

Los condensadores en el automóvil se robustecen para su funcionamiento bajo el capó

Artículo cedido por Kemet



www.kemet.com

Autora: Adriana Sanchez, Gerente de Producto Automotriz. KEMET Corporation

La creciente importancia de la electrónica en los vehículos modernos es una tendencia bien consolidada. A medida que hay más componentes electrónicos a bordo, la confiabilidad de cada uno de los dispositivos determina la confiabilidad de subsistemas importantes, e incide fuertemente sobre la experiencia global del propietario del vehículo. La confiabilidad del componente se ve influida por las condiciones ambientales, entre las cuales se encuentran no tan solo los esfuerzos de tipo eléctrico y las elevadas temperaturas de funcionamiento sino también a los ciclos térmicos, temperaturas bajo cero, alta humedad, lluvia, hielo, nieve y productos químicos adversos como la sal para carreteras, aceite, combustible y fluidos hidráulicos. También puede haber grandes esfuerzos mecánicos como vibración, que pueden comprometer terminaciones y conexiones internas.

Se espera que la electrónica instalada resista todos estos esfuerzos y funcione de manera confiable durante la vida operativa del vehículo, que suele ser de varios años.

Confiabilidad bajo presión

Es bien conocido que el entorno del automóvil es especialmente severo. En las aplicaciones "bajo el capó", dispositivos electrónicos como los sensores se instalan cada vez más cerca del motor y los sistemas de transmisión y frenado, para que supervisen parámetros como el estado del aceite, la marcha seleccionada y la composición de los gases de es-

cape. Las temperaturas en estos puntos pueden superar los 125°C. Transitorios eléctricos de gran tamaño pueden estar presentes, esto debido a la conmutación de un gran número de cargas eléctricas, entre ellas cargas altamente inductivas como lo son los motores eléctricos.

Estos factores influyen de forma significativa en la selección de los condensadores, que se utilizan muy frecuentemente en sensores y unidades de control electrónico por todo el vehículo, también bajo el capó, para funciones como filtrado, desacoplamiento, eliminación de transitorios de tensión y almacenamiento de energía. Los condensadores cerámicos multicapa (Multi-Layer Ceramic Capacitors, MLCC) constituyen una opción económica y bien conocida para estos circuitos. El MLCC es un condensador no polarizado y formado por dos terminaciones metálicas, cada una de ellas conectada a múltiples electrodos interiores de níquel separados por un dieléctrico cerámico que puede ser un material de clase I, II o III. Las terminaciones pueden ser de un metal común, como el cobre, o de un metal precioso. La Figura 1 muestra la construcción interna de un MLCC típico.

La exposición a altas temperaturas y esfuerzos de tipo eléctrico que superan los límites nominales del dispositivo pueden afectar la confiabilidad del material dieléctrico. Esta degradación debido al esfuerzo eléctrico se puede predecir tomando como referencia el modelo de potencia inversa. Según este modelo, la vida operativa del dieléctrico disminuye al aumentar el campo eléctrico debido a las fuerzas ejercidas por el campo sobre

los átomos cargados. Por otro lado, la degradación resultante de la temperatura excesiva cumple la ley de Arrhenius. Ésta describe una tendencia exponencial controlada por la temperatura aplicada y la energía de activación, que es una propiedad del material. Cuando los dispositivos se utilizan dentro sus límites nominales, los diseñadores pueden confiar en las predicciones de vida operativa del fabricante, que se basa en los resultados de las pruebas ambientales así como en los cálculos de confiabilidad.

El desarrollo de los MLCC para aplicaciones del automóvil se centra en mejorar las propiedades dieléctricas para minimizar la degradación de forma que se puede garantizar que los dispositivos garanticen unas prestaciones satisfactorias para la típica vida operativa exigida por el diseño.

Dieléctricos para estabilidad en la capacitancia

Hay que prestar atención para asegurar que el condensador escogido proporcione la capacidad deseada a la temperatura de funcionamiento prevista. Dependiendo del tipo de dieléctrico, la capacidad puede verse reducida a altas temperaturas, lo cual genera cambios de la respuesta en frecuencia que dan como resultado un rendimiento imprevisible para un circuito sintonizado, como un filtro.

