

LITHIUM ACCU'S IN ZEILJACHTEN

Waarom dit artikel?	1
Bronnen	1
De lithium accu.....	2
Capaciteit van accu's	2
De voor- en nadelen van LiFePO4	2
De voordelen	2
De nadelen.....	3
De capaciteit van LiFePO4 accu's.....	3
Het BMS, het Batterij Management Systeem	3
Balanceren van de cellen	3
Monteren in de boot	4
Laden van een LiFePO4 accu	4
Laden met een alternator	5
Laden met een acculader	5
Levensduur van Lithium accu's.....	5
Samengevat	6

Waarom dit artikel?

Op het zeilersforum (www.zeilersforum.nl) wordt geschreven over Lithium accu's in zeiljachten. Voor de voortstuwing, of als service accu. De 'draden' (reeksen berichten) die daar te vinden zijn duiken behoorlijk de diepte in, want er doen specialisten aan mee, dus ze bevatten veel informatie. Ik ging me afvragen wat nu de belangrijkste onderwerpen zijn bij lithium accu als service accu. Kun je zelf een Lithium accubank samenstellen? Wat moet je niet en wel doen, wat kost het, wat zijn de voor- en nadelen, wat voor dynamo heb je nodig, wat voor walstroamlader, enz.

De meeste informatie vond ik bij Rod Collins op www.marinehowto.com. Hij is onderhoudstechnicus in de maritieme wereld, woont en werkt in Maine in de VS en publiceerde begin 2017 op zijn website een artikel van 60 pagina's over lithium accu's in zeiljachten. Collins is breedsprakig, maar heeft ontzettend veel ervaring. Hij is al sinds 2009 bezig met lithium accu's, heeft ze in zijn eigen 36 voeter staan en - niet onbelangrijk - werkt bijna wetenschappelijk als het gaat om het onderbouwen van zijn ervaringen en opvattingen.

Zijn advies over LiFePO4 accu's: als je geen elektrotechnicus bent, of geen fanatieke doe-het-zelver, ga niet zelf hobby'en. Koop een professioneel systeem zoals bijvoorbeeld van Victron. Als ik de ervaringen van Zeilersforum mensen lees lijkt het erop dat de tijden veranderen, maar daarover verderop meer.

Ik heb het artikel van Collins met Google Translate en wat aanvullend schaaftwerk vertaald (het resultaat verdient geen schoonheidsprijs), omdat ik beter op de hoogte wilde raken van wat er met lithium accu's kan. De vertaling is te vinden op

https://avdhoeff.home.xs4all.nl/zeilen_bestanden/LiFePO4-accus-in-zeiljachten.pdf

Daarna heb ik besloten zelf iets te schrijven, in een poging alle informatie die ik gevonden heb samen te brengen in één artikel en de informatie flink te comprimeren.

Voor alle duidelijkheid: in onze boot staan ze nog niet, de LiFePO4 accu's, dus ik heb geen praktijkervaring. Als ik hier fouten maak hoor ik dat graag.

Bronnen

Victron biedt in hun boek "Altijd stroom", de laatste versie die ik heb is van november 2012, nog geen informatie over lithium accu's <https://www.victronenergy.nl/upload/documents/Book-Altijd-Stroom-NL.pdf>. In hun handleidingen bij acculaders die lithium kunnen laden, en bij lithium batterijen, beschrijven ze wél hoe het werkt.

Mastervolt geeft ook informatie, in de handleidingen bij de 12 en 24 volts lithium batterijen die ze leveren. Mastervolt levert en beheert ook de stoomvoorziening in de Volvo Ocean schepen. In het tijdschrift Zeilen van maart 2018 wordt dat beschreven.

En dan is er nog Oceanpeople Yachts, zijn bieden lithium accu service.

De lithium accu

Een lithium accu is een stroomopslag apparaat waarin onder andere lithium wordt toegepast. Het type dat in de maritieme sector veel gebruikt wordt als service accu is de LiFePO₄ accu (Lithium Ferro Fosfaat). Er zijn andere types, zoals die in elektrisch gereedschap, in vliegtuigen, en in elektrische auto's, maar die zijn hier niet aan de orde.

Een LiFePO₄ accu die in een zeiljacht als service accu gebruikt wordt bestaat - als het om een 12 volts accu gaat - uit vier cellen die elk tussen de 2,8 volt (= leeg) en 3,5 volt (= vol) leveren. In serie geschakeld, d.w.z. de + van de 2^e cel aan de min van de 1^e cel, enz., geeft dat een accu die tussen de 11,2 volt (=leeg) en 14,0 volt (=vol) spanning levert.

Lithium accu's leveren per gewichtseenheid én per volume eenheid veel meer opslagcapaciteit dan loodzuur accu's. Je kunt daardoor toe met een kleinere en lichtere accu. Je kunt ze ook nog eens veel dieper ontladen dan loodzuur accu's, dus je hebt een groter deel van de capaciteit beschikbaar.

Dat klinkt goed.

Tegelijkertijd zijn ze duur, en het zijn raspaarden, dus je moet er voorzichtig mee zijn. Meer informatie in de paragraaf over voor- en nadelen.

Capaciteit van accu's

De capaciteit van apparaten die stroom kunnen bewaren en weer afgeven wordt aangegeven met de eenheid 'Ampère-uur'. In het Engels Ampère-hour, vandaar de afkorting 'Ah'.

Een accu met een capaciteit van 200 Ah kan - theoretisch - 1 uur lang 200 ampère leveren. In de praktijk wordt er veel minder stroom afgenomen, dus je kunt die 200 Ah beter omrekenen, dat geeft een beter beeld. 200 Ah is hetzelfde als 100 ampère gedurende 2 uur, 50 ampère gedurende 4 uur, 25 ampère gedurende 8 uur, 12,5 ampère gedurende 16 uur, 6,25 ampère gedurende 32 uur, 3,125 ampère gedurende 64 uur. Een 12 V koelkast die draait gebruikt bijvoorbeeld 3 ampère, maar een led ankerlicht slechts 0,25.

De voor- en nadelen van LiFePO₄

Het beschrijven van voor- en nadelen doe ik hier in vergelijking met loodzuur accu's, de accu's die iedereen goed kent en die veel gebruikt worden. Grofweg zijn de loodzuur accu's te onderscheiden in de gewone navulbare accu's, gel accu's en AGM accu's.

De voordelen

Lithium accu's zijn lichter dan loodzuur accu's. Je kunt dus dezelfde hoeveelheid stroom opslaan als in een loodzuur accu van gelijke capaciteit, terwijl de lithium accu veel minder weegt.

Lithium accu's zijn kleiner dan loodzuur accu's. Je kunt dus dezelfde hoeveelheid stroom opslaan als in een loodzuur accu van gelijke capaciteit, terwijl de lithium accu minder plek inneemt.

Lithium accu's kunnen met gemak 2000 keer geladen en ontladen worden, terwijl de loodzuur accu's meestal niet verder komen dan 300 keer. Dat betekent dat de levensduur minstens twee keer zo groot is.

Lithium accu's kunnen, zonder dat ze in capaciteit achteruit gaan, ontladen worden tot 80% van hun capaciteit, oftewel er zit dan nog 20% in. De betere loodzuur accu - de gel- en de AGM - komt zonder schade aan de capaciteit niet verder dan 50% ontlading. Bij open navulbare loodzuur accu's is het zelfs verstandig niet verder te gaan dan 30% ontlading.

Lithium accu's kunnen sneller worden opgeladen dan loodzuur accu's. Een 200 Ah loodzuur accu kan niet meer dan 30 ampère aan, een lithium van dezelfde capaciteit schrikt niet van 60 ampère. Je moet dan wel een stroombron hebben die ook gedurende een aantal uren zoveel stroom kan leveren.

Lithium accu's hebben een relatief lage interne weerstand, die van loodzuur accu's is groot. Een loodzuur accu verzet zich als je er stroom in wilt stoppen, en heeft dus een relatief grote interne weerstand. Een lithium accu verzet zich nauwelijks. Dat betekent dat een 200 Ah LiFePO₄ accu die voor de helft leeg (er is 100Ah uit gehaald) genoeg heeft aan 2 uur lang 50 ampère. Een loodzuur

accu kan minder stroom aan, daarom kost het al meer tijd, maar de laatste 20 % gaan ook nog eens moeizaam en kosten extra veel tijd.

Lithium accu's sulfateren niet. Loodzuur accu's hebben last van het neerslaan van sulfaat op de kathode, de minpool. Daardoor vermindert de capaciteit van loodzuur accu's.

De nadelen

Lithium accu's zijn veel duurder dan loodzuur accu's. Een LFP accu met een capaciteit van 200 Ah kost bij Victron (hoort bij de beste merken, en dus prijzig) 3300,-, Een gewone loodzuur accuset met dezelfde capaciteit kost 250,-. Een loodzuur AGM accu met een capaciteit van 200 Ah kost bij Victron 600,-.

Lithium accu's kunnen zeer slecht tegen 'te veel laden' en evenmin tegen 'te veel ontladen'. Hun capaciteit gaat dan hard achteruit. Loodzuur accu's vinden dat ook niet leuk, maar ze kunnen er wel beter tegen.

Onder de nul graden celsius kunnen LiFePO4 accu's niet geladen worden, wel ontladen. Vaart u in de winter, of gaat u naar koude streken, niet doen dus. Victron meldt dat, Rod Collins ook, maar Mastervolt en Oceanpeople Yachts zeggen er niets over.

De capaciteit van LiFePO4 accu's

Een LiFePO4 accu kan tot 80% ontladen worden. Van een 200 Ah LifePO4 is dus 160 Ah beschikbaar. Kosten bij Victron: 3300,-

Wil je hetzelfde aantal Ah beschikbaar hebben uit een AGM accu, de betere soort loodzuur accu, dan heb je er een nodig van 320 Ah. 50% van die capaciteit is 160 Ah. Kosten bij Victron: ca. 1000,- Door de mate van ontlading die mogelijk is mee te nemen in het vergelijken van de kosten wordt het plaatje al wat genuanceerder.

Het BMS, het Batterij Management Systeem

Een LiFePO4 accu heeft een Batterij Management Systeem nodig om hem te beveiligen tegen te hoge of te lage voltages, want die zijn meestal fataal voor een LFP.

Het BMS is er om onbedoeld overladen door de dynamo of de walstroomlader op te vangen, of het te veel onttrekken van stroom te voorkomen. Een zogenaamd High Voltage Event wordt door het BMS afgekapt, oftewel als het voltage boven de 14,2 komt.

Een Low Voltage Event wordt eveneens voorkomen, oftewel als het voltage beneden de 2,8 per cel komt.

Een goed BMS moet de spanning van de afzonderlijke cellen meten, niet alleen de spanning van de gehele accu. Op die manier kan tegelijkertijd een onbalans tussen de cellen gedetecteerd worden. Victron en Mastervolt laten het BMS tevens de cellen balanceren. Collins is daar niet voor, zie de paragraaf hierna.

Het BMS is de ultieme veiligheid voor de LiFePO4 accu, een soort verzekering.

Balanceren van de cellen

De afzonderlijke cellen van een LiFePO4 accu kunnen, als gevolg van te veel of te weinig laden, qua voltages iets van elkaar gaan afwijken. Dat kan zijn aan de onderkant, dus als ze bijna leeg zijn, of aan de bovenkant, als ze bijna vol zijn. Bijvoorbeeld de accu is bijna leeg (80% ontlading), en cel 1 levert nog 2,8 volt terwijl de cellen 2, 3 en 4 2,10 volt leveren. De cellen zijn dan in onbalans, zo noemt men dat. Onbalans kan gevaarlijk zijn, omdat het kan betekenen dat het voor de cel met het laagste voltage goed zou zijn de stroomafname stop te zetten, terwijl de andere drie nog wel even door kunnen. Gevolg: beschadiging van de cel met de lage spanning.

Er zijn manieren om de onbalans weer te herstellen.

Als het BMS de taak heeft de onbalans tegen te gaan wordt er stroom van de volle cellen naar de minder volle cel geleid.

Als het balanceren 'met de hand' gedaan wordt, en het gaat om balans aan de onderkant, wordt elke cel op de werkbank apart ontladen tot bijv. 2,8 volt. Daarna wordt hij een paar dagen met rust gelaten, waarbij het voltage iets omhoog gaat. Vervolgens wordt hij weer ontladen tot 2,8, en weer een paar dagen met rust gelaten. Weer ontladen tot 2,8. Op die manier wordt zoals dat heet een

'bodembalans' ingesteld. Als dat bij alle vier cellen heeft plaatsgevonden worden ze weer in serie gezet, dus samengevoegd tot een 12 V accu. Collins zegt dat één keer balanceren voldoende is als je er verder voor zorgt dat je nooit verder ontladtdan 80%.

Victron en Mastervolt laten hun BMS, naast het beveiligen tegen te hoge en te lage spanning, ook automatisch de cellen balanceren. Collins is daar geen voorstander van, hij betoogt dat je dat balanceren beter zelf 'met de hand' kunt doen. Dat wil zeggen: op de werkbank, met een lader en een voltmeter.

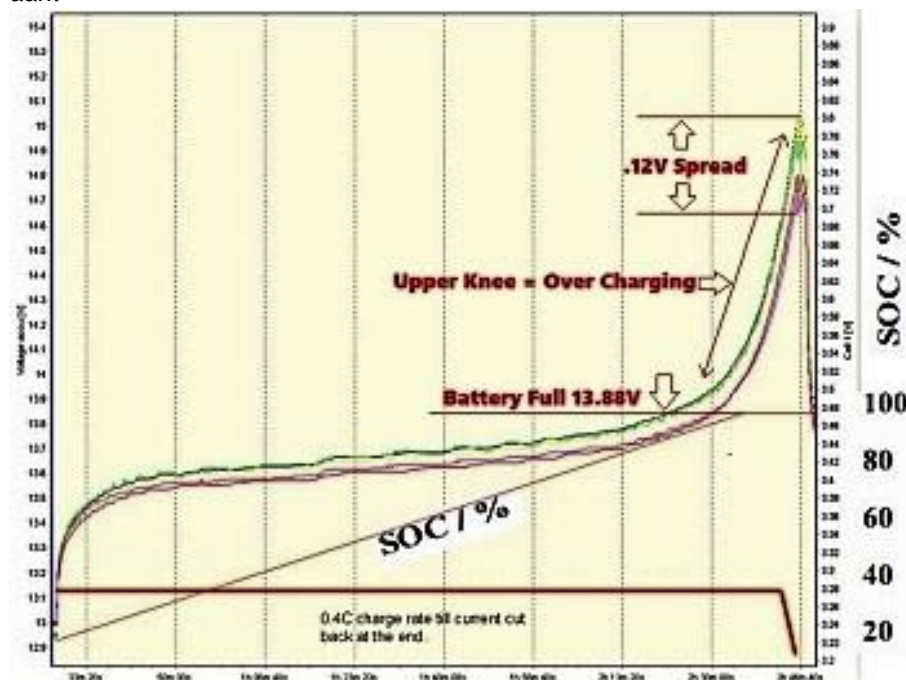
Monteren in de boot

Een LiFePO₄ accu kan, als er kortsluiting ontstaat, zeer hoge stroomsterktes veroorzaken. De accu moet dus goed vastgezet worden, en van goede hoofdzekeringen worden voorzien. Op zijn minst van klasse T.

Laden van een LiFePO₄ accu

Een LFP accu laad je met 3,4 V spanning per cel, niet meer. Voor een accu met 4 cellen 13,6 Volt. De stadia van de ladingcyclus zijn: bulkfase (gedurende 75% van de tijd) en absorptie (25% van de tijd). Een LFP accu mag volgens Collins beslist geen onderhoudslading (float) krijgen, ze gaan ervan kapot. Dat betekent dat het laden stopgezet moet worden als de spanning boven de 3,4 V per cel (13,6) komt.

Mastervolt heeft het wel over een float fase tijdens het laden, maar houdt wel het voltage van 13,5 aan.



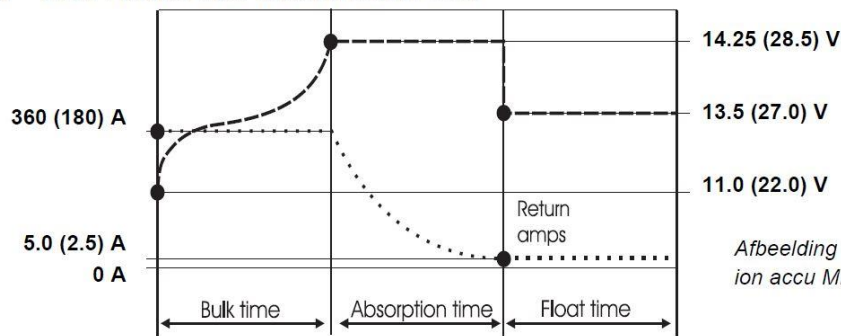
afb. 1 Laadgrafiek van een LiFePO₄ accu (bron: www.marinehowto.com)

In afb. 1 is te zien hoe dat laden in zijn werk gaat.

Bij 20% vulling (80% ontlading) is de spanning 13,1 volt. Die stijgt vrij snel naar 13,4, blijft daar min of meer op hangen tot aan 80% vulling en gaat dan stijgen. Als de spanning 13,8 is, is de accu vol. Geen onderhoudslading.

