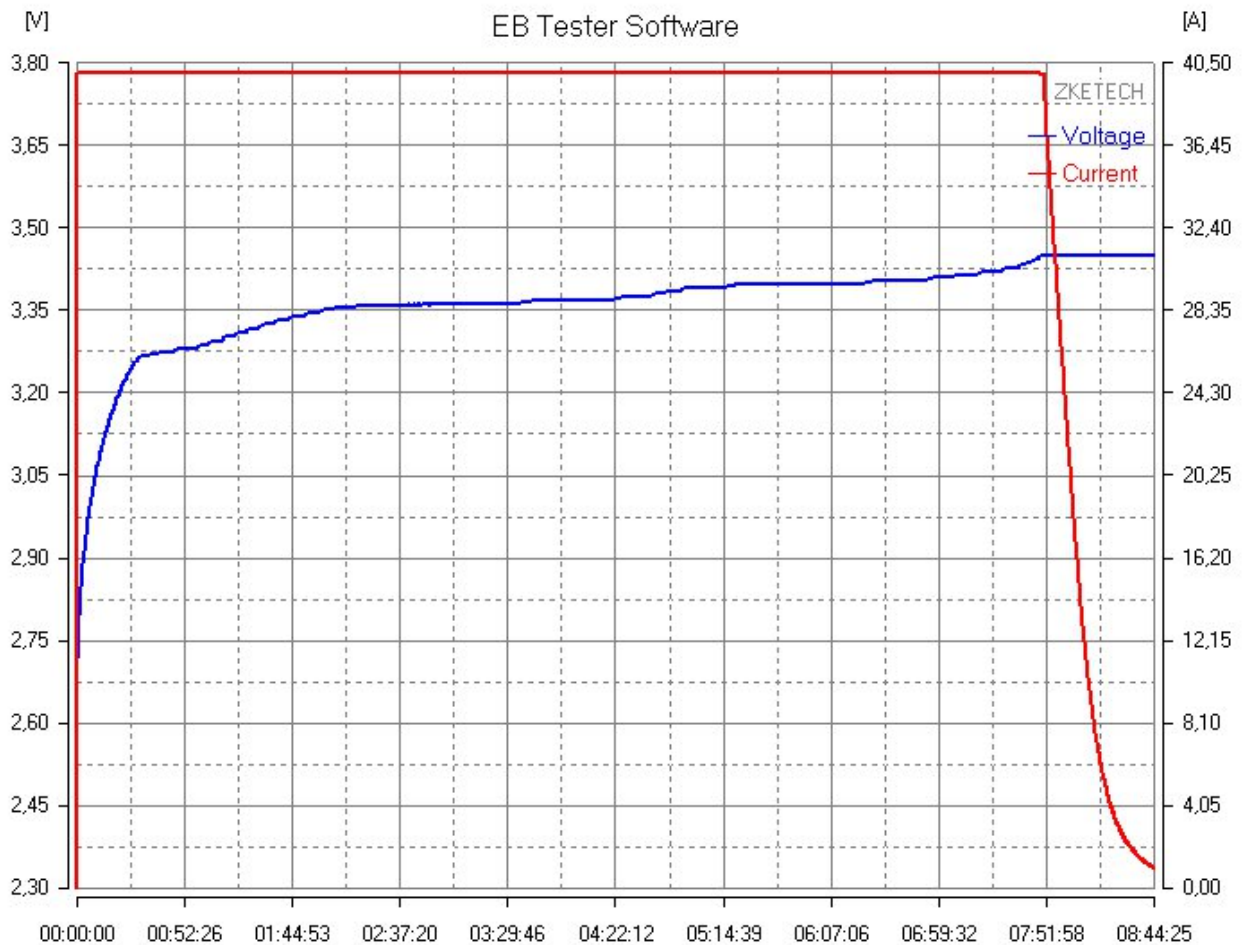




Boven 3,45V

Van forumlid 'Mystudio' kreeg ik de ervaringen van het laden van LiFePO₄ cellen op papier inclusief twee curves die hij opnam bij het laden. Daarnaast voegde hij een aantal observaties toe die ik interessant vind, maar voor jullie misschien in jullie wereldbeeld passen.

