

E-säkring i fordon får styrbar brytkurva



Allteftersom fordonselektroniken har blivit alltmer sofistikerad har det blivit en ökande utmaning att skydda systemets olika delar på ett sätt som garanterar säkerhet och tillförlitlighet. En av åtgärderna är att biltillverkare börjar gå ifrån traditionella flatsäkringar (blade fuses) och i stället satsar på elektroniska säkringar, e-säkringar (eFuses). Dessa erbjuder en rad fördelar.

I denna text berättar vi hur man kan använda en e-säkring på samma sätt som dess traditionella motsvarighet. Vi kommer även att titta på de framtida möjligheterna att programmera dem för att likna konventionella säkringar ännu mer.

En e-säkring är en programmerbar säkring som skyddar strömförsörjningen från överström, överspänning och kortslutning. Till skillnad från en traditionell säkring, som fysiskt bryter kretsen vid fel, kan en e-säkring återställas och omkonfigureras. Den är alltså mer flexibel och hållbar. Idag hittar man dem ofta i konsumentelektronik – i smartphones, surfplattor och laptops med höga krav – men de används allt oftare i utmanande miljöer, inklusive fordon.

Faktum är att e-säkringar står på tröskeln till att bli en självklar del av fordonssystemet, med uppdraget att skydda komponenter och delsystem från överström som kan orsaka kostnader i form av skador och tillförlitlighetsproblem.

En e-säkring programmeras med en så kallad brytkurva (trip curve), som definierar hur och när den ska lösa ut. Eftersom varje tillämpning är unik vill vi kunna modifiera brytpunkterna, oftast genom ett externt

Av Bart De Cock, Onsemi



Bart De Cock har spenderat drygt 30 år inom halvledarindustrin varav 23 år på Onsemi som bland annat produktchef och affärsutvecklingsledare. Han är för närvarande en del av det tekniska teamet. Bart De Cock har läst elektroteknik och elektronik på Vrije Universiteit Brussel och därefter vidareutbildat sig på Solvay Business School. Han är en av grundarna av Klimkracht, en ideell organisation som verkar för förnybar energi.

motstånd på en därför avsedd anslutning. Men som vi kommer att se i denna text kan villkoren för när en e-säkring ska lösa ut vara ganska komplexa, och det kan finnas faktorer vid sidan av strömstyrkan som vi vill beakta.

För att ge konstruktören större flexibilitet vid användandet av e-säkringar utvecklar Onsemi en ny generation komponenter som gör det möjligt att modifiera brytkurvans form och storlek digitalt.

För att få en bättre förståelse för hur man designar med e-säkringar börjar vi med att titta noggrant på den process som används för att utforma brytkurvan.

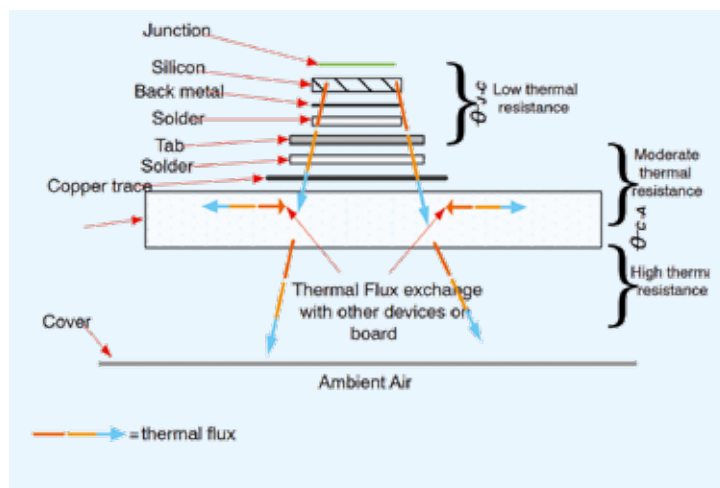
Termisk impedansanalys

Första steget är att förstå e-säkringens fysiska egenskaper och de förhållanden där den ska användas. Detta för att skapa en tydlig bild av dess termiska respons under olika miljöförhållanden. Termiska påfrestningar är en av de vanligaste felkällorna i kraftsystem, och denna risk finns även för e-säkringar. Den fortskridande miniaturiseringen av geometrier ökar risken för denna typ av fel om det inte görs en komplett analys.

