

Undersøkelse av 2002 Think City elbil i forbindelse med overoppheting av uoriginal LiFePO₄ batteripakke.

Forfatter: Torfinn Ingeborgrud og Per Hassel Sørensen, Rogaland Elbilforening.

Dato: 12.10.2010

Innholdsfortegnelse side 20

Oppsummering

5. august 2010 ble batteripakken i en ombygd 2002 Think City elbil overopphetet under lading. Brannvesenet ble tilkalt og kjølte ned batteripakken for å unngå en mulig brann. Undersøkelsen viser at årsaken til overoppheting var overlading, spenningen på de nylig installerte uoriginale LiFePO₄ cellene ble for høy og resulterte trolig i en eksoterm reaksjon som ødela batteripakken.

Etter at rapporten var skrevet ferdig ble den vist til verkstedet som gjennomførte oppgraderingen, kommentarene fra dem kommer helt til slutt.



Motivasjon for denne rapporten

Målet med denne rapporten er å øke den generelle kompetansen i miljøet mht til oppgradering til LiFePO₄ celler slik at dette framover kan foregå på en trygg og sikker måte. Ved oppgradering er det noen banale tabber man kan gjøre. Vi mener det bør være mulig å øke oppmerksomheten rundt dette såpass at vi skal slippe å se flere eksempler på nedsmelting av LiFePO₄ celler.

En kan sammenligne dette med de første årene med bensinbiler. Da var brukerne ikke klar over at røyking over åpne bensinbøtter var et problem, resultatet ble fort en nedbrent låve eller garasje. I dag vet vi bedre, vi vet også det som er nødvendig for å unngå nedsmelting av LiFePO₄ celler.

En stor del av de elektriske bilene som ble laget for ca 10 år siden hadde NiCad batterier fra SAFT. Dette gjelder Think, Citroen, Peugeot, Renault m.fl Disse NiCad batteriene har i beste fall en levetid på 100-150.000km, ofte begynner problemene lenge før dette. Utskifting av hele NiCad pakker er kostbart *1. Det er mulig å skifte enkeltmoduler, men dette er arbeidskrevende og skaper ofte nye problemer når batteripakken ender opp med moduler med ulik alder og slitasje.

De originale NiCad batteriene har også andre ulemper enn begrenset levetid, de trenger jevnlig vannfylling, de utvikler knallgass ved lading, de inneholder store mengder tungmetaller og også lut.

Mange av elbilene med NiCad er teknisk sett svært gode, de har et ettertraktet design og høy praktisk verdi, samtidig er de også blant de mest påkostede personbilene *2 i den norske bilparken. De fortjener derfor et langt liv.

Et lengst mulig liv er også en fordel sett fra et ressurs og klimamessig perspektiv. Det er derfor et klart behov for å oppgradere et antall av disse bilene til celler med LiFePO₄, den beste batteriteknologien som er tilgjengelig for elbiler.

LiFePO₄ er billigere enn NiCad mens forventet levetid er minst like lang. LiFePO₄ batteriene har i tillegg mer energi pr kilo og volum, høyere effektivitet og berøres ikke av RoHS direktivet *3. En større energimengde pr. kilo betyr at oppgraderte biler kan få lengre rekkevidde og lavere energiforbruk.

LiFePO₄ celler

LiFePO₄ celler er i tester dokumentert å være sikre, de tåler kortslutning og ødeleggelse uten å lekke eller antenne. Flere fabrikanter påstår også at de skal tåle langvarig overlading uten å ta fyr, de skal kun selvdestruere, blåse varm gass. Mye kan tyde på at det er forskjell på celler satt sammen av mange små sylindriske enkeltceller og store prismatiske celler fra de største leverandørene *4. Vår undersøkelse gjelder celler satt sammen av mange sylindriske celler.

Det er selvsagt noen ulemper med LiFePO₄ batterier:

- 1) De blir ødelagt hvis spenningen kommer under et minimumsnivå.
- 2) De blir ødelagt hvis de lades til for høy spenning.
- 3) De blir ødelagt hvis cellene blir for varme og det kan også føre til brann.
- 4) De bør ikke ha for lav temperatur under lading og bruk.

Disse ulempene gjør at NiCad biler som ombygges til LiFePO₄ krever ekstra overvåking for at batteriet skal være sikkert og ha lang levetid. Det er helt nødvendig med en LiFePO₄ tilpasset BMS som måler spenning og temperatur på hver celle og i tillegg sørger for balansering slik at alle cellene har jevn spenning. I tillegg må lading og utlading være kontrollert, strømmen må reduseres eller slås av hvis spenningen kommer utenfor min. eller maks. nivå på en eller flere av cellene. Overlading er mest kritisk siden det kan forårsake

temperaturstigning som igjen kan føre til brann. Siden dette er kritisk bør det være minst to uavhengige mekanismer som kan avbryte lading ved for høy spenning eller temperatur.

