. Lo más fácil es enviar el supuesto informe de ensayo al laboratorio de prueba correspondiente y pedirles que confirmen que es 100 % auténtico y sin alteraciones.

Control del proceso de calidad en los proveedores

El hecho de que un proveedor haya tenido un prototipo probado que

haya pasado las pruebas de CEM no prueba nada en absoluto acerca del comportamiento EM de cualquiera de las otras unidades del mismo modelo en producción.

Incluso cuando un proveedor tiene un sistema de calidad ISO 9000, por sí mismo no es garantía de que sus productos estándar suministrados al fabricante de la máquina final, tengan un buen rendimiento de CEM en absoluto. Lo único que significa es que la empresa es auditada según su manual de calidad.

Por lo tanto, es importante conocer cuál es su manual de calidad y saber si en él se realiza adecuadamente el mantenimiento de las prestaciones de CEM especificadas en la producción.

Por ejemplo, pueden haber cambios de comportamiento EM al haber cambios entre versiones antiguas y nuevas, donde los cambios pueden ser el tipo de cable y su instalación, o un cambio en el blindaje o caja, incluso que cambie el fabricante de un mismo tipo de chip. Una misma referencia de chip si se cambia de fabricante podría llegar tener problemas en circuitos críticos debido a su distinto diseño interno.

Para controlar a nivel de CEM el funcionamiento de los productos en fabricación, el proveedor debe demostrar tener controles sobre los cambios de diseño y su paso a producción, los procesos constructivos, los rediseños y las actualizaciones, también en lo que se refiere a todos los problemas de CEM.

Incluso con todos estos controles, una serie de aparatos aún podría estar sin control y esto hace que sea necesario para los proveedores tener una política de pruebas basada en muestras de la producción (así lo demanda la Directiva de CEM).

Cuanto mejor sean los controles de los proveedores respecto a su diseño en los departamentos de compras, producción y post-venta, menor será la necesidad de realizar pruebas por muestreo de los componentes.

A las empresas con un procedimiento de "homologación de proveedores" les resultará bastante fácil añadir los requisitos adicionales para garantizar que las pruebas de CEM proporcionadas por el proveedor tienen alguna posibilidad de ser representativas de los artículos comprados en la realidad.

Instalación de los componentes en la máquina

Aunque todos los componentes a instalar en la máquina final cumplan correctamente con la CEM y estén marcados CE, hay un mínimo de reglas de buena instalación a tener en cuenta para asegurar el cumplimiento de CEM de la máquina completa.

Los armarios deben unirse con una buena continuidad eléctrica, evitando los aislamientos producidos por la pintura. Las puertas de los armarios se conectarán al bastidor con trenzas de cobre lo más cortas y anchas que sea posible en sus conexiones a tierra. Nunca se deben usar cables para conectar a tierra las diferentes partes de la máquina. Se deben usar solo trenzas de cobre planas, por tener menor inductancia. Nunca utilizar dos planos de tierra diferentes, a menos que se conecten muy bien en alta frecuencia. Procurar que todas las partes metálicas de la máquina estén bien conectadas a tierra para obtener la menor caída de tensión entre ellas.

Los contactores, relés, electroválvulas, etc. instalados en los armarios necesitarán dispositivos supresores de sobretensiones en las bobinas, como pueden ser circuitos RC, varistores o diodos rápidos. Los cables de señal deben entrar en el armario separados de los cables de potencia, cada tipo por un lado distinto en el armario.

Todos los cables no apantallados de un mismo circuito deben ser pares trenzados señal-retorno para evitar el efecto antena. Esto es válido tanto para cables de potencia para evitar demasiadas emisiones como para cables de señal para evitar problemas de inmunidad. Si se trata de cables trifásicos de potencia también se deben trenzar entre ellos y a ser posible apantallados. Conectar los hilos conductores no utilizados en las mangueras a la masa del armario en los dos extremos para conseguir un efecto de pantalla extra. La longitud de los cables debe ser lo más corta que sea posible para evitar inductancias y capacidades de acoplamiento adicionales. Los cables tienen que estar lo más cerca posible de la masa del armario o sobre las chapas de montaje para reducir los efectos de diafonía y radiación. Los cables de señales y de potencia tienen que estar separados con una distancia mínima de 20cm. o