Onderwerp van belangstelling is een LiFePO₄ cel met een klemspanning 2,634V en een capaciteit van 320Ah. De cel wordt geladen met een stroombron (CC laden) die een laadstroom geeft van 40A. De laadspanning wordt begrensd op 3,45V. Tijdens het hele laadproces is de gemiddelde laadspanning 3,36V.



Device	Mode	Begin Volt	Cutoff Volt	Capacity	Energy	Avg Volt	CurveV	CurveA
EBC-A50L	C-CV 40,00A 3,45V	2,634V	3,450V	324,50Ah	1090,63Wh	3,36V		

De lader voert meteen 40A laadstroom aan. Hiervoor zijn laadkabels nodig van 6mm². Het gebruik van dunnere kabels zal de laadkabels al snel warm doen worden tot een punt waarbij de PVC isolatie smelt. Kabels van 6mm² met een silicone isolatie hebben de voorkeur. Zij zijn soepel en zullen net zo warm worden als PVC geïsoleerde kabels maar de silicone isolatie zal pas bij een hoge temperatuur vervormen en aanleiding geven tot sluiting. Silicone rubber brandt niet. PVC kan wel branden en staat dan ongezonde chloorverbindingen af.

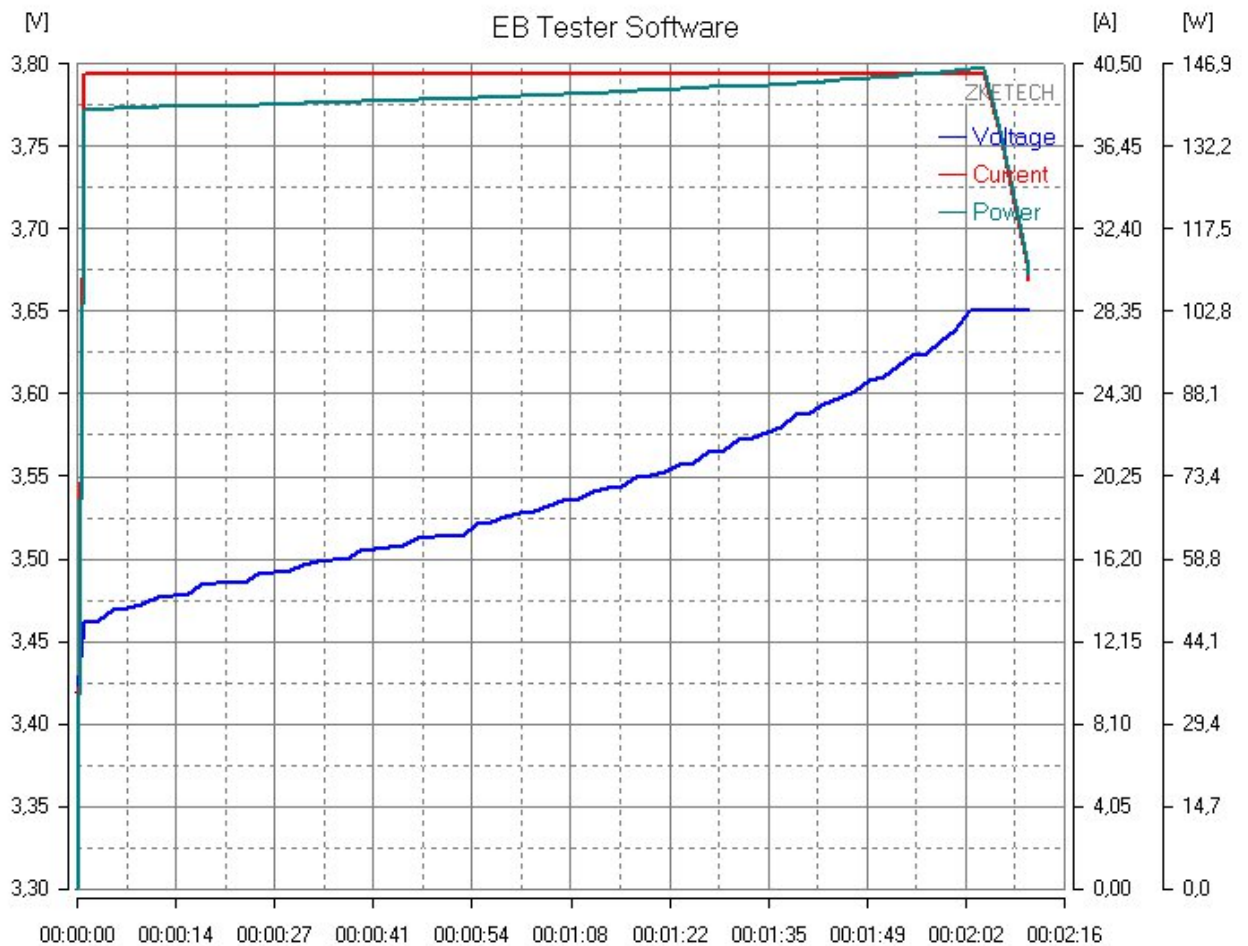
Na 20 minuten is er zoveel lading in de cel gebracht dat de klemspanning van 2,64V is gestegen naar ongeveer 3,25V. Dit is de nominale spanning van een LiFePO₄ cel en de spanningscurve gaat hier vlakker lopen. Dit geldt als het 'werkgebied' voor LiFePO₄ cellen. De lader heeft nu 20 minuten 40 Ampère ofwel 800 Ampère minuut aan lading in de cel gebracht.

