

# LiFePO4 accu's in zeiljachten

Bron: [www.marinehowto.com](http://www.marinehowto.com) - Rod Collins (2017)

Vertaling: Aike van der Hoeft, met Google Translate en enige nacontrole (maart 2018)

Niet voor doe-hetzelvers .....	3
<b>Wat er aan de orde komt, en wat niet.....</b>	<b>4</b>
<b>LiFePO4 .....</b>	<b>5</b>
De verschillende configuraties van cellen.....	6
LiFePo4 definities van batterijbanken .....	6
Voorbeelden .....	7
Doe-het-zelf .....	7
Drop-In.....	8
<b>LiFePO4 versus loodzuur – de voordelen en nadelen.....</b>	<b>8</b>
LiFePO4 voordelen .....	8
Aantal laadcycli.....	8
Bruikbare capaciteit .....	9
Laadsnelheid .....	9
Gewicht en omvang .....	9
Weg met het dode lood.....	9
Constant voltage.....	10
Laad-efficiency.....	10
Niet nodig te laden tot 100% SOC .....	10
Geen sulfatering .....	11
Veilige Lithium technologie .....	11
Maar, maar, loodzuur.....	11
LiFePO4 nadelen .....	12
Overladen .....	12
Teveel ontladen .....	12
Laden onder nul graden.....	12
Cellen in evenwicht houden .....	13
Onderhouds laden .....	13
Leugens van de industrie en misleidende marketing .....	14
Het is een systeem .....	16
De prijs.....	16
Menselijk gedrag en leercurves .....	17
Het wordt complexer .....	17
Levensduur .....	17
Hoge belastingen.....	18
<b>Het BMS - Batterij Management Systeem.....</b>	<b>19</b>
Het BMS .....	19
Waarschuwingsniveaus .....	19
Alarmen .....	20

Noodsituaties .....	21
Automatische celbalancering .....	21
Cellen blanceren .....	22
Opvallend verhaal .....	24
Het BMS inrichten .....	24
<b>BovenBALANS vs. OnderBALANS .....</b>	<b>26</b>
Onderbalans .....	26
BovenBalans .....	27
Bovenbalans realiseren .....	27
Werkbank voeding.....	30
Knoppen en displays .....	30
Werkwijze .....	31
Menselijke fout – Over-laden! .....	31
Wat gebeurt er bij overladen?.....	32
Geen absorptie laden bij 3.65V per cel.....	33
<b>Een plek voor de nieuwe accuset .....</b>	<b>35</b>
De nieuwe plek voor de accubank .....	35
Het batterij vak.....	36
Goed vastzetten .....	36
Bescherming tegen overbelasting.....	36
Onveilige ANL zekering fout.....	37
<b>Alternator overwegingen bij LiFePO4.....</b>	<b>37</b>
Bulk laden .....	38
Fabrieks alternators.....	38
Grote alternator .....	39
Alternator aandrijfriemen .....	40
<b>Alternator spannings regulering voor LiFePO4 .....</b>	<b>41</b>
Belangrijke mogelijkheden voor het regelen van de spanning.....	41
Een gesmolten alternator Stator .....	43
Toerental, motorruimte temperatuur & beperking stroomsterkte.....	43
Alternator instellen & testen stroomsterkte .....	43
Test en opstelling van dynamo voor warm laden .....	44
<b>AC-acculaders en inverterladers.....</b>	<b>45</b>
Directe spanningsmeting.....	45
Hoe spanningsdaling de laadsnelheid beïnvloedt .....	46
0.4C laadbelasting & 12v 100Ah Winston cellenset.....	47
<b>Wat heeft de industrie geleerd? .....</b>	<b>49</b>
Tesla vergelijkbaren .....	49
Noem de bron van uw gegevens .....	50
Geen onderhoudslading!!!!.....	50
Een 100% SOC experiment.....	51
<b>LFP levensduur .....</b>	<b>53</b>

Capaciteitstest – stel de capaciteit vast.....	53
Naar betere capaciteitstests.....	55
Capaciteitstest # 12 @ Cyclus 550.....	56
Het capaciteits testproces .....	57
Test #772 ontladings grafiek .....	57

## Niet voor doe-hetzelvers

Tenzij u graag een lege portemonnee wilt: LiFePO4 is nog niet klaar voor grootschalige toepassing door doe-het-zelvers. Lees dit dus zorgvuldig!!

En wanneer u klaar bent met lezen, en het lijkt u wel wat, besteed dan nog eens 6-8 maanden om alles wat u kunt vinden te lezen over LiFePO4.



Sinds dit artikel beschikbaar is voor het publiek heeft een flink aantal LFP eigenaren contact met me opgenomen om te vertellen dat hun LiFePO4 batterijen geruineerd zijn (niet alle voor maritime gebruik). In bijna alle gevallen hoor ik van hen: “Op het internet klonk het zo eenvoudig.” Het internet heeft een naam voor deze cheerleaders: “fan boys”. Wees reëel en trek niet te snel conclusies als er veel geld gemoeid is bij postings van fan boys. En doe ook zelf onderzoek. Dit artikel raakt alleen de oppervlakte en gaat niet in op actuele de stand van zaken in de wetenschap. Die stand van zaken is ingewikkeld, en kunnen we hier niet weergeven. Jammer genoeg zijn maar een paar van de ‘overleden’ LFP accu’s die aan mij gemeld zijn gerapporteerd in online forums, blogs, enz. De mensen die die deze PFP accu’s om zeep gehopen hebben zijn niet allemaal boot-eigenaren. Sommige zijn mensen met elektrische auto’s, één of twee zijn off-grid en de rest is boot-eigenaar. Wat ze gemeen hebben is te weinig of geen kennis van wat een BMS is, wat een BMS moet doen, hoe je een BMS aansluit, hoe je op de juiste manier LFP accu’s gebruikt, laadt en ontladend en wat de veilige marges daarbij zijn.

### De statistieken (n=68):

#### #1 Oorzaak van LFP falen: Overladen

Bijna altijd een onjuiste absorptieduur en een te hoog absorptievoltage. Voltages waren in al die gevallen meer dan 14.2V en de absorptieduur was meer dan 30 minuten.

#### #2 Oorzaak van LFP falen: Onderhoudsladen

In bijna alle gevallen waar dit aan de hand was hielden de eigenaren vast aan het

onderhoudsladen van LFP (Engels: 'float'). Een zonnepaneel plus daar bovenop een acculader. Als u denkt dat een LiFePO4 accubank niet overladen kan worden met een voltage van 13.8V, doe meer onderzoek. Het is complete onzin dat LFP niet overladen kan worden met 13.8V, als dat voltage langere tijd wordt aangeboden.

**#3** Oorzaak van LFP falen: te veel opladen vanwege celonbalans - in ongeveer de helft van de gevallen bewaakten de eigenaren alleen de spanning van "de set cellen" en bij de andere helft was er sprake van onjuiste pack-balancing.

**#4** Oorzaak van LFP falen: Onjuiste setup van het BMS (Battery Management System). Ik aarzel om sommige van deze systemen een 'BMS' te noemen, maar in elke case was de 'bescherming' die de eigenaar had aangebracht onvoldoende. In 4 van de cases gingen het om "*low voltage disconnect*".

**#5** Oorzaak van LFP falen: Overmatig ontladen - In de meeste van deze gevallen leidde onjuiste batterijbewaking van de SOC-programmering en gebrek aan BMS-beveiliging tot te veel ontladen van de batterij. Sommige waren celonevenwichtigheden.

Houd er rekening mee dat in alle 68 gevallen van deze geruineerde LFP-banken die ik tot nu toe ken er niet één incident was van brand, ontploffing of gevaarlijke ontgassing. Veel opgeblazen en verwoeste cellen, maar geen vuur. Alleen duizenden en duizenden dollars weg.

## **BELANGRIJK**

Dit artikel is alleen bedoeld om informatie te geven en het kan gebruikt worden in trainingen en presentaties.

## **Wat er aan de orde komt, en wat niet**

**#1** Dit artikel is bedoeld als een overzicht van LiFePO4 accu's (geen andere Li chemie) voor gebruik als service accubanken op boten. Het gaat niet over elektrisch varen of elektrische auto's, alleen service accubanken op jachten, zowel fabriekssystemen, als custom made. Ik zal soms naar dit soort gebruik verwijzen met de term "fractional C" gebruik.

**# 2** Het is het delen van wat ik geleerd heb, van het experimenteren en installeren / implementeren van LiFePO4-batterijen op boten. Ik beschouw mezelf NIET als een expert op het gebied van LiFePO4. Als zelfs de Chinese fabrikanten deze technologie niet volledig begrijpen, van binnen en van buiten, hoe kan ik dat dan? Als er geen solide gegevens over fractioneel C-gebruik zijn, hoe moet ik dan een expert zijn? Nogmaals, dit artikel is het delen van wat ik heb geleerd over LFP ...

**# 3** Dit artikel zal je niet elk klein detail laten zien om je eigen bank te bouwen of je elk laatste greintje detail & specifieke bedradingsschema's te geven. Het is mijn

overtuiging dat die laatste details moeten worden gladgestreken door degene die beslist om zelf te klussen met de gekozen specifieke apparatuur. Als je niet de mogelijkheid of geneigdheid hebt om de laatste paar, verbindingen van de punten te achterhalen, dan misschien heb je en LiFePO4 een slechte pasvorm, tenminste nu.

**# 4** Dit artikel is geen voorstel voor doe-het-zelf installatie van LiFePO4-batterijen.

Het is alleen educatief bedoeld. Ik ben er vast van overtuigd dat dit een voor de gemiddelde doe-het-zelver niveau 11 is op een schaal van 1-10. Tenzij u een Electrical Engineer bent of een zeer hoge, hoge, hoge elektrische aanleg en voorliefde voor elektrische systemen hebt, is dit eenvoudigweg niet geschikt voor de doe-het-zelver.

**# 5** LiFePO4 kan een enorm gat in je portemonnee slaan als het niet goed wordt gedaan. Naar mijn ervaring is er veel misleidend advies op het net. Men moet het allemaal lezen om te beslissen welke weg het beste zal werken. Ik heb een map op mijn computer vol met white papers, en toch zijn er nog steeds enorme gaten in de gegevens, wanneer deze worden toegepast op fractioneel "C" -gebruik voor service accu's op boten. Veel cellen gaan kapot door mensen die proberen dingen te snel te doen of niet genoeg onderzoek doen. Ik kan alleen delen wat ik heb geleerd door onderzoek, fysiek testen en daadwerkelijk gebruik in de echte wereld. Dit artikel wil niet suggereren dat er maar één manier is om Li op boten te gebruiken. Ik geloof echter wel dat er, voor het gebruik van service accu's op boten, een goede manier en een verkeerde manier is. Ik zal je niet vertellen hoe je het zou moeten doen, maar ik zal het waarom en het hoe delen en aangeven hoe ik ertoe ben gekomen om deze of die methode of praktijk te kiezen.

## LiFePO4



afb. 1 Balqon cellen

De zending: bij mij kwamen deze cellen van Balqon Corp in Californië zo aan, zeer goed ingepakt. Ik heb een goede deal voor deze cellen, maar Balqon is verstrooid, gedesorganiseerd en verzending is extreem duur. Sommige eigenaren hebben maandenlang gewacht op hun cellen. Als dingen bij Balqon veranderen en ze worden beter zal ik je dit zeker laten weten. Probeer

tot die tijd de VS-voorraad LFP-cellen, zoals CALB, elders te vinden.

De cellen waren erg goed verpakt en in zeer goede staat.

De Li-chemie die voor deze bank is gekozen, wordt kortweg lithiumferrofosfaat,  $\text{LiFePO}_4$  of LFP, genoemd. Er zijn een paar variaties op deze chemie, zoals  $\text{LiFeMnPO}_4$  en  $\text{LiFeYPO}_4$ , maar het eindresultaat is nog steeds een LFP-bank en het heeft dezelfde inherent veilige Li-kenmerken. Ik heb gekozen voor vier 400Ah Winston LFP prismatische cellen en de bank is opgezet in een 4S-configuratie.

### **De verschillende configuraties van cellen**

Een 4S bank betekent: vier 3,2V-cellen in serie zodat een pakket van 12V ontstaat. Het pakket / de bank zit echter dichterbij een 13.3V-pakket, aangezien de rust- en nominaal geladen toestand van deze cellen ongeveer 13,2V - 13,35V is. Als u een andere dan een 4S-configuratie wilt uitvoeren, moet u de cellen idealiter eerst parallel schakelen en vervolgens in serie met elkaar verbinden. Parallel plaatsen komt eerst, zodat u slechts 4 celspanningen hoeft te bewaken. De parallelle cellen blijven gebalanceerd en de BMS hoeft slechts 4 cellen te bewaken voor een nominaal 12V-systeem. Als u eerst het in serie plaatsen kiest, hebt u veel meer controle op celniveau nodig. Het systeem dat u het vaakst ziet voor 12V accubanken is als volgt.

4S = vier cellen in serie

2P4S = twee cellen parallel, daarvan vier in serie

3P4S = drie cellen parallel, daarvan vier in serie

4P4S = vier cellen parallel, daarvan vier in serie

Er zijn veel manieren om  $\text{LiFePO}_4$  Cellen te combineren, in serie of parallel/in serie. Ik geef de voorkeur aan een eenvoudige 4 cellen in serie configuratie, vooropgesteld dat die combinatie passend is voor uw boot. 4 cellen in serie vereist minder bedrading en minder werk om het geheel te balanceren. Sommige mensen zeggen dat, bij een kapotte cel in een 2 Parallel/4 in serie bank, je de bedrading kunt veranderen en zo de overgebleven cellen kunt gebruiken. Op zee? Echt? Ik geef de voorkeur aan een reserve accuset met lood accu's. Het veranderen van de bedrading van een LFP bank op zee is niet iets wat u wilt doen.

### **LiFePo4 definities van batterijbanken**

Fabrieksgeïntegreerde lithiumbatterij

Een lithiumbatterij die is ontworpen om te werken als een in de fabriek geïntegreerd systeem inclusief de oplaadbronnen

Systeemgeïntegreerde lithiumbatterij

Een lithiumbatterijsysteem met de mogelijkheid van systeeminteractie / communicatie met externe ladingsbronnen, vaartuigen, alarmen of veiligheidssystemen.

Drop-in lithiumbatterij

Een op zichzelf staande lithiumbatterij met of zonder een integraal BMS en contactor / s, die geen externe systeemcommunicatie met laadbronnen, vaartuigen, alarmen of veiligheidssystemen heeft.

### **Voorbeelden**

**Fabrieksgeïntegreerde systemen** - Victron & Mastervolt, beter is er op dit moment niet. Ze verkopen zowel de laadbronnen als de LFP-batterijen, als een in de fabriek geïntegreerd systeem.

**Systeemgeïntegreerd Lithiumstelsel** - Lithionics van: Genasun en goed uitgevoerde doe-het-zelf. Ontworpen om te werken met producten van derden en om met hen te kunnen communiceren.

**Drop-In Lithium** - Ik weiger namen te noemen omdat sommige mensen dwaas genoeg zullen zijn om ze te kopen. Als het interne BMS is afgesloten en de batterij aan een externe oplaadbron niet kan aangeven wanneer het laden moet worden gestopt of als een lading stopt met ontladen, is dit geen batterij die geschikt is voor een boot.

Er zijn drie basisopties om LFP op uw boot te krijgen, waarbij Doe-het-zelf de minst dure en meest technische is. De categorieën zijn:

### **Doe-het-zelf**

Dit is een echte kostenbesparing, maar het is niet voor bangeriken of de beperkt vaardige doe-het-zelfer. Het wordt niet aanbevolen voor de gemiddelde schipper. Bij doe-het-zelf koop je de cellen, alle componenten, kies je de BMS, kies je de hoogspanningsuitschakeling en het laagspannings uitgangsrelais, de hoofdschakelaars, bedraad en monteer je alles, breng je alles in balans en kies je de laders, de zonnepanelen of de alternatorregelaars om LFP op te laden . Het is een zeer tijdrovend project.

### **Maritieme fabrieksmatige LFP Systemen:**

Genasun (stopgezet), Mastervolt, Victron & Bruce Schwab / Lithionics bouwen allemaal LFP-systemen voor maritieme toepassingen. Deze systemen zijn goed ontworpen, goed uitgevoerd en duur. Als je LFP wilt en niet de mogelijkheid hebt om te klussen, kan ik deze drie bedrijven zeker aanbevelen. Persoonlijk heb ik de

meeste ervaring met Genasun en het systeem was behoorlijk goed in elkaar gezet. De eigenaar van het bedrijf, Alex MeVay, is een MIT graduate en een van de slimste geesten in het maritieme LFP-veld.

### Drop-In

Ik heb er een hekel aan om dit type te noemen, omdat het zoveel problemen heeft, wanneer het op een boot is geïnstalleerd, Sommige van deze systemen hebben helemaal geen BMS en andere hebben slechts één relais dat de bank op lage of hoge spanning ontkoppelt. Dit relais heeft vaak een belachelijk lage stroomsterkte van ongeveer 70A - 100A. Als het te mooi lijkt om waar te zijn, is dat waarschijnlijk het geval! Een waarschuwing dus voor Li Drop-In's.

Als u aarzelt: ga voor Mastervolt, Victron of Lithionics . Deze bedrijven leveren goed doordachte maritieme systemen.

## LiFePO4 versus loodzuur – de voordelen en nadelen

### LiFePO4 voordelen

#### Aantal laadcycli



2000+ "beweerde" laadcycli tot 80% ontladingsdiepte. Als we de beste AGM-batterijen met LFP vergelijken, zien we dat gerenommeerde fabrikanten zoals Energysys / Odyssey slechts 400 \* laad-cycli tot 80% ontladingsdiepte claimen.

Ik vermoed (het is een gok) dat LFP-prismacellen, van gerenommeerde fabrikanten zoals Winston, CALB, Sinopoly, Hi Power, GBS en anderen, ongeveer 1600-2400 cycli meegaan, zelfs als ze regelmatig naar 80% ontladingsdiepte worden gedreven, in de echte maritieme wereld. De fabrikanten claimen meer, maar dat geldt ook voor de makers van loodzuur accu's, en ze zijn altijd gebaseerd op ideale 'lab'-omstandigheden. Natuurlijk is dit een schatting van mijn kant. Ik kan je verzekeren dat zelfs 1600+ cycli erg veel is. Ik heb bijna 28 maanden mijn best gedaan en ben er slechts in geslaagd om 550 cycli te realiseren, en dat is dan ook nog met versnelde cyclustests.



