

Scelta dei condensatori ceramici per applicazioni automobilistiche e nei veicoli EV/HEV

Naoyuki Kobayashi
Senior product manager
Murata Europe

Le vendite di veicoli elettrici (EV- electric vehicle) e veicoli elettrici ibridi (HEV- hybrid electric vehicle) hanno avuto un notevole incremento nell'ultimo decennio e l'uso della tecnologia ibrida con propulsore tradizionale a combustione interna e motore elettrico si va sempre più diffondendo in ambito automobilistico

Questa crescita sta generando una forte domanda di componenti elettronici da parte dei produttori di automobili in quanto nei nuovi veicoli parti o funzionalità che in precedenza erano prevalentemente meccaniche sono state sostituite da dispositivi elettrici o elettronici.

Un altro fattore che sta favorendo l'aumento della domanda all'interno dell'industria automobilistica è la sempre crescente attenzione all'incremento dell'efficienza dei veicoli con motore tradizionale a combustione interna. L'adozione di funzionalità quali "start & stop", recupero dell'energia dall'azione frenante e la diffusione dei sistemi ibridi sono alcuni dei fattori che stanno alla base della forte richiesta di componenti estremamente affidabili e stabili.

I circuiti elettronici per la gestione della potenza, gli inverter e i convertitori DC/DC sono parte integrante delle applicazioni EV/

		Cap Range	Impedance /ESR chara	Temp chara	High Voltage Resistance	Reliability
AL	Electrolytic	⊙	×	×	○	×
	Organic	○	○	⊙	×	○
	Polymer	○	○	⊙	×	○
TA		○	△	⊙	△	△
FILM		×	⊙	⊙	⊙	⊙
Ceramic		○	⊙	△	⊙	⊙

⊙ : Excellent, ○ : Good, △ : Normal, × : Bad

Fig. 1 - Confronto tra le caratteristiche principali dei vari tipi di condensatori

HEV - essi vengono impiegati ad esempio nel compressore e nella pompa dell'acqua nel sistema di raffreddamento del motore - ragion per cui si trovano a operare in un ambiente particolarmente gravoso come quelle del motore. A parte i requisiti in termini

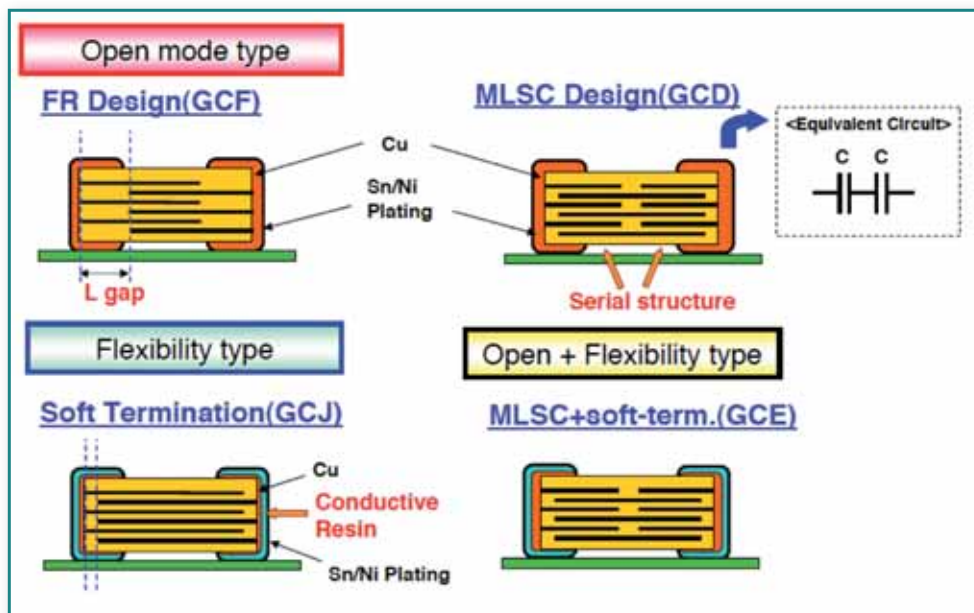


Fig. 2 - I condensatori delle serie GJ e GCE di Murata utilizzano terminazioni di tipo "soft"

che va per la maggiore è lo 0603, sebbene l'adozione del formato 0402 stia aumentando a ritmi sostenuti; infine è molto probabile che il formato 0201 guadagnerà quote di mercato nei prossimi anni.

