

L'utilizzo dei veicoli ibridi favorisce l'aumento del contenuto di elettronica nelle auto

Stefano Noseda
general manager
Farnell Italia

Mentre i motori tradizionali lasciano spazio ai veicoli elettrici, i semiconduttori a elevata potenza della prossima generazione saranno in grado di soddisfare i nuovi requisiti dell'industria automotive

Un numero sempre più significativo di veicoli ibridi-elettrici (HEV) è ora disponibile sui mercati, come dimostra il successo ottenuto ad esempio da Toyota con il modello Prius. I veicoli ibridi assicurano un maggiore risparmio energetico, grazie all'abbinamento tra la propulsione elettrica e un motore a benzina di dimensioni ridotte e all'uso di sistemi capaci di utilizzare l'energia altrimenti dispersa durante le frenate.

I veicoli ibridi rappresentano il primo passo verso macchine interamente ad alimentazione elettrica.

Il modello Leaf di Nissan è uno dei primi esempi di automobile non equipaggiata con un motore a combustione convenzionale. Il motore elettrico utilizza batterie che si caricano direttamente da una presa a muro e ha un'autonomia di 160 km. L'alimentazione elettrica domestica si affida sempre di più a fonti di energia sostenibile e la tendenza verso mezzi di trasporto elettrici, passando per gli HEV, promette



una significativa riduzione delle emissioni di gas serra.

A seguito della crescente domanda di motori per la propulsione elettrica, i semiconduttori di potenza assumono un ruolo centrale nel controllo e nella gestione dell'energia elettrica; altri, come gli IGBT ad alta potenza e i diodi rettificatori, devono adattarsi per poter fare fronte ai requisiti.

Infrastruttura HEV

Esistono due principali architetture di alimentazione per gli HEV. In un ibrido parallelo, la propulsione è fornita da un motore elettrico alimentato a batteria unitamente a un piccolo motore a benzina. Il motore a benzina ha il compito anche di ricaricare la batteria. In alter-

nativa, un ibrido seriale utilizza il motore a benzina unicamente per azionare il generatore che fornisce potenza al motore elettrico; solo il motore elettrico quindi fornisce la propulsione. Queste due architetture possono essere combinate, permettendo al motore elettrico o al motore a combustione di fornire la velocità e l'accelerazione necessaria alla guida. Questo è l'approccio utilizzato da Prius.

Le successive generazioni di HEV verranno ricaricate dalla rete elettrica e funzioneranno quasi esclusivamente sfruttando la corrente elettrica. Il motore a benzina verrà utilizzato per caricare le batterie solo laddove non sia possibile caricarle tramite la rete elettrica, come nel caso di lunghe percorrenze.

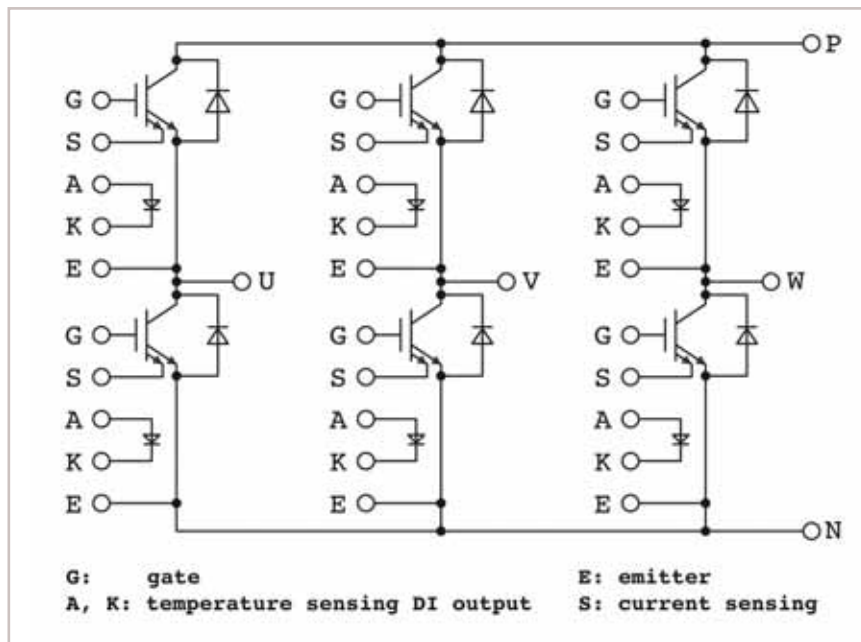
Di conseguenza, a seconda della propria architettura, un veicolo ibrido avrà almeno un motore-generatore, che ricava energia dalla batteria per fornire la propulsione e reindirizzarla nuovamente nella batteria, durante la ricarica. La batteria viene ricaricata dal motore a benzina o dal motore-generatore durante la frenata rigenerativa. Ciò richiede un certo numero di sottosistemi di potenza elettrica per generare le forme d'onda adatte per azionare l'unità come motore e per condizionare la sua uscita quando la batteria viene ricaricata.

