



Avancerad batterihantering

Så får du energilagringssystemet att leva 30 procent



Batterier har fått en central roll i en rad olika tillämpningar – i allt från elbilar till lagring av förnybar energi i smarta elnät. Samma eller liknande batteritekniker utnyttjas i medicinsk utrustning för att öka säkerheten och för att ha frihet att flytta ett instrument mellan olika delar inom ett sjukhus.

Gemensamt för alla dessa tillämpningar är att de drivs av batterier som behöver noggranna och effektiva halvledare för övervakning, balansering, skydd och kommunikation. Här kan du läsa om hur ett modernt batteriövervakningssystem – som inkluderar balansering av celler och isolerad kommunikation – effektivt kan utnyttja fördelarna med nya litiumbaserade batteritekniker. Rätt val av kretsar bäddar för högre tillförlitlighet och 30 procent längre batterilivslängd, framför allt i stora energilagringssystem.

Batterier som används inom sjukvården måste vara mycket tillförlitliga, ha hög verkningsgrad och hög säkerhet. Det gäller inom alla tänkbara områden, såsom apparater för andningshjälp, utrustning på akutmotagningar, motoriserade sängar och vagnar, bärbara ultraljudsmaskiner, enheter för fjärrövervakning liksom nya lösningar som energilagringssystem (ESS)

Energilagringssystem är inte direkt kopplade till patienter och används inte heller av läkare. De är nästa steg inom avbrottsfri kraft (UPS), som traditionellt har använts som reservkraft för de allra viktigaste tillämpningarna, exempelvis akututrustning och IT-system.

Sjukhusens energilagringssystem täcker över allt fler funktioner som går att realisera med moderna litiumbaserade batterier. De

Av Stefano Gallinaro, Analog Devices



Stefano Gallinaro arbetar inom affärsenheten för förnybar energi på Analog Devices. Han har ansvar för strategiska marknadsaktiviteter inom solenergi, elfordon, laddning och energilagring, med inriktning på kraftomvandling. Innan ADI arbetade han som produktmarknadschef på Vincotech och dessförinnan var han applikationsingenjör på ST Microelectronics. Stefano är elektronikingenjör från Politecnico di Torino i Italien.

börjar bli en fullt integrerad del i sjukhusens elnät, där de ger fördelar som exempelvis:

- Fullständig reservkraft för hela enheter, snarare än enbart enskilda viktiga under-system. Till detta kommer skydd mot strömavbrott och dålig spänningskvalitet från elnätet liksom minskat nyttjande av dieseldrivna reservaggregat. Energilagringssystem med kapacitet att leverera megawattimmar (MWh) gör att sjukhus kan fungera även vid långvariga strömavbrott, och de kan hjälpa till att stabilisera elnätet.
- Energilagringssystem kan även resultera i kostnadsbesparingar. Med hjälp av dessa kan ett sjukhus styra sin elanvändning och minska antalet belastningstoppar, vilket resulterar i lägre elräkningar.

SJUKHUS HAR VANLIGTVIS stora takytor som kan utnyttjas för solcellssystem. ESS-system i kombination med solceller gör att det blir möjligt att lagra och använda egenproducerad el, vilket både minskar elkostnaden och belastningen på miljön.

Litiumbaserade batterier används numera inom en rad olika segment, från fordon till

industri och sjukvård. Olika typer av litiumbatterier ger olika fördelar, och passar olika tillämpningar och kraftbehov.

Litiumkoltioxid, LiCoO₂, har exempelvis mycket hög specifik energi som gör att sådana batterier passar bra för bärbara produkter. Litiummanganoxid, LiMn₂O₄ har mycket lågt internt motstånd. Därmed kan dessa batterier laddas snabbt och hantera mycket hög ström, vilket gör dem till ett bra alternativ för topputjämnande tillämpningar. Litiumjärnfosfat, LiFePO₄, klarar fulladdade tillstånd bättre än andra och kan hållas på hög spänning under lång tid. Det gör den tekniken mest lämpad för stora energilagringssystem, som måste fungera vid strömavbrott. Nackdelen är en snabbare självurladdning, vilket är orelevant i ovan nämnda fall.

Olika tillämpningar har också olika behov. Fordon kräver exempelvis hög tillförlitlighet och bra laddnings- och urladdningshastighet, medan man inom sjukvården behöver goda egenskaper vid toppström, som hög verkningsgrad och lång livslängd.