Natuurlijk is de gemiddelde loodzuurbatterij op boten vaak al lang vóór 150 cycli dood en komen ze zelden in de buurt van het veronderstelde aantal cycli. Doe de berekening op uw eigen bank, en kijk hoeveel laadcycli u had, tot 50% ontlading, voordat uw bank vervangen moest worden. De meeste booteigenaren zijn geschokt als ze deze berekening doen.

\* Ik heb nog nooit een loodzuur accubank in het maritieme milieu aangetroffen, zeker niet op cruise zeiljachten, die nog steeds boven de 80% van zijn capaciteit zit aan het einde van zijn leven. NOG NOOIT. Deze laboratorium specificaties zijn sprookjesachtige beoordelingen vergeleken met de werkelijkheid. Ik vertrouw ook niet volledig de laboratorium specificaties van de LFP-cellen, hoewel sommigen de tests hebben gedaan en dit hebben gezien.

Alex MeVay de CEO van Genasun gelooft stellig in 2000+ cycli tot 70% ontladingsdiepte. Dat is absoluut verbazingwekkend, als het echt klopt. Gebaseerd op wat ik zie bij 550 +/- cycli ben ik geneigd om het te geloven.

### **Bruikbare capaciteit**

Ongeveer 80% van de capaciteit van een LFP-bank is volledig bruikbaar. Met loodzuur heeft u vaak slechts 30-35% bruikbare capaciteit (50% SOC tot 80-85% SOC) als gevolg van het acceptabel worden van de laadstroom. Met LFP is de stroombegrenzing of acceptatie periode van zeer, zeer kort van duur, zelfs bij relatief lage laadspanningen van 13,8V - 14,0V.

### **Laadsnelheid**

Zeer, zeer korte stroomconus, zelfs bij grote stroombronnen. Laadt tot bijna vol voordat zelfs absorptiespanning is bereikt. Dit is natuurlijk volledig afhankelijk van je laadspanning en je huidige bron. Wij laden bij 120A continu (160 A capaciteit om continu op 120 A te werken) en het laden met minder stroom duurt 30-35 minuten. Vergelijk dat met uren en uren van stroombeperking met behulp van een 120A laadbron op 400Ah loodzuuraccu's. Met een kleine oplaadbron, zoals zonne- of wind, kom je tot 99% + SOC voordat er stroombeperking optreedt. Onze bank moet letterlijk vol zitten voordat ons zonnepaneel zelfs 13,8V kan bereiken ... Deze batterijen kunnen een enorme laadstroom aan ze laden extreem snel op, maar hebben de neiging om het buitengewoon goed te doen met .3C tot .5C in laadstroom.

### **Gewicht en omvang**

Minder dan de helft van het gewicht van lood accu's en bijna altijd compacter. De 400Ah LFP bank in dit artikel weegt 134 pond minder dan een 400Ah loodzuurbank. Om de bruikbare capaciteit van een 400Ah LFP-bank te evenaren, heeft u echter ongeveer 900Ah aan loodaccu capaciteit nodig. Dit maakt de 400Ah LFP bank ongeveer 400 kilo lichter dan de equivalente bruikbare capaciteit in loodzuur!

### **Weg met het dode lood**

De typische loodzuurbank bestaat uit 65-70% van het gewicht dat bestaat uit "dood lood", oftewel het overtollige lood dat je meeneemt maar die je niet kunt gebruiken. Als je een bruikbare capaciteit hebt van slechts 30-35% van de bank, betekent dit dat je ongeveer 65-70% van dat gewicht vervoert in onbruikbare "dood lood" -capaciteit. Deze 400Ah LFP-bank weegt 130 pond en 80% ervan is gemakkelijk te gebruiken. Dit betekent dat slechts 20% ervan niet gemakkelijk te gebruiken is of dat u het eenvoudigweg niet wilt gebruiken voor de beste levensduur. Dientengevolge, vervoeren wij rond een miezerige 26 pond onbruikbare batterij op onze 36 voeter .. Laten we even terug gaan naar bruikbare capaciteit. Als we de bruikbare capaciteit van deze 400Ah LFP-bank gelijk willen stellen, hebben we 8 GC2 6V-golfkaraccu's of ongeveer 900Ah's nodig. 35% van 900Ah is een bruikbare capaciteit van 315Ah's. 80% van de 400Ah LFP bank is een bruikbare capaciteit of 320 Ah's. De 900 Ah lange bank weegt 520 pond. Als u slechts 35% van die bank gebruikt, haalt u ongeveer 338 pond "dood lood" of 338 pond onbruikbare capaciteit. Zesentwintig pond ongebruikte LFP of 338 pond "dood lood" .. ??

### **Constant voltage**

LFP-banken hebben een zeer sterke en vlakke laad- en ontlaadcurve met een zeer steile en snelle stijging of daling aan beide uiteinden. Deze uiteinden worden de "knieën" genoemd. LFP's hebben een spanningen die ruim boven die van een volledig opgeladen loodzuurbank ligt en blijven zeer dicht bij hun 3,3 Volt Per Cel / 13.2V nominale spanningsniveau. Ze houden vrij stabiele voltages met weinig verandering, bijna helemaal tot 80% ontlading. Ze behouden zelfs onder "normale" huisbelastingen een zeer strak spanningsbereik. Espar kachels, koelingen, watermakers etc. zullen allemaal beter presteren. Apparatuur houdt van hoge spanningen. Zelfs lenspompen zullen meer water pompen. Spanningsverzakking die elektronica kan uitschakelen tijdens boegschroef- of ankerliergebruik is nauwelijks meer aan de orde.

### **Laad-efficiency**

Laad-efficiëntie wordt ook wel de Coulomb-efficiëntie genoemd. Deze batterijen zijn bijna 100% efficiënt, zoals ik heb gezien op mijn testbank. Haal er 200Ah uit en plaats 200 Ah terug en je krijgt de spanning en de netto geaccepteerde stroom op bijna exact dezelfde Ah-uit als die van Ah-in. Tot LFP had ik nog nooit zoiets meegemaakt, zelfs niet met de beste AGM's. Loodzuur varieert van 70% tot wel 90% +/- efficiënt, maar je moet nog steeds 10-30% meer terugzetten dan je hebt genomen, en dat is met "gezonde" loodzuurbatterijen. Als ze gaan sulfateren wordt de Coulomb-efficiëntie nog slechter.

### **Niet nodig te laden tot 100% SOC**

We weten dat de achilleshiel van loodaccu's sulfatering is, en om dat te bestrijden, moeten we ze zo vaak mogelijk aan 100% SOC opladen. Dit is voor veel watersporters en cruisers erg moeilijk, tenzij uw boot na elke zeiltocht in een dok ligt of op een ligplaats met een geschikt zonnepaneel. LFP-batterijen hoeven niet terug te gaan naar 100% SOC! Dit is een groot voordeel van LFP. Wanneer we terugkomen van een weekend op het water, en onze batterij is voor 50% SOC, dan heb ik geen zorgen. Ik sluit de boot af en het zonnepaneel ook en ga naar huis. LFP-batterijen rusten liever op 50-60% SOC dan op 90-100%. Het is even wennen.

### **Geen sulfatering**

Sulfatering is de kanker, en de nummer 1 moordenaar van loodzuurbatterijen. Deze batterijen sulfateren niet, er is geen kanker, dus het is niet nodig om constant terug te keren naar 100% SOC voordat u uw boot verlaat. Geniet van dat zeilen naar huis, zonder motor!!!

### **Veilige Lithium technologie**

Zonder twijfel is LFP de veiligste van de Li-batterijen. Velen beweren, en deze argumenten zijn zeker sterk, dat LiFePO<sub>4</sub> net zo veilig is of veiliger dan loodzuur. ALLE BATTERIJEN ZIJN GEVAARLIJK, laten we dat niet vergeten.

Zoals Li zegt, is LiFePO<sub>4</sub> momenteel het veiligst. Vergeet niet dat we elke dag worden omringd door veel meer Li-technologieën: in computers, iPads, iPods, tablets, videogames, mobiele telefoons en zelfs draadloze gereedschappen. LFP is minder energiedicht dan andere, meer vluchtige Li-formaten, maar in vergelijking met loodzuur ziet alles er energierijk uit. We hebben op boten geen behoefte aan "Dreamliner" -niveau energiedichtheid, dus gebruiken we de aanzienlijk veiligere LiFePO<sub>4</sub> / LFP-technologie en niet LiCoO<sub>2</sub> zoals Boeing koos.

Ik denk dat deze video van Sinopoly de veiligheid van de LFP-technologie kan samenvatten. Die gekke Chinese kerels schoten, verbrandden, sloten ze kort en kookten deze cellen. Probeer dit NIET thuis. Houd er rekening mee dat een enkele 60Ah 3.2V-cel een stroomsterkte van meer dan 1800A kan genereren bij een kortsluiting. WOW! Geen van de testers kreeg zure brandwonden, werd geblindeerd of ging naar huis met gaten in hun kleding.

**VIDEO LINK:**

### **Maar, maar, loodzuur.....**

Zoals ik eerder al zei, is geen batterijtechnologie 100% veilig, laten we onszelf niet voor de gek houden. Stomme oplaadprocedures, zoals het gebruik van een autolader op een boot, kunnen een situatie als deze teweegbrengen. Kijk eens naar

wat de accuzuur deed aan de binnenkant van deze boot toen deze loodaccu KA-BOOM ging ..... !!

Yep **BOOM**, and its not LiFePO4!!! (wink)

### LiFePO4 nadelen

Op deze foto heb ik mijn geval voor celcompressie geconstrueerd. LFP-banken maakten gebruik van gevallen voor celcompressie, zodat bij overbelastingen de celuitpuling kan worden beheerst. Ik koos voor 1/4 "aluminium omdat het gemakkelijk is om mee te werken. Het deksel is 3/8 "polycarbonaat.



LifePO4 is fantastische technologie, maar deze technologie heeft een prijs.

### Overladen

LFP-batterijen worden snel aangetast. De capaciteit vermindert, of ze worden zelfs vernietigd, als ze worden overladen. In tegenstelling tot loodaccu's, waar door overladen alleen wat elektrolyt wegspoelt dat kan worden vervangen, kan bij LFP accu's de behuizing opzwellen en worden de cellen onomkeerbaar geruïneerd. Een loodzuurbatterij zal wat permanent capaciteitsverlies ondervinden van chronische overladen, maar zal dit overleven. Een LFP-batterij niet. LFP-batterijen overladen zal resulteren in een enorm gat in uw portemonnee! Dit betekent goed laden, en een BMS-systeem om ervoor te zorgen dat het overladen niet kan gebeuren.

### Teveel ontladen

Net zoals overladen kan teveel ontladen resulteren in een polariteitsomkering en vernietiging van de cellen. Een loodzuurbatterij kan wat permanent capaciteitsverlies lijden maar kan dit gemakkelijk overleven, een LFP-batterij NIET. Nog een enorm gat in uw portemonnee, en nog een reden waarom een LFP-systeem ontworpen en geïnstalleerd moet worden als een "systeem".

### Laden onder nul graden

LFP-cellen moeten echt niet worden opgeladen bij temperaturen onder 0 C. Ze kunnen onder het vriespunt worden ontladen, maar niet worden opgeladen. Loodzuur accu's kan dat minder schelen. Dit is nog een andere manier om je portemonnee leeg te maken.

Er is wat verwarring rondom de LiFeYPO4 Winston- of Voltronics-cellen. Winston beweert dat de toevoeging van Yttrium het mogelijk maakt om de cellen te "laden" bij temperaturen van -4 graden. Ik heb Winston en hun oude Amerikaanse distributeur

Balqon via e-mail bij meerdere gelegenheden gevraagd om een onafhankelijke test die bevestigt dat het veilig is om LiFeYPO<sub>4</sub>-cellen onder 0 graden C te laden. Alles wat ik heb ontvangen is stilte. Met de geschiedenis van Winston Chung kan ik alleen maar zeggen dat ik sommige van zijn claims niet vertrouw. Maak je eigen huiswerk. Voltronics aan de andere kant, die Winston gebruikt om hun LiFeYPO<sub>4</sub>-cellen te produceren, stelt voor deze cellen niet onder 0 graden C te laden.

Totdat ik enkele geverifieerde en legitieme tests van third party's of van universiteiten zie die kunnen bevestigen dat deze cellen VEILIG kunnen worden opgeladen bij temperaturen onder 0 graden C, blijf ik vasthouden aan dat u dit niet zou moeten doen. Als iemand een white paper paper heeft dat ik gemist heb bij het opladen van LiFeYPO<sub>4</sub> bij koud weer, stuur het dan alstublieft op.

### **Cellen in evenwicht houden**

Het in evenwicht houden van de LFP-cellen is van het grootste belang, omdat het hoge of lage spanningen zijn die LFP-cellen verpesten. In LFP-cellen hebben we de zogenaamde boven- en onderknie.

De bovenste en onderste 'knieën' zijn de spanningen waarbij de batterij of cel vol / leeg raakt. De spanning schiet omhoog in hockeystick-stijl, of zinkt als een steen. Te veel ontladen en overladen is waardoor de meeste LFP-cellen worden vernietigd. Het ene moment levert of accepteert de bank gigantische hoeveelheden stroom en het volgende moment is een cel ineens vol / leeg en bereikt het zijn maximum of minimum, voordat de andere cellen het doen.

Als een cel uit balans raakt, kan deze vol raken voordat de rest van de cellen dat doen en deze ene cel kan worden geruïneerd. Celbalancing is het belangrijkste en meest kritieke bij het gebruiken van hoge laadspanningen. Het opladen van de cellen tot meer dan 14.0V is absoluut onnodig en brengt je alleen maar dichterbij de gevarenszone.

Dit is de reden waarom individuele bewaking op celniveau, van celspanning, noodzakelijk is. De spanning van gezamenlijke cellen zegt niets over een individuele cel. Een goed BMS (Batterij Management Systeem) zal het opladen aanzienlijk versnellen, voordat schade kan worden aangericht.

### **Onderhouds laden**

LiFePO<sub>4</sub> accu's zijn geen loodzuuraccu's, en ze zijn niet ontworpen en ook niet bedoeld om "onderhouds-geladen" te worden.

Kijk naar een van je tablets, mobiele telefoons, iToys enz. En ze stoppen allemaal met opladen wanneer de batterij VOL is. Ze schakelen weer in als het voltage van de batterij naar een vooraf ingesteld niveau is gedaald, maar ze blijven de stroom niet voeden naar een volle batterij.

Onderhouds laden toepassen op LFP is een complex onderwerp en ik zal hier later op ingaan. Waar het op neer komt is dat u onderhouds laden moet vermijden als u kunt. Sommigen hebben betoogd dat een onderhouds spanning van 3,35 Volt Per Cel of lager (13,4 V voor een nominale bank van 12 V) niet erg schadelijk is. Onthoud dat dit type opladen u gedurende langere tijd in het bovenste State Of Charge (SOC) bereik brengt en dat deze batterijen bij voorkeur op 40% -60% SOC zitten wanneer ze niet worden gebruikt, niet op 95% + SOC.

Kun je onderhouds laden bij 3,35 VPC of lager? Nee, het zal de levensduur van de cellen waarschijnlijk zal verkorten. Van de ongeveer 80 White Papers die ik over LFP-batterijen heb, heeft niet één van hen een fractioneel "C" -gebruik gehad en zweeft hij met 3,35 V of minder, niet één. Wanneer we weten dat het opslaan van deze batterijen op bijna 100% SOC rustspanning (zelfs niet opladen) capaciteit kan verminderen met een snelheid van meer dan 10% per jaar.

### **Leugens van de industrie en misleidende marketing**

Helaas zijn de meeste op de markt verkrijgbare opladers, zonneregelaars en dynamo-regelaars van een uiterst beperkt ontwerp en zijn ze NIET geschikt voor het opladen van LFP-banken. De meeste van deze fabrikanten hebben geen ervaring met LPF, maar ze hebben geen scrupules om toch "Li" -ladingsprofielen aan te bieden, ondanks dat er geen fysieke of praktische ervaring mee is. Kortom, veel van deze LFP-claimvorderingen zijn op zijn best misleidend en kunnen gevaarlijk zijn voor de gezondheid van uw cellen.

Veel van deze profielen kunnen uw zeer dure LFP-bank vernietigen. ProMariner en Sterling Power zijn twee laders die komen met een Li-instelling van 14,6 V absorptie en een 14,4 V float. Houd er rekening mee dat deze laders ook een bulkduur gebruiken vermenigvuldigd met X-type algoritme om de absorptieduur te bepalen. Dit type algoritme stelt de absorptieduur in of verlengt deze op basis van de lengte van de bulkfase. Korte bulk = korte absorptie en lange bulk (bijv. ∴ LFP) = lange absorptie. Lange absorptie met LFP = slecht! Zien als bulk is erg lang met LFP, hoe lang denk je dat de LFP-opnameduur zal zijn? Het onbeperkt vastpinnen van deze cellen op 14.4V (float) is een simpelweg batterijmoord!

Gebruik deze instellingen alstublieft niet om prismatische LFP-cellen op te laden. Je zult je batterijen vernietigen. LFP-BATTERIJEN geef je geen onderhoudslading. Het is een feit dat de mensen die deze potentieel gevaarlijke ladingprofielen maken heel vaak nul ervaring hebben met LFP-banken, maar ze willen je wel een oplader verkopen.

Ook de Chinezen willen graag verkopen. Ze misleiden je en vertellen je dat het veilig is om deze banken op hoge voltages te laden, zodat eindgebruikers / consumenten denken dat ze ze gewoon in de boot kunnen plaatsen en wegvaren.

Ik vermoed dat veel hiervan eenvoudig een misverstand is tussen wat de consument wil geloven en wat de Chinezen eigenlijk bedoelen.

Ik denk dat het als volgt zit.

Als LFP een ander laadpatroon en veel extra's vereist, zal de conversie van lood naar LFP veel langzamer gaan en zullen de Chinezen minder cellen / batterijen verkopen. Hoe lossen ze dit op?