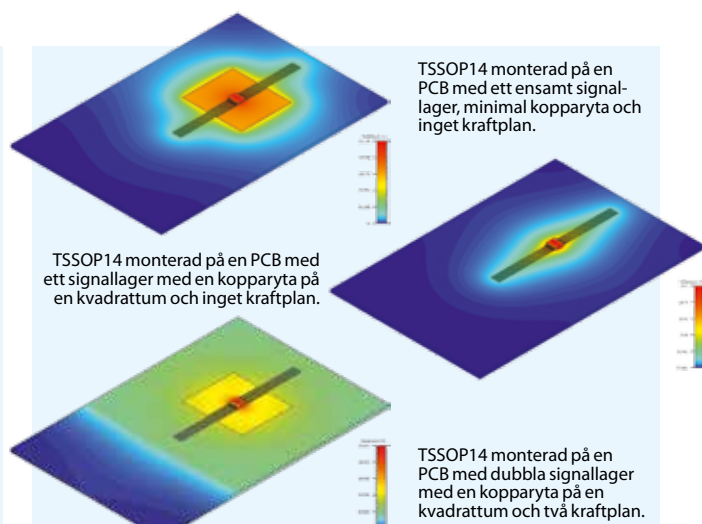
Nyckeln till att förstå de termiska effekterna är den så kallade "termiska stegen" (se figur 1), som kopplar halvledarens PN-övergång (junction) till omgivande luft via de olika lager och material som e-säkringens består av (för en mer detaljerad redogörelse, se applikationsnot AND9733, "High-Side SmartFETs with Analog Current Sense" på onsemi.com

Detta hjälper förståelsen för hur det går till när en stor strömpuls sprider värme genom ett system. Enkelt uttryckt: ju längre puls, desto längre färdas värmen. Pulser under 10 ms stannar i kapseln, medan längre pulser sprider sig till kretskortet – där de kan avledas. Avgörande faktorer är den termiska kapacitansen hos enheten och omgivande element, som kretskortet.

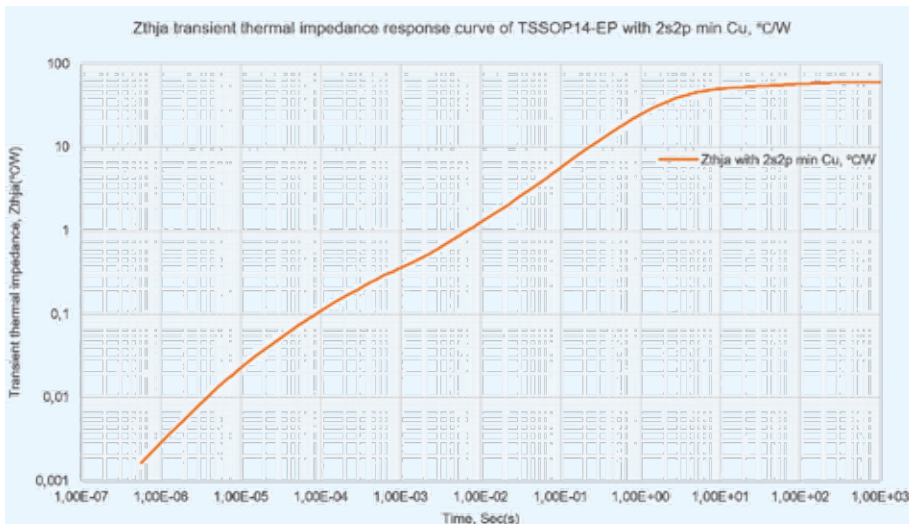
Hur kretskortet är konstruerat avseende layout och lageruppbbyggnad spelar stor roll. Faktorer som antal lager, kopparskiktets vikt, jordplanets utformning liksom förekomsten av ström- och jordplan påverkar hur väl värmen leds bort vilket visas i de simuleringar som redovisas i figur 2. Simuleringarna genomfördes för att karaktärisera den termiska



Figur 1. Den termiska stegen i en typisk tillämpning för e-säkringar.



Figur 2. Simulering av termiska effekter i en tillämpning med e-säkring.



Figur 3. Termisk impedans är transient.

resistansen för en TSSOP14-EP-kapsel under olika termiska förhållanden.

I ett första steg görs en analys av strömmen i steady state, vilket möjliggör bestämning av e-säkringens RDS(ON) utifrån termisk impedans (°C/W), omgivningstemperatur och maximal junction-temperatur. Med denna information kan konstruktören fastställa driftgränser.

Nästa steg är att simulera de termiska effekterna vid användning av korta kraftiga strömpulser. Därefter kan vi plotta den termiska impedansen mot pulsens längd.

Figur 3 visar tydligt att den termiska impedansen påverkas av pulsens längd – för korta pulser är den betydligt lägre. Utfallet påverkas även av hur påkostat kretskortet är, till exempel genom hur många lager som lagts till, koppars tjocklek, om det sitter en termisk bottenplatta (thermal pad) mot kapseln, et cetera. Notera att faktorer som RDS(ON) och storleken på chipet påverkar kurvans form för korta pulser medan kretskortets påverkan är större på långa pulser.

Kurvan måste definieras och tolkas specifikt för varje enskild tillämpning. Detta är avgörande för att val av rätt e-säkring. Konstruktören behöver förstå vilken typ av ström som går genom e-säkringen, särskilt pulsens amplitud och varaktighet.

Den termiska impedanskurvan visar relationen mellan impedans och tid, medan e-säkringen behöver en kurva som visar tid kontra ström. Den skapar vi genom att "invertera" impedanskurvan, efter att ha gjort några antaganden kring RDS(ON) och Δt (tillåten förändring i chiptemperatur).