La scelta del condensatore

Oltre alle dimensioni, altri elementi importanti del processo di scelta di un condensatore per applicazioni automobilistiche sono l'affidabilità e le caratteristiche elettriche, come la capacità di gestire correnti e tensioni di valore elevato. Il primo passo è l'esame di que-

di affidabilità, gli altri vincoli prevedono la minimizzazione delle dimensioni e del peso, in modo da ottimizzare sia i consumi di carburante sia lo spazio a disposizione dei passeggeri.

Il ruolo dei condensatori

Come dispositivi essenziali di tutti i circuiti elettronici, migliaia di condensatori sono presenti a bordo delle moderne automobili. Sicuramente i condensatori ceramici possono vantare dei punti di forza rispetto ad altre tecnologie sia per i circuiti elettronici di potenza sia per i circuiti standard utilizzati nelle applicazioni automobilistiche.

Ciò è suffragato dal fatto che i dispositivi ceramici hanno guadagnato gradualmente quote di mercato, generalmente a scapito dei condensatori al tantalio e in alluminio. In tutti i tipi di applicazione, quella ceramica è la tecnologia predominante per valori di capacità di 1, 10 e 100 μF , mentre i condensatori in alluminio e al tantalio prevalgono nettamente per valori di capacità di 1000 μF : per valori superiori si utilizzano dispositivi in alluminio. Una tendenza del tutto analoga si riscontra nel comparto automobilistico: i condensatori ceramici possono vantare una quota di mercato superiore al 90% per capacità fino a 10 μF , mentre si sta assistendo a una rapida crescita per i dispositivi con valori di capacità di 22 e 47 μF .

Nel caso dei condensatori MLCC si evidenzia una continua corsa verso la riduzione di peso e dimensioni, fattore questo di estrema importanza per le applicazioni EV/HEV. Ovviamente sono i mercati consumer, in particolar modo quello dei dispositivi mobili, a richiedere dispositivi sempre più piccoli e sottili; il formato 0402 è il package più diffuso, mentre il formato 0201 si sta rapidamente affermando e diverrà predominante nel prossimo decennio. L'industria dell'auto, in ogni caso, è più "tradizionalista": il formato

ste caratteristiche (Fig. 1). Complessivamente i dispositivi ceramici rappresentano la scelta migliore in termini di affidabilità, resistenza alle alte tensioni, impedenza ed ESR (Equivalent Series Resistance - Resistenza Equivalente Serie). Anche se caratterizzati da un intervallo di capacità inferiore, una menzione deve essere fatta per i condensatori a film la cui presenza è richiesta per applicazioni specifiche in campo automobilistico come nel caso dei condensatori per i circuiti DC-link - con valori nominali di capacità e tensione di 600 $\mu\text{F}/600\text{ V}$ - utilizzati nei circuiti per la conversione di potenza. Se si confrontano le prestazioni di un condensatore MLCC (Multi-Layer Ceramic Chip - condensatori miniaturizzati ceramici multistrato) da 1 μF rispetto a quelle di dispositivi al tantalio e in alluminio da 10 μF , il condensatore ceramico garantisce prestazioni assimilabili, se non addirittura migliori, in termini di gestione della tensione; ciò significa che i produttori automobilistici possono sostituire un condensatore al tantalio da 10 μF con un MLCC da 1 μF . I condensatori ceramici multistrato sono inoltre caratterizzati da un'impedenza minore rispetto ai dispositivi al tantalio e in alluminio alle frequenze più elevate (e per valori di capacità più bassi).