Laten we in een rokerige achterkamer in de Chinese fabriek zitten en dit uitzoeken. Oh ja, ik weet het, vertel ze gewoon dat ze kunnen worden opgeladen bij normale loodzuurspanningen en we zullen meer verkopen. De GEL-batterijproducenten hebben dat al hebben geprobeerd, en kijk waar hun marktaandeel nu ligt.

**Vertrouw de slecht geschreven Chines laad handleidingen niet. Ze willen je alleen maar een poot uitdraaien.**

De Chinezen zeggen in de handleidingen dat het ok is om deze batterijen op te laden tot 14.4V - 14.6V. Hmm, wat missen we? Hier is het en het is heel eenvoudig ..

**Ze verwachten dat u laadt tot 14.6V en dan STOPT HET OPLADEN. Zodra je 14,6 V hebt gehaald, verwachten de Chinezen dat het laden volledig STOPT.**

De realiteit is dat geen enkele commerciële maritieme lader zo werkt.

**“Laad tot 14.6V”**

*Is niet hetzelfde als*

**“Laad tot 14,6 V en laad dan op 14,6 V gedurende 4 uur”**

Begint u het niet matchen te zien tussen de Chinglish-handleidingen en de realiteit van onze slecht programmeerbare loodzuur laders?

Kijk naar wat een fabrikant als Mastervolt de afgelopen jaren heeft geleerd. Hun ladingsspanningsgeleiding is behoorlijk drastisch verminderd. Waarom? Welnu, als de vernietigde Mastervolt-batterij in mijn winkel een indicatie is, dan hebben we ons antwoord. Ze hebben blijkbaar iets geleerd van de Winston / Thundersky-cellen in de mooie verpakking, en het kwam niet door Chinezen, het kwam door feitelijke fouten bij het opladen van deze banken naar 14.6 V, in plaats van 14.2 V of lager. Deze fouten zijn opgetreden met een volledig fabrieksmatig ontworpen en geïntegreerd LFP-systeem.

Voor een doe-het-zelver zonder Mastervolts engineeringvaardigheden: beperk je laadspanning tot 13.8V tot 14.0V en je bent veilig.

U moet echt opladers, controllers en dynamo-regelaars vinden die 100% programmeerbaar zijn. Zelfs dit is niet perfect, maar het is beter dan vasthouden aan

werken met een absorptie- of onderhouds cyclus. Koop alsjeblieft niet het goedkoopste stukje rommelige slimme wanna-be Li oplader.

De eerder genoemde ProMariner, ProNautic P- en Sterling ProCharge Ultra-laders zijn uitstekende opladers voor loodzuur, omdat ze een aangepaste programmeerfunctie hebben, alleen voor spanningen. U zou het aangepaste profiel kunnen gebruiken, maar niet het "Lithium" laadprofiel. Waar deze laders de mist in gaan, bij LFP, is de absorptieduur of duur met een constante spanning. Deze laders missen de mogelijkheid om de duur van de absorptiespanning te verkorten om geschikt te zijn voor LFP, dus u zou als gebruiker dat handmatig moeten beheren. Waar deze opladers ook de mist in gaan, zoals de meeste loodzuurladers doen, is het ontbreken van een speciale spanningsaftakingsleiding. Ook de grootste oplader die ze maken is slechts 60A. Een beetje weinig voor een LFP-bank. Voor een AC-oplader is een volledig programmeerbare eenheid beter, en met 'volledig programmeerbaar' bedoel ik de absorptieduur (ingesteld op 0) en de spanning volledig instelbaar en onderhoudsladen UIT. In de meeste gevallen is de beste eenheid voor LFP een volledig programmeerbare omvormer / lader.

### **Het is een systeem**

Een LFP-bank is niet alleen een batterij, hij moet worden behandeld als een complete systeem. Een auto is niet zomaar wielen en een motor en een LFP-batterij is simpelweg geen batterij & aansluitingen, tenzij de rest van het systeem erbij hoort. Dit is de reden waarom drop-in LFP-batterijen complete onzin zijn.

GEL-batterijen zijn nog steeds de langst levende van lood-zuur batterijen, maar ze hebben een slechte naam gekregen omdat ze verkocht werden zonder "rest van het systeem". Men vertelde de eindgebruikers dat ze ze gewoon 'in de boot moesten zetten', terwijl ze vervolgens gefrituurd werden door het opladen bij FLA-spanningen. Dom, echt, echt dom. Blijkbaar hebben de Chinezen niet geleerd van de geschiedenis van de batterijindustrie.

Als ik zeg 'systeem', bedoel ik dat systeem van de grond af moet worden ontworpen. Met een BMS, een LFP-compatibele overlaad beveiliging, een goede celcompressie (voor prismatische cellen), speciaal gekozen en 100% programmeerbare regulatoren, controllers en een lading en laad bus- en LVC- en HVC-veiligheidsuitval. Dit is niet eens zo heel bijzonder, maar je kunt zien waarom dit geen "drop-in" is.

### **De prijs**

Is de prijs dit een 'nadeel'? Niet echt, maar voor sommigen kan dat zo zijn ...

Ongeacht hoe u de cijfers gebruikt, LiFePO4 wint het op kosten per cyclusvergelijking van AGM- of GEL-batterijen. Dit betekent wel dat een goed ontworpen en gebouwd systeem tamelijk duur zal zijn. Ik vind dit persoonlijk geen



"tegevaller", omdat ik in kan rekenen, maar sommigen zullen dit als tegenvaller zien, dus ik noem het. Reken de Euro's om naar cycli en je zult zien dat LFP wint. Wanneer je dit doet, onthoud dan dat een 400Ah LFP-bank 312-320 bruikbare Ah's heeft tijdens het varen en je gemakkelijk terug kunt keren naar 100% SOC. Om 320 bruikbare Ah's van een loodzuur bank te krijgen, heb (je beweegt je tussen 50% en 85% SOC) ongeveer 900Ah's lood nodig om evenveel capaciteit te hebben als een 400Ah LFP-bank. Je hebt niet zo'n grote LFP-bank nodig als bij lood accu's, dus je kunt 400Ah van Li niet eerlijk vergelijken met 400Ah lood op prijs per Ah's, want dit is een schromelijk onrealistische vergelijking. Interessant is ook nog: 900Ah's van lood, met 6V golfautobatterijen, weegt ongeveer 528 pond en 400Ah LFP weegt 130 pond.

### **Menselijk gedrag en leercurves**

Verreweg het grootste 'nadeel' van LFP is het aanpassen van uw gedrag, dat is namelijk afgestemd op loodzuur. De spanning is voor de SOC (State Of Charge) vrijwel zonder betekenis bij LFP. Je gebruikt bij LFP geen onderhoudslading, leer dat dus af. Laad niet meer op naar "vol", het hoeft niet. Stop met zorgen maken over het niet kunnen starten van uw motor met een bijna lege batterij. Geniet van de rust en vrede, want zelfs bij 80% ontlading zal de LFP bank lachen om de startmotorstroom. Leer je 'loodgedrag' af en de overgang naar LFP gaat veel soepeler. Menselijk gedrag dat geleerd is door loodaccu's te gebruiken is een van de grootste nadelen voor LFP.

### **Het wordt complexer**

We leven in een complexe wereld, we willen altijd binnen het bereik van internet zijn, meerdere apparaten aangesloten hebben, scheepvaartelektronica is complexer geworden en de hele boot wordt ingewikkelder. LFP gaat nog meer complexiteiten aan de boot toevoegen. In zekere zin is het complexer, met alle beveiligingssystemen geïnstalleerd om de cellen niet te vernietigen, maar op een andere manier is het vrij eenvoudig.

### **Levensduur**

Er is veel bewijs voor de stelling dat deze cellen gemakkelijk 2000 of meer cycli kunnen halen, maar er is weinig informatie over prismatische celhoudbaarheid. LFP verliest capaciteit, zelfs als het niet wordt gebruikt, maar hoeveel is nog open voor discussie. De gele 400Ah-cellen in dit artikel zijn cellen van 2009 en leverden vanaf december 2014 nog steeds 419,2 Ah's onder een constante belasting van 30A bij cyclus 700. Natuurlijk is dit een  $n = 1$ , wat in de wetenschap niets betekent.

Deze cellen zijn nooit opgeslagen bij een hoge SOC of bij temperaturen hoger dan 27 graden, dus voor de houdbaarheid van de LFP hadden ze echt ideale omstandigheden. Op basis van de wetenschappelijke gegevens die we hebben, lijkt

de houdbaarheid meer dramatisch te worden beïnvloed bij temperaturen boven 27 graden, in dit opzicht is LFP niet veel anders dan loodzuur. Ik vermoed dat geen enkele batterij echt van warmte houdt. Het komt erop neer dat je ze moet bewaren op een koele plek en bewaar ze niet op meer dan 50-60% SOC. Hoge SOC en hoge temperaturen tijdens opslag kunnen de houdbaarheid van de LFP vertragen. Het is mogelijk, onder de juiste omstandigheden, dat een booteigenaar nooit de geclaimde cycli haalt zonder dat de houdbaarheidsdatum ook vervalt.

### **Hoge belastingen**

Loodzuurbatterijen houden niet van hoge belastingen zoals omvormers. Wanneer u een belasting toepast die groter is dan de Ah-classificatie van 20 uur, wordt de capaciteit van de bank kleiner.

Loodzuurbatterijen hebben een classificatie van 20 uur. Dit betekent dat een batterij van 100Ah 20 uur lang een belasting van 5 A kan leveren voordat de spanning 10,5 V wordt.

Een 400Ah-bank kan 20 uur lang 20A leveren voordat hij 10,5V raakt. Belastingen boven de 20-uurs rating verminderen de capaciteit van de bank.

De belasting voor 20 uur rating wordt bepaald door de Ah waarde gedeeld door 20.

100Ah batterij ÷ 20 = 5A

125Ah batterij ÷ 20 = 6.25

225Ah batterij ÷ 20 = 11.25A

LFP-batterijen worden niet op die manier geclassificeerd. Hoe ze worden beoordeeld op Ah-capaciteit is een lastige zaak.

Sommige prismatische cellen worden beoordeeld bij een belasting van .5C of 50% van de Ah-classificatie bij 25 graden Celsius / 77F, terwijl andere worden beoordeeld als 100% van de capaciteit of als belasting van 1C bij 77F. Hoewel deze batterijen niet veel capaciteitsverlies hebben tussen een hoge ontlading, zoals een belasting van 1C en een middenontlading bij een belasting van 0,5C, zijn er kleine verschillen. Wat dit betekent is dat een 400Ah LFP-accu met een vermogen van .5C alle 400Ah's kan leveren bij een continue belasting van 200A. Bij 1C kan het iets minder opleveren. CALB-cellen hebben bijvoorbeeld een rating van 1C / 77F, dus een 400Ah-bank moet 400Ah leveren met een belasting van 400A bij 77F.

Voor off-grid fractioneel "C" gebruik zou ik niet piekeren over de nominale capaciteit aangezien je die zelden of nooit echt gebruikt. Zelfs niet 0,3C (30% van de nominale capaciteit in ontlading) laat staan een volledige 1C (100% van de nominale capaciteit in ontlading).

Het zou echter verstandig zijn om de capaciteit van uw bank te testen op iets boven uw "gemiddelde" DC-belasting voor uw schip, misschien 15-20A voor vele cruiseschepen. Dit geeft u een echt bruikbare Ah-capaciteit om mee te werken. Omgekeerd levert een 400Ah loodzuurbatterij met een Peukert van 1,27 slechts 215 Ah's op bij een belasting van 200A en slechts 178 Ah in een belasting van 1C. Dit is een groot, groot verschil en de Peukert is alleen theoretisch omdat een 400A-belasting op een 400Ah loodzuurbank er waarschijnlijk voor zorgt dat de loodzuur accu in minder dan 10 minuten onder de 10,5V zakt.

## Het BMS - Batterij Management Systeem

Clean Power Auto, de fabrikant van het BMS dat in dit artikel wordt gebruikt, heeft in januari 2017 de verkoop aan de doe-het-zelf markt stopgezet. Bezorgdheid over de veiligheid was een reden voor dit besluit. Dimitri heeft sindsdien zijn krachten gebundeld met Lithionics, waar hij vol vertrouwen fabrieksmatig geproduceerde systemen kan verkopen, en waar hij weet dat ze veilig zullen worden ontworpen.

Als BMS gebruikte ik een Velleman G-300 Series Project Box. We hebben het gehad over het belang van niet overladen en niet teveel ontladen, maar hoe voorkomen we dat? Het BMS, oftewel het Batterij Management Systeem, doet dat.



### Het BMS

Het belangrijkste doel van een BMS is om de accubank op celniveau te beschermen tegen overladen of te hoge spanning (High Voltage Event), of tegen teveel ontladen, een te lage spanning (Low Voltage Event). Denk aan een BMS als een verzekeringspolis voor uw dure cellen.

Verwar het BMS niet met een Battery Monitoring Systeem, oftewel een accumonitor. Er zitten veel kanten aan een goed BMS-ontwerp en ik licht een aantal belangrijke gebieden hieronder toe.

### Waarschuwingsniveaus

**HVC = Hoogspannings stop (High Voltage Cut):** dit waarschuwt voor of stopt een te hoge spanning (High Voltage Event)

HVC is een drempelwaarde voor ladingsbronnen om het overladen van de cellen te voorkomen. Afhankelijk van het BMS kan dit op een set cellen, of op celniveau worden gedaan. Een goed ontworpen BMS-systeem voor LFP-cellen beperkt de

spanning tot 14.2V - 14.4V, afhankelijk van merk, model enz. Sommige zijn zelfs op maat programmeerbaar. Met een HVC ingesteld op waarschuwningsniveau vindt de HVC plaats vóór een hoofdschakelaar. Het is belangrijk om de relais goed aan te sluiten op bijvoorbeeld een dynamo, omdat u de B + / -uitgang van de dynamo nooit wilt openen wanneer deze een belasting levert. De juiste methode om HVC van een dynamo te verbreken, is om de spanning naar de spanningsregelaar af te schakelen. HVC moet altijd het voltage van de cel monitoren, en dus kan het opladen worden afgebroken als een cel uit evenwicht zou raken en hem zou beschermen tegen overladen.

### **Belangrijk**

Een BMS is er niet om laad- of laadbronnen te beheren door ze op bepaalde punten in of uit te schakelen. Alle oplaad apparaten moeten correct worden geprogrammeerd, zodat HVC niet regelmatig wordt geactiveerd door de laadbron. Een HVC-gebeurtenis mag alleen voorkomen als er een storing in het laadsysteem is. Dat kan zijn een spanningsdetectiekwestie, onjuiste programmering, een herstart van een regelaar, enz. Enz. Enz. In 99,9% van de gevallen houdt uw goed ontworpen laadsysteem u buiten het HVE-bereik, zodat een HVC niet voorkomt.

**LVC = Waarschuwing voor laagspanning (Low Voltage Cut):** dit waarschuwt voor of stopt de stroomafgifte bij een te lage spanning.

De LVC is het tegenovergestelde van de HVC en nogmaals, dit zou moeten gebeuren voordat de hoofdbeveiliging voor de bescherming van de banken wordt geopend. Dit is een waarschuwnings alarm, of het schakelt uit. LVC vindt plaats in het "veilige" bereik, niet in het "nood" bereik. In een goed ontworpen systeem zal dit het "belasten" van de bank afbreken, maar u zult nog steeds de laadbus moeten gebruiken, indien op de juiste manier bedraad. Een afzonderlijke laad- en laadbus is gewoon een slim ontwerp in een maritiem ysteem. Zowel HVC als LVC moeten ruim vóór de de hoofdbeschermingsschakelaar voor de beveiliging van de bank worden geactiveerd. LVC, zoals HVC, moet idealiter altijd de spanning op celniveau monitoren, en niet de spanning van een set cellen. Op deze manier kan het het belasten afbreken, als een cel uit balans zou raken en zo bescherming bieden. Als er wordt opgeladen met veilige spanningen is het bereiken van de 'knie' vrij zeldzaam, maar vergeet niet dat de BMS uw verzekering is.

### **Alarmen**

Een goed batterijbeheersysteem zorgt ervoor dat hoorbare alarmen kunnen afgaan op het moment van HVC of LVC of zelfs iets eerder als een waarschuwing. Als u deze waarschuwing niet opvolgt, zal de BMS de bank toch automatisch beschermen.

## **Noodsituaties**

**HOOFD BANK NOODONDERBREKING:** dit is de laatste strohalm om uw accubank, en portemonnee, te redden.

In een goed ontworpen systeem moet dit relais / contactor nooit in werking treden, aangezien HVC en LVC alarmsignalen bieden en u zullen waarschuwen voor een probleem, lang voordat dit relais de verbinding verbreekt. In veel BMS-systemen worden HVC en LVC automatisch gereset als de spanning snel daalt of stijgt. Voor LVC / HVC-waarschuwniveaus is dat goed. Sommige mensen kiezen ervoor om geen HVC- of LVC-relais aan te sluiten. Ik vind dit een beetje riskant en misschien wel dwaas. De hoofd noodonderbreking moet een manuele reset hebben, en geen automatische. Het is de back-up noodverzekeringspolis voor HVC en LVC voor uw dure bank. Zodra de hoofdschakelaar is geactiveerd, moet u manueel het systeem opnieuw moeten opstarten. Zie dit als uw EPIRB. Je wilt het nooit gebruiken, maar het is er voor het geval dat. De spanning waarbij het relais afslaat is bijna altijd gebaseerd op voltage op celniveau, en hebben vaak een bereik van 3.6 V PC tot 3.8 V PC.

## **Automatische celbalancering**

Automatische celbalancering is niet nodig bij een goed uitgevoerd fractioneel C systeem, ik ben er dan ook tegen.

Automatische celbalancering is waar de meeste discussie rond BMS-systemen over gaat. Veel BMS-systemen kunnen de cellen in evenwicht brengen door gebruik te maken van omleidingen of kleine weerstanden om stroom van de cellen af te leiden of te verspillen en actief te sturen naar die cellen die nog niet op hoogspanningsniveaus zijn, of door deze gewoon als warmte te verspillen om het laden van cellen met hoge spanning te vertragen. Klinkt goed toch?

Stel je hebt vier emmers van 10 liter die zich vullen met water. Wanneer er één eerder vol raakt dan de anderen, dumpst een kleine insteek een deel van die overmaat "overloop" in de minder volle emmers, maar als de vulsnelheid groot genoeg is, kan dit systeem niet alle overmatige "stroming" aan. Zo werkt "shuntbalancering" of omleiding. Allemaal goed in theorie, en zelfs in de praktijk als het goed is gedaan. Het probleem is dat het vaak niet goed wordt uitgevoerd.