Gemensamt för samtliga lösningar är att alla litiumkemier har mycket plan urladd-

ningskurva vid nominellt spänningsområde. I vanliga batterier ligger spänningsfallet normalt mellan 500 mV och 1 V. Hos avancerade litiumbatterier – såsom litiumjärnfosfat (LiFePO₄) eller litiumkoltioxid (LiCoO₂) – har urladdningskurvan en plåt och ett spänningsfall som håller sig inom 50 mV till 200 mV.

Den plana spänningskurvan ger enorma fördelar för effekthanteringen: DC/DC-omvandlarna kan konstrueras att arbeta vid maximal verkningsgrad inom ett litet inspänningsområde. Vid omvandling från ett känt Vin till ett mycket näraliggande Vut kan kraftsystemet konstrueras att ha en ideal duty cycle hos buck- och boost-omvandlarna för att nå över 99 procents verkningsgrad vid samtliga driftförhållanden.

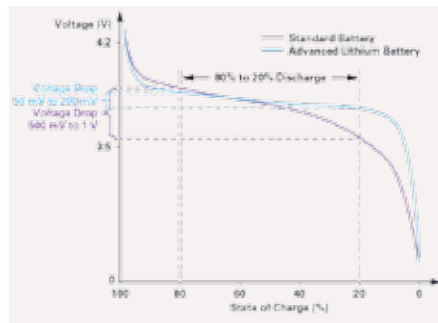
Laddaren kan dessutom anpassa laddningsspänningen perfekt, medan laster dimensioneras för en stabil arbetsspänning som ökar noggrannheten hos den slutgiltiga tillämpning, exempelvis fjärrövervakning eller patientimplantat. Om äldre batterikemier används, eller batteriet inte har en plana urladdningskurvor, får DC/DC-omvandlingen en lägre verkningsgrad, vilket resulterar i kortare batteritid (20 procent kortare) eller krav på mer regelbunden uppladdning. Det senare gäller exempelvis bärbar medicinsk utrustning.

DEN STÖRSTA NACKDELEN med en plan urladdningskurva är att det är betydligt svårare att bestämma batteriets laddningstillstånd (SOC) och hälsotillstånd (SOH). SOC måste beräknas med en mycket hög noggrannhet så att batteriet laddas upp och laddas ur kontrollerat. Överladdning kan skapa problem med säkerheten, resultera i en försämrad batterikemi och även skapa kortslutningar som leder till risk för brand eller gasläckage. För mycket urladdning kan skada batteriet och förkorta dess livslängd med mer än 50 procent.

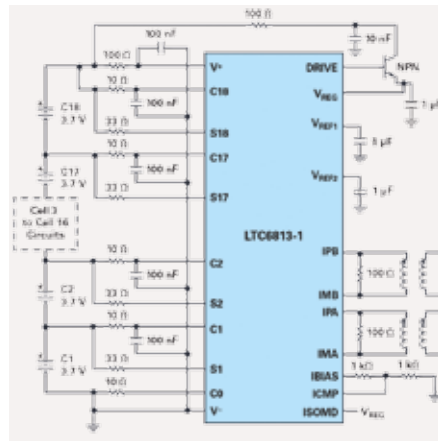
SOH används för att hjälpa till att förhindra att bra batterier byts ut och för att hålla koll på dåliga batterier innan de ger problem. En styrkrets analyserar SOC- och SOH-data i realtid, anpassar laddningsalgoritmen, informerar användaren om batteriets potential (exempelvis om batteriet är redo för hög strömurladdning vid ett strömavbrott) och ser till att hålla optimal balans mellan bra och dåliga batterier i stora energilagringssystem, för att öka den totala batterilivslängden.

För ett mycket gammalt batteri med en kraftigt lutande urladdningskurva kan man lätt beräkna batteriets laddningstillstånd om man mäter delta för spänningsfallet under kort tid och även vet batterispänningens absolutvärde. För ett nytt litiumbatteri kräver denna mätning en noggrannhet som är flera storleksordningar högre, eftersom spänningsfallet är så mycket mindre inom en given tidsperiod.

För SOH gäller att gamla batterier urladdas snabbt och förutsägbart. Deras urladd-



Urladdningsprofil för litiumbatterier.



Batterihanteringskretsen LTC6813 kan övervaka 18 battericeller.

ningskurva lutar betydligt mer och önskad laddningsspänning kan inte uppnås. Nya litiumbatterier bibehåller sina goda egenskaper längre, men kan så småningom försämrats och snabbt ändra sin impedans- och urladdningskurva mot slutet av sin livslängd eller vid skada. Det är därför extra viktigt att göra temperaturmätningar, helst vid varje enskild cell, så att den informationen kan integreras med SOC- och SOH-algoritmerna för att öka deras noggrannhet.