El dieléctrico COG es un material de clase I. Los dieléctricos de este tipo están compensados en función de la temperatura y por tanto se recomienda su aplicación en circuitos resonantes o para los cuales Q y la estabilidad de la capacitancia son requeridas. Los condensadores de KEMET de clase COG de grado automotriz no muestran cambios en su capacitancia con respecto al tiempo y el voltaje. Además, el cambio de capacitancia con respecto a la temperatura ambiente se considera insignificante a ± 30 ppm/°C entre -55°C y +125°C. Al ofrecer una estabilidad tan elevada, estos dispositivos resultan óptimos para aplicaciones en circuitos de sintonización, alta corriente o aplicaciones de pulso eléctrico, y en circuitos en los cuales las pérdidas son muy importantes, así

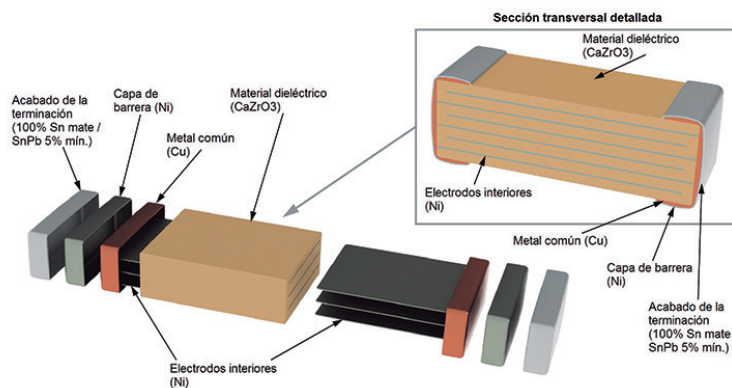


Figura 1. Típica estructura interna de un MLCC.

como para desacoplamiento, puenteo, filtrado, supresión de transitorios de tensión, bloqueo y almacenamiento de energía.

Por otra parte dieléctricos de clase II como X7R permiten valores elevados de capacitancia en componentes de pequeñas dimensiones. Esto hace que se utilicen con frecuencia en una gran variedad de aplicaciones, como las unidades de control con limitaciones de espacio en el automóvil. Al tratarse de un material de clase II, X7R se caracteriza por un cambio previsible de la capacitancia respecto al tiempo y el voltaje. Los MLCC de X7R de KEMET homologados para el automóvil (AEC-Q200) exhiben una pequeña variación de la capacitancia con respecto a temperatura ambiente inferior al $\pm 15\%$ entre -55°C y $+125^\circ\text{C}$. Estos dispositivos están indicados para aplicaciones de puenteo y desacoplamiento, o para circuitos discriminadores de frecuencia, donde Q y la estabilidad de las características de la capacitancia no tienen una gran relevancia. El dieléctrico tiene una temperatura máxima de funcionamiento de 125°C . En aplicaciones que exijan una mayor estabilidad frente a la temperatura, se puede utilizar la circuitería del buffer para estabilizar el comportamiento del sistema. Como alternativa se pueden implementar tablas de consulta por software para ajustar las constantes más relevantes.

Para aplicaciones críticas en las cuales la confiabilidad y estabilidad de la capacitancia a altas temperaturas de funcionamiento pueden ser un problema, el dieléctrico Ultra-Stable X8R proporciona la tecnología más avanzada en aplicaciones bajo temperaturas extremas.

La variación de capacidad se limita al $\pm 15\%$ desde -55°C hasta la temperatura máxima de 150°C . Además, los condensadores Ultra-Stable X8R no experimentan cambios de capacitancia respecto al voltaje aplicado.

Una de las patentes más reconocidas de KEMET es el dieléctrico COG para altas temperaturas, que es capaz de ofrecer una capacitancia constante a temperaturas superiores a 200°C . La Figura 2 indica la variación de la capacitancia entre -60°C y 200°C comparando los condensadores para altas temperaturas COG con electrodo de metal común (Base-Metal Electrode, BME) frente a los condensadores X7R y X8R de 150°C con electrodo de metal precioso (Precious-Metal Electrode, PME). Este diagrama ilustra la importancia que tiene deter-

minar la capacitancia efectiva de un dispositivo elegido para la temperatura de funcionamiento prevista. Dependiendo de la tecnología del dieléctrico, la capacitancia se puede deteriorar a temperaturas más altas. Cuando se utiliza un dispositivo X7R o X8R es posible que se necesite una capacitancia nominal más alta para asegurar la capacitancia requerida cuando el dispositivo se encuentra a su temperatura típica de funcionamiento. Se puede escoger un dispositivo con una capacitancia nominal más baja, y por tanto de menor tamaño, si se utiliza un condensador COG para altas temperaturas. Esto puede permitir que las dimensiones totales sean reducidas, lo cual puede ser importante para aplicaciones específicas.