Un altro elemento da tenere in considerazione sono le migliori prestazioni per quel che riguarda l'autoriscaldamento interno, imputabili al fatto che gli MLCC hanno un valore più basso della resistenza equivalente serie rispetto ai dispositivi al tantalio e in alluminio negli intervalli di frequenza più elevati. L'alta tensione di rottura (breakdown) degli MLCC si traduce in una maggiore affidabilità. I condensatori ceramici multistrato, inoltre, possono garantire un certo numero di vantaggi rispetto agli analoghi dispositivi al tantalio e in alluminio, tra cui eccellente assorbimento del rumore, MTTF (Mean Time To Failure) più elevato e ridotte (se non nulle) variazioni della capacità in intervalli estesi di fre-

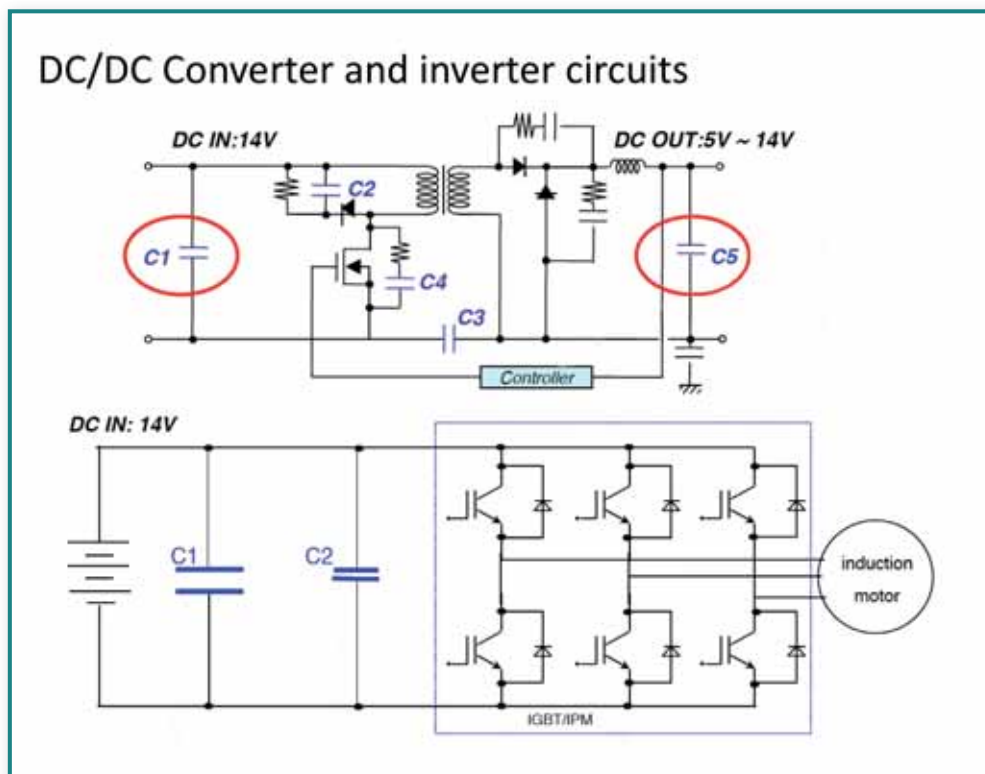


Fig. 3 - I condensatori con terminazioni metalliche sono utilizzate negli inverter e nei convertitori DC/DC per applicazioni EV/HEV

quenza (sebbene la capacità di un MLCC subirà delle variazioni in ambienti dove sono presenti temperature elevate).

Minimizzazione dei rischi di corto circuiti

Uno degli aspetti più critici per i condensatori ceramici nelle applicazioni automobilistiche è la prevenzione dei corto circuiti. Se sottoposto a sollecitazioni meccaniche di notevole intensità, provocate da flessioni della scheda o ampie escursioni di temperature, il corpo del condensatore può incrinarsi e provocare un corto circuito. Poiché la modalità di guasto di un condensatore ceramico può essere rappresentata da un corto circuito, il caso peggiore è quello relativo a un condensatore collegato direttamente alla batteria che, nel caso si verificasse questo evento, potrebbe provocare la bruciatura della scheda.