In werkelijkheid moet afleiding of shuntbalans worden uitgevoerd met een goed ontwerp en, met LAGE stroomsterktes. BMS-systemen zoals de Clean Power Auto House Power BMS staan geen shuntbalancering toe totdat de HVC het opladen heeft stopgezet.

EDIT 2014: Dimitri heeft enkele recente wijzigingen in de House Power BMS aangebracht.

**# 1** Het HPBMS doet nu HVC op 14.4V en niet op 14.2V zoals eerdere modellen. Hij kan een exemplaar maken op 14.2V, als je wilt. Ik geef persoonlijk de voorkeur aan een 14.2V HVC, omdat dit betekent dat shuntbalancerings nooit automatisch op mijn systeem gebeurt. Dit is mijn persoonlijke voorkeur op basis van mijn eigen systeemontwerp.

**# 2** HVC is nu hysteresis geprogrammeerd. Oudere modellen hadden geen hysteresis.

**# 3** De 3,6V HPBMS-celborden, IIRC, beginnen met shuntbalancerings op 3,55V. De 3.8V-celborden beginnen met balanceren bij 3.65V. Ik gebruik 3.6V-borden omdat ik liever zelf balanceer en ik heb een 14.2V-cellboard. Ik had oorspronkelijk 3.8V-celborden, maar ik ging terug naar 3.6V. Als u het nieuwe 14.4V HPBMS-bord heeft, vindt shunten automatisch plaats vóór HVC. Als je niet wilt dat dit gebeurt, kun je tegen het 3,8V-cellboard botsen. Dit verplaatst het ejectorzittingsniveau naar 3,8 VPC en geautomatiseerde celbalancerings zal ook boven de HVC zijn.

#### **NOTE: With The HPBMS:**

HVC is pack level spanning (dit is een waarschuwningsniveau op de HPBMS)  
LVC is het niveau van de pack-spanning (dit is een waarschuwningsniveau op de HPBMS)

Shunt-balancerend voltage op celniveauVerpakkingsrelais / hoofdcontactor / uitwerpstoel zit op celniveau (dit is noodniveau op HPBMS)

Als u buiten het voltagebereik van de HPBMS blijft, heeft u een leuke verzekeringspolis. HVC in het huis Power BMS (HPBMS) was 14.2V en is nu 14.4V. Celbalans begint bij ongeveer 3,55 VPC, met de 3,6V-celborden. Om ervoor te zorgen dat mijn eigen systeem shuntbalancerings uitvoert, moet ik HVC uitschakelen en vervolgens de cellen handmatig in het rangeerbereik duwen. Nogmaals, dit is mijn voorkeur, voor mijn eigen systeem. 700+ cycli bij mijn ontwerpspanningen hebben laten zien dat er geen balancerings nodig is, op mijn systeem.

#### **Cellen blanceren**

Ik ben van mening dat voor het balanceren van cellen een voeding met onafhankelijke spanning- en stroomregeling moet worden gebruikt om de kleinste hoeveelheid stroom te leveren die nodig is, of u nu het balanceren van het BMS-systeem gebruikt, of de cellen parallel bedraad en het handmatig doet. Als je een stroombron hebt die de stroom vergelijkbaar met die van een werkbankvoeding kan beperken, dan werkt dat ook. Het punt is dat deze weerstanden zijn, kan zo veel "shunten". De kern: is houd uw laadspanningen onder die waar pack-balancerings plaatsvindt en u zult het prima doen. Mijn cellen zijn hebben nu meer dan 700 cycli

doorstaan, de meeste cycli tot 80% DOD. Ze zijn slechts eenmaal, 700+ cycli geleden uitgebalanceerd. Een goede initiële uitbalancering en veilige laadspanningen zorgen ervoor dat uw cellen niet uit balans raken, waardoor er geen behoefte is aan geautomatiseerde celbalancering in elke cyclus. Nogmaals, dit is met veilige en gezonde ontwerpspanningen.

Er zijn enkele andere BMS-systemen die een vergelijkbare benadering van de HPBMS gebruiken en de bank met HVC ruimschoots onderbreken voordat er een shuntbalans plaatsvindt, waardoor handmatige shuntbalans nodig is.

Mijn systeem worden niet automatisch gebalanceerd.

Ik ben ervan overtuigd dat shunt-balanceren een 'gemonitord' evenement moet zijn, net als het 'gelijkmaken' van loodzuuraccu's. Nogmaals, mijn persoonlijke voorkeur. Het balanceren van LFP-cellen, in een goed ontworpen systeem, blijkt veel minder vaak nodig te zijn dan het egaliseren van loodzuurbatterijen. Nou ja, de meerderheid van de loodzuurbatterijen op boten is na 150 keer laden versleten, daarbij droom je niet eens van 700 keer ontladen tot 80% van de capaciteit.

Als ik ooit de cellen in evenwicht moet brengen, doe ik dat veel liever op de werkbank, met een voeding. De noodzaak voor een kustcruiser is ongeveer eens in de 5-6 jaar, en ongeveer elke twee jaar + voor een fulltime cruiser. Een gedoe?

Helemaal niet....

Deze LFP-bank heeft nu meer dan 570 cycli ondergaan en vertoont vrijwel geen capaciteitsverlies, geen opmerkelijke veranderingen in interne weerstand en geen celverloop. In de eerste 50 cycli zag ik wel een kleine hobbel in capaciteit. Waarom? Waarschijnlijk vanwege het feit dat ik veilige en gezonde laadniveaus heb gekozen en een goede eerste balans heb gemaakt. De cellen lijken het echt leuk te vinden .... Dit is de manier waarop "ik" het doe, je kunt altijd kiezen hoe je het wilt doen ...

In een goed ontworpen fractioneel "C" -systeem, waar veilige en normale laadspanningen worden gebruikt, zal de behoefte aan celbalancering uiterst zeldzaam zijn en moet u zelden de cellen naar celbalanceringsniveaus duwen. Deze bank heeft nu 12 volle 100% ontladcapaciteitstesten ondergaan. De cellen zijn slechts één keer gebalanceerd en zijn nog steeds in balans met 0,008V, tijdens een 0,25C belasting of 100A op een 400Ah-bank. Ik gebruik daarvoor voldoende maar niet extreme laadspanningen en houd bewust deze bank buiten de kniebereiken op laad- en ontladcycli.

Ik ben er ook van overtuigd dat hoge laadspanningen, boven 14,2 V, per nominaal pakket van 12V, resulteren in meer behoefte aan "in evenwicht brengen". Door de laadspanningen te hoog te zetten, ontstaat er meer behoefte aan evenwicht en wordt het een vicieuze cirkel. Interessant is dat dit eigenlijk dient om een behoefte aan een

"balancerend" BMS-systeem te creëren. Deze banken zullen alle benodigde capaciteit leveren wanneer ze worden opgeladen tot slechts 13,8V - 14,0V. Waarom hoger gaan?

### **Opvallend verhaal**

Ik was in gesprek met een heer die mij een e-mail stuurde die een enthousiaste doe-het-zelf elektrisch rijden liefhebber is. Hij, net als ik, las en las jarenlang voordat hij erin sprong. Zodra hij zijn cellen had, begon hij te experimenteren in zijn thuiswinkel om te bevestigen en wat hij aan het lezen was in de praktijk te brengen. Hij heeft ervoor gekozen geen BMS te balanceren en vertrouwt hij alleen op één onderbalans wanneer zijn cellen nieuw waren. Ja, hij had LVC- en HVC-bescherming op zijn plaats, alleen geen GBS dat in evenwicht is. Hij koos ook voor veilige en gezonde laadspanningen.

Bij zijn eerste elektrisch rijden autoshow hoorde hij de hele dag hoe hij zijn cellen zou verwoesten.

"Je moet een GBS hebben dat in evenwicht is!"

"Je moet celbalans hebben!"

"Geen celbalancering, ben je gek?"

"Hé jongens hier is een vuur dat gaat komen!"

Een bijzonder irritant elektrotechnisch ingenieur type berispte hem bijna 40 minuten terwijl hij zelf toegaf dat hij in een paar jaar tijd op zijn tweede reeks prismatische cellen zat.

"Wacht tot je ze een paar honderd kilometer gebruikt, daarna gaan ze kapot."

Waarop de man reageerde;

"Een paar honderd? Deze puppies hebben er al 33000 mijl op zitten en zijn in uitstekende conditie".

De elektrotechnicus liep weg met zijn staart tussen zijn benen ... Veel LFP's zijn eenvoudig gezond verstand ...

### **Het BMS inrichten**



Voor de BMS op deze bank heb ik ervoor gekozen om een eenvoudige en kostenbesparend BMS te gebruiken, maar Clean Power Auto heeft de deuren gesloten voor doe-het-zelvers.

Er zijn liefhebber- en beduidend duurdere BMS-producten, maar slechts weinigen zijn gericht op accugebruik in zeiljachten en ze bieden gewoonlijk meer functies en complexiteit dan op een boot nuttig kunnen zijn.



Elithion en vele andere bedrijven maken BMS-systemen en er zijn genoeg die veel kwaliteit hebben. Genasun maakte ook een mooie BMS, ze verkochten ze aan doe-het-zelvers, maar net als Clean Power Auto zijn ze daarmee gestopt.

Is dit een trend?

Een aantal prismatische LFP-celfabrikanten heeft zich teruggetrokken uit de Amerikaanse markt. Compass Marine zal niet langer op afstand adviseren over het ontwerp van de LFP, omdat eigenaren weigerden ontwerpcriteria te volgen. Genasun stopte met verkopen naar doe-het-zelf en liet vervolgens de maritieme LFP helemaal vallen.

Als u nog steeds van plan bent om uw eigen bank in uw boot te plaatsen: kies de Orion BMS.

Het HPBMS is de kleine PCB in de doos. Ik heb een stuk fenol met hoge dichtheid gebruikt om in de Velleman-doos te passen, zodat de lay-out van de BMS buiten de doos kon worden gedaan en er gewoon in kon vallen.

Extra items getoond:

Twee 70A Cole Hersee RC-700112-DN SPDT 70A-relais. Eén voor Dynamo HVC en één voor Solar HVC. (Negeer de relais in deze afbeelding, ze waren alleen voor lay-out en mock-up).

1. Blue Sea Terminal Strip
2. Piëzo-alarmzoemer 12V.
3. Momentele opnieuw ingestelde schakelaar. Initial Cell Balancing

Celbalancing is een uiterst belangrijk aspect van LFP-banken. Wanneer u



afb. 2 De vier Winston cellen geladen tot 3,75 V per cel

loodzuuraccu's in serie heeft, kunnen ze doelbewust te sterk worden belast / gelijk gemaakt aan een 15,5V-pack-spanning en zullen ze in zekere zin ook in evenwicht zijn met zichzelf.

Met LFP-banken zal dit niet gebeuren vanwege de kniebereiken. Als een cel vol raakt springt de

spanning plotseling omhoog en moeten de cellen in balans zijn om te kunnen laden en ontladen bij aangepaste voltages.

## BovenBALANS vs. OnderBALANS

Er is veel discussie over over boven vs. onder balancering, vooral door verwarring over verschillend gebruik.

### Onderbalans

Een onderbalans betekent dat de cellen in balans zijn bij de laagste "veilige" spanning en dat alle cellen op hetzelfde moment bijvoorbeeld 2,75 Volt per spanning hebben. In de wereld van het elektrisch rijden is onderbalans bijna altijd de methode die de voorkeur heeft en het meest logisch is, want het gaat daar om hoge belastingen en het veelvuldig volledig leegmaken van de accubank. Bij elektrisch rijden wordt de auto vervolgens teruggebracht naar de garage en geladen met één laadbron.

Zo realiseer je onderbalans:

- 1 -ontlaad de cel met een belasting van 20-30A, tot 2,50V
  - 2 -Laat de cel 24 uur op kamertemperatuur rusten en laat het voltage weer aantrekken
  - 3 -De cel rust bij een voltage tussen 2.75V en 2.85V
  - 4 -Pas de belasting opnieuw toe en stop met ontladen bij exact 2,65V
  - 5 -Laat spanning ongeveer 6 uur herstellen
  - 6 -Herhaal de ontlading tot 2,65V tot de stabiele rustspanning van elke cel 2,75V is
  - 7 -Naarmate u dichter en dichter bij de rustspanning van 2.750 V komt, kan een kleine weerstand worden gebruikt in tegenstelling tot de grote belasting.
- Zodra alle cellen op 2.750V rusten en daar blijven, zijn de cellen gebalanceerd.

Een man bracht onlangs 4 cellen bij me waarmee hij problemen had met het "in evenwicht brengen". Hij probeerde een bodembalans en probeerde deze te gebruiken voor fractioneel "C" -gebruik en stopte bij 70% DOD. Hij had talloze uren besteed aan het proberen om deze cellen in evenwicht te brengen.

Wat was het probleem? Het probleem is dat hij bij een 14.0V-pack-spanning één cel had bij 3.65V en één cel nog steeds op 3.380 V !! Zijn cellen werden getest met verschillende capaciteiten en dus kwam de cel met de laagste capaciteit sneller in de bovenknie dan de rest, zelfs bij een pack-laadspanning van 14.0V. Dit waren cellen met een absolute MAX-celspanning van 3.600V. Met een onderbalans en gebruikte cellen (ik raad niet aan gebruikte cellen te kopen) stuurde hij een cel naar de gevaarlijke bovenknie, zelfs met een oplaadsnelheid van slechts 14.0V. Ik voerde een bovenbalans voor hem uit en de cellen blijven nu allemaal goed gebalanceerd bij het bovenste laadspanningsbereik. Aan de onderkant valt een cel nog vroeg van de klif, maar bij 70% DOD gebeurt dat niet.

## **BovenBalans**

Op boten hebben we meerdere laadbronnen: acculader, alternator, zonne-, wind-, hydro- of zelfs waterstofbrandstofcellen. Ons risico op celonbalans zit meer aan de bovenkant dan aan de onderkant. We lopen een veel hoger risico om cellen onevenwichtig te laden, dan dat we doen door te veel te ontladen, zoals het elektrische voertuig (EV) jongens dat doen, maar het kan nog steeds een risico zijn. Voor maritiem gebruik is Bovenbalans vaak de voorkeursmethode, zodat de cellen in balans zijn aan de bovenkant, wanneer ze volledig zijn opgeladen.

In theorie zou het BMS de cellen altijd beschermen aan de onderkant of aan de bovenkant, maar het goed gebalanceerd houden van de cellen zorgt voor een extra beschermingsniveau, net zoals het zorgen voor laadspanningen buiten de bovenste knieën dit doet.

Ontlaad niet onder 80% DOD, realiseer een maximale laadspanning van 3,5VPC / 14.0V voor een 12V-bank, en uw cellen zullen zeer tevreden zijn.

Of u nu kiest voor een bovenbalans of onderbalans is een persoonlijke keuze. Ik koos een bovenbalans voor deze bank en zelfs na 700 cycli hebben de cellen de neiging om te naar elkaar toe te kruipen in celspanning in plaats van te divergeren.

afb. 2 Op de foto zijn de vier Winston-cellen afzonderlijk en zeer zorgvuldig opgeladen tot 3.75 V PC met de weergegeven voeding voor de werktafel. De cellen werden vervolgens parallel geschakeld en mochten meerdere dagen rusten, maar weken of maanden is nog beter.

TIP: Wanneer u cellen bestelt, moet u **ALTIJD** extra cel-jumpers bestellen, zodat u de cellen parallel kunt aansluiten en de balans kunt afwisselen als u dat wilt.

### **Bovenbalans realiseren**

Zoals ik al zei, heb ik mijn cellen eerst individueel opgeladen tot 3.75VPC. Met de stroomvoorziening op de werkbank kunt u de spanning instellen op 3,75 en de cel "vol" laten worden bij 3,75 VPC. Ik hield de spanning op 3,75V en liet de stroom afvallen tot 20A. Ik stopte met opladen en ging verder met de volgende cel.

Het is belangrijk dat u elke cel naar zijn top brengt voordat u ze parallel aan elkaar zet. Ze moeten idealiter heel dichtbij dezelfde State Of Charge (SOC) zitten voordat u ze parallel zet. Dit helpt om het meeste evenwicht te krijgen.

Binnen een paar seconden nadat ze bedraad waren liep er bij mij een stroom van 0,59A tussen de cellen, wat betekent dat de balans van 3,75 V per cel redelijk ok

was. Door ze parallel te bedraden, komen ze dichterbij elkaar, maar dit kan heel veel tijd kosten.

Naarmate de spanningen convergeren, nadat ze parallel bedraad zijn, zakt de stroom tussen cellen tot bijna niets. We hebben het dan over 0.001A. Dit is waarom ik ze gewoon een week of langer laat staan, als het mogelijk is, of ze in balans breng totdat mijn stroomvoorziening op de tafel beweegt tussen 0.00A en 0.1A.

In theorie zou de balancering van de cellen zes maanden tot een jaar kunnen vergen voordat ze gelijk zijn, als ze niet worden "geladen". Naarmate de rustspanning tussen cellen gelijk wordt, zullen de spanningsverschillen de stroom tot bijna nul reduceren.

Vertrouw nooit op de voltmeter van de voeding op de werkbank, omdat er spanningsverlies of onnauwkeurigheid kan zijn tussen de voedingsklemmen en de accupolen. Meet wanneer u bovenbalancering doet altijd de actuele spanning van de batterij met behulp van een digitale voltmeter van goede kwaliteit.

Winston-cellen moeten niet gebalanceerd worden op een spanning hoger dan 3,80 V per cel, ondanks wat de Chinese handleiding zegt. In werkelijkheid, met vier jaar diepgaand experimenteren en vele honderden uren gedragsobservatie, zou ik persoonlijk adviseren om ze naar niet meer dan 3,65 V laden. Meer is niet nodig voor een fractioneel C-systeem.

CALB-cellen mogen ook niet boven 3.65 V PC worden geladen, wanneer ze worden uitgebalanceerd. 3.80 V is het absolute maximale voltage, en dan moet het nauwkeurig gecontroleerde en bijgehouden topbalans zijn. Alleen tijdens zorgvuldig gecontroleerd en bijgewoond top balanceren mag u LFP-cellen boven 14.2V / 3.55 V per cel opladen.

