



Så väljer du kraftmodul för att driva din motor – funktionen avgör

Elmotorer används för att driva en mängd olika typer av laster – fläktar i luftkonditioneringssystem, pumpar för färskvatten och maskiner i fabriker är bara några exempel. Traditionellt har dessa motorer kopplats direkt till nätet. Eftersom nätspänningen har en fast frekvens har motorerna drivits med konstant hastighet utan direkt styrning av vridmomentet. Numera använder drivenheterna frekvensomformare (frequency inverters) för att styra motorernas hastighet och vridmoment.

En fördel med att använda frekvensomformare är den förbättrade effektiviteten vid full hastighet, eftersom omformaren kan maximera vridmomentet för en given excursionsström. En annan fördel är att variabel motorhastighet bidrar till ytterligare energibesparing. Det traditionella sättet att driva en motor var att endera ha den helt påslagen eller avslagen. (Jämför med att köra en bil med gasen i botten eller foten helt av från gaspedalen). Genom att låta motorn gå i olika hastigheter sparar du energi och gör samtidigt att övergång mellan att slå på och stänga av den blir mjukare.

Intelligenta kraftmoduler, så kallade Intelligent Power Modules (IPM), används för att åstadkomma variabel motorhastighet. De innehåller både inverter (växelriktare) och drivenhet, och är förstahandsvalet vid tillämpningar med enfas växelspanning.

Modulerna formgjuts. Det gör dem mycket robusta samtidigt som de kan hantera effektcykling och termisk cykling väl. De kan innehålla effektfaktorkorrigerings (PFC, Power Factor Correction), men vanligen innehåller de inte likriktning på ingången. Det är dock inget problem eftersom det finns likriktare för enfas AC-bryggor att tillgå. Den största fördelen med att använda IPM:er är att drivenheten är inbyggd och att ett extra anslutningsben för drivningen har adderats.

I TILLÄMPNINGAR MED TREFAS växelspanning blir IPM:er däremot väldigt stora att använda. Det beror av att det finns krav på ett minsta avstånd (creepage and clearance spacings) mellan olika ledande delar i en komponent, allt för att förhindra överslag och oönskad ledning. Dessa avståndskrav gör att en IPM – som ju har ett extra anslut-



Av Jonathan Harper, On Semiconductor

Jonathan Harper har arbetat med krafthalvledare i mer än 25 år. Till On Semiconductor kom han genom köpet av Fairchild för fem år sedan. Tidigare har han även arbetat på National Semiconductor. Idag har Jonathan Harper ansvar för kraft- och GaN-produkter i Europa, med fokus på industri och fordonstillämpningar.

ningsben för drivningen – blir större än moduler utan inbyggd drivning.

För varje tillämpning måste de nämnda avstånden beräknas noggrant för att garanterat uppfylla alla krav. Beräkningarna är baserade på faktorer som exempelvis hur hårt systemet drivs, systemets effektiva spänningar, isoleringen som används i systemet, graden av förorening och så kallat CTI för modulen och kretskortet. CTI står för Comparative Tracking Index och används för att mäta hur ett isolerande material bryts ner elektriskt över tid.

För att bättre förstå kommer vi att granska nödvändigt avstånd baserat på en generell beräkning som täcker de flesta motordrivare med trefas AC-ingång. Blockdiagrammet i figur 1 visar en trefas AC-ingång med integrerad gate-drivare.

AVSTÅNDEN MELLAN NTC-anslutningarna och övriga anslutningar måste vara minst 5,5 mm. Avståndet räknas då från anslutningsbenens ytterkanter. Å andra sidan är benen fastlödda eller monterade med så kallad press-fit. Det relevanta avståndet är således det kortaste avståndet mellan ytterkanten mellan olika anslutningar. En bred tolerans vad gäller storlek på monteringshål och lödöns diameter gör tillverkningsprocessen enklare, samtidigt sker det på bekostnad av de avståndskrav som finns.