Mastervolt toont in zijn manuals een vergelijkbare grafiek.

0.3 LAAD EN ONTLAAD KARAKTERISTIEKEN



Afbeelding 10-3: Laadkarakteristiek van Li-ion accu MLi Ultra 12/5000 (24/5000)

afb. 2 Laadgrafiek van een Mastervolt 12 volts lithium accu (bron:)

Tijdens de bulkfase stijgt de spanning naar 14,5, een hogere waarde dan het voltage dat Collins noemt. En verder wel een float.

Laden met een alternator

Om een LiFePO₄ accu te laden via de motor mag je een dynamo gebruiken die een grote stroomsterkte kan leveren. Zijn we bij een loodzuur accu van 200 Ah wel klaar met 25 of 30 ampère, een LiFePO₄ accu zal vrolijk 60 ampère opnemen, en als de dynamo meer biedt accepteert de accu dat ook. De Volvo Ocean racers hebben op hun motor twee dynamo's staan die elk 160 Ampère leveren. Na een uur draaien zijn de twee accu's van 180 Ah vol.

Gebruik je een dynamo van zeg maar 30 ampère, dan zal die flink aangesproken worden en loopt het gevaar op oververhitting. Een regelaar moet dat voorkomen.

Tijdens bulkfase is de capaciteit van de alternator de limiet.

Tijdens absorptiefase bepaalt de batterij hoeveel er kan binnenkomen, bij een bepaalde klemspanning.

Op zeiljachten is er in de motorruimte meestal geen ruimte voor een grote dynamo die veel stroom kan leveren. Volgens Collins is er op dit moment maar één kleine dynamo die gedurende langere tijd veel stroom kan leveren, die van Balmar.

Om de laadstroom en de spanning van de alternator te regelen is een spanningsregelaar nodig. Collins beveelt de Balmar MC-614 aan. Zijn argumenten zijn dat er heel veel ingesteld kan worden. Voltage, temperatuurcompensatie, bulkduur, absorptieduur, drempels voor overgangen van bulk naar absorptie en van absorptie naar stoppen met laden (13,2 V). Er zijn ook speciale spanningsdetectiekabels.

Laden met een acculader

Een goede acculader voor een LiFePO₄ accu moet instelbaar zijn op:

De grens-spanning tussen bulk en absorptie.

De grens-spanning tussen absorptie en float (onderhoudsladen, in feite niet doen zegt Collins).

Verder moet de lader voorzieningen hebben om de spanning op de accupolen te meten met bedrading die niet gebruikt wordt om de accu te laden, aparte spannings-meet-draden dus. Dit om te voorkomen dat het spanningsverlies, dat altijd optreedt over de lengte van de draad waarmee stroom aan de accu geleverd wordt, verkeerd uitpakt voor de accu.

Collins schrijft dat alleen Victron LFP laders voorzien in spanningsmeting die niet via de stroomdraden verloopt.

Levensduur van Lithium accu's

LiFePO₄ accu's hebben een zeer lange levensduur, als ze goed behandeld worden tenminste. Niet meer dan 80% ontladen, dus niet beneden de 20% vulling. Niet overladen. Op de Volvo Ocean racers worden de lithium accu's ontladen tot 30%, waarna de motor gestart wordt om ze tot 95% te laden. Als de bemanning het signaal tot starten negeert wordt bij 20% vulling het complete systeem afgesloten van de stroom.

Als je een lithium accu achterlaat in de boot is het voor de accu het beste als hij tussen de 40% en 60% geladen is. Hij hoeft niet vol te zijn, en je moet dus de eventuele zonnepanelen uitschakelen. Collins heeft zijn LFP accu 750 cycli laten doorstaan en hij meet nauwelijks capaciteitsverlies.

Samengevat

Ze zijn duur, maar als je de beschikbare capaciteit (= hoe ver ze ontladen kunnen worden) en de levensduur (zeker 2x zo veel) meeneemt valt dat mee.

Ze hebben beslist een BMS (Battery Management System) nodig, om ze te beveiligen tegen te veel laden of te veel ontladen.

Niet verder ontladen dan tot 20%, wat veel is vergeleken met loodzuur accu's. Bij 'vol' stoppen met laden, geen float dus.

Je kunt ze heel snel laden, als je daar tenminste de capaciteit (de ampères) ervoor hebt.