Onthoud dat wanneer je deze cellen parallel aansluit, je nu een 1600Ah 3.2V bank hebt. Zelfs de laatste 0.05V, van 3.75 V PC naar 3.80 V PC heeft vele, vele uren nodig om daar te komen.

Houd er rekening mee dat dit Winston-cellen zijn en dat Winston de 3,8V-balans van de topbalans aanbeveelt. Met CALB of andere merken is 3.6V- 3.65V vaak het maximum. Raadpleeg de informatie van de fabrikant van uw cellen voor maximale spanningen van het hoogste niveau. Zelfs met Winston zou een max van 3.65V goed moeten werken, maar Winston stond op 3.8V. Ik ben het er niet helemaal mee eens, vanwege het fractionele "C" -gebruik en de lagere laadspanningen, maar het heeft heel goed gewerkt op deze specifieke bank.

**De stroomsterkte word laag**

De stroom die zich tussen cellen verplaatst, vertraagde snel en bleef vertragen. Ik liet de batterijen ongeveer 3 weken lang parallel geschakeld zitten zonder op te laden. Daarom moet topbalancing nauwlettend worden gevolgd. Zoals het egaliseren van overladen batterijen, u laat ze niet onbeheerd achter. Zodra de cellen 3,800 VPC halen, moet je de voeding heel voorzichtig aanpassen, zodat deze niet de 3,800VPC overschrijdt.



Bekijk de voltmeter, NIET het voedingsdisplay. Laat de spanning stijgen tot 3,8000V (alleen voor Winston-cellen!). Vergeet niet te vertrouwen op de voltmeter en niet op de voeding. Andere fabrikanten van prismatische cellen hebben aanzienlijk lagere maximale balansspanningen, zoals 3,65 VPC.

Als u de cellen parallel bedraadt, houd u de spanning stabiel en laat u de stroom aarzelen tussen 0,0A en 0,1A. Het parallelle pakket is nu gebalanceerd en kan worden losgekoppeld. Hoewel ik dit aanvankelijk wel met mijn eigen bank zou heb gedaan, zou ik topbalancing niet adviseren op 3.80 V maar eerder ergens dichterbij 3.65V, voor een fractionele C-bank

die wordt belast bij 14.0V of minder.

Nadat u dit hebt gedaan, koppelt u de oplaadbron los en kunt u ze zo lang als u wilt parallel laten staan.

Tegenwoordig heb ik een topbalans van 3,65V op Winston-cellen en 3,55V op CALB en laat ik vervolgens de voeding naar de accu voor 100% vol gaan, waarbij de voeding tussen 0,0A en 0,1A stuitert. Hierdoor komen de cellen in evenwicht met die spanning. Op dit punt kunt u de cellen loskoppelen en ze zijn gebalanceerd.

Onlangs heb ik een experiment uitgevoerd met mijn testcellen die een "balancing BMS" vergeleken met een parallelle topbalans van 3,65 V tot 0,00 A - 0,1 A op de voeding. Door de cellen op 3,65V (CALB-cellen) te houden, balanceerde de bovenste balans de cellen in iets minder dan 3 uur. Met behulp van de "balancing BMS" waren de cellen na meer dan 7 uur nog steeds niet "uitgebalanceerd" ... .. Stof tot nadenken! Houd een infraroodthermometer bij de hand en controleer de cellen nauwkeurig. Raak alle cellen op dezelfde plek aan, bij het controleren van de cellen, om eventuele wijzigingen of afwijkingen op te sporen. Ze zouden idealiter onder de 80-85F moeten blijven, dit deden ze.

Na bijna 4 jaar met meerdere merken van prismatische cellen te hebben gespeeld, is het duidelijk dat er weinig tot geen verschil is tussen deze cellen in termen van hogere kniespanningen. Met dat in gedachten zou ik willen suggereren dat er geen noodzaak is om Winston-cellen in balans te brengen, voor fractioneel "C" -gebruik, hoger dan 3,65 V per cel.

### Werkbank voeding



Zoals ik al eerder zei, ben ik ervan overtuigd dat als het gaat om doe-het-zelf LiFePO<sub>4</sub>, het als een systeem moet worden beschouwd. Een deel van dat systeem is een stroomvoorziening op de werkbank. Naar mijn mening is deze tool een eerste vereiste voor een doe-het-zelf LFP. Ze zijn goedkoop en ze hebben

meerdere toepassingen, niet alleen voor het opladen of topbalanceren van LFP. De voeding op de werktafel die ik vaak gebruik is gemaakt door Mastech, met name de Mastech EX-serie. Ik bezit een 3030EX en een 3050EX. Dit zijn niet de duurste voedingen, maar ze werken heel goed, vooral voor de prijs. Jaren geleden kostten deze apparaten een bedrag van vier cijfers, maar vandaag zijn ze zeer redelijk geprijsd. Een Mastech 3020EX (30V X 20A) kost slechts \$ 219,95. Het bespaart u \$ 400,00 in uw tijd, omdat u topbalancing kunt doen. U gaat op zoek naar een 0-30V en 0-10A plus model. Dit is mijn 3050EX. De EX in de Mastech-lijn betekent dat deze units specifiek zijn ontworpen voor het opladen van batterijen, meestal Li-batterijen. De tweede wijzerplaat van links is de EX-knop of de overspanningsbeschermingsknop. Stel deze draaiknop in en de voeding zal zichzelf beschermen.

Hoewel de Mastech-lijn een grote waarde vertegenwoordigt, heb ik de neiging om mijn BK Precision Model 1900 te prefereren. De BK Precision 1900 is een 1-16V, 60A variabele voedingsbron met speciale spanningsdetectieleads. De spanningsdetectie is essentieel, omdat je veel meer accurate spanning op de terminals krijgt zonder je zorgen te hoeven maken over spanningsval door de kabels en aansluitingen. Het is een heel mooi toestel, maar het kost bijna \$ 600,00. Ik heb de mijne gekocht van Test Equipment Depot.

### Knoppen en displays

Linker digitaal display = uitgaande stroomsterkte

Rechter digitaal display = spanning

Rood licht = Constant voltage (voltage wordt beperkt tot 13,8 V)

Linkerknop = stroomsterkte bedieningsknop

Tweede van links Knop = Voltage beperking

Derde van linkerknop = constante fijnafstelling

Rechter knop = constante spanning grof afstemmen

Zoals je op deze foto kunt zien met 15A stroomsterkte, zijn de Mastech en de Fluke het eens. Maar ik vertrouw mijn Fluke veel meer dan het voltage op de voeding.

**TIP:** kies bij het opladen van LFP-cellen of banken met een netvoeding een stroomsterkte die 20% onder het maximum ligt. Hierdoor kan de stroomtoevoer bijna onbeperkt draaien en het veroorzaakt geen slijtage aan het apparaat. Ik stel mijn 30A model dus in op 24A en mijn 50A model op 40A. Ik zet ze ook vaak parallel en laad dan op 64A tijdens het testen van de cyclus. Niets maakt topbalanceren gemakkelijker dan een tafelvoeding.

### Werkwijze

# 1 Laad individuele cellen op tot 0,05 V onder max. topbalansspanning en laat de stroomsterkte verminderen

# 2 Bedraad de cellen parallel en laat ze een paar weken staan (hoe langer hoe beter)

# 3 Laad cellen op tot maximum topbalansspanning Winston = 3.8V (nu zou ik 3.65V doen) / CALB = 3.55V etc.

# 4 Sta de stroomsterkte toe om naar 0.0A tot 0.1A te gaan

# 5 Klaar

### Menselijke fout – Over-laden!



Deze cel en drie anderen werden overladen door een van de slimste jongens in doe-het-zelf LFP-banken. Hij is ook een elektrotechnisch ingenieur. \$hit happens.

### Citaat

"Het opladen van 4 x 90Ah-cellen parallel met een 40-amp 12V-lader, dacht dat ik de

oplader had uitgezet, ontdekte dat pas een paar uur later. De cel bevond zich op 4,55 V en was zo heet dat de aansluitbouten in de vingertoppen brandden. Een vreemde geur van de elektrolytdamp, maar geen spoor van witte rook. De hitte was vergelijkbaar met voor een oliekachel staan en was de volgende ochtend nog steeds merkbaar. Alleen de 2 cellen in het midden bobbelde en zij zijn de enige twee die kapot zijn. De cellen aan beide uiteinden hadden betere koeling, ze bobbelde een beetje, maar ze maken nog steeds deel uit van mijn accubank, 12 maanden later."

Laten we dit onderbreken om te zien hoe gemakkelijk deze fouten kunnen gebeuren.

- ◆ Deze cellen waren parallel, wat een nominaal pakket van 3,2V betekent
- ◆ Er werd een 12V-lader gebruikt in plaats van een voeding of oplader die de spanning kan beperken tot 3.XX
- ◆ Hij dacht dat hij de oplader had uitgeschakeld. Dit is een goed voorbeeld van de menselijke fout. Hoe slim we ook zijn, we zijn nog steeds in staat menselijke fouten te maken, of vergeetachtig te zijn.
- ◆ De cellen hadden een spanning van 4,55 V per cel!
- ◆ De cellen exploderen, geen vuur, ze worden alleen erg heet
- ◆ De cellen rookten niet eens!
- ◆ Twee van de vier cellen hebben dit misbruik daadwerkelijk overleefd!
- ◆ Gewoon geweldig!!!

Stel je voor hoe lang je cellen zullen overleven als je geen fout maakt en je ze correct oplaadt voor een fractioneel "C" -systeem?

Gebruik een BMS op je bank voor HVC / LVC en een tafelmodel voeding voor topbalans.

### **Wat gebeurt er bij overladen?**

Overladen zorgt voor lithiumoxide op de kathode. De LFP-kathode bestaat uit lithiumijzerfosfaat. Door een te hoge lading heb je nu een deel van het lithiumijzerfosfaat omgezet naar Lithiumoxide. Niet goed! Er is geen weg terug en de cel is nu onherstelbaar beschadigd. Zelfs kleine overladende afleveringen kunnen een toename van de interne weerstand veroorzaken en een capaciteitsverlies veroorzaken.

Met de constante stroom > constante spanning die we gebruiken in de maritieme wereld, en door meerdere bronnen, is uw beste beveiliging het beperken van de spanning tijdens het opladen tot minder dan 14.2V of 3.55 V per cel (14.0 V of 3.5 V per cel is nog veiliger). Onthoud dat deze cellen technisch "vol" zijn bij 3,4 VPC of 13,6V.

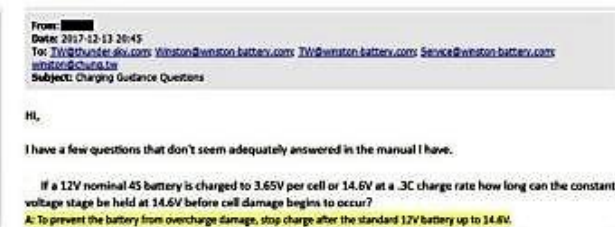
Als je cellen bij kamertemperatuur 3 uur onbelast laat rusten en eindigt bij 3,4 V per cel zijn ze vol. Om ze vol te krijgen, heb je een spanning nodig die hoger is dan 3,4 V



per cel, zodat ze op 3,4V per cel uitkomen, maar niet veel hoger. Laad op tot 13,8V of 14,0V en laat de stroom afnemen tot ongeveer 0,025C (2,5A op een 100Ah cel) en je bank is nu ongeveer zo vol als je hem nodig hebt.

Ik laad dit 400Ah Winston-pakket op tot 13,8V en 0,025C stroom en het levert nog steeds 425 Ah bij een belasting van 0,25C! Dit is getest, en twaalf keer herhaald, in volledige 100% ontladcapaciteitstest.

### Geen absorptie laden bij 3.65V per cel



Hoeveel ik ook probeer de verwarring uit te leggen tussen wat de Chinezen bedoelen in hun handleidingen, en de realiteit, mensen lijken nog steeds niet te geloven of te vertrouwen wat ik te zeggen heb over het correct opladen

van LiFePO4 met typische loodzuur-oplaadapparatuur.

- Because of the different parameters required for charging lithium ion batteries as opposed to lead acid batteries, we do not recommend using a standard lead acid charger for your [redacted] Battery. Using a lead acid battery charger with lithium ion technology presents risks of damage, decreased lifespan, and overall suboptimal performance.
- If your charger can be programmed to deliver constant current and charge up to 14.6V, there is no need for an absorb phase.
- If a float charge setting is necessary to program your charger, it should be set to 13.8V.
- In some cases, either due to customer request or expedited shipment, batteries are shipped at 40% charge. This is the best voltage for storage of lithium ion batteries. The 40% state of charge allows the batteries to be stored with minimal aging and self discharge.

Ondanks wat veel LFP-kopers willen geloven als het gaat om het gebruik van loodzuur acculaders op LFP-batterijen, en

afb. 3 'Drop In' manual

oplaadtechnologie met een constante spanningsabsorptietrap, is er geen absorptie als u een Lithiumcel oplaadt naar 3,65 V per cel. Met andere woorden, als u erop staat om LFP-cellen op te laden met loodzuur lader, doe geen absorptie, en vooral niet bij 3,65 V per cel / 14,6V voor de accu.

Deze afbeelding (afb. 3) bevat enkele zeer kritische en belangrijke opsommingstekens die woord voor woord zijn overgenomen van een "Drop-In Battery" laadinstructiedocument. Een document dat de lezer die het naar mij stuurde pas na aanschaf van de batterijen ontving. Bij het doorlezen van hun glossy website, die suggereert dat deze batterijen in elke situatie of toepassing kunnen worden geplaatst, kon ik de oplaadinstructie nergens vinden. Ik heb het merk verwijderd van in de afbeelding, omdat ik hier niet wil aanvallen, maar ik moet u erop wijzen dat niet altijd alle feiten websites van fabrikanten staan.

Dit zijn de belangrijke opsommingspunten van hun laadinstructie:

- "Vanwege de verschillende parameters die vereist zijn voor het opladen van lithiumionbatterijen in tegenstelling tot loodzuurbatterijen, raden we u af om een standaard loodzuuroplader voor uw XXXXXX-batterij te gebruiken. Het gebruik van een loodzuuracculader met lithiumion-technologie geeft risico's op schade, verminderde levensduur en suboptimale prestaties.
- Als uw lader kan worden geprogrammeerd om constante stroom te leveren en tot 14,6 V op te laden, is er geen absorptiefase nodig.
- Als een laderinstelling nodig is om uw oplader te programmeren, moet deze op 13,8 V worden ingesteld.
- In sommige gevallen, hetzij als gevolg van een verzoek van de klant of een versnelde verzending, worden de batterijen voor 40% opgeladen. Dit is de beste spanning voor opslag van lithium-ionbatterijen. Door de 40% oplaadstatus kunnen de batterijen worden opgeslagen met minimale veroudering en zelfontlading."

Interessant.

**# 1** De fabrikant wil dat LFP-batterijen worden opgeslagen op een rustspanning die 40% SOC vertegenwoordigt en zij beschouwen dit als de "beste opslagspanning" voor "*minimale veroudering*".

Ik ben het 100% eens met opslag tussen 40% SOC en ongeveer 60% SOC, in een koele omgeving (ze vermelden dat niet), en de celfabrikanten ook.

**# 2** Vervolgens stellen ze voor om een laadspanning in te stellen op 13,8V! Dit is volkomen in tegenspraak met alles wat ze er net boven hebben gezegd.

**# 3** Na te hebben gezegd dat de lead acid-ladertechnologie "een risico op schade", "verminderde levensduur" en "algehele niet-optimale prestaties" oplevert, vertellen ze je hoe je float moet programmeren, dat is loodzuur lader eigenschap. Nogmaals, ik herhaal dit, je doet geen onderhoudslading bij PFP cellen.

De fabrikant van dit document heeft sindsdien de begeleiding van de lading aan hun website toegevoegd. Toen de lezer die dit naar mij stuurde zijn batterijen kreeg, bestond deze informatie niet op de website. Noch hij noch ik konden het ergens vinden. Wat hij dacht dat een goedkope LFP-investering zou worden, veranderde in meerdere duizenden dollars extra kosten om zijn batterijen op de juiste manier te laden via de door de fabrikant voorgestelde richtlijnen. Ik zal niet eens ingaan op de andere problemen die hij had met zijn "drop-in batterijen".

Nog belangrijker is dat deze fabrikant nu een maximale laadspanning aanbeveelt, voor een 12V-bank van 14,0 V voor batterijen die in serie of parallel worden opgeladen, tenzij elke batterij zijn eigen laadbron heeft. Het lijkt het erop dat sommige LFP-fabrikanten het inderdaad door beginnen te krijgen.

## Een plek voor de nieuwe accuset

Het mooie van LFP-banken is dat hun gewicht lager is en de omvang minder is dan die van een vergelijkbare loodzuurbank. Vanwege deze verschillen in gewicht en grootte kon ik de hele bank verplaatsen naar een mooi droog en hoger gedeelte van het schip. Ik heb een opslagruimte opnieuw ingericht om de accubank te plaatsen en deze past als een handschoen.

Neem de tijd om te heroverwegen waar uw accubank geplaatst wordt en plaats hem niet zonder meer daar waar de loodzuurbatterijen stonden, want er zijn mogelijk betere plekken.

### Rekening houden met :



- ◆gewichtsverdeling
- ◆vocht en vochtigheid
- ◆Mogelijkheid van corrosie
- ◆Niet in de motorruimte
- ◆Warmte en kou
- ◆Toegangsmogelijkheden

### De nieuwe plek voor de accubank



Zoals u kunt zien is de gekozen plek hoog, droog en biedt goed bescherming voor de batterij. Wees niet bang om creatief te zijn als het gaat om het kiezen van een plek, maar houd het veilig.

## Het batterij vak



de installatie.

