

Drop in replacement of niet

Overwegingen bij het vervangen van een accu aan boord 8 scenario's/cases

1-10-2020

Peper

Scenario 1:

Loodaccu versleten. 'Drop in replacement'

Scenario 2:

Twintig voets zeilbootje met een 12V installatie en een trolling motor. 'All New'

Scenario 3:

Vervanging van een huisaccu in een camper voor een accu met een hogere capaciteit.
'Drop The Best Alternative In'

Scenario 4:

Installatie voor een boegschroefaccu waarop ook een koelkast wordt aangesloten. 'All New'

Scenario 5:

Een klein extra boordnet met UPS functie voor verhoogde veiligheid. 'All New'

Scenario 6:

Een portable extra boordnet. 'All New'

Scenario 7:

DC generator voor E-drive zeilboten.

Scenario 8:

Basis elektrische installatie voor een 'weekender'.

Schema's van de schakelingen

Drop in replacement of niet?

(never drop a battery on your feet. It hurts and you could be injured severely)

Opzet

Jouw situatie is uniek en daarom is het onwaarschijnlijk dat je hier de perfect passende oplossing zult vinden. Het is de reden waarom er gekozen is voor een benadering in cases/scenario's zodat je de meest overeenkomende situatie kunt kiezen en van daaruit je plannen kunt maken voor de situatie bij jou aan boord.

De gevolgde scenario's komen wel voort uit praktijksituaties of uit vragen van zeilers naar mogelijkheden om een bepaalde situatie aan boord te verbeteren op welk gebied dan ook. Houdt er ook rekening mee dat wat jij wilt uiteindelijk niet mogelijk is... Je zult nooit een boordnet kunnen krijgen dat een 'up time' heeft gelijk aan het hoogspanningsnet in de Bommelerwaard, dat eens in de tien jaar 'down gaat' als de 'Hoogspanningsspin' weer eens een Apache helikopter in het 'hoogspanningsweb' vangt.

Drop in replacement

Even de definitie beschrijven. Een 'drop in replacement' accu is een vervangende accu die evenveel capaciteit heeft, even zwaar is, dezelfde afmetingen heeft en op dezelfde manier wordt geladen als de accu die je wilt vervangen. Zou je dat echt willen, dan neem je dezelfde accu als die je nu hebt staan en hoef je niets te veranderen. Er is een maar (duhhuh, er is altijd wel een maar), eventuele vooruitgang op accu gebied loop je dan wel mis. Daarbij komt dat een vervanging voor de huidige accu wel eens niet meer verkrijgbaar kan zijn en dan kun je geen echte 'drop in replacement' doen.

Drop the best alternative in

Dan wordt het anders... Je wilt dan 'drop the best alternative in'. In dat geval moet de nieuwe accu in de bestaande accuimte passen en via dezelfde aansluitingen kunnen worden geladen als de oude accu. Alle andere eigenschappen kunnen dan anders zijn (beter of slechter). Op dit punt gekomen neemt de gretigheid meestal groteske vormen aan en geldt eigenlijk alleen 'meer, meer en nog meer' als credo voor de vervangende accu. Nou ja, behalve voor de aanschafprijs dan! Dan is het: 'minder, minder, minder!' Het is vaak zo dat je dan voor die nieuwe accu eigenschappen wilt die ze niet eens kunnen hebben. Je zou dan een accu van 12V willen ter grootte van 4 Lithium knooppellen met een capaciteit van 500Ah voor 'een Eurootje of 5'. Verder moet die nieuwe accu geladen kunnen worden met de aanwezige installatie en walstroombader en nooit meer leeg kunnen raken... Het zal wel een teleurstelling voor je zijn, maar dat bestaat nog niet. Maar... het is niet verboden die wens te koesteren.