Mellan R-, S-, T-, DBMINUS- och DBPLUS-benen och alla andra anslutningar krävs ett avstånd på 5 mm. De nödvändiga avstånden mellan U, V, W beror helt och hållet på tillämpningen, men det typiska minimivärdet är 2,5 mm till 3 mm.

Tar man hänsyn till alla nämnda kriterier – avståndskrav, håltoleranser och storlek på lödning – så blir resultatet en modul som är ganska stor, åtminstone uppemot 70 mm. Om även signalerna som behövs för att styra

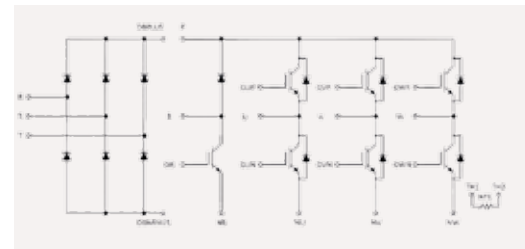
högspänningssidan tas med kommer modulen att bli ännu större. Det betyder att IPM:n blir för stor och för dyr för att vara praktiskt användbar i lågeffektstillämpningar med trefasgångar.

SAMTIDIGT ÄR DET VANLIGT att använda både IPM-moduler och gelfyllda moduler i industriella trefas-tillämpningar med låg effekt. IPM-modulen saknar då likriktare, medan de gelfyllda modulerna saknar drivare. I båda fall hålmonteras modulerna. IPM-modulerna kommer vanligen i så kallade dual-in-line-kapslar (DIP), medan gelfyllda modulerna har en matris av ben (pin matrix). De gelfyllda modulerna klarar termisk cykling sämre medan däremot nya tillverkningsmetoder har förbättrat deras effekttolerans avsevärt. Kretskortslayouten blir dock betydligt mer oflexibel med gelfyllda moduler jämfört med vid DIP-montering eftersom benen hos de gelfyllda modulerna har en tendens att komma i vägen för ledningsdragningen på mönsterkortet.

I nya konstruktioner är det vanligt att löda fast både gelfyllda och IPM-moduler. Det har blivit möjligt i och med att modern lödutrustning använder robotar i allt större utsträckning. Vissa typer av ben för press-fit-montering är dessutom mottagliga för frätande atmosfärer – ett problem som inte uppmärksammats vid lödning.

On Semiconductor har utvecklat en ny kraftmodul, kallad TMPIM som är kort för Transfer Molded Power Integrated Module. I figur 2 går det att se ett tvärsnitt av en TMPIM-modul.

Det första steget i tillverkningsprocessen av en TMPIM är detsamma som för en gelfylld modul: chipen och termistorena löds på ett DBC-substrat (Direct Bonded Copper) för att sedan trådbondas. Vid tillverkning av en IPM-modul löds däremot kopparsubstra-



Figur 1. Blockdiagrammet av en trefas CIB-modul (converter, inverter och brake).

I tabell 1 går det att se de olika avstånds-krav som man tagit hänsyn till vid konstruktion av TMPIM-modulen. Tabellen visar avståndet mellan ytterkanten på lödningar, efter att hänsyn tagits till en pad-diameter på 0,5 mm, en borrholerans på 0,3 mm och stift/ben-storlek.

TMPIM:er innehåller IGBT:er. De är robusta 1200V IGBT:er med så kallad kortslutningsgrad (short circuit rating) på mer än 10 μs vid 150 °C, busspänningen 900V och gate-drivare på 15V. Innan lanseringen har modulerna genomgått omfattande tester.

Varje TMPIM innehåller sex stycken NCP57000, en isolerad gate-drivare från On Semiconductor. Drivkretsarna har en inbyggd DESAT-funktion som detekterar och skyddar mot överströmmar. Vid exempelvis en kortslutning innebär det att IGBT:n stängs av mjukt för att förhindra att kraftiga spänningsspikar uppkommer.