Hier is een foto van het lege batterijvak, eenvoudig, schoon en met klemmen die geen beweging van de batterij toelaten. Deze accu banken hebben de mogelijkheid om enorme hoeveelheden stroom te genereren als er kortsluiting ontstaat, dus waar en hoe de batterij wordt gemonteerd is een belangrijk aspect van



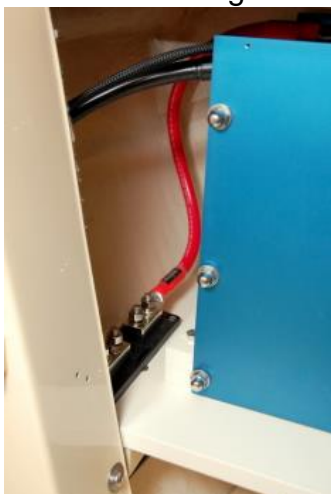
### Goed vastzetten

Dit klemmechanisme maakt gebruik van 3 X 3/8 "-bouten en twee stukken 3/4" dikke HDPE-plaat om de onderste trek balk van de batterijbehuizing vast te klemmen. Een sleuf werd in elke klem op de perfecte hoogte geleid om in de batterijhouder te passen. De trekhaken van de batterijhouder passen in de inkepingen in de batterijcellen en zetten de cellen vast met 5/16 "SS draadstang. De vierkante aluminium voorraad is een 1/2 "aluminium vierkante buis die de cellen op hun plaats vergrendelt en past op dit vasthoudmechanisme. De batterij kan helemaal niet bewegen als deze is geïnstalleerd.

### Bescherming tegen overbelasting

In deze foto we zien de accubank en de rode 2/0-draad die de zekeringhouder van klasse T voedt. U moet tenminste klasse T zekeringen gebruiken als uw belangrijkste bescherming voor een LFP-bank.

Deze bank kan gemakkelijk 20.000A of meer stroom genereren bij een kortsluiting en



dan de ANL-zekeringen beschadigen en er letterlijk uit blazen. Ik heb dit gedaan tijdens het testen van een aantal ANL-zekeringen die ik heb ontvangen van een doe-het-zelf LFP-man van het Cruisers Forum, dank aan Bob E. Klasse T zekeringen zijn volledig van metaal voorzien en het zijn zeer veilige zekeringen.

Alle zekeringen hebben een zogeheten AIC-classificatie oftewel 'stroomonderbrekingscapaciteit'. Dit is de classificatie waarbij de zekering veilig zal doorslaan. Klasse T zekeringen hebben de hoogste AIC-classificatie van alle

zekeringen die we in de maritieme omgeving gebruiken. Er zijn zekeringen met hogere AIC-waarden, maar daarvoor zijn geen houders beschikbaar voor maritieme toepassingen.

Idealiter moet de hoofdbank gezekerd zijn tegen overbelasting binnen 7 inch van de batterijbank, maar zoals we hier kunnen zien is dat vaak onmogelijk. Er is technisch meer dan 7 inch draad nodig om van de + pool naar de Klasse T zekering te komen. Is dit een onveilige installatie? Nee hoor, maar soms zijn de standaarden een beetje te streng om in het echt toe te kunnen passen. Dus we doen het beste wat we kunnen.

### Onveilige ANL zekering fout



Tijdens mijn tests en experimenten met LFP-batterijen blies ik ongeveer \$ 400,00 aan MRBF-, ANL- en Klasse T zekeringen op. De enige onveilige storingen die ik had, waren off-brand elcheapo auto-stereo type ANL-zekeringen. Zoals te zien is, explodeerden de zekering letterlijk. Ik had geen problemen met

de Cooper Bussmann / Blue Sea Ignition Protected ANL-zekering, maar ik blies er wel ongeveer 10 van op. Ik veronderstel dat als je er 100 hebt verspeeld, je mogelijk een onveilige storing hebt op een LFP-bank. Toch zou ik Klasse T met klem willen aanbevelen als het absolute minimum voor de beveiliging tegen overbelasting van de LFP bank.

**OPMERKING:** Klasse T zekeringen hebben geen classificatie voor ontbrandingsbescherming. Zo goed als ik kan zien, zijn ze niet specifiek getest, zowel met Blue Sea Systems als met Cooper Bussmann. Dit betekent alleen dat ze niet zijn getest, niet dat ze noodzakelijkerwijs onveilig zouden zijn. Vergeet niet dat een ANL-IP-zekering een AIC heeft van 6000A en dat een Klasse T niet-IP-zekering een 20.000A interruptclassificatie heeft. Als u een door een benzinemotor aangedreven schip heeft, waarvoor apparaten met een ontsteking nodig zijn, overweeg dan dit bij het ontwerpen van de overstroombeveiliging voor uw LFP-systeem.

## Alternator overwegingen bij LiFePO4

Als u LFP kiest moeten goed ontwerp en installatie van de dynamo altijd deel uitmaken van dat systeem. Vanwege de extreem lage inwendige weerstand van deze batterijen, en de extreem vlakke spanningscurve, zullen LFP-banken een dynamo hoog belasten als deze niet correct is geïnstalleerd. Vanwege de zeer lage

weerstand bevindt de dynamo zich voor het grootste deel van de oplaadcyclus in de BULK-modus, voordat ook maar de absorptiespanning is bereikt.

Met een hoge capaciteits alternator voor loodzuur accu's, kunt u bij loodzuur accu's een beperkings- / absorptiespanning bereiken van 50% van de SOC, en dan begint de alternator al minder stroom te leveren.

Dat is niet de manier bij een LFP, uw dynamo krijgt bij een LFP geen rust. Als je de LFP-bank naar 80% SOC brengt, betekent dit dat je de BULK-modus gebruikt voor ongeveer 75% of meer van de capaciteit van de hele bank, voordat er een soort van spanningsbegrenzing begint.

### **Bulk laden**

Dit betekent dat de dynamo de accubank niet op absorptie- of de grensspanning heeft gebracht. In bulk werkt de dynamo in wat wordt aangeduid als CC of constante stroommodus ... Zodra de bank op absorptie spanning komt, schakelen we over naar de CV (Constant Voltage), waarbij de spanning stabiel wordt gehouden en de stroom begint af te nemen op basis van wat de batterij kan opnemen in die State Of Charge. Dit zijn de regels:

- 1. In bulk / CC is de capaciteit van de dynamo uw limiet**
- 2. In absorptie / CV bepaalt de batterij hoeveel stroom er kan binnenkomen bij een specifieke SOC- en klemspanning.**

Neem een 400 Ah LFP-bank met 80% ontlading die dus 320Ah's terug moet krijgen. Met een 130A-alternator die heet wordt op ongeveer 100 A betekent dit dat bulk opladen ongeveer drie uur zal duren. Er is geen alternator op deze planeet die drie uren op een volle belasting kan draaien,. Tenzij misschien het diodekastje met een eigen koelventilator extern is gemonteerd. Er is geen enkele kleine alternator die dit lang zal overleven zonder een goede installatie.

### **Fabrieks alternators**

Sommige fabrieksalternators hebben een ingebouwde temperatuur compensator. Deze bevindt zich in het circuit van de spanningsregelaar om stroom / spanning te verminderen wanneer de dynamo opwarmt. Dit zit het doel van "snel opladen" in de weg, als je wilt profiteren van het snelle en efficiënte opladen dat LFP-batterijen kunnen bieden.

Hoewel deze alternator-temperatuur compensatiefunctie zelfbescherming van de dynamo is, is het een zeer slechte regelingskeuze voor een LFP-bank. Ik heb Hitachi-wisselstroomdynamo's zo heet zien worden dat ze de uitgangsspanning hebben verlaagd naar 13,2V. Als je bedenkt dat de rustspanning van een LFP bank hoger is, nou ... .. doe het goed en bouw dit als een "systeem".

## Foto



afb. 5 Balmar AT 165A

Hier kijken we (afb. 5) naar een Yanmar viercilindermotor met een Balmar / Alt Mount serpentine conversie en een Balmar AT serie 165A dynamo. De Balmar AT-serie is een haarspeldgewonden kleine dynamo. Dit stator / rotor ontwerp is een relatief nieuwe technologie voor de maritieme markt en maakt extreem hoge prestaties mogelijk vanuit een dynamo met een kleine behuizing. Momenteel zijn de

Balmar AT-series de beste kleine alternators die er zijn. Ze zijn niet goedkoop, maar niets kan tegen de Balmar AT op. Op dit moment zijn ze naar mijn mening de best passende alternator voor kleine ruimtes die beschikbaar is voor een LFP-bank. Veel zeiljachten hebben helaas niet de ruimte voor een grote dynamo met externe beugel enz. Als dat zo is, is de Balmar geweldig en adviseer ik die.

Betekent dit dat andere kleine case high-performance dynamo's niet kunnen worden gebruikt op LFP? Absoluut niet, het betekent gewoon dat het percentage "nominaal vermogen" dat u eruit haalt minder zal zijn dan in een AT-serie en dat opnieuw de regelaar ingesteld moet worden, voor zelfbescherming, meer dan bij een Balmar AT dynamo.

## Grote alternator



Wanneer de ruimte het toestaat is een alternator met een grote behuizing over het algemeen beter geschikt voor LFP-banken. Ze geven nog steeds de voorkeur aan stroombegrenzing / Belt Manager, maar ze zijn bewust ontworpen vanaf de grond af en bedoeld voor het leveren van veel stroom. Anders dan de Balmar AT-serie, worden kleine behuizingsalternators

aangepast om grote lasten aan te drijven. Dynamo's in kleine behuizing vereisen meer stroombeperking om LFP-banken te overleven dan de meeste alternatoren met grote behuizing.



**Foto:** Op deze foto hebben we een alternator met grote behuizing op een aangepaste Balmar / AltMount-beugel aangedreven door een serpentine / ribriem. Als je de ruimte hebt, is dit misschien wel de beste optie om LFP accu's te laden..

*Image Courtesy: C. Kelley©*

### **Alternator aandrijfriemen**

Om veel stroom uit een dynamo te halen moet de aandrijfriem aan het werk. Als ik het systeem voor LFP ontwerp, is er geen betere optie dan een multi-rib of serpentine riemkit voor uw dynamo. Een enkele multi-rib riem kan 190A - 200A leveren met relatief weinig warmteontwikkeling, minder riemspanning en minder druk op de lagers van de waterpomp of de dynamo.

Universal & Westerbeke geven aan dat de grootste dynamo die ze op hun motoren willen zien 190A is. Yanmar heeft niet zo'n advies, voor zover ik weet. Met de juiste regelgeving kunt u een 225A + dynamo-stroom laten lopen tot 190A, en dit de hele dag doen.

**# 1 keus** = Serpentine / Multi-Rib (Balmar, Mark Grasser DC-oplossingen of ElectroMax)

**# 2 Keus** = configuratie met dubbele riem. Dit is een echt een tweede keuze. Kits met twee riemen werken zelden of nooit zoals bedoeld, ze delen de belasting niet gelijkmatig over de riemen. Op een LFP-bank kunnen ze een nachtmerrie worden. Overeenkomende paren riemen worden ook extreem moeilijk te vinden, omdat zelfs de industrie geen v-riemen meer levert. U ondervindt problemen met riemstof met een dubbele poelie / riemconfiguratie die LFP aandrijft. Tenzij je al dubbele gordels hebt, geef je geld uit aan een serpentine kit.

**# 3 keuze** = 1/2 "enkele V-riem - een enkele 1/2" v-riem die LFP aandrijft, moet worden beperkt tot ongeveer 80A stroom. Ik adviseer niet om LFP op te laden met een enkele v-riem.

**# 4 Keuze** = 3/8 "Enkele V-riem - Een enkele 3/8" v-riem die LFP aandrijft, moet worden beperkt tot ongeveer 60A stroom. Ik adviseer niet om LFP op te laden met een enkele v-riem.



**OPMERKING:** Ik negeer de algemene wijsheid dat een enkele riem van een halve inch 100A en een 3/8 "riem 80A kan leveren. Dit is allemaal goed en wel met loodzuur, maar niet voor 3-4 uur plus bij volledige belasting met LFP. Hetzelfde geldt voor grote banken van AGM of GEL met een kleine dynamo ...

**FOTO:** een kit voor elektro-max serpentine-pulley en een Mark Grasser DC-oplossing Premier 140A-dynamo.

## Alternator spannings regulering voor LiFePO4



Een goede spanningsregelaar is van cruciaal belang voor een LFP-bank. Ik ben van mening dat er momenteel geen betere regulator bestaat voor LFP dan de Balmar MC-614. Met deze regelaar kan elke denkbare parameter worden aangepast. Voltage, temperatuurcompensatie, bulk, absorptie en float-duur, drempels voor overgangen van bulk naar absorptie of absorptie naar float, de mogelijkheid om de veldstroom te begrenzen en "stroombeperking" van uw dynamo enz. enz. aan en uit te doen. Van cruciaal belang bij LFP is dat er een speciale spanningsdetectiekabel is, die niets anders doet dan de spanning doorgeven. Deze draad vervoert geen stroom, dus je krijgt een accurate aanduiding van de spanning op de accuklemmen, op voorwaarde dat je hem correct aansluit.

### Belangrijke mogelijkheden voor het regelen van de spanning

**# 1 Door de gebruiker gedefinieerde laadparameters:** verstelbare bulk-, absorptie- en floatspanningen maken het u mogelijk de regelaar aan te passen aan de LFP-banken. Float kan laag genoeg worden ingesteld, zodat de regelaar in wezen wordt uitgeschakeld wanneer de bank "vol" is.

**TIP:** om de spanningsinstellingen laag genoeg te krijgen voor LFP-banken met een Balmar-regelaar, moet men in het programmeermenu van achteren naar voren werken. Begin met de onderhoudslading (float), dan absorptie en als laatste bulk.

Als u bulk wilt bij 13,9V, moet u eerst absorptie instellen op 13,8V. Bulk mag namelijk niet lager zijn dan absorptie. Er moet een minimum van 0,1V tussen "stadia" zijn. Ik gebruik: bulk = 13,9V, absorptie = 13,8V, onderhoudslading / OFF = 13,2V

**# 2 Spanningsdetectie ter plekke:** Deze functie moet niet worden onderschat op een LFP-bank. Juiste spanningsdetectie is van cruciaal belang. De MC-614 v-sense draad doet niets anders dan spanning detecteren. Op de ARS-5, de volgende stap

omlaag, bedient deze draad zowel de regelaar als de spanning. Dit kan onnauwkeurige spanningsdetectie veroorzaken als gevolg van de extra stroom die op de v-sense draad wordt gedragen om de regelaar van stroom te voorzien.

TIP: Om het v-sense "circuit" correct en nauwkeurig te laten werken, moet u de negatieve draad van de Balmar-regelaar rechtstreeks verbinden met de negatieve pool van de batterijbank die u meet.

**# 3 Stroombeperking:** Weet u nog dat ik zei dat er geen kleine dynamo op de planeet is die 3-4 uur lang op volle kracht kan draaien bij het laden van LFP-banken in de motorruimte van een boot? Dit is hoe je dit oplost, en het helpt om de levensduur van je dynamo te verlengen.

Balmar noemt het de BELT MANAGER, vroeger heette het AMP MANAGER, wat ik nog steeds een betere term vind, maar het werkt en verlengt de levensduur van uw dynamo. Met de huidige limiet kunt u de output van uw dynamo in feite verlagen door de maximale veldpotential naar de dynamo te begrenzen. De velddraad van de regelaar is wat de dynamo aandrijft. Door de capaciteit van de velddraden maximaal te beperken, beperkt u op zijn beurt de hoeveelheid stroom die de dynamo kan leveren. Dit is een eenvoudige aanpassing in het instellingenmenu en moet worden gemaakt wanneer de dynamo op temperatuur is.

Elke alternator zal enigszins afwijken, maar meestal is Belt Manager niveau 3 of 4 een goede plaats om te starten. Ik raad in het algemeen aan om een dynamo te kopen die groter is dan de verwachte output die u wilt hebben en deze vervolgens opnieuw belt in Belt Manager ..

Als voorbeeld voer ik een op maat gemaakte 160A Mark Grasser DC Solutions-dynamo op onze boot en deze is momenteel beperkt tot 120A. Ze zal de hele dag op 120A draaien en zal zelden 230 F (110 Celsius) bereiken. Dit is precies wat ik wil zien. Ik doe dit door het maximale potentieel te beperken met de Belt Manager-functie van Balmar. Dit voorkomt dat de alternator smelt en het verlengt de levensduur. Het geeft u ook een bekende waarde voor laadstroom die niet zal variëren als gevolg van temperatuurbeperring of hitte.

**# 4 Alternator temperatuurcompensatie:** een regelaar die een aan-wisselstroom beveiligingssensor toevoegt, is een aanvullende verzekering die u niet oplost met een Alternator-brand.

## Een gesmolten alternator Stator



Dit is precies wat er gebeurt als u de stroom die een LFP-bank voedt niet begrenst. De stator van de alternator zal letterlijk smelten. Hier is de magneetdraadbekleding direct uit de statorwikkelingen gekookt. Dit gebeurde op een AGM-

bank en dit was een fabrieksloze, gestabiliseerde dynamo zonder ingebouwde thermische compensatie. Hij leverde gewoon, en leverde en leverde totdat hij smolt. Hoe kun je dit vermijden? Gebruik een Balmar MC-614-regelaar en begrenst de stroomsterkte. Vooral als u een LFP-bank heeft !!!

## Toerental, motorruimte temperatuur & beperking stroomsterkte

Wat heeft een laag toerental te maken met de hitte van de dynamo? Veel zeilers en cruisers willen bij lage toeren opladen. De krachtige dynamo's van vandaag kunnen een aanzienlijk deel van hun vermogen afgeven bij motor die iets sneller dan stationair draait. Dit is goed, want je bezorgt je burens op de ankerplaats geen overlast.

Er is echter wel een valkuil. Het probleem met lage toerentallen is dat we zeer langzame ventilatorsnelheden van de alternator hebben. De snelheid van de rotor dient ook om de dynamo koel te houden. Waarschijnlijk zijn de meest sterke belastingen voor een krachtige alternator niet tijdens flinke toerentallen. Bedenk dat veel van de nieuwe kleine wisselstroomdynamo's 17.000 - 19.000 assentoerentallen aankunnen. Dit zorgt voor een uitstekende koeling, maar die toerentallen halen we nooit op de meeste zeiljachten. Daarom kan de alternator het beste ingesteld en getest worden op iets meer dan stationair. In die situatie wordt hij namelijk het heetst.

## Alternator instellen & testen stroomsterkte

Het is niet goed genoeg om de regelaar te programmeren en dan 'weg te lopen'. Elke dynamo zal anders reageren op de velddraad van de regelaar. Een juiste installatie leidt tot een lange levensduur van de dynamo, en dus een dynamo die het veeleisende van LFP-bank kan overleven.