Per questo motivo buona parte delle attività di R&D di Murata si sono concentrate sullo sviluppo di soluzioni in grado di evitare il verificarsi di questa condizione. Ad esempio le recenti serie di condensatori ceramici multistrato GCI e GCE sono state espressamente ideate per garantire una resistenza adeguata ai fenomeni di flessione, vibrazione e di elevate temperature che si sviluppano nel vano motore in modo da assicurare la continuità di funzionamento (fail safe) in presenza di corto circuiti. Questi innovativi dispositivi utilizzano una terminazione di tipo 'soft' per il corpo

ceramico (Fig. 2). La resina conduttiva sugli elettrodi esterni agisce alla stregua di un cuscino al fine di assorbire sollecitazioni meccaniche eccessive imputabili a flessioni della scheda o a cicli di temperatura, impedendo quindi l'incrinatura del corpo del condensatore. Oltre a ciò, l'approccio MLSC (multi layer serial capacitor) adottato nei condensatori della famiglia GCE prevede l'impiego di una armatura interna di tipo flottante (floating) che genera un circuito equivalente di due condensatori in serie. Per tale motivo risulta molto improbabile il verificarsi di un corto circuito dovuto al guasto di un componente.

Dispositivi per alte temperature

Solitamente la massima temperatura di funzionamento

per i condensatori ceramici è pari a 125 °C, mentre nelle applicazioni automobilistiche sono richiesti componenti in grado di operare a temperature di 150 °C (o anche superiori). Nei veicoli tradizionali (quindi non di tipo EV/HEV) i produttori, per contenere le dimensioni complessive del veicolo, tendono in misura sempre maggiore a integrare i circuiti elettrici "sotto il cofano", dove si sviluppano temperature elevate. Murata ha già sviluppato dispositivi in grado di operare a 150 °C, come ad esempio gli MLCC della serie GCM X8R o quelli della linea RH da utilizzare per il filtraggio del rumore nei vari sensori delle ECU (Engine Control Unit).

Condensatori con terminazioni in metallo per uso automobilistico

L'introduzione dei condensatori ceramici con terminazioni in metallo ha rappresentato una tappa importante per garantire un livello di affidabilità più elevato. Questi nuovi dispositivi con pin metallici sono ideali per soddisfare i requisiti dei veicoli EV/HEV, dei sistemi di "start & stop" e delle applicazioni che prevedono il recupero dell'energia, anche se essi sono stati in origine richiesti da altri mercati oltre a quello automobilistico, come ad esempio quelli dell'illuminazione a LED e delle stazioni base usate nel campo delle telecomunicazioni per consentire di affrontare in maniera efficace problematiche quali incrinature imputabili al

processo di saldatura, flessione della scheda e anche al rumore acustico. Nel caso di applicazioni automobilistiche, il problema principale è probabilmente l'incrinatura dovuta alla saldatura.

Questo fenomeno ha assunto una particolare rilevanza a causa dell'uso di paste per saldatura di tipo lead free (ovvero senza piombo), solitamente più dure rispetto alle paste tradizionali. In un test di shock termico, dopo 2.000 cicli, possono verificarsi incrinature tra la ceramica e il terminale di saldatura. I condensatori con terminazioni in metallo, comunque, possono garantire un comportamento migliore rispetto ai condensatori MLCC standard a causa dell'azione elastica dei pin di metallo, che contribuiscono ad assorbire le sollecitazioni imputabili ai fenomeni meccanici e termici, conferendo quindi una maggiore affidabilità a questi condensatori.

Oltre a ciò, è possibile ottenere valori di capacità superiori "impilando" due MLCC, operazione che comporta l'impiego di un condensatore di dimensioni maggiori.

I condensatori con terminazioni in metallo hanno spesso contenitori di dimensioni pari a 6,1 x 5,3 mm.