separados con una chapa o conducto metálico, poniendo el elemento separador a tierra en diferentes puntos del recorrido. Las pantallas de cables digitales y de potencia se deben poner a tierra en los dos extremos, controlando la equipotencialidad en los dos extremos. Si hubiera desequilibrio de potenciales en los dos puntos de tierra se tendría que conectar un cable en paralelo de sección mínima de 10mm² para reducir la corriente en la pantalla. Si el cable es muy largo, la pantalla del cable debe conectarse a masa cada $\lambda/4$, siendo λ la longitud de onda de la señal con mayor frecuencia que circule por ese cable. Las pantallas de cables con señales analógicas se pueden conectar en los dos extremos solo si hay una buena equipotencialidad. La conexión de un solo lado de la pantalla, evita el acoplamiento capacitivo (de campo eléctrico) de perturbaciones de baja frecuencia como puede ser el ruido de 50Hz, pero no evita el acoplamiento magnético. La conexión del blindaje en un solo lado se realizará en el lado del armario eléctrico. Los cables con pantallas trenzadas tienen un mejor blindaje que los cables con pantallas laminadas. La mejor forma de conectar las pantallas de los cables blindados es con conectores que puedan conectar la pantalla en sus 360°. Se debe evitar el uso de trenzas de cobre ("pigtailes") porque deterioran mucho las prestaciones de los blindajes. Instalar todo el cableado de una manera reproducible (fija) cerca del plano de tierra/masa de la máquina, usando bandejas o conductos metálicos que deben ser instalados de forma continua, sin cortarlos.

Conclusiones

Las recomendaciones aquí presentadas, por lo general, requieren más trabajo a los diseñadores de lo que pueden estar acostumbrados, pero deben ser vistas como un método para mejorar la calidad, reducir los riesgos económicos y evitar la pérdida de buena imagen. Siempre lo mejor es hacer las pruebas de CEM de la máquina final para estar seguros de su cumplimiento. Pero si no es posible por cualquier razón, realiza las pruebas de CEM, los pasos a seguir son:

1. Revisar todos los informes de los ensayos de CEM de los componentes

a incorporar y verificar específicamente el caso peor o al menos una prueba representativa de la aplicación deseada en la máquina final.

2. Revisar todos los resultados de las emisiones radiadas y conducidas de todos los componentes, pensando en el entorno y las prestaciones EM de la máquina final.

3. Las emisiones radiadas de los componentes seleccionados deben estar a -6 dB o más por debajo de los límites de las normas a aplicar a la máquina final en todo el rango de frecuencias.


4. Las emisiones conducidas de los componentes seleccionados deben estar a -3 dB o más por debajo de los límites de las normas a aplicar a la máquina final en todo el rango de frecuencias.

5. Comprobar todos los cables, clasificarlos y garantizar las distancias mínimas aceptables, conectarlos correctamente y fijarlos bien.

6. Asegurar que las impedancias de instalación son similares a las impedancias utilizadas típicamente en los ensayos de CEM de los componentes (impedancias y terminaciones de cables).

7. Evitar cualquier resonancia en los cables.

8. Definir bien la arquitectura de tierras y masas de la máquina final y realizar correctamente sus conexiones. Utilizar buenas prácticas de fabricación, tales como un único plano de masa que abarque todos los subconjuntos.

9. Preparar el archivo de construcción técnica (TCF), justificando muy bien como se ha asegurado el cumplimiento de la CEM y porque no se han podido realizar las pruebas. 

REFERENCIAS

- Foros de discusión sobre compatibilidad electromagnética en LinkedIn
- REO UK, *Good Practices in the Design and Construction of Fixed Installation*
- Tim Williams and Keith Armstrong, "EMC for systems and installations", *Newnes*, 2000
- *Electromagnetic Compatibility for Functional Safety, The Institution of Engineering and Technology (IET)*, 2008
- *Fixed Instalaltions, part 4, Guide for the EMC Directive 2004/108/EC (8th February 2010)*. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/documents/emc/guidance/index_en.htm#!
- Francesc Daura, *Marcado ce + marcado ce ≠ marcado ce: concepto aplicado a máquinas, sistemas complejos o instalaciones fijas*, *Revista Española de Electrónica*, Septiembre 2013,
- Francesc Daura, *El mito de las conexiones de los cables apantallados*, *Revista Española de Electrónica*, Julio 2013
- *CE Marking for Machinery, TUV*, <http://www.youtube.com/watch?v=-zsTVQRS-Q9U>

www.cemdal.com



CONTACTO:
Francesc Daura
fdaura@cemdal.com
Taronger 12
08192, Sant Quirze del Vallès
T: 93 600 455 492



En **CEMDAL** ofrecemos servicios de consultoría de diseño óptimo en **Compatibilidad Electromagnética (CEM)**, con buenas prestaciones, calidad y costes para todos los sectores de la industria electrónica, aplicable en cualquier momento del ciclo de desarrollo de sus productos.

Nuestra experiencia en diseño, desarrollo y solución a problemas de **Compatibilidad Electromagnética** en sistemas electrónicos, nos permite ofrecer nuestros servicios a empresas que necesitan ayuda con **flexibilidad, diligencia y fiabilidad** en los resultados. **Garantizamos los resultados positivos** en las pruebas de laboratorio de **CEM**.

SERVICIOS Y SOLUCIONES A PROBLEMAS DE CEM



SERVICIO
PREVENTIVO



COMPLETO:
MERCADO CE



EMISIONES E
INMUNIDAD