NOGGRANNA OCH TILLFÖRLITLIGA SOC- och SOH-beräkningar kan i bästa fall förlänga batterilivslängden från 10 till 20 år, men ger vanligtvis 30 procent bättre livslängd vilket minskar energilagringssystemets sammanlagda kostnad med över 30 procent när underhållskostnader är inkluderade. Tillsammans med mer noggrann SOC-information, undviker detta överladdning eller överurladdning som annars snabbt kan tömma ett batteri. Det minimerar risken för kortslutning, brand och andra farliga situationer och hjälper till att utnyttja all energi i ett batteri samt gör det möjligt att batterier laddas på bästa och mest effektiva sätt.

Batterihanteringslösningen, LTC6813, som föreslås här kan användas i sjukvårdsutrustningar som exempelvis bärbara ultraljudsenheter och storskaliga (megawatt/timme) energilagringssystem (för sjukhus, fabriker, elnätstabilisering, laddningsinfrastruktur för elfordon och bostäder) liksom industrirobotar och fordon. Analog Devices

teknik är portabel, vilket är till stor fördel i fråga om tillförlitlighet och säkerhet eftersom den utformats att fungera i olika tuffa miljöer samt uppfyller funktionssäkerhetskraven enligt en rad standarder, från ASIL för fordon till industris SIL (exempelvis VDE AR 2510-2/-50, IEC EN 61508, m. fl.).

Batteriövervakningssystemet utnyttjar en ny lösning som kombinerar en krets som övervakar och balanserar 18 celler med ett gränssnitt som isolerar styrkrets och SPI-slav. En övervakare för batteristackar med många celler mäter upp till 18 seriekopplade battericeller med ett sammanlagt mätfel på mindre än 2,2 mV. Cellens mätområde, från 0 V till 5 V, gör att den passar för flertalet batterikemier. Samtliga 18 celler kan mätas på 290 µs och en lägre datainsamlingshastighet kan väljas för högre brusreducering. Flera kretsar kan seriekopplas för att samtidigt övervaka celler i långa högsända batteristrängar.

Varje krets har ett isoSPI-gränssnitt för snabb, rf-immun kommunikation över långa avstånd. Flera kretsar kopplas i en kedja (daisy chain) med en gemensam anslutning till värdprocessorn. Kedjan kan fungera dubbelriktat för redundans, även om ett fel uppstår längs kommunikationsvägen. Kretsen kan kraftmatas direkt från batteristacken eller från en isolerad spänningskälla. Den inkluderar passiv balansering för varje cell med individuell PWM-baserad styrning av pulslängden. Övriga funktioner inkluderar en inbyggd 5 V-regulator, nio universella IO:ar och ett sovläge där strömförbrukningen minskar till 6 µA.

På grund av noggrannhetskraven som ställs på batterihanteringsystemet – både på kort och lång sikt – utnyttjar det en inbyggd Zener-referens snarare än en bandgapsreferens. Det ger en stabil primär spänningsreferens med låg drift (20 ppm/v), låg temperaturkoefficient (3 ppm/°C) och låg hysteres (20 ppm) tillsammans med utmärkt långtidsstabilitet.

HÖG NOGGRANNHET och stabilitet är viktigt då det är en förutsättning för att kunna mäta battericeller. Eventuella fel har en kumulativ negativ inverkan på insamlad data, algoritmer och systemets prestanda.

Även om en mycket noggrann referens är nödvändig för hög prestanda, är det i sig inte nog. AD-omvandlarens arkitektur och dess funktion måste tillgodose specifikationer i en elektriskt störande miljö, som är ett resultat av pulsbreddsmodulerade (PWM) transienter hos systemets likriktare. Korrekt bedömning av batteriernas laddnings- och hälsotillstånd kräver också mätning av korrelerad spänning, ström och temperatur.

För att mildra störningar innan de påverkar batterihanteringsystemets prestanda utnyttjar omvandlaren som övervakar stacken en sigma-delta-topologi. Den tar hjälp av sex valbara filteralternativ för att hantera störande miljöer. Sigma-delta-lösningen minskar effekten av elektromagnetiska stör-

ningar (EMI) och andra transientrelaterade störningar eftersom den använder många samplings per omvandling tillsammans med en genomsnittsbaserad filterfunktion.