Il veicolo ibrido richiede anche cambiamenti che interessano altri sistemi del veicolo. Quello dell'aria condizionata, ad esempio, richiede un compressore a energia elettrica invece di un compressore tradizionale alimentato da un motore a benzina. Ciò è necessario affinché l'aria condizionata continui a operare indipendentemente dal tipo di motore che fornisce la propulsione.

Conversione e condizionamento di potenza

Sinora i veicoli ibridi hanno utilizzato la tecnologia a batteria NiMH, ma in futuro verrà sostituita con la tecnologia a ioni di litio (Li-ion) che garantisce una maggiore densità di energia. In ogni caso, limiti di dimensioni e peso vincolano la tensione della batteria a un valore di circa 200 V. Per questo è previsto un convertitore boost in grado di aumentare la tensione della batteria e permettere l'azionamento della macchina. A seconda della potenza di uscita del motore, che deve consentire al veicolo di raggiungere le prestazioni previste in termini di accelerazione o velocità massima, questa tensione può raggiungere valori di 500 V. Inoltre, per un motore di 50 kW, i transistor per il convertitore boost devono avere valori nominali di almeno 100 A e 500 V.

Il componente successivo allo stadio di



conversione boost è un invertitore DC/AC che genera una forma d'onda AC trifase al valore di tensione cui questa è stata aumentata per pilotare il motore-generatore.

ome dispositivi di switching per le funzioni di convertitore e invertitore si preferisce ricorrere agli IGBT. La figura 1 riporta un invertitore tri-fase per applicazioni HEV.

Durante la frenata rigenerativa, l'uscita AC del motore-generatore (che fa da generatore) deve essere rettificata, filtrata e regolata a un valore di tensione adeguato a ricaricare la batteria.

L'uscita del generatore viene rettificata utilizzando diodi freewheel connessi in parallelo con gli IGBT dell'inverter, come illustrato in figura 1. Dal momento che la potenza generata durante la frenata è proporzionale al peso della macchina, questo parametro deve essere preso in considerazione quando si selezionano i diodi freewheel. In seguito alla rettifica, il filtraggio produce una forma d'onda DC uniforme e la tensione ridotta per produrre un'alimentazione DC stabile per la carica delle batterie.

Fig. 1 - Invertitore IGBT con rettificatore per il recupero in frenata, con rilevamento di temperatura e tensione on-chip

Semiconduttori di potenza pronti per le applicazioni HEV

Il contenuto elettronico delle macchine è aumentato costantemente negli ultimi anni. Si stima che la percentuale ammonti al 25% nei veicoli a motore a combustione. Per questo motivo molti tipi di componenti sono stati già progettati per operare a temperature elevate e garantire l'affidabilità sul lungo termine, richiesta per applicazioni automotive. Tra questi si possono segnalare dispositivi come microcontrollori, amplificatori operazionali e comparatori che vengono utilizzati nei sottosistemi di controllo di potenza per veicoli ibridi. Ad ogni modo gli HEV, con i loro requisiti per la trazione elettrica che richiedono parecchi kW,



necessitano di semiconduttori ad alta potenza per incrementare in modo significativo le prestazioni e soddisfare le esigenze del settore automotive.