*Wat u nodig hebt en hoe het moet*

**# 1** Een omvormer die in staat is de stroomcapaciteit van de alternators te overschrijden, gewoonlijk 2000 W of meer, of een draagbare omvormer die ten minste 2000 W of meer kan.

**# 2** Een warmtepistool, haardroger of draagbare verwarming. Als de dynamo en de omvormer groot genoeg zijn, hebt u mogelijk twee van deze apparaten nodig.

**# 3** Een externe temperatuursensor bevestigd aan de behuizing van de dynamo, die kan worden afgelezen terwijl de machinekamer 100% gesloten is en goed afgedicht. De meeste Digitale Volt Meters bieden een externe temperatuursonde.

### **Test en opstelling van dynamo voor warm laden**

**Stap # 1** - Sluit een DVM-temperatuursensor (Fluke enz.) aan op de dynamo en sluit de machinekamer

**Stap # 2** - Laat de boot varen met een cruise-load, met de omvormer via de verwarming omlaag geladen en gedurende ten minste 30 minuten op cruise-toeren.

**Stap # 3** - Keer terug naar ligplaats en laat de motor stationair draaien

**Stap # 4** - Houd de omzetter / AC-belasting actief. Deze belasting moet groter zijn dan de capaciteit van de dynamo.

**Stap # 5** - Houd de temperatuur van de alternator in de gaten en zorg ervoor dat deze de 225F niet overschrijdt.

**Stap # 6** - Als het meer dan 225F is, past u Balmar Belt Manager aan op niveau # 1

**Stap # 7** - Ga verder met het testen van de belasting en volg de temperatuur op. Zit de alternator nog steeds boven de 225F?

**Stap # 8** - Zo ja, ga naar Belt Manager niveau # 2

Ga door met dit proces totdat de dynamo onder de 225F tot de maximale uitvoer geeft.

TIP: Ik begin bij Belt Manager Level # 4 en werk mijn weg omhoog. De meeste alternators vereisen niveau # 3 of # 4.

## AC-acculaders en inverterladers

Net als bij externe regelgevers die we willen kunnen controleren:

**Max. Stroomuitgang** - Een kleine generator kan mogelijk een grote oplader niet verwerken

**Alle laadparameters** - Dit is een must voor een LFP-bank

**Directe spanningsmeting** - Dit is een cruciaal belangrijk aspect voor een LFP-ontwerp.

**Hoog uitgangsvermogen** - Dit is een compliment voor de bank en zorgt voor sneller opladen. De grootste laadcapaciteit die gewoonlijk wordt aangetroffen, bevindt zich in een omvormer / opladers (I / C's), vaak combi's genoemd. Op zichzelf staande opladers zijn meestal kleiner in stroomuitvoer.



**OPMERKING:** de meeste omvormers / opladers gaan minder stroom geven als ze warm worden. Als er staat dat een omvormer/oplader 130A kan leveren betekent dat niet dat het voor onbepaalde tijd kan. Wanneer zo'n apparaat warm wordt zie je minder "nominale" uitvoer.

### Directe spanningsmeting

Daar gaan we weer. Er zijn heel, heel weinig laders of omvormers / laders die directe spanningsmeting aanbieden. Dit is stom! Helaas is het laadgedeelte van de meeste omvormers / opladers blijkbaar niet interessant genoeg voor de meeste ingenieurs die ze ontwerpen. De technici die geen speciale spanningsdetectieleidingen op acculaders of inverter / opladers leveren, hebben gefaald voor u, die op zoek is naar snelle oplaadprestaties.

Wie zijn deze mislukkingen?

Mastervolt - Geen speciale spanningsdetectie

Magnum - Geen speciale spanningsdetectie

Xantrex - Geen speciale spanningsdetectie

Welke fabrikanten geven eigenlijk wel om het laden van batterijen?

Victron - Victron I / C's hebben speciale spanningsdetectieterminals op de hoofdeenheid. Een pluim voor Victron !!

Outback - Kan worden gedaan, maar vereist FLEXNET DC & MATE-afstandsbediening.

Dit wil niet zeggen dat Victron de beste omvormers / opladers maakt, maar verdomd hun technici begrijpen het echt. Echt opladen van de batterij is dat.

Denk even mee. Ongeacht hoe groot de draaddoorsnede die u toepast, met een 130A + omvormer / oplader heeft u nog steeds een spanningsdaling tussen de lader en de fysieke batterijterminals. De meeste laderhandleidingen hebben het alleen over de daling van de bekabelingsspanning, maar we moeten niet vergeten dat elke aansluiting, shunt, zekering, accuschakelaar etc. resulteert in meer spanningsdaling. Het is niet ongewoon om 0.4V -0.8V daling te zien bij volledige laadoutput, zelfs bij in de fabriek geïnstalleerde omvormers / laders. Terwijl de I / C-makers er vaak op staan dat je de eenheid op 5' van de batterijen houdt, is dit niet altijd mogelijk op een boot.

Er vindt dus spanningsdaling plaats, daar kunnen we niet onderuit.

Hoe lossen we dat op?

Eenvoudige, speciale niet-stroomvoerende spanningsdetectiekabels die rechtstreeks op de accupolen zijn aangesloten, zodat de lader lichte spanningsdalingen in de systeembedrading kan compenseren en niet vroegtijdig de absorptie of de spanningsbegrenzende laadfase kan ingaan

Bedenk dat slechts een spanningsdaling van 3%, iets wat de meeste booteigenaren voelen, volkomen aanvaardbaar is, en leidt tot een daling van 0,42 V bij de accuklemmen, wanneer de oplader een maximale stroomsterkte pompt en 14,0 V tracht te bereiken.

Als we beginnen met een doelvoltage van 14.0V en we verliezen .42V, dan betekent dit slechts 13.58V op de accuklemmen. Zelfs een LFP-bank, die normaal rond 13,2 V werkt, kan tot 13,6 V komen lang voordat deze door de laadbron moet worden begrensd.

Als gevolg van spanningsverlies begint de oplader eenvoudigweg de spanning te beperken, omdat hij denkt dat de batterijen 14.0V zijn, maar dat is niet het geval. De lader denkt dat hij in de constante spanningsmodus staat, maar zou dat niet moeten zijn en zou in plaats daarvan nog steeds in BULK moeten zitten. Dit soort situatie vermoordt letterlijk snelle laadprestaties, vooral met het smalle spanningsbereik van LFP. Dit is niet alleen op LFP-banken maar ook op grote loodzuur accu's. Natuurlijk, omdat LFP zo'n smal spanningsvenster heeft waarbinnen het functioneert, wordt spanningsverlies van het systeem een veel groter probleem, wat de prestaties betreft.

### **Hoe spanningsdaling de laadsnelheid beïnvloedt**

Aan het einde van de laadcyclus ziet hij 14.0V en gaat hij naar de CV-modus, ook wel de constante spanningsmodus genoemd. Het begint nu met het beperken van de stroom door de uitgang van de voeding te regelen, zodat er niet meer dan 14.0V wordt opgenomen. Het probleem is aan het einde van de batterij dat de spanning

lager is dan 13,6V en dat er slechts een bepaalde hoeveelheid stroom in de batterij vloeit bij 13,6 V, zelfs bij een LFP-bank. Spanning is de druk waardoor de laadstroom naar de batterijen kan stromen en LFP-banken zijn niet vrijgesteld van de wet van Ohm.

Als er te vroeg een te lage spanning optreedt als gevolg van spanningsverlies, verlengt u uw oplaadtijd en duurt het langer om 100% SOC te bereiken!

Spanningsdetectie aan de accupolen is van cruciaal belang voor snel opladen. Als u een generator gebruikt om een AC-lader van stroom te voorzien, betekent een juiste spanningsdetectie minder looptijd van de generator. Als een oplader of omvormer / lader u deze optie niet biedt, koop er een die dat wel doet.

De Victron's vertegenwoordigen een uitstekende waarde in een LFP-compatibele omvormer / oplader, met name een met speciale spanningsaftastingsdraden. Tegen de tijd dat je klaar bent met de Outback, door FLEXNET DC toe te voegen (zorgt voor volt-detectie) en de MATE (afstandsbediening), ben je ruim boven de kosten van een Victron Multi-Plus Combi. Natuurlijk, als u in de VS bent, is de Outback een Amerikaans bedrijf dat Amerikaanse banen ondersteunt.

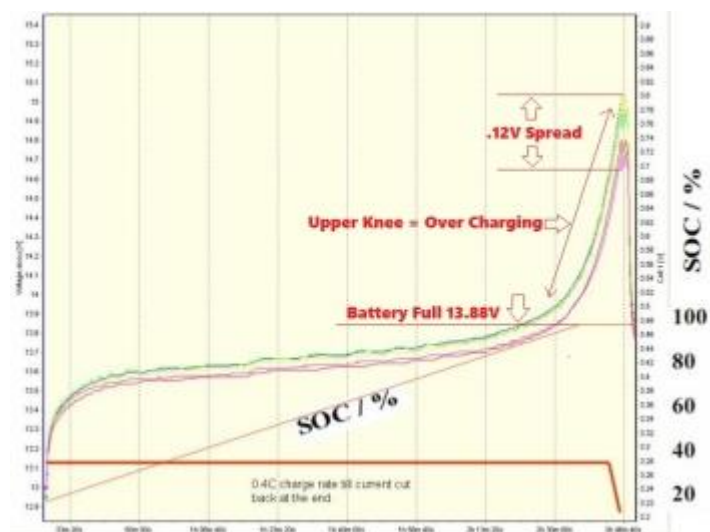
Kies zorgvuldig uw AC-oplader. De twee biggies hebben volledige controle over alle oplaadparameters en speciale spanningsdetectie!

### 0.4C laadbelasting & 12v 100Ah Winston cellenset

Oké, je hebt me zien beschrijven hoe je deze batterijen veilig kunt opladen wanneer ze worden gebruikt als service accu bij het gebruik van facties "C", en hier is een goed voorbeeld van waar ik het over heb.

Zoals u in deze afbeelding kunt zien, is de batterij vol geraakt met slechts 13,88V (accuset voltage) met een .4C-laadsnelheid. Een .4C-lading betekent een 40A-lading op een 100Ah-batterij..

Alles boven dit voltage is technisch gezien meer dan het opladen van de batterij. Als u op dit 13,9V-niveau bent gestopt en dit pakket op Ah-capaciteit hebt getest, ziet u



ongeveer 98% - 107% van de nominale Ah-capaciteit. Ik weet dit omdat ik deze testen vaak heb uitgevoerd.

De overbelasting kan eenvoudig worden gezien door het plotseling berekenen van de knie in de spanning, zodra de cellen "vol" raken.

Uitgangssituatie testresultaten: het opladen van dit 400Ah Winston-pakket bij aflevering van 13,8 V resulteerde in 425Ah's bij een belasting van .25C of een continue stroom van 100 ampère gedurende meer dan 4 uur achter elkaar.

Cyclus # 772 testresultaten: met dit 400Ah Winston-pakket, zoals ik in dit artikel uiteengezet heb, heeft de bank nog steeds 432Ah's bij een 0,75C (30A) ontladingsnelheid bij cyclus # 772 en jaar 7.

Hoeveel Ah's zouden we uit een "volle" loodzuurbank halen als de capaciteit getest werd bij een belasting van .25C? Laten we de berekening doen:

400Ah loodzuur accubank met een Peukert's Constant van 1.3 die een .25C belasting krijgt = 247Ah.

WAUW! Test een overladen loodzuuraccu tegen hetzelfde belasting die u kunt toepassen op een 400 LFP-bank, .25C, die slechts 13,8V heeft geladen, en u haalt 178 Ah minder capaciteit uit de loodzuur bank dan uit de LFP-bank. De realiteit is dat we op boten niet ontladen op een .25C-snelheid en we ontladen tegen fractionele "C" -tarieven.

Let op: Het enige voordeel van opladen naar spanningen boven 13,8V - 14,0V is een iets kortere stroomafname aan het bovenste einde van de lading.

Ik laat de stroom dalen naar 10A bij 13,8V voordat ik de bank als "vol" beschouw. Dit komt overeen met 425Ah's bij een belasting van .25C. Alle LFP-banken hebben een enigszins variërende capaciteit en de fabrieksclassificatie ligt bij een belasting van .5C. De 425Ah @ .25C correleert met ongeveer 397 - 400Ah @ 13.8V en een .5C belasting. Waarom meer laden, en meer risico lopen, als we de geschatte capaciteit al kunnen overschrijden bij slechts 13,8V - 14,0V bij fractionele "C" belastingen ??

\* Maximale veilige laadspanning: Max. Veilige laadspanning voor Winston-cellen, als gebruik door de huisbank = 14,2 V

Optimaal laadvoltage: laadspanning voor Winston-cellen, als huisbank = 13,8V tot 14,0V.

*\*When used with typical lead acid charging equipment.*

Als u CALB-cellen kiest, moet een doe-het-zelf lader maximaal 14.0V zijn. Waarom? Kijk eens naar wat er met de celspanningen gebeurt als ze in de bovenknie komen. We hebben de laagste cel bij 3,69V en de bovenste cel bij 3,81V die nu in de



gevaarzone is! De pack-spanning ziet er misschien nog steeds goed uit, maar we bedreigen nu de levensduur van een aantal cellen door ze te veel te laden. Hoewel ik weet dat lagere laadspanningen prima werken voor off-grid en fractioneel C-gebruik, en aantoonbaar veiliger zijn, komt er eindelijk onderzoek om dit te ondersteunen en om ook te laten zien dat hogere spanningen ook leiden tot een korter leven van de cellen.

## **Wat heeft de industrie geleerd?**

### **Tesla, en andere onderzoekers**

Tesla en andere Li-batterijonderzoeksinstituten hebben nu kunnen aantonen dat het laden van Li-chemiecellen met hoge laadspanningen resulteert in de opbouw van bijproducten van elektrolytoxidatie die zich hechten aan de negatieve plaat. Dit leidt uiteindelijk tot het kapot gaan van de cellen. Het is aangetoond dat hogere laadspanningen, met alle Li-chemieën, resulteren in een kortere levensduur van de cellen. Hogere laadspanningen resulteren in meer elektrolyt oxidatie en daarmee tot verstopping van de negatieve plaat. Hoewel de capaciteit er gedurende een bepaalde periode goed uit kan zien, gaan de cellen uiteindelijk kapot. In NMC-cellen (LiNiMnCoO<sub>2</sub>) werd de levenscyclusafbraak versneld naarmate de laadspanningen hoger werden. Testen toonden aan dat een maximale laadspanning van 4.20VPC (deze zijn geen LFP) zeer weinig afname van de capaciteit toonde, waarbij als een maximale laadspanning van 4.35VPC resulteerde in minder dan 200 cycli en een laadspanning van 4.45VPC resulteerde in minder dan 60 cycli. Het zijn echter niet alleen de maximale spanningen die de cellen beïnvloeden, maar het ook de duur van die spanning. In de bovenstaande tests laadden de cellen simpelweg de spanning "TO", maar met de loodzuurladers die we gebruiken, worden de spanningen gedurende een bepaalde tijd vastgehouden. In de maritieme omgeving, om de cellen te compenseren en niet te overbelasten met CV-lading, kunnen we eenvoudig de maximale laadspanning verlagen en dit kan helpen om de cellen te herstellen. Dit zorgt ervoor dat de CV (constante spanning) fase veiliger is voor een iets langere duur.

Als je de bovenste knie induwt, kunnen de cellen snel uit balans raken, terwijl de ene cel sneller vol raakt dan de andere. Naarmate de leeftijd van de cellen toeneemt, kan de efficiëntie van Coulomb veranderen, vooral als deze te zwaar belast wordt door het gebruik van hoge laadspanningen en CC / CV-oplaadapparatuur. De werkelijke cel-tot-celcapaciteit kan ook veranderen. Door uit beide kniebereiken te blijven, spanningsmatig, hebben de cellen de neiging om op en neer te gaan met een zeer kleine spanningsafwijking. Regelmatig in de boven knie duwen creëert eenvoudig de

behoefte aan meer celbalans en veel BMS-bedrijven bidden hierom. Ik ben ervan overtuigd dat dit voor fractionele C-gebruikscelbalancing niet nodig is tot NA het HVC-punt, zodat dit veilig, handmatig en slim kan worden gedaan, net als het egaliseren van een loodzuuraccu.

De cellen in deze afbeelding zijn cellen die ruim binnen het ideale balansbereik liggen tussen 3,0 VPC en 3,45 VPC, maar die afwijken en beginnen over die spanning te scheiden. Als je pack niet perfect gebalanceerd is, zoals deze was, zul je nog eerder gaan afdrijven.

Als je 98-99.9% van de capaciteit uit de bank kunt halen bij een maximale laadspanning van 13,9V - 14,0V, door te stoppen met laden voordat je 100% SOC hebt geraakt, waarom zou je dan hoger gaan? Het antwoord is: niet doen, en je batterijen zullen gedurende vele honderden cycli in goede balans blijven. Mijn eigen 400 Ah bank heeft nu \* 825 cycli (1/15/2017) overschreden, heeft nog steeds een uitstekende balans en heeft vrijwel geen capaciteit verloren. Dit is bijna 3X de gemiddelde levensduur van een loodzuurbatterij die ik in de maritieme wereld tegenkom.

### **Noem de bron van uw gegevens**

Alsjeblieft, ik vraag iedereen om me geloofwaardige gegevens te tonen die laten zien waarom boven 14.0V of 3.45 V PC tot 3.50 Volt per cel goed is voor de batterijen, of om me slechts één reden te geven waarom het nodig is om dit te doen op elke cyclus? Ik heb bijna 100 onderzoeks- / white papers in mijn database en geen enkele daarvan geeft een goede reden om deze cellen met regelmaat in de hogere knie te duwen. Wat weten we over hogere spanningen en de levensduur van de LiFePO<sub>4</sub>-batterij?

**# 1** Door deze batterijen netjes te laten werken bij volledige lading, verslechtert de levensduur van een Li-batterij. De fabrikanten willen dat ze worden opgeslagen bij een SOC van 50% voor de langste levensduur.

**# 2** Testen hebben aangetoond dat alle Li-accu's verslechteren door slechts "op" een hoge spanning te laden en te stoppen. Beeldvorming als: ze op die spanning zetten en vervolgens "vasthouden" zoals we dat bij loodzuur accu's doen? Ik kan me niet voorstellen dat het beter voor hen zal zijn.