Encapsulado de confiabilidad mejorada

La resistencia a la vibración en las aplicaciones del automóvil también se puede mejorar mediante una combinación de selección del material y construcción del condensador. Se han desarrollado materiales COG con una elevada resistencia a la ruptura y capaces de resistir choques con fuerzas G muy altas. El módulo de ruptura puede ser más de dos veces superior al mejor material X7R de la industria.

Las grietas por flexión provocadas por los excesivos esfuerzos de tensión y desgaste generados cuando se flexiona la placa de circuito impreso, o durante ciclos térmicos, son el principal motivo de fallo de los MLCC. KEMET ha desarrollado los MLCC de terminación flexible (FT-CAP), que incorporan una resina epoxi conductora de plata entre el metal común y las capas de la barrera de níquel del sistema de terminación estándar. Esto añade flexibilidad además de conservar la resistencia de la terminal, su capacidad de soldadura y su rendimiento eléctrico. También hay disponibles condensadores de tecnología Fail-Open, FO-CAP X7R y FE-CAP X7R de KEMET, con o sin terminaciones flexibles, diseñados para minimizar la probabilidad de una baja resistencia de aislamiento o de un cortocircuito en el caso de que se produzca un fallo del dispositivo debido a la flexión de la placa. El diseño interno de estos condensadores evita que las grietas se propaguen a través de los electrodos dentro del área activa del dispositivo, que es donde es más probable que una grieta provoque

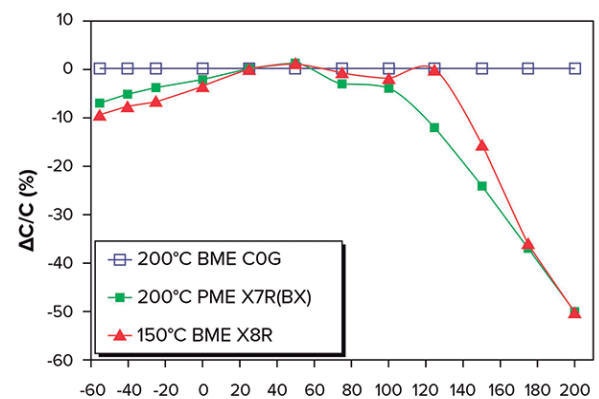


Figura 2. Comparación de la estabilidad frente a la temperatura (sin polarización de CC).

un cortocircuito provocando así el fallo del dispositivo. Si se producen grietas el condensador puede sufrir una caída de su capacitancia pero se evita la posibilidad de un fallo catastrófico.

Como alternativa, un condensador apilado como la serie KPS HT de KEMET combina dos o más condensadores apilados verticalmente y unidos por un marco conductor (leadframe) que minimiza de manera efectiva el esfuerzo mecánico y térmico en los MLCC. Este tipo de dispositivo también proporciona altas capacitancias con la misma huella en la tarjeta electrónica que un solo MLCC.

Los dispositivos con terminales de alambre, como los MLCC con terminales radiales moldeados, también proporcionan alta tolerancia a los esfuerzos que pueden provocar fallos en los condensadores cerámicos convencionales.

La flexibilidad de los terminales de alambre ofrece protección frente a tirones, pero la conexión de los terminales debe ser capaz de resistir elevadas temperaturas de funcionamiento. Los MLCC COG de KEMET C052H y C062H con terminales radiales moldeados de alambre para altas temperaturas se montan utilizando una soldadura con un elevado punto de fusión (High Melting-Point, HMP) para asegurar la integridad de todas las conexiones de los terminales.

Conclusión

Gracias a la amplia oferta de dieléctricos avanzados para altas temperaturas que ofrecen una larga vida operativa y una elevada estabilidad, así como diversas tecnologías de encapsulado resistente, los diseñadores actuales de electrónica para el automóvil disponen de MLCC que proporcionan la combinación precisa de rendimiento, confiabilidad y longevidad, todo ello al precio adecuado.