All new

Er bestaat ook een mogelijkheid dat je naast die nieuwe accu ook een hele ingrijpende verandering aan het boordnet wilt doorvoeren. Dan zul je wellicht ook een aanpassing willen doen aan de capaciteit van de accu, de plaats van de accu willen veranderen om de hoogste stromen langs de kortste weg te laten lopen, misschien wil je de trim van de boot aanpassen door de accu ergens anders te plaatsen, misschien wil je elektrisch gaan koken, misschien wil je elektrisch gaan varen... kortom teveel om op te noemen. Dan kun je beter het hele idee van 'drop in replacement' overboord zetten en vanaf het begin beginnen en een plaats voor de accu gaan bepalen, de capaciteit van de accu gaan bepalen en dan een nieuw boordnet gaan installeren.

Je kunt soms delen van de oude installatie gebruiken, maar het komt vaker voor dat daarin overgangsweerstanden zijn gesloten, schakelcontacten zijn gecorrodeerd of leidingen zijn onderbroken. Het komt ook voor dat bij het repareren van de oude installatie, een nieuwe accu niet echt nodig blijkt te zijn omdat de opgetreden storing niet in de accu zit, maar in de bedrading en de aansluitingen.

De 'all new' situatie is ook van toepassing als je een boegschroef, schootlieren en/of een ankerlier met een 'eigen' accu wilt gaan gebruiken.

Dat is veel werk en je zult het varen met die vernieuwde elektrische installatie nog even moeten uitstellen. Aan de andere kant, je kunt wel met de oude elektrische installatie blijven doorvaren en de 'all new' installatie alvast buiten de boot opbouwen om dan in één keer om te schakelen.

Aanleidingen

Casus 1:

De loodaccu is na 7 jaar gesulfateerd... Die moet worden vervangen. Je bent het beste af met een echte 'drop in replacement'.

Casus 2:

Je wilt elektrisch gaan varen, alleen de haven in en uit en je wilt de sluis kolk in en uit kunnen varen en kunnen aansluiten naar voren. Dan heb je voor een ebbm meer capaciteit nodig dan alleen voor de verlichting en de telecom in de kajuit. Omdat je dan je oude aandrijving op fossiele brandstoffen opgeeft, heb je geen mogelijkheid om accu's te laden via de dynamo en is 'All new' met ondersteuning van een zonnepaneel de aangewezen oplossing.

Casus 3:

Je loodaccu is gesulfateerd... Die moet je vervangen. Je wilt van de mogelijkheid gebruik maken om meteen wat meer capaciteit te installeren voor een koelkastje. Je bent het beste af met een 'drop the best alternative in'. De bestaande installatie is bijna nieuw en de nieuwe accu moet via de accupolen worden opgeladen en ook kunnen worden belast... Dat is geen probleem, maar een uitdaging.

Casus 4:

Je hebt een elektrische boegschroef en je zoekt naar verandering van de installatie omdat bij het gebruik van de boegschroef het licht in de kajuit bijna uitgaat... Met een 'all new' installatie voor alleen de boegschroef, ontlast je het oude boordnet met de loodaccu en kun je meteen profiteren van de lage inwendige weerstand van Li-ion accu's en kun je ook de koelkast op de boegschroef accu aansluiten. Dat scheelt dan weer in verbruik vanuit de serviceaccu. Je moet dan voor de boegschroef accu een 'all new' systeem gaan installeren.

Elektrische schootlieren, elektrisch koken, een elektrische ankerlier, allemaal 'verbruikers' die gedurende korte tijd veel stroom willen hebben met daarna een langere tijd om de accu weer te laden. Zij zijn zeer geschikt om vanuit een extra accu te werken.

Casus 5:

Je wilt een extra veiligheid in je boot omdat je met passagiers vaart en die passagiers vragen van jou een 'hufter bestendige' installatie. Een UPS met eigen onafhankelijke autonomie is gewenst om de veiligheid te garanderen. Een 'mini boordnetje' van 12V en een accu capaciteit van 70Ah met een AIS en een marifoon en een 12V ledlampje en een 12V alarm stroboscooplicht biedt je de mogelijkheid

onafhankelijk van de toestand van het boordnet via de marifoon te communiceren. Dit is realiseerbaar met een 'all new' systeem, dat in het bestaande boordnet als UPS wordt geïntegreerd.