Ved kollisjon vil original BMS på Think koble ut batteriet. Det er derfor smart å beholde original BMS med dens releboks (s.k. HV boks) for å ivareta eksisterende sikkerhetsmekanismer. Originale temperatursensorinnnganger bør også brukes av samme grunn. Ved å ha BMS for LiFePO₄ cellene som et tillegg til den originale BMS og HV boks oppnås god batterisikkerhet.

En uoriginal lader må integreres med batteristyring på en slik måte at lading avbrytes når en av BMS modulene gir signal om det.

Det er ingenting i LiFePO₄ batterikjemien som tilsier at sikkerhet ved kjøring, lading og kollisjoner behøver å bli redusert i en oppgradert bil sammenlignet med en med originale NiCad batterier. Men det er selvfølgelig nødvendig at oppgraderingen er gjennomtenkt og utføres av personer med tilstrekkelig kompetanse.

Vi tar i denne rapporten utgangspunkt i at leserne kjenner bilens (Think City 99-02) originale oppbygging, med 19 stk 6 volts NiCad moduler i ei batterikasse av stål. I denne kassa finner en også en HV boks med releer og en original BMS som styrer releene og laderen. Laderen sitter originalt i fronten av bilen.

Bakgrunn for rapporten

Rogaland Elbilforening ble kontaktet av styrelederen i Norstart norsk elbilforening om en påstått brann i ombygd elbil i Stavanger. Norstart hadde rett før dette blitt kontaktet av Vegdirektoratet.

Vi hadde allerede kjennskap til hendelsen og hadde også skaffet oss adgang til den skadede bilen. I og med at denne type oppgradering er aktuell også for mange andre elektriske biler av denne type var det interessant å undersøke valgte løsninger, og kanskje også finne årsaken til nedsmeltingen.

Vi har ikke hatt kontakt med forsikringsselskapet, men en takstmann ba om å få se bilen og batterikassa etter at den var demontert. Etter at denne rapporten var skrevet ferdig ble den vist til verkstedet som gjennomførte oppgraderingen, kommentarene fra dem kommer helt til slutt.

Skaden

5. august 2010 ble en 2002 modell Think City (PIV4) svært varm i forbindelse med lading. Brannvesenet ble tilkalt, og etter noe nøling og noen telefoner spylte de bilen med vann under. De brøt også opp serviceluka til batterikassa og fylte batterikassa med vann. Vannet rant ut igjen i forkant av kassa, så de etterfylte i en periode med alt vannet de hadde i brannbilens tank. Bilen ble deretter tauet til Falck. Den var da fortsatt varm med en sterkt luktende damp/gass inne i bilen.

Bilen var oppgradert til LiFePO₄ celler noen måneder tidligere. Fulladet inneholder en slik batteripakke mer enn 20 KWh (72 MJ). Under visse forhold kan det oppstå en eksoterm reaksjon som frigjør den lagrede energien termisk. Dette kalles *thermal runaway* og vil normalt forårsake overoppheting fordi energimengden frigjøres så fort at kjølesystemet til batteripakken ikke klarer å holde temperaturen innenfor det maksimalt tillatte.

Demontering

Lørdag den 25.09.2010 ble bilen demontert utendørs. Den avga fortsatt sterk lukt. Enkelte tilkoblinger under serviceluka hadde vi koblet fra noen dager tidligere, vi hadde også fjernet noen sikringer. Dette for å kunne opprettholde spenningen på 12V batteriet.



Serviceluka



Under bilen kunne vi se tråder av smeltet plast.



Inne i bilen var det tydelige spor etter sterk varmeutvikling. Håndbrekket er øverst til venstre, setet er her fjernet.

Vi begynte med å senke batterikassa, dette var vanskeligere enn vanlig fordi en del smeltet plast hadde rent ned og ut av kassa, særlig i bakkant. Heldigvis kunne den flyttes noe framover og lirkes ned.



Fremre venstre hjørne, legg merke til at lakken på kassa har løsnet.



Bakre venstre hjørne. Det er smeltet plast som henger ned utenpå kassa. Det som henger utenpå nærmeste hjørne er rester etter en lerretstape.



Bakre venstre hjørne av kassa.



Detalj fra bakre venstre hjørne.

Etter at vi fikk kassa ned vurderte vi plassering av celler, sammenkoblingene, isolasjon mot tak og vegger i kassa, ny BMS, kabling ut av kassa, valg av lader, tilkobling av lader osv. Vi tok ca 250 bilder i høy oppløsning.

Hva vi lette etter

Et vesentlig spørsmål var dette: Hva var årsaken til overopphetingen?

Vi så for oss disse mulighetene:

Alt 1: Overlading, at ladingen hadde fortsatt etter at den skulle vært stoppet.