### **Geen onderhoudslading!!!!**

Alsjeblieft, stop met vragen of het goed is om je LiFePO<sub>4</sub>-batterijen een onderhoudslading te geven (float). Het antwoord is nog steeds NEE. Als u uw LFP-bank voortdurend wilt voorzien van een onderhoudslading, hebt u ze om de

verkeerde reden gekocht. Deze batterijen houden van de laadcyclus. Ze haten het om voor 100% SOC te zijn en zelfs de simpele handeling om ze op 100% SOC te bewaren, zoals we het moeten doen met loodzuur, is schadelijk voor hun levensduur. Het toevoegen van een lichte overspanning, boven de cel rustspanning, is zelfs slecht voor ze. Zet geen onderhoudslading op een LFP. Als u in een situatie bent waarin laadapparatuur niet kan worden uitgeschakeld en u de LFP-bank moet laten onderhoudsladen, moet u een cross-over-loodzuurbatterij aansluiten om de alternatieve energie op te kunnen nemen. Voor het in de haven liggen of voor onbewaakt gebruik moet u in staat zijn om de LFP te ontladen tot 50-60% SOC (State Of Charge), terwijl de kleine loodzuurbank eventuele energie opneemt.

### **Een 100% SOC experiment**

Ik heb onlangs een zeer duur experiment beëindigd met betrekking tot opslag op 100% SOC. De testduur werd uiteindelijk 12,5 maanden met behulp van vier 100Ah CALB-cellen, waarbij ze werden opgeladen tot 100% SOC en vervolgens met rust werden gelaten zonder verbindingen met een BMS of andere belastingen. De laagste temperatuur die gemeten werd in die 12,5 maanden was 46 ° F en de hoogste temperatuur was 87 ° F en dat was bedoeld als representatie van de echte wereld. Een min / max thermometer werd gebruikt om de pieken vast te leggen. De cellen waren, voorafgaand aan het 12,5 maanden op 100% van de SOC laten rusten, regelmatig getest en hadden een capaciteit van 101,2 tot 101,3 Ah als een nominale bank van 12 V. Na 12,5 maanden werden de cellen ontladen tot een uitschakelspanning van 2,9 V voor de laagste cel. Na 12,5 maanden niets anders te hebben gedaan dan rusten bij 100% SOC, hadden de cellen 11,6% verloren van hun Ah-capaciteit. Stel je nu voor dat je de cellen extra onder druk zet door ze voortdurend op te laden!

“De cellen verloren 11.6% van hun capaciteit door ze te bewaren terwijl ze voor 100% geladen waren”

Hoe kunnen deze fabrikanten suggereren dat de simpele handeling van opslag, bij 100% SOC, slecht is voor de cellen, wat ik heb bevestigd, en dan vertellen "belast ze tot 14.6V" .....? Hoe kunnen ze zeggen "op te slaan bij 50-60% SOC nog dan geef je een" float "spanning? Werkelijk? Kom op, laten we wat gezond verstand gebruiken. Onderhoudsladen bij LFP-BATTERIJEN IS NIET GOED VOOR HEN. Sorry, ik weet niet hoe ik op dit punt duidelijker moet zijn.

Ik kan mijn gevoelens voor de Chinezen samenvatten, en hun vaak belachelijke richtlijnen voor ladingspanning, zoals deze:

Ze hebben een geweldig recept bedacht, ze kunnen het recept herhaaldelijk maken, maar ze hebben GEEN IDEE WAAROM HET GOED IS!

Ik zou zeggen dat laden van deze batterijen boven 3,5 VPC tijdens normaal opladen in feite schadelijk is voor de levensduur en helemaal niet gunstig. Nogmaals daag ik elke Li-batterij-onderzoeker of -wetenschapper uit (ik weet dat velen van jullie dit lezen omdat ik jullie e-mails heb) om me geloofwaardige gegevens te geven om een "noodzaak" voor dergelijke waanzinnige oplaad doel voor te stellen voor het voorgestelde gebruik als een maritieme service accu.

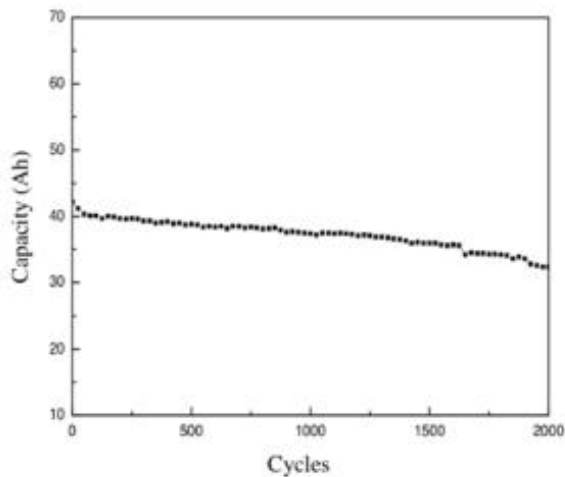
Op zijn minst laden tot aan deze spanningen veroorzaakt een behoefte aan een balancerend BMS. Het laden van deze cellen tot meer dan 3.5VPC / 14.0V / 28V enz. kan tot niets anders leiden dan problemen in een fractioneel C-systeem en houdt uw batterijen vast in de bovenste knie, een bereik dat schadelijk kan zijn voor de levensduur. Als mensen deze batterijen op gezonde spanning laden en uit de bovenste knie blijven, is er zou waarschijnlijk geen balancerend BMS nodig, alleen HVC- en LVC-beschermingen.

Zoals alles, willen de Chinezen ons sussen en aldus vertellen ze dat loodzuurlaadspanningen goed te gebruiken zijn, ofze laten ze kritische punten achterwege over hoe deze cellen moeten worden opgeladen. Oh, maar wacht "Bewaar deze batterijen niet voor meer dan 50% - 60% SOC omdat deze spanningen schadelijk zijn" .... ? Huh? Werkelijk? LFP-batterijen hoeven nooit terug naar 100% SOC te gaan. Zelfs als je maar 95% hebt en je gaat terug tot 20% SOC, krijg je nog steeds een bruikbare capaciteit van 75% die veel groter is dan de 30-35% capaciteit die je krijgt van loodzuur. We mogen ook niet vergeten waar we hier naar kijken. Een .4C-laadsnelheid op een boot met een 400Ah LFP-bank zou een oplaadsnelheid van 160A continu zijn. Dit betekent een dynamo met een stroomsterkte van 200 A beperkt tot 160A. De meeste boten zullen moeite hebben om te komen tot een .3C naar .4C laadsnelheid en deze batterijen kunnen veel meer kosten ..Image courtesy: Terry ©

## LFP levensduur

Cycle Life Test Sample – GBS LFMP40AH

Test Condition: 100% DOD, Room Temperature, 0.5C Current



gegevens verbazingwekkend. Neem deze grafiek met korreltje zout, omdat hij afkomstig is van een fabrikant die probeert iets te verkopen. De interne buzz is dat deze tests daadwerkelijk zijn uitgevoerd maar toch ...

*Image Courtesy: Elite Power Solutions©*

### Capaciteitstest – stel de capaciteit vast



Met dure batterijen zoals LiFePO<sub>4</sub> vind ik het een verstandig idee om de basiscapaciteit ervan vast te stellen, zodat je dat je minstens één keer per jaar kunt herhalen. Voor de eerste 11 capaciteitstests op deze bank heb ik de hier afgebeelde opstelling gebruikt. Voor ladingen gebruikte ik een omvormer en een keramische schijfverwarming plus een gloeilamp om de stroomsterkte op ongeveer 100A te krijgen. Dit vertegenwoordigde een lading van ongeveer 25C. Om de Ah's te tellen die eruit gingen, heb ik een Victron Ah-teller gebruikt.

Deze opstelling werkte en zolang de cellen werden getest met dezelfde temperatuur, met dezelfde apparatuur, was de test redelijk herhaalbaar met enige nauwkeurigheid. Bij de eerste capaciteitstest na de initiële topbalans leverde de bank 425 Ah op bij een belasting van .25C toen deze werd opgeladen tot 13,8V en de stroom mocht aflopen naar 10A.

Na deze initiële capaciteitstest beschikte ik over een solide basis voor het volgen van veranderingen in de loop van de tijd. Ik heb ongeveer elke 50 cycli een capaciteitstest uitgevoerd en de meest recente was tijdens cyclus 701.

Om een capaciteitstest uit te voeren, hebt u een belasting nodig, plus een manier om de Ah's bij te houden. Je hebt ook een manier nodig om individuele celspanningen bij te houden en de test uit te schakelen wanneer het voltage op de laagste cel daalt tot 2,8 V.

Het is niet belangrijk om deze cellen te testen met een .25C, .5C of 1C-snelheid, omdat het gebruik op een schip, als een huisbank, aanzienlijk minder zal zijn dan dat. Het gebruik van hogere C-snelheden maakt het testen wel korter in duur.

Er zijn enkele kleine verschillen in capaciteit tussen bijvoorbeeld een .1C en een .25C-test, omdat deze cellen wel een beetje Peukert-effect hebben, maar dit zal lang niet zo duidelijk zijn als bij loodzuuraccu's.

Doe jezelf een plezier en stel de capaciteit vast, zodat je weet wat je echt hebt! Het is nogal moeilijk om een Ah-teller te programmeren als je echt geen idee hebt van de daadwerkelijke capaciteit anders dan wat de fabrikant je vertelt. Er zijn talloze meldingen geweest van mensen die niet de "nominale" capaciteit in hun cellen kregen, maar ook meldingen van meer, en zonder een eigen capaciteitstest heb je echt geen idee of je bent begonnen met minder capaciteit, of dat je voortijdig capaciteitsverlies hebt veroorzaakt, door je behandeling of mishandeling van de bank.

## Naar betere capaciteitstests



Een van de diensten die ik mijn klanten aanbied, is een capaciteitstest van 20 uur voor hun dure AGM- of GEL-batterijen. Sommigen profiteren zelfs van dure deep-cycle batterijen. De enige echte manier om een loodzuuraccu te testen, voor gebruik als deep cycle bank, is om hem fysiek te testen met behulp van een industriële testprocedure. De 20-uurs test is het meest representatief voor de belastingen die op boten worden gebruikt,

daarom doe ik een echte 20-uurs capaciteitstest.

Vele jaren geleden heb ik een Ah-capaciteitstester gebouwd met behulp van een Ah-teller, relais en DC-belastingen, maar de nauwkeurigheid was niet zo goed als ik zou willen, omdat de gelijkstroombelasting de gehele duur stabiel moet blijven en dit betekent dat je dit handmatig moet doen. Naarmate de spanning afneemt, wordt de stroom die u aanvankelijk had ingesteld op 12,7 V minder, waardoor de ontlaadsnelheid van de accu's wordt gewijzigd. Bij een niet-constante afvoersnelheid resulteert dit bij loodzuuraccu's in minder nauwkeurigheid.

Met LiFePO<sub>4</sub> is het vasthouden van de huidige constante, terwijl het testen van de capaciteit van de bank, minder kritisch is vanwege het zeer, zeer lage Peukert-effect. Een paar jaar geleden had ik Mark Grasser, van Mark Grasser DC Solutions, voor mij een aangepaste DC-tester voor constante belasting voor Ah-capaciteitstestbatterijen laten maken. Dit apparaat werkte goed, maar toch wilde ik betere controle, gemakkelijker instellen en een betere algehele nauwkeurigheid. Ik heb uiteindelijk geïnvesteerd in DC-elektronische belastingen van laboratoriumklasse met batterijtestmogelijkheden. Wat een wereld van verschil! De nauwkeurigheid van deze apparaten is verbazingwekkend, maar ze zijn niet goedkoop.

Bij capaciteitstest # 12 (cyclus # 550) schakelde ik deze batterijbank om naar de nieuwe elektronische DC-belastingtester. Alle testen vanaf dit punt zijn gedaan met dit apparaat. Mijn nieuwe baseline werd vastgesteld bij cyclus # 550 en de bank leverde een verbazingwekkende 419.2 Ah's bij een constante belasting van 30A na 550 cycli!

Ik aarzel om dit capaciteitsgetal te vergelijken met de vorige 11 capaciteitstests, maar het was heel dichtbij. Van elke bank met een rating van 400Ah met 550 cycli erop, had ik dit nooit gedacht, als ik zelf niet de test had gedaan.

Bewijst deze bank dat mijn aanvankelijke scepsis onterecht is? Hoewel de ontladingsnelheid lager was met behulp van de elektronische gelijkstroombelasting, is het Peukert-effect op deze bank ook laag. Wat er echt toe doet, voor mezelf of iemand die deze als een huisbank gebruikt, is hoeveel Ah's je kunt oogsten bij de gemiddelde belastingen.

Het antwoord voor deze bank is meer dan 400Ah's, zelfs bij 550 cycli in ... Ik geloof echt dat ik wat capaciteit verloren heb in die 550 cycli, maar niet zoveel als ik aanvankelijk dacht dat ik zou doen. De laatste capaciteitstest, waarbij gebruik werd gemaakt van de oude testopstelling, leverde 423 Ah's op. Tests met de oude methode en apparatuur leverden een bereik op van 421Ah tot een piek van 426Ah's. Deze test was bij 30A, niet 100A, maar met een apparaat met een hogere nauwkeurigheid en geen omvormer, slechts een pure DC-belasting. Toch levert deze bank meer Ah-capaciteit bij een belasting van 30A, wat meer is dan onze gemiddelde onboard-belasting, en dat is goed! We hebben 419 Ah capaciteit, bij een constante belasting van 30 A, na 550 cycli. Ik ben een gelukkig man!!

FOTO: de 400Ah-bank, een voeding van 60A voor het opladen, en de 40A elektronische meter op lab-niveau. De meeste kleinere draden, in deze spaghetti-puinhoop, zijn spanningsdetecterende elektroden.

### Capaciteitstest # 12 @ Cyclus 550



Hier volgt een close-up van de gegevens die de elektronische DC-belasting vastlegt wanneer deze is ingesteld op batterij Ah-testmodus.

Ik heb de capaciteitstester op 30A ingesteld om deze niet te veel te verwarmen door gedurende 10 +/- uur op volle kracht te draaien. De eenheid heeft een rating van

40A, maar zoals alles wat elektronisch is, wordt hij graag op minder gebruikt en gaat hij langer mee.

Opgemerkt moet worden dat mijn laadbron en DC Electronic Load-tester beide gebruikmaken van speciale spanningsaftastende leads die geen stroom voeren. Dit betekent nauwkeurige laadspanningen die fysiek worden gemeten aan de accupolen, en ook nauwkeurige uitschakelspanningen, gemeten aan de accupolen.

De uitschakelspanning voor deze capaciteitstest was ingesteld op 11,2 V of 2,8 VPC. Een Cell Log 8 werd gebruikt om alarmen te activeren als een cel daalde tot onder 2,78V.



## Het capaciteits testproces

# 1 Opladen = 13,8 V en stroom toegestaan tot taper tot <10A

# 2 Cel Temps = 76F - 77F

# 3 DC-belasting = 30 A constante

# 4 Voltage Cut Off = 11.2V / 2.8VPC

# 5 Capaciteitsmetingen = Ampere uren en tijd bij belasting

Resultaten:

Cyclusnummer = 550

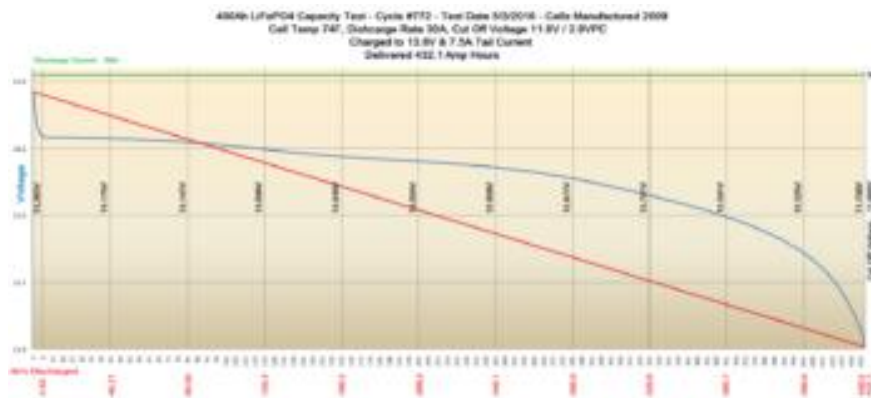
DC Constante belasting = 30A

Ah's afgeleverd = 419.2 Ah's

Tijd @ 30A = 13:58:55

Doe jezelf een plezier en stel een basiscapaciteit vast die zowel herhaalbaar als nuttig voor u is!

## Test #772 ontladings grafiek



Deze ontladcurve kan voor sommigen nuttig zijn. De gegevens zijn dezelfde gegevens in de video hierboven alleen in een grafisch formaat. Interessant is hoe weinig

capaciteit wordt opgeslagen bij geladen spanningen bij een lage 0,75C ontladingsnelheid of 30A voor een 400Ah-rated pack.

In de grafiek heeft de 400Ah-batterij slechts 2,83Ah geleverd tegen de tijd dat de spanningscurve uitkomt bij 3,32V onder een belasting van 30A. Wanneer deze cellen 100% SOC zijn, kunnen ze een rustspanning hebben van ongeveer 3,38VPC tot 3,40VPC of 13,52V tot 13,60V, voor een nominaal pakket van 12V, maar er is echt heel weinig opgeslagen energie tussen 3,4VPC en 3,32VPC ongeveer 0,65 % van Ah capaciteit om precies te zijn.

Op dit pakket was de opgeslagen energie tussen 3,4VPC en 3,32VPC 2,83Ah's. Dit is het nogal abrupte bijna verticale deel van de blauwe spanningslijn helemaal aan het begin van de curve. Ook bij ontladingen met een lage snelheid, zoals deze 0,75C

ontlaadsnelheid, is de curve geleidelijker en het is niet tot ongeveer 2,9 VPC dat de spanning de knie begint te raken en snel terugvalt, op een bijna verticale manier.

Op een 400Ah pack, bij een ontladsnelheid van 30A / .075C, is het werkspanningsbereik tussen ongeveer 99,3% SOC en 0% SOC slechts een verschil van 1,66V voor dit nominale 12V-pakket.