In Ah is dat 20 minuten x 40 Ampère = 800 Amin /60 = 13,3333 Ah.

De cel is niet geheel 'leeg' geweest en is meteen het ontstane LiFePO₄ gaan clusteren om de lading op te slaan.

Bereikt de klemspanning de 3,45V dan levert de stroombron minder stroom doordat er onvoldoende spanningsverschil is om nog 40A aan laadstroom te leveren. De rode lijn zakt naar 0A. De lijn is een asymptoot en zal pas in het punt 'oneindig' 0 Ampère bereiken. Zou je met deze lader kunnen laden tijdens gebruik, dan gaat deze lader pas weer laden als de cel zover is 'leeggelopen' dat de cel spanning onder de 3,45V is gekomen.

De lader 'propt' er in de laadcyclus 324,5 Ah in. Daarmee is de cel vol.



Device	Mode	Begin Volt	Cutoff Volt	Capacity	Energy	Avg Volt	CurveV	CurveA
EBC-A50L	C-CV 40,00A 3,65V	3,419V	3,650V	1447mAh	5125mWh	3,54V		

De tweede curve geeft een laadtraject weer van 3,419V naar 3,65V. De cel is bijna 'nokkie nokkie' (3,419V) en de stroombron als lader 'prakt' er weer 40A als laadstroom in. De spanningscurve is niet 'nagenoeg vlak' zoals bij de eerste grafiek, maar stijgt snel naar 3,65V. In 2 minuut 2 seconde wordt de eindlaadspanning bereikt en de coulomb counter van de lader geeft aan dat er wel 1447mAh aan lading is bijgekomen. Daar krijg je nog geen vlieg mee van de muur... Het enige wat je nu doet is Lithium uit het Lithium Ferro Fosfaat losmaken en het door de laadstroom van 40A als metallisch Lithium neer te laten slaan op de elektroden in de cel.

Doordat de lading in de cel nauwelijks toeneemt blijft er veel van het laadvermogen beschikbaar om de cel te verwarmen. In 2 minuten wordt er 145W (groene curve) aan warmte in de cel gepompt en allemaal voor de kat z'n pis! 'Vroegah' had je gloeilampen van 150W en als je die

aanraakte terwijl ze aanstonden, rook je meteen de geur van een barbecue die een speklap verbrandde. Dit vermogen doet de kracht op de celwand toenemen tot 200 Newton, je bent dan bezig om de cel 'op te bollen'. De berekende druk in de cel is dan 5,5kPa. Het is nu duidelijk hoe een thermal runaway van een Lithium ionen cel begint.

Observaties die niet uit de grafiek komen...

Na het laden tot een laadspanning van 3,65V werd de cel van lader afgehaald. De onbelaste cel spanning werd gemeten en deze blijft op 3,65V staan. Dat blijft niet zo, na enige tijd zakt de spanning tot 3,45V en op die spanning kan de cel dagen blijven staan, tenzij de cel wordt belast.

Dat wil zeggen dat de lading die in de cel is gestopt bij de tweede laadprocedure, er uit is...

Weg is... Of omgezet is in Lithium plating... Of omgezet is in warmte.

Dat is dan door het toedoen van de sulfneus die de cel heeft geladen zonder gedegen kennis van zaken. Gelukkig worden de LiFePO_4 cellen steeds goedkoper...