DE NYA MODULERNA har låg termisk resistans och kan hantera termisk cykling klart mer än 1000 gånger. Det kan jämföras med standardversioner av gelfyllda moduler utan kylfläns som typiskt bara klarar 200 termiska cykler. TMPIM-modulernas effektcykling är också utmärkt.

TMPIM-moduler för högeffektstillämpningar använder ett avancerat substrat av aluminiumoxid. Idag har ON Semiconductor en TMPIM-portfölj med 1200V CIB-moduler med 25 A, 35 A, 35 A och 50 A med avancerat substrat. Nya konstruktioner i portföljen kommer att täcka in 650V CIB-moduler, 650V-sexpacks, 1200V-sexpacks och 650V-sixpacks med interleaved PFC. ■

Pin Name	Pin Name	Spacing Requirement	Pad to pad Spacing
P	U, V, W, B	2.6 mm	5.4 mm
U, V, W	U, V, W	5.5 mm	5.4 mm
R, S, T	R, S, T	5 mm	5.4 mm
R, S, T	Other Pin	5 mm	5.4 mm
Any Pins	Heatsink	5.5 mm	6.0 mm
Any Pins	NTC	5.5 mm	7.9 mm

Tabell 1. Avståndet mellan olika delar vid konstruktion av en TMPIM-modul (DIP-C2 CIB).

►► tet och vissa komponenter först mot kapselns benram (lead frame) innan de trådbondas. Det gör tillverkningsprocessen mindre flexibel och kräver fler verktyg till skillnad mot en TMPIM, som har full flexibilitet i processen så länge inte anslutningarna på utgången (pinout) ändras.

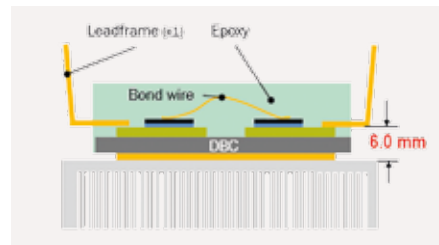
NÄSTA STEG ÄR ATT LÖDA leadframe mot kopparsubstratet. I det sista steget kapslas modulen in i epoxi, därefter skärs och böjs anslutningarna i en procedur som kallas trim och form. Fördelen med detta tillvägagångssätt – jämfört med moduler där komponenter först löds mot kapselns benram – är att det blir väldigt enkelt att byta ut chip i modulen eller att ändra konfigurationen i den. Vill man göra samma ändring i en IPM-modul krävs en ny leadframe och nya trim- och formverktyg. Dessa verktyget kostar flera hundra tusen dollar så därför används metoden enbart för moduler med standardanslutning, till exempel för så kallade sixpacks-moduler, som består av sex IGBT:er och sex dioder, eller CIB-moduler, som är kraftmoduler med tre fasta funktionsblock: converter, inverter och brake (figur 1).

Gelfyllda moduler är lätta att anpassa för en viss kundspecifik tillämpning men de klarar inte termisk cykling lika bra som TMPIM-

moduler. Likaså har de sämre förmåga att hantera effektcykling om man jämför moduler med motsvarande DBC-substrat och trådbondning.

Genom att studera figur 2 – som inte är skalenlig – går det att peka på tydliga fördelar hos den nya modulen jämfört med äldre moduler. Gapet mellan kylfläns och anslutningsben hos en TMPIM är som figuren visar 6 mm, vilket är mer än de 5,5 mm som krävs.

GELFYLLDA MODULER uppfyller också detta krav, men de är betydligt tjockare. Den totala tjockleken för en gelfylld modul är 12 mm, en TMPIM är 8 mm medan IPM-moduler är ännu tunnare. Det betyder att gelfyllda moduler behöver en specialanpassad kylfläns, vilket typiskt adderar extra tillverkningskostnad.



Figur 2. Tvärsnitt av en TMPIM-modul, kort för Transfer Molded Power Integrated Module.