Resultatet blir en kurva som visar hur länge en strömpuls kan pågå innan junction-temperaturen (T_j) når en kritisk nivå. För att försäkra sig om skydd mot överström används som praxis även en säkerhetsmarginal på några grader.

Bestämna I^2t vs. ström: I^2t är en viktig parameter som ofta diskuteras i samband med e-säkringar. Det handlar främst om strömmen

i kablage. Om den är för hög kan skador uppstå. För traditionella säkringar anges I^2t normalt som en konstant tillsammans med det nominella strömvärdet för säkringen. Ett konstant I^2t -värde visas i den blå linjen (Figur 5).

Att använda en konstant I^2t innebär att systemets termiska kapacitet inte utnyttjas fullt ut, vilket kan försämra prestandan. I verkligheten kräver kablaget inte ett konstant I^2t , eftersom längre pulser är möjliga vid lägre ström.

En konstant I^2t sätter en gräns för hur stor last som kan anslutas till e-säkringen. Därför vill du snarare approximera I^2t till en kurva än en konstant. Då kan brytpunkterna läggas nära e-säkringens gränsvärde utan att överskrida den.

Om vi betraktar typiska kurvor för en flatsäkring blir begränsningen med ett konstant I^2t ännu tydligare.

Medan den nedre delen till stor del definieras av I^2t , skulle den övre delen – som möjliggör längre varaktighet vid lägre ström – inte kunna existera om förenklingen (en rät linje) tillämpades för I^2t .

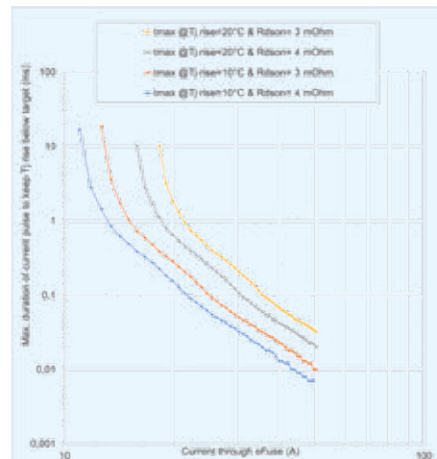
En blick mot framtiden

Med denna mer detaljerade förståelse i bakfickan – kring termiska faktorer som påverkar e-säkringar, brytkurvor och kopplingen till en icke-konstant I^2t – utvecklar Onsemi en ny sorts e-säkring som kan programmeras för att passa en specifik applikation.

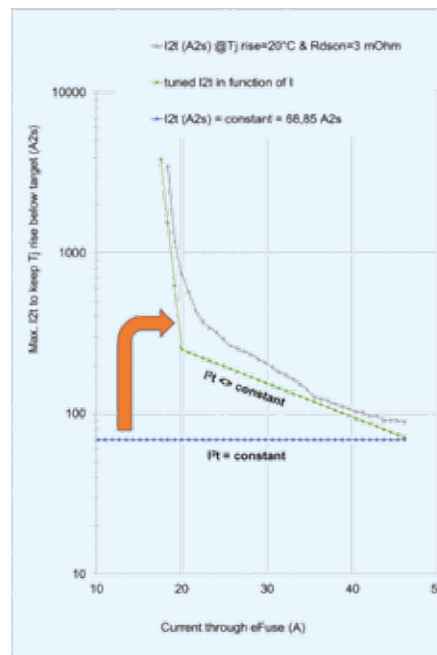
Formen på e-säkringen programmeras över serieporten (I^2C eller SPI). Brytkurvan anges digitalt. Programmeringen görs normalt en enda gång men kan även ändras efter driftsättning, exempelvis om laster adderas, tas bort eller justeras.

Dessa nya e-säkringar kommer att ha ett antal fördefinierade brytkurvor som användaren kan välja mellan.

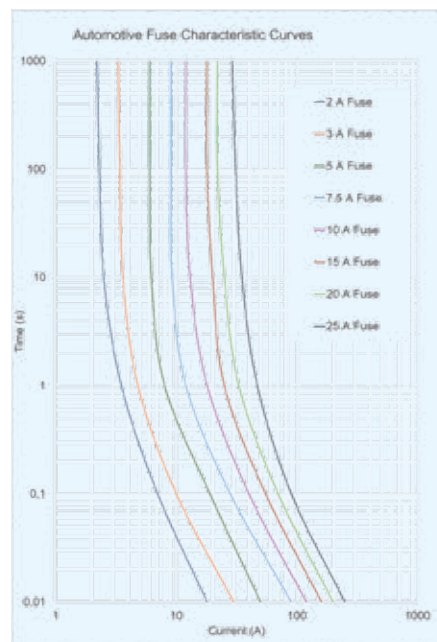
Onsemi är aktivt engagerat med konstruktörer i industrin för att kunna definiera kurvor som täcker så många användningsfall som möjligt för säkringar – både nu och i framtiden.



Figur 4. Termiska begränsningskurvor för e-säkring.



Figur 5. Om du implementerar I^2t som en konstant begränsar du tillämpningen.



Figur 6. Typiska kurvor för en flatsäkring.