Alt 2: Kortslutning inne i en celle, slik at den hadde blitt varm, noe som så kunne ha varmet og ødelagt de andre cellene i nærheten. (seriereaksjon, vi vet ikke om dette faktisk er mulig)

Alt 3: Kortslutning i sammenkoblingen/ved polene. Dette kunne være internt i pakka eller mot bilens karosseri. En slik kortslutning kunne gitt oppvarming i en eller en gruppe celler, og ført til samme reaksjon som i alt 2.

Alt 4: Kortslutning mellom 2 tynne sensorledninger eller mellom en sensorledning og en pol eller en kabel i seriekoblingen. Selv om hvert par sensorledninger måler kun maks 4 volt er det et stort potensiale imellom parene og imellom disse og enkelte av seriekablene/polene. En slik kortslutning ville nok brent av sensorledningen før cellen(e) ble særlig varm, dermed er dette alternativet lite sannsynlig.

Vi så også etter andre gode eller dårlige enkeltløsninger, selv om de ikke kunne ha sammenheng med nedsmeltingen.



En stor gummimatte var plassert over cellene som elektrisk isolasjon og som mekanisk beskyttelse. Det fungerte også som termisk isolasjon



HV boksen er nærmest i høyre hjørne, original BMS rett bakenfor. Ny BMS ligger i en sammensunket plastboks i tomrommet. Bildet er altså tatt forfra (i forhold til kjøreretning)



Her ser en tydelig at overopphetingen er proporsjonal med avstanden fra hjørnet under serviceluka.

Plassering av celler

Bilen hadde 40 stk 150Ah celler fra Heter Battery i Kina. 38 var plassert i kassa, 2 stk i et hulrom rett bak kassa. De 38 cellene i kassa sto trangt og stødig og hadde ikke mulighet til å flytte seg sideveis, med unntak av cellene ved et tomrom rett bak serviceluka. En av disse hadde flyttet seg noe framover, de burde nok vært stemplet av med en tilpasset plate/kloss i bunnen.

De 2 cellene som lå bak var akseptabelt festet med et hullbånd og en trefjøl.

Denne delte plasseringen gir utfordringer mht kablingen, det var her strukket en kabel fra bakre hjørne av kassa og til de 2 bak, dette er det vanskelig å gjennomføre i og med at kassa skal kunne heises opp og ned, og det er svært trangt over cellene.



Høyre bakre hjørne, idet kassa senkes. En ser kabelen som går til cellene i bakrommet litt til venstre for midten av bildet.



De 2 cellene i rommet bak batterikassa. Kabelen som går ned i høyre del av bildet er den samme som på forrige bilde, den har ligget tett opp mot taket, se det lysebrune feltet i taket.

Det å plassere celler utenfor kassa innebærer muligens et brudd med fabrikantens sikkerhetstenkning. I original utførelse skal alle høyspenninger være INNE i kassa når bilen ikke kjøres eller lades. Men dette rommet er omsluttet av karosseristål og en del av det samme volumet, så det har neppe noen praktisk betydning.

Cellene er litt høyere enn de originale. Kassa var derfor montert noe lavere enn originalt, 2 tykke remser med tilskåret gummi lå på falsen, og alle skruene var skiftet til en lengre type. Dette så ut til å være en grei løsning. Også de 4 festene under setene var forlenget med lengre skruer. Men en skrue som ikke kan skrus fast kan komme til å rotere. Vi tipper det var brukt lock tite på disse.

Sammenkoblingen til en serie

Cellene var seriekoblet med gode flettede kobberforbindelser. Under disse var det lagt på kobberpasta. (dette er ikke anbefalt prosedyre).

For å få til en sammenhengende serie var det brukt 2 lengre forbindelser på sidene, og altså en lang fra bakre hjørne av kassa til blokkene bak. Denne siste var isolert med en slange og strukket gjennom et hull i gummimatta. Dette er et kritisk punkt, men det ser ut til at det har vært greit utført. Den litt for korte isolasjonen vi kan se på bildet er fordi vi har overstrukket den ødelagte kabelen da vi senket kassa. Selv om dette var greit gjennomført er dette en løsning en bør unngå. Løsningen krever at kabelen kobles rett før kassa heises opp den siste biten, kabelen har det trangt, og den får en knekk over bakre hjørne av cellene for å komme ned til det runde hullet i bakveggen i bilen. Denne knekken kan en ikke inspisere etter at kassa er oppe.

De 2 cellene som var plassert bak hadde videre en lang kabel fram til HV boksen, denne var dobbeltisolert med en slange og lagt ute i kanalen. (en grei løsning).

Vi lette etter spor etter kortslutning (skadet kobber, lysbue) på alle forbindelser men kunne ikke finne noe.