Gli IGBT di potenza utilizzati negli inverter e nei convertitori dei dispositivi HEV, per esempio, differiscono notevolmente dagli analoghi dispositivi utilizzati in ambito industriale. Tutti gli IGBT generano una quantità notevole di calore durante il funzionamento normale. Quando utilizzati negli HEV, essi possono essere posizionati in uno spazio limitato con scarso raffreddamento, spesso vicini alla fonte di calore - come il motore a benzina - e in presenza di temperature ambiente anche superiori a 55°C. Ecco perchè l'esposizione a elevate temperature è un rischio per questi dispositivi. Essi devono anche resistere a cicli di potenza ripetuti per soddisfare le aspettative degli utenti in termini di affidabilità e lunga durata.

Per un utilizzo futuro in veicoli ibridi, gli IGBT dovranno essere in grado di sostenere elevati livelli di sollecitazione termica che, in dispositivi convenzionali, comporta l'insorgere di fessure nella saldatura. Queste fessure tendono a manifestarsi negli strati interni della saldatura tra il chip IGBT, il substrato isolante e la base del dispositivo. Mentre gli IGBT industriali tendono ad avere un substrato di ossido di silicio

con una base in rame per la rimozione del calore, essi non possono supportare i cicli termici che ci si aspetta in un'applicazione HEV. Ora gli IGBT utilizzati nelle applicazioni HEV tendono a usare materiali per il substrato e la base che abbiano proprietà di espansione termica molto ben controllate, come il nitrato di alluminio (AlN) ed il carburo di silicio e di alluminio (AlSiC) rispettivamente per il substrato e la base. Ciò può ridurre le sollecitazioni che causano la formazione di fessurazioni nella saldatura.

Gli IGBT per applicazioni HEV hanno in genere misure del die inferiori rispetto a quelli utilizzati in campo industriale.

L'utilizzo di diversi piccoli die in parallelo, invece di un singolo die di dimensioni maggiori, diminuisce la variazione delle dimensioni del die imputabili all'espansione termica, in modo da ridurre lo stress termico sulle connessioni. Inoltre, l'utilizzo di diversi die di dimensioni minori dà la libertà di posizionare gli stessi in modo tale da ottimizzare la dispersione del calore nel dispositivo.

Dal momento che il calore è il maggior pericolo per l'affidabilità degli IGBT nella "catena di potenza" di un HEV, i dispositivi di solito includono un diodo per il rilevamento della temperatura on chip così come un circuito per il rileva-

Figg. 2-3 - Gli induttori e trasformatori miniaturizzati come quelli offerti da Murata Power Solutions possono trovare diverse applicazioni nei veicoli ibridi-elettrici

mento della corrente. Queste funzionalità si abbinano alle caratteristiche dell'integrato per il pilotaggio del gate (gate driver) in modo da garantire una protezione adeguata contro fenomeni di surriscaldamento, corto circuiti e altre condizioni di sovra-corrente.

Sono certamente necessarie altre funzioni di controllo elettrico per un efficace funzionamento della catena di potenza di un HEV, tra cui gestione delle batterie, supervisione del sistema e meccanismi di sicurezza. La gestione termica, incluso l'accurato posizionamento dei moduli che gestiscono la potenza all'interno del veicolo, il raffreddamento, la dissipazione di calore e l'uso di "gap filler" termici laddove necessario, è un altro aspetto molto importante che un progettista deve tenere nella necessaria considerazione.

readerservice@fieramilanoeditore.it
Farnell Italia n. 17