Requisiti di capacità per applicazioni EV/HEV

Gli inverter e i convertitori DC/DC utilizzati in applicazioni EV/HEV richiedono dispositivi caratterizzati da elevate valori di capacità ed alta tensione. Nel diagramma esemplificativo riportato in figura 3, i condensatori di filtro C1 e C5 devono essere componenti ad alta capacità – ad esempio 25 V (47 μ F) e 35V (33 μ F). Quindi nelle applicazioni elettroniche a elevata potenza nei veicoli EV/HEV, solamente i dispositivi con terminazioni metalliche sono in grado di soddisfare questi requisiti. C2, C3 e C4 sono in ogni caso condensatori miniaturizzati standard per applicazioni automobilistiche. Nel circuito dell'inverter (si faccia ancora riferimento alla figura 3), i condensatori di livellamento (smoothing) C1 e snubber C2 (soppressore di rumore), dovrebbero essere di tipo ceramico con terminazioni di metallo.

Nel caso di applicazioni di carica della batteria dei veicoli EV/HEV mediante la rete elettrica domestica – che rappresentano un nuovo sviluppo in ambito automobilistico – per ragioni di sicurezza sarà necessario il ricorso a un componente come un condensatore di classe Y (di capacità compresa tra 100-4700 pF e tensione nominale di 250 V c.a.) a causa della connessione diretta con la linea di alimentazione.

Oltre a tutte queste tipologie di condensatori ceramici, si sta assistendo a un sensibile aumento della domanda per componenti per applicazioni sempre più specifiche, per dispositivi caratterizzati da tensioni nominali più elevate - 250, 630 V e 1 kV - ospitati in package di dimensioni sempre inferiori e capaci di assicurare livelli di affidabilità più elevati.

Tutti gli indicatori, in definitiva, evidenziano che la domanda di condensatori ceramici avanzati e innovativi da parte del settore automobilistico e del comparto dei veicoli EV/HEV è destinata ad aumentare nei prossimi anni. ■



Affidabilità dell'elettronica: un aspetto prioritario per le aziende competitive

SOLUZIONI E METODOLOGIE INNOVATIVE IN MOSTRA AD AFFIDABILITÀ & TECNOLOGIE (TORINO LINGOTTO, 18/19 APRILE 2012)

► L'evoluzione tecnologica nei mezzi di trasporto (automobili, aerei, treni, imbarcazioni) si manifesta, in particolare, nella sempre maggiore diffusione dell'elettronica: a titolo di esempio, il "valore" attuale dell'elettronica nell'auto rappresenta circa il 55% del valore totale, mentre nel 2000 era pari appena al 20%. Ciò evidenzia l'assoluta necessità di analizzare e controllare, attraverso adeguate metodologie e strumenti, l'affidabilità dei componenti elettronici, che possono influire in modo determinante sul funzionamento e sulle prestazioni del mezzo, anche in termini di sicurezza.

► L'affidabilità dell'elettronica, quindi, diventa sempre più un aspetto fondamentale da governare in molte filiere produttive e, di conseguenza, si inserisce fra le priorità delle aziende che intendono innovare per competere. Questa tematica non poteva non essere adeguatamente sviluppata da AFFIDABILITÀ & TECNOLOGIE, la manifestazione italiana dedicata alle Soluzioni e Tecnologie per l'Innovazione Competitiva, che nella prossima sesta edizione (Torino, 18/19 aprile 2012) offrirà il proprio contributo, in termini di informazione e aggiornamento, alla diffusione della "cultura dell'affidabilità" presso decisori e responsabili delle imprese manifatturiere italiane. Grazie alla presenza di primarie realtà del settore, che presenteranno soluzioni innovative sia nell'ampia area espositiva sia nel contesto di uno dei Convegni principali previsti nelle due giornate, dedicato proprio all'"Affidabilità dell'Elettronica", dove verranno proposte testimonianze e casi applicativi di concreto e attuale interesse da rappresentanti di alcune primarie aziende utilizzatrici.

Per maggiori informazioni sulla manifestazione:
www.affidabilita.eu