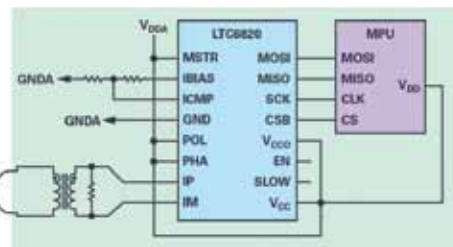
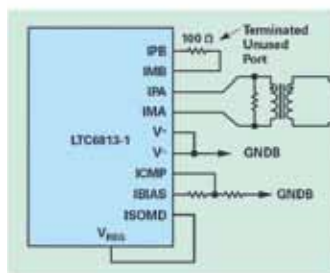
Cellbalansering är oundvikligt i system som utnyttjar stora batteripaket arrangerade i grupper om celler eller moduler, likt de stora energilagringssystem som används för reservel på sjukhus. Trots att flertalet litiumceller är matchade vid inköpet förlorar de kapacitet med tiden. Denna åldringsprocess kan variera från en cell till en annan på grund av flera faktorer, exempelvis temperaturgradienter. Celler som fungerar bortom sin SOC-gräns kommer dessutom att åldras i förtid och förlora ytterligare kapacitet. Sådana skillnader i kapacitet tillsammans med små skillnader i självurladdning och lastström leder till obalans mellan cellerna.

FÖR ATT ÅTGÄRDA sådan obalans stöder kretsen passiv balansering (med en timer som ställs av användaren). Passiv balansering är en billig och enkel metod för normalisering av SOC för samtliga celler under batteriets laddningscykel. Genom att ta bort laddning från celler med lägre kapacitet ser den passiva balanseringen till att dessa inte överladdas.

Kretsen kan även användas för att styra aktiv balansering. Det är en mer komplicerad balanseringsteknik som överför laddning mellan celler vid laddning eller urladdning.

Cellbalanseringen, vare sig den görs aktivt eller passivt, kräver hög mät noggrannhet. Om mätfelet ökar begränsas effekten av balanseringen. Eftersom SOC-området är begränsat ökar dessutom känsligheten för sådana fel. Ett sammanlagt mätfel på mindre än 1,2 mV ligger långt under de systemkrav som gäller vid batteriövervakning.

Energilagringssystem måste ha en kom-



LTC6813 med isolerad koppling till stödkretsen LTC6820.



munikationsslinga som sammanbinder samtliga battericeller. Slingan skickar data från systemets batteri till en molnbaserad energihanteringsalgoritm som följer laddnings- och urladdningshändelser. Den fastställer bästa sättet att maximera batterianvändningen eller hur man bäst behåller batteriet fulladdat i händelse av strömavbrott.

ADIs LTC681x och LTC680x är två moderna kretsfamiljer för övervakning av batteristackar. Versionen med 18 kanaler heter LTC6813.

En övervakningskrets måste kommunicera med en master-enhet, där en styrkrets eller processor beräknar SOC- och SOH-värden och reglerar laddnings- och urladdningsprofilerna. Olika anslutningsformer är möjliga, där den isolerade kommunikationskanalen är att föredra för högspänningstillämpningar som exempelvis energilagringssystem (400V till 1 500V) och bärbar utrustning med batterier av hög kapacitet (40V till 200V).

Den isoSPI-funktion som byggts in i LTC6813 möjliggör i kombination med ett isoSPI-gränssnitt (LTC6820) säker och robust överföring av information över en isolationsbarriär. isoSPI är särskilt användbart i energilagringssystem som ger hundratals volt via seriekopplade celler, vilket kräver full isolation för att minimera risken för personskada.

I **LAGRINGSSYSTEM** där fler än 18 celler utnyttjas måste flera kort för batterihantering kopplas samman. En robust ihopkoppling av flera identiska kretskort, med en LTC6813 vardera, konfigureras för arbete i en "daisy"-kedja. Mikroprocessorn sitter på ett separat kretskort. För att skapa 2-trådig isolation mellan mikroprocessorns kretskort och det första kortet utnyttjas stödkretsen LTC6820.

Den största utmaningen vid konstruktion av en lösning som övervakar batteristackar, och inkluderar balanserings- och kommunikationsfunktioner, är att skapa en brusfri kretskortslayout där kritiska ledare placeras långt ifrån brusällorna, såsom switchade spänningseenheter.

Den höga noggrannheten och precisionen hos ADI:s lösning kan hjälpa till att optimera redan bra konstruktioner. Batterierna kommer då att utnyttjas effektivt, få 30 procent längre livslängd och fungera på ett säkert sätt. ADI erbjuder även ett brett sortiment av system för utvärdering och plattformar för batteriövervakning, liksom en komplett portfölj av varianter för alla behov. ■