Casus 6:

Beroepsmatig breng je 'boten thuis'. Soms is de boot zonder onderhoud achter gelaten en moet je vraagtekens stellen bij de toestand van de elektrische installatie. Dan wil je minimaal een beperkt 'all new' systeem aan boord met de zekerheid dat je minstens één dag aan autonomie hebt voor marifoon en een navigatie systeem.

Casus 7:

Een 'elektroschipper' is beperkt als het gaat om zijn tractieaccu te laden. Er is geen motor met een dynamo aan boord. Dan is een generator set wel handig.

Casus 8:

Je hebt een 'project' gekocht. Ze heeft een nostalgische schoonheid, een 'mooi geveegd kontje' en een zeeg die haar net die elegantie geeft die jou aanstaat. De boot is een oud 'weekeinder' zeiljacht, maar wel helemaal wat jij wilt. Het is een opknappertje en het is de elektrische installatie die het meeste opknappwerk behoeft. De oude installatie moet er helemaal uit en worden vervangen. Dat wordt een 'all new' systeem.

Wat te doen als je een 'drop in replacement' wilt

Bij 'drop in' is het simpel: Koop een identieke nieuwe accu en zet deze erin. De lader(s) en verbruikers zijn bekend en je weet hoelang je met de oude accu deed en dat was voldoende.

Wat als dat niet voldoende was... Dan zul je de capaciteit van de accu willen vergroten en komt een 'drop the best alternative in' installatie in aanmerking.

Wat te doen als je een 'drop the best alternative in' wilt

Bij 'Drop the best alternative in' moet je gaan nadenken over wat de oude installatie kan en moet je de eigenschappen van de nieuwe accu aanpassen op de oude installatie of de oude installatie aanpassen op de nieuwe accu.

Voor iemand die 'scheepselektriciteit' niet als favoriete hobby heeft wordt het dan lastig om de voorwaarden en eigenschappen van de oude en nieuwe installatie te overzien en aan elkaar te paren tot een werkbaar geheel dat niet op het moment suprême de pijp aan Maarten geeft.

Wat te doen als je een 'all new' installatie wilt

Je begint met het opstellen van een verbruiksprofiel van de apparaten die op de accu worden aangesloten. Je wilt dan de stroom weten die het apparaat opneemt in de tijd die het apparaat in 24 uur wordt gebruikt. Wat je dan krijgt is het verbruik in Ah per 24 uur. Voor 24 uur autonomie heb je een LFP accu nodig die 1,2 maal die capaciteit heeft of 2 maal die capaciteit heeft bij een loodaccu. Wil je langer dan 24 uur autonoom zijn, dan moet je de 24 uur capaciteit vermenigvuldigen met het aantal dagen dat je autonoom wilt kunnen zijn.

Eigenschappen van verschillende accu's

Een opsomming met het verschil in eigenschappen tussen loodaccu's en Li-ion accu's waar rekening mee moet worden gehouden bij het vervangen van een huishoud of service accu op een boot in geval het geen 100% drop in replacement kan worden.

-Laadstroom

Wat is de inwendige weerstand van de 'oude accu' en wat is de inwendige weerstand van de 'nieuwe accu'?

Is de 'nieuwe accu' van een hogere capaciteit, dan zal de inwendige weerstand lager zijn en de maximale laadstroom hoger. Is de nieuwe accu een Li-ion accu die de oude loodaccu gaat vervangen, dan zal de inwendige weerstand van de accu zelfs veel lager zijn en de maximale laadstroom aanzienlijk hoger. Daarbij moet je dan wel een laadregelaar kopen die de laadstroom en de laadspanning aanpassen aan de nieuwe accu. De mogelijkheid dat de hoge laadstroom voor een LFP accu de dynamo laat doorbranden bestaat.

Kan de bron van de laadstroom (walstroamlader, dynamo, zonnepanelen en windturbine) deze hogere laadstroom leveren zonder problemen?

Om het probleem van een hogere laadstroom te tackelen is er de mogelijkheid alleen de startaccu te laden en pas als deze vol is begint het laden van de huishoudaccu, het 'op volgorde' laden van de accu's. Dit kan met een zogenaamd 'spanningsrelais'.

Maar wat doe je dan met de laadstroom voor de boegschroefaccu? Waar vandaan haal je de stroom voor de schootlieren en de ankerlier?

'Nee, dat is geen probleem, ik gebruik de ankerlier en de boegschroef alleen als de motor draait...'

In dat geval heb je een goede manier gevonden om je dynamo te verbranden. De dynamo zal dan de laadstroom voor de accu's leveren en daarnaast ook nog de stroom voor de lieren of de boegschroef. Dat kan voor een kleine dynamo te veel zijn. Is de accu waaruit de boegschroef de energie moet putten 'vol', dan zal het wel loslopen met dat verbranden. De accu buffert dan stroom bij het 'boegschroeven' en kan na het werk weer rustig met een lagere laadstroom worden geladen.

Moet de dynamo worden aangepast aan het hogere laadvermogen?

Er kan een 'sterkere' dynamo worden gemonteerd die een hogere stroom kan leveren en meer brandstof verbruikt (je dacht toch niet dat je dat voor niets krijgt, hè).

Moet de aandrijving van de dynamo worden aangepast voor de levering van dit hogere laadvermogen? Het geleverde vermogen van de dynamo wordt betrokken via een V-snaar. Overbelasting van de V-snaar is snel zichtbaar door het roken van de V-snaar gevolgd door het uiteenrafelen van de snaar als dit lang duurt. Het is nu de vraag wat het eerst gebeurt: het verbranden van de V-snaar of het verbranden van de dynamo.

Laat je twee V-snaren monteren, dan wordt het opgenomen vermogen bij nullast ook verdubbeld, dat kost merkbaar meer brandstof. Ga je over op het aandrijven van de dynamo met een getande riem in plaats van een V-snaar, dan ben je goedkoper uit als je het brandstofverbruik in beschouwing neemt.

-Laadspanning

Elke soort accu heeft een eigen veilige laadspanning. Die zal niet hetzelfde zijn en verschillen per soort accu en daarnaast ook nog afhankelijk zijn van de temperatuur.

Een 12V loodaccu is 'vol' bij 13,8V maar heeft een laadspanning van 14,1V waardoor er na het bereiken van het 'vol zijn' van de accu nog steeds een stroom blijft lopen om het 'sulfateren' tegen te gaan. Dit heet 'Float charging'.

Een 12V LCM accu van 4 cellen is 'vol' bij 14,8V en zou heel goed door een dynamo met 14,5V geladen kunnen worden. Er is dan geen sprake van 'Float charging'. Dat hoeft ook niet omdat deze accu's niet sulfateren.

Een 12V LFP accu is 'vol' bij 13,6V en een dynamo met een spanning van 14,5V zal de accu overladen. Het laden van een dergelijke accu heeft een goede laadcontroller nodig om vernielen door overladen te voorkomen. Er is dan geen sprake van 'Float charging'. Dat hoeft ook niet omdat deze accu's niet sulfateren.

-Laadsnelheid

De opslagcapaciteit van een accu wordt meestal uitgedrukt in Ah of Ampère uur. Bij een accu van 100Ah is er gedurende 1 uur een stroom van 100A nodig om een lege accu weer geheel te laden. Deze snelheid wordt uitgedrukt met de kleine letter c, waarbij die letter de stroom weergeeft die nodig is om de accu te laden in een uur.

De optimale laadsnelheid is voor de meeste accu's 0,1c ofwel een stroom van 10A gedurende 10 uur voor een 100Ah accu. "kan dat niet wat sneller, dat schiet toch niet op!" Ja, dat kan wel, maar dan wordt de accu warm en je gaat dan wel inleveren aan gebruiksduur voor die accu. Een 'koude loodaccu' van 100Ah kun je kortdurend met 30A laden, dat is 0,3c. Als dat langer duurt dan 10 minuten wordt de accu warm, verdampt er elektrolyt uit de accu en wordt een deel van het water van het elektrolyt gesplitst in waterstofgas en zuurstofgas. Het resultaat is dat het 'accuzuur' in de accu langzaam verdwijnt en de accu kapot gaat.

De warmte ontwikkeling is het gevolg van de energie die wordt omgezet in de inwendige weerstand door de stroom die er door loopt. Hierdoor verdampt het water uit het elektrolyt en een deel daarvan verdwijnt via de beluchtinggaatjes. Soms wordt er gebruik gemaakt van een 'labyrint condensor' waardoor een gedeelte van het verdampte water na condensatie weer kan worden teruggevoerd naar het elektrolyt.

Een LCM accu heeft ook als optimale laadstroom 0,1c. Ook bij deze accu's kun je laden met 0,3c en ze worden dan warm. Ook hier mag je dat snelle laden hooguit 10 minuten volhouden. Het elektrolyt van een LCM accu bevat ether en dat kan bij druktoename door temperatuurverhoging spontaan exploderen. (Op deze manier kun je ook een koude dieselmotor starten. Het middel dat je dan in het luchtfilter moet spuiten is ether en heet 'Startpilote'.) De warmte ontwikkeling is het gevolg van de elektrische energie die wordt omgezet naar warmte in de inwendige weerstand door de stroom die door accu loopt.

Een LFP accu heeft ook als optimale laadstroom 0,1c. Zou je deze accu's laden met 0,3c dan worden ze niet merkbaar warmer. Zij zullen pas merkbaar warmer worden bij een laadstroom van 0,5c en hoger. Dit komt door de lage inwendige weerstand van een LFP accu, hierdoor wordt er maar een klein deel van de laadstroom omgezet in warmte en is het laadrendement hoger dan bij LCM- en loodaccu's. LFP accu's zijn ook groter en zwaarder bij gelijke capaciteit dan LCM accu's. Je moet kiezen welke eigenschappen jij het belangrijkste vindt.

-Capaciteit

De benodigde capaciteit van de service accu is te bepalen uit je gemiddelde 24hrs gebruik maal het aantal uren dat je autonoom wilt kunnen zijn. Zeil je 'op de plas' en kun je elke avond aan de walstroom je accu weer opladen, dan speelt de tijd voor 'autonomie' geen rol en kun je toe met de capaciteit die je toestaat gedurende 24 uur autonoom te zijn. Na af te zijn gemeerd kun je weer 'aan de lader'.

Kun je op de bestemming niet aan de walstroom, dan moet je 'stroom draaien' om de accu weer vol te maken. Meestal kun je ten dele dit 'stroom draaien' ondervangen door de inzet van zonnepanelen en/of het gebruik van een windturbine. Gebruik je veel energie aan boord, dan zul je meer accucapaciteit nodig hebben om van gunstige zon of wind condities te profiteren.

Het wordt anders als je verre reizen maakt en je gedurende langere tijd niet in een haven bent waar je met walstroom de accu kunt laden. Je moet dan het 24 uur verbruik gaan beperken of de tijd dat je autonoom wilt zijn, verlengen door meer accucapaciteit te gebruiken. Dat heeft consequenties voor de capaciteit van de service- of huisaccu. Hier biedt de 'drop the best alternative in' kansen ter verbetering van de installatie.

Uiteindelijk is het mogelijk om een generator aan boord te nemen om de service/huishoudaccu te laden indien laden door zonnepanelen onvoldoende is.

-Ontlaadstroom

Net als bij de laadstroom is ook de ontlaadstroom aan een optimum gebonden, alleen daar wordt soms wat slordig mee omgegaan.

De loodaccu heeft een optimale ontlaadstroom als deze in 20 uur wordt ontladen. In relatie tot de capaciteit is de stroom dan 0,05c. Het starten van een motor uit een loodaccu kan wel tot 30c vragen en de maximale startstroom uit een loodaccu wordt meestal op de accu weergegeven in CCA voor 'cold cranking amps'. Dat is aanmerkelijk meer en de accu krijgt dan ook behoorlijk 'op z'n donder' bij starten. De boot in het water 'aanduwen' is erg lastig en vandaar toch maar elektrisch starten. Als reserve mogelijkheid kan een motor soms worden aangeslingerd of met een repeteerstarter worden gestart.

Omdat een service accu meestal niet voor het starten wordt gebruikt (dat kan wel in geval van nood), kan hiervoor beter een tractie accu worden gebruikt die niet specifiek is gebouwd voor hoge ontlaadstromen zoals bij het starten, maar juist voor lagere ontlaadstromen gedurende langere tijd.

De LCM accu kan kortdurend tot 3c ontlaadstroom aan. De accu wordt dan warm en dat verkort de levensduur. Wordt een LCM accu regelmatig met ontlaadstromen van 3c belast, dan moet de accu worden gekoeld. Zo wordt bijvoorbeeld de Tesla accubank gekoeld en de warmte wordt gebruikt voor de interieur verwarming.

De optimale ontlaadstroom is ongeveer 0,3c en dat is aanmerkelijk beter dan bij een loodaccu met 0,05c. Wordt de ontlaadstroom van 0,3c gebruikt, dan kan een LCM accu tot 1500 á 2000 cycli meegaan.

De LFP accu kan in een piek tot 5c ontlaadstroom aan. Ook dan wordt de accu warm en ook dat verkort weer de gebruiksduur. In tegenstelling tot de LCM accu wordt nu meestal niet gekozen voor koeling, maar voor beperking van de ontlaadstroom tot 3c of (voor tractie doeleinden) tot 1c. Bij 3c wordt de accu snel warm en kan 'bol' gaan staan. Bij 1c wordt de accu langzaam warm en komt het niet zover dat de accu bol gaat staan, de accu kan 'aan de lucht' afkoelen. Tot een ontlaadstroom van

0,5c wordt een LFP accu niet merkbaar warm en kan aan de omgevingslucht afkoelen.

Bij een LFP accu gaat men uit van een optimale ontladstroom van 0,3c en dan gaat een LFP accu tot 4000 cycli mee. Bij ontladstromen van 0,1c wordt een levensduur van 6000 tot 8000 cycli aangegeven.

Berekening benodigde accucapaciteit

Verbruiker	Stroom(A)	Duur (min)	Ah per 24 uur
Kajuit verlichting	2	240	8,00
Kombuis verlichting	0,5	30	0,25
Waterpomp	5	10	0,83
Kaartleeshoek	0,5	60	0,50
Vaste marifoon (ontvangen)	1	480	8,00
Vaste marifoon (zenden)	5	20	1,67
USB lader	1,5	120	3,00
Koelkast	6	60	6,00
Navigatie verlichting	2	240	8,00
Anker licht	0,2	580	1,93
'Stoom' licht	0,2	240	0,80
Schootlieren	100	20	33,33
Boegschroef / ankerlier	100	5	8,33
Trolling Ebbm	40	60	40,00
		totaal verbruik	120,65 Ah per 24 uur

Casus 1: Drop in replacement

Voor je geld uitgeeft aan een nieuwe accu, controleer eerst de conditie van de bestaande installatie! Het zal echt niet de eerste keer zijn dat de oude accu niet zo slecht was als je dacht, maar dat oxidatie van de aansluitingen de echte oorzaak is van de slechte accuprestatie.

Na controle van de installatie: haal de accu uit je boot, neem het ding mee naar de plaatselijke accuboer en koop een identieke nieuwe. De oude mag je meestal wel achterlaten. Ga met de nieuwe accu terug naar je boot en zet de nieuwe accu op de plaats van de oude, maak de poolklemmen goed schoon en vet de accupolen opnieuw in met 'accupoolvet' en gaan met die banaan.

Laadt een loodaccu wel nog even op, dat vinden ze fijn.

Omdat te vervangen accu en de vervangende accu hetzelfde zijn, kan de monitoring en de lader hetzelfde zijn. Er verandert niets aan de bestaande installatie.

Casus 2: 'All new' installatie

Je hebt voor 'niet veel' een 20 voetertje gekocht en die ligt ergens aan de randmeren in een haven, laten we zeggen bij Nijkerk. Je kunt er met twee volwassenen in slapen, maar dat komt niet vaak voor. Je slaapt er wel eens in als het die avond erg gezellig was in 'het kleine café aan de haven' en het niet meer verantwoord was om met de auto terug naar huis te gaan.

Het bootje vraagt niet heel veel 'ellebogenstoom' om te varen en je kunt het makkelijk alleen af. Op warme zomeravonden ga je graag nog een 'paar slagen' maken tot het donker wordt en dan wil je weer de haven in.

Om de haven in en uit te varen heb je een 3pk 2t bbm. Het is een oude Crescent, maar hij start nog redelijk omdat je de ontsteking en de bougie in goede conditie houdt en de motor niet aan de motorstoel laat zitten, maar binnen opbergt. Het motortje heeft geen lichtspoel en je kunt niet avonds varen, je moet voor het donker wel in de haven zijn. Dat is goed te doen, maar in augustus en september wordt vroeger donker en wordt het soms wel krap met de tijd om binnen te lopen...

Die Crescent is een luchtgekoelde 2t herrieschopper en die keer dat de wind avonds wegvalt toeten je de oren van de herrie nadat je vanaf Nunspeet op de motor weer terug naar Nijkerk bent gevaren. In de haven kijken ze je ook niet vriendelijk aan als je die avond in het donker zonder licht al ronkend binnenloopt.

Toen je het bootje kocht zat er geen verlichting in en moest je alles met een zaklamp doen. Er is ook geen kooktoestel aan boord. Je hebt dat zo gelaten omdat 'een broodje bal' halen in het cafetaria om de hoek wel zo makkelijk was... (en geen afwas!)

Totdat...

je vergeten was na het bezoek aan het havencafé naar de wc te gaan voordat je naar de boot ging, je avonds toch uit je slaapzak moest om te gaan plassen in het toiletgebouw,

je de zaklamp niet kon vinden,

je de tenen stootte tegen de kajuitbank en je van de weeromstuit in je broek piste...

Toen was het klaar... Je wilt elektrisch licht aan boord. Kamperen is mooi, maar er zijn grenzen!

Datzelfde seizoen ging de ontstekingspoel van de 2t Crescent bbm kapot en moest je met een peddel naar binnen peddelen. Je hebt nog een paar dagen last gehad van 'repetitive strain injury' van je schouder... De Crescent is wel gerepareerd, maar je hebt toch wel met enige jaloezie zitten kijken naar die visser die met een rubberbootje met een Min Kota erachter naar zijn vaste stek voer, met niet meer dan een zacht sissend geluid. Da's toch wel veel minder herrie dan die Crescent... da's ook wel veel comfortabeler dan je arm 'uit de kom' te trekken als de bbm eens niet lekker start en plotseling voel je ook weer die pijn in je schouder die je had na het naar binnen peddelen die ene keer...

Het is mooi geweest, je wilt een ebbm om te kunnen 'fluister varen'.

Lastencahier

Noemen de Vlamingen een lijst met te stellen eisen aan een installatie.

Je wilt een 12V installatie zodat je LED-lampen uit een auto kunt installeren voor de kajuitverlichting die je met een schakelaar op het armatuur in en uit kunt schakelen. Bij het gebruik van LED's zul je maximaal 1A gebruiken als alle lampen in de boot aanstaan. Ze zullen hooguit 4 uur per dag aanstaan en hebben dan een lading van 4Ah nodig.

Je kunt natuurlijk met dat oude blauwe wereldontvangertje van de Postbank blijven werken, maar je

kunt er nu ook een autoradio inzetten die een USB stick met muziek kan afspelen of een DAB ontvanger. Het stroomverbruik van een radio varieert sterk en je moet rekening houden met 5A als maximum. De radio zal nooit meer dan 10 uur aanstaan en vraagt ook niet doorlopend 5A... Een belastingswaarde van 25Ah per dag is een redelijke aanname.

Handig is een 12V naar USB omvormer, zodat je de smartphone op kunt laden of zelfs een notepad aan boord kunt gebruiken. Bij de '3A bij 5V' uitvoering wordt 1,6A opgenomen zolang er bij 5V 3A stