

Fördelarna med GaN i μ DCDC-omvandlare

Fordonsindustrin vill ständigt minska vikt och volym på alla sina system. En tung och skrymmande komponent är blybatteriet på 12 volt. För elbilar är en möjlig lösning att ersätta blybatteriet med en DCDC-omvandlare baserad på GaN-teknik (galliumnitrid). Den är mindre, lättare och har färre komponenter.

Figur 1 visar en vanlig arkitektur där det gröna området är det traditionella 12V-systemet som finns i alla fordon, oavsett om det är en förbränningsmotor eller en elbil. Det behövs bland annat för att driva infotainmentsystemet, fönsterhissar och kommunikationsfunktioner. I det blå området har vi högspänningslasterna med invertern som driver elmotorerna samt funktioner som kupévärmare och luftkonditionering. För att driva högspänningslasterna krävs ett högspänningsbatteri (rött block), som laddas via den integrerade styrenheten (ICCU), ibland kallad "One Box". Den innehåller ombordladdaren (OBC) och 12V-försörjningen (gul). Ett unikt krav för elbilar är den extra strömförsörjningsmodulen (APM) som matar 12V-systemet.

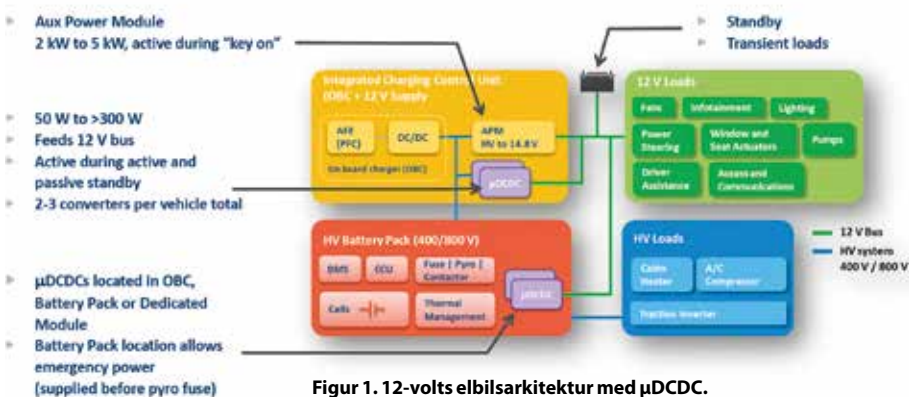
Flera små DCDC-omvandlare (μ DCDC) används av den integrerade styrenheten och i högspänningsbatteriet. De kallas "mikro" DCDC-omvandlare eftersom de är mycket mindre än den strömförsörjningsmodul som matar 12V-systemet. Denna ger normalt 14,8V och kan leverera mellan 2 kW och 5 kW för att försörja 12V-systemet när fordonet är aktivt, eller "Key On" för att använda bransheterminologi. När fordonet inte är i drift ger ett 12V-batteri traditionellt sett också ström och hanterar eventuella korta belastningar som är större än vad APM:n klarar.

En μ DCDC har mycket lägre effekt, mellan 50 och 300 watt – vanligtvis 200 till 300W – och mycket lägre strömförbrukning i viloläge än en APM.



Av Peter Vaughan, Power Integrations

Peter Vaughan är ansvarig för affärsutveckling inom fordonsområdet på Power Integrations. Han har över 30 års erfarenhet av kraftelektronik och har tidigare arbetat på Chargepoint.



Figur 1. 12-volts elbilsarkitektur med μ DCDC.

I högspänningsbatteriet ger en μ DCDC redundans men också möjlighet för batteripaketet att vara oberoende av 12-voltssystemet. Detta är viktigt eftersom batteripaketet är den värdefullaste komponenten i fordonet. Därför måste det kunna skydda sig självt även om 12V-systemet slutar fungera. Det kan handla om att reagera på termiska förhållanden och tillhandahålla funktionell säkerhet som att koppla bort batteripaketet från resten av fordonet i händelse av ett allvarligt fel eller olycka.

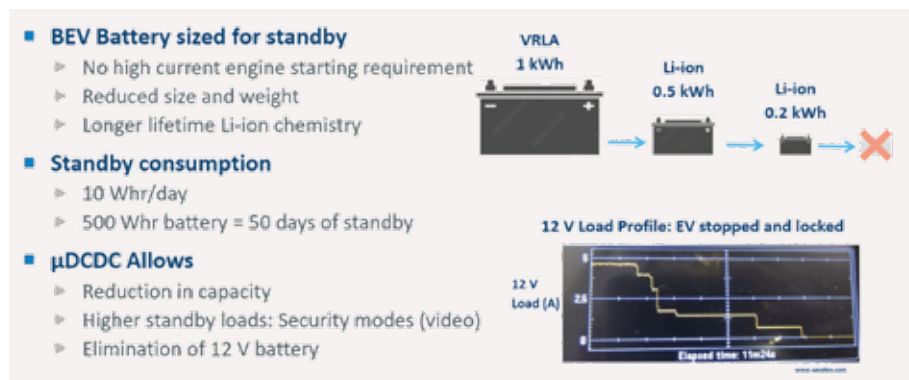
Som nämnts är bilindustrins ständiga strävan att minska antalet komponenter, storlek, vikt och volym. I en förbränningsmotor har blybatteriet normalt en kapacitet på cirka 1 kWh. Men i en elbil finns det naturligtvis

inget krav på hög strömstyrka för att orka dra runt en kall förbränningsmotor.

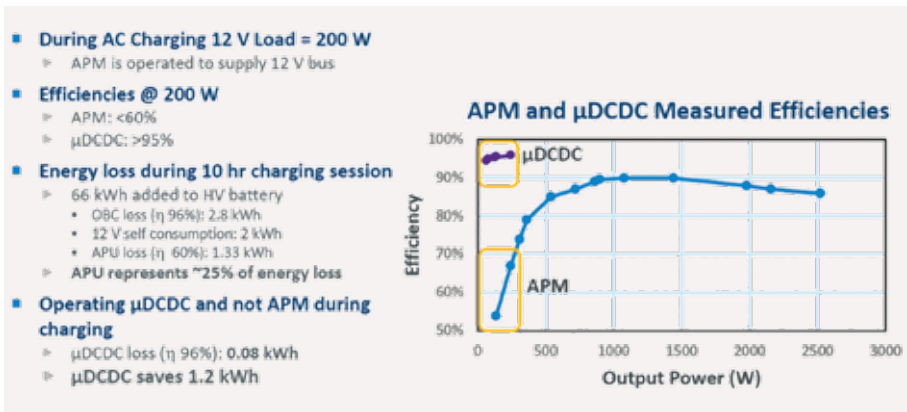
Detta ger konstruktörerna möjlighet att använda litiumjonceller, vilket dramatiskt minskar storleken och vikten. De ger system som är cirka 20 procent mindre än de traditionella lösningarna och som dessutom har en längre livslängd. I de tidiga elbilarna var blybatteriet en av de främsta orsakerna till att fordonen slutade fungera.

FIGUR 2 VISAR ATT BILTILLVERKARNA vill ta bort batteriet helt och hållet. Om man inte behöver en startmotor, varför då ha ett batteri överhuvudtaget? 12V-profilen i figuren visar hur belastningen sjunker när olika moduler i fordonet försätts i viloläge efter att fordonet har låsts. I det lägsta tillståndet är förbrukningen cirka 10Wh/dag så ett system bör klara flera veckors standbytid. Men med allt fler kameror för olika nivåer av förarsassistans och en önskan om att ha säkerhetslägen kräver mer än bara några få wattimmar. Det begränsar standby till endast några timmar innan batteriet är helt urladdat gör det omöjligt att minska batteriet.

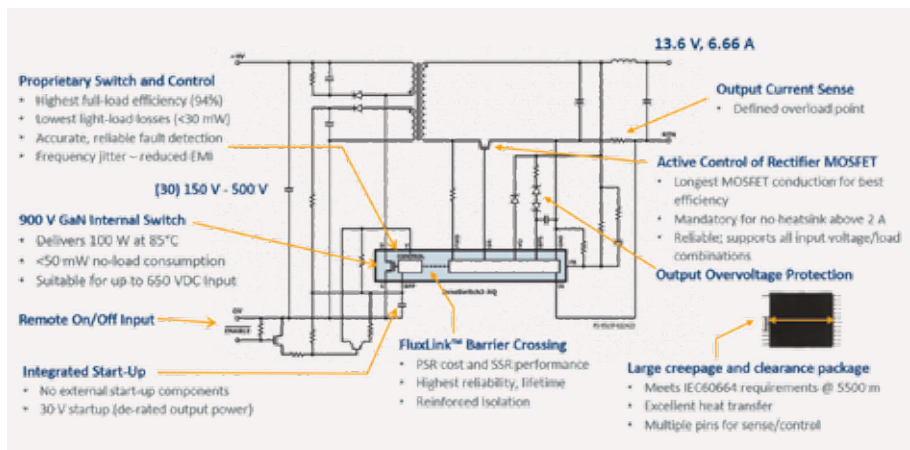
Utmaningen skulle kunna lösas genom att köra APM-systemet hela tiden. Det är dock mycket ineffektivt vid låg effekt. Effektivitetskurvan i figur 3 visar att vid en förbrukning på mindre än 100W är effektiviteten endast 50 till 60 procent. Det är också problematiskt när fordonet laddas eftersom 12V-systemet



Figur 2. Behovet av 12-voltsbatteri går mot noll.



Figur 3. Uppmätt effektivitet i APM och μDCDC.



Figur 4. En fordonskvalificerad flybackomvandlare med GaN-kretsar på 100 W (DER-953).

måste vara igång då. För om elbilen bara drivs av 12V-batteriet kommer det att laddas ur innan fordonet har laddats upp. APM-systemet måste alltså köras, men ineffektiviteten i det orsakar cirka 25 procent av den totala energiförlusten under laddprocessen.

Om APM:en ersätts med en μDCDC som kan leverera den typiska laddningsbelastningen på 200W, blir förbättringen mycket stor eftersom μDCDC:n har en verkningsgrad på 95 procent eller mer. Under samma förhållanden är förbrukningen bara 0,8 kWh, vilket innebär en besparing på 1,2 kWh. Detta har en enorm inverkan på räckvidden per wattimme, ett jämförelsetal som biltillverkare och köpare tar på största allvar.

Varför GaN?

Galliumnitrid (GaN) är mycket effektivare än kisel eftersom det har låg COSS och därmed

mycket lägre switchförluster. Detta resulterar i högre effektivitet. Power Integrations har tagit fram en rad olika GaN-kretsar för att lösa specifika utmaningar. Figur 4 är en referensdesign, DER 953, för en μDCDC på 100W baserad på den fordonskvalificerade InnoSwitch3-AQ på 900V. Det är en flybackkrets som använder Power Integrations GaN-teknik kallad PowiGaN. Kretsen kombinerar styrning på sekundärsidan, styrning på primärsidan, effektenheten och ett omfattande skydd i en och samma kapsel. Det resulterar i en mycket kompakt 100W-omvandlare som kan arbeta över ett inspänningsområde på 150 till 500V.

Som jämförelse kan nämnas att ett enkelt byte från en InnoSwitch3-lösning i kisel till en InnoSwitch3-lösning i GaN (Power Integrations har kisel-, GaN- och SiC-varianter av InnoSwitch3) ger en temperatursänkning på

20 grader Celsius, vilket gör det möjligt att leverera mer effekt, använda omvandlaren i högre omgivningstemperatur eller minska antalet kylflänsar, allt beroende på designbegränsningarna.

Referensdesignen på ett nätaggregat på 100W kan köras i 85°C och leverera full effekt över hela ingångsspänningsområdet, utan någon annan kylfläns än kretskortet. Att byta till GaN har därför i princip fördubblat den effekt som är tillgänglig med den enkla flyback-topologin.

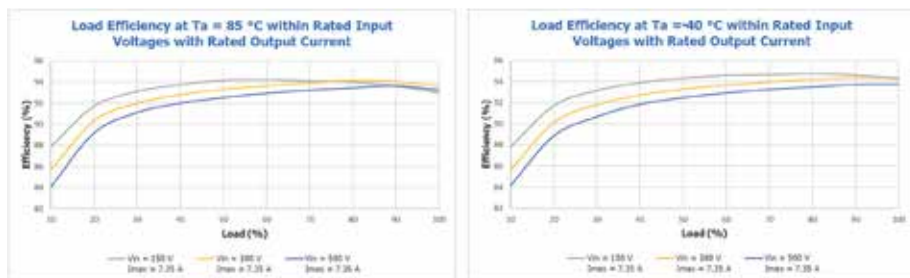
Det finns även andra fördelar, särskilt när det gäller strömförbrukningen i viloläge. Figur 5 visar att InnoSwitch3-AQ ger en mycket jämn verkningsgrad på 94 procent vid full belastning över hela temperaturområdet från -40°C till 85°C. Även vid 20 procents belastning och 20W uteffekt är verkningsgraden fortfarande högre än 90 procent. Eftersom verkningsgraden vid låg belastning är så bra kan en InnoSwitch3-AQ μDCDC köras kontinuerligt. Detta gör konstruktionen mindre komplex eftersom det inte längre finns något krav på att ha en styrprogramvara som bestämmer när utgången ska slås på eller av. Det finns inte heller något behov av en isolator för att skicka signalen från högspännings- till lågspänningsdomänerna för att stänga av omvandlaren.

En annan fördel är den egenutvecklade kommunikationstekniken kallad Fluxlink som gör det möjligt att styra på sekundärsidan utan optokopplare. Detta ger en extremt bra transientrespons, vilket är viktigt eftersom dessa omvandlare tillbringar större delen av sin tid med mycket lätt belastning och sedan kan uppleva en transientbelastning vid nära full last. Vid en belastningsförändring på en 12V-utgång från 10 procent till 90 procent och sedan till 10 procent igen har InnoSwitch3-AQ till exempel ett transientsvar på 220 mV mätt som topp-till-topp. En typisk konkurrerande lösning kan ha ett transientsvar på cirka 1V. Detta innebär en utmaning för systemet eftersom 12V-utgången tillfälligt kommer att sjunka med en volt eller mer.

Högre effekt?

För att klara högre effekter krävs en förändring av topologin som Active Clamp Flyback (ACF). Den använder en annan GaN-krets, se figur 6. Detta gör det möjligt att öka effekten från 100W till 260W trots enkelheten i topologin. Resultatet blir en platt kurva med hög verkningsgrad på cirka 96 procent över hela temperaturområdet plus en bra verkningsgrad vid lätt belastning på cirka 90 procent vid 5 procents last.

I jämförelse med konkurrerande μDCDC-konstruktioner kräver InnoSwitch3 betydligt färre komponenter tack vare den höga integrationsgraden. Detta sparar inte bara utrymme utan ökar också tillförlitligheten och gör det möjligt att använda enkla omvandlartopologier för att nå de effektnivåer som krävs.



Figur 5. Hög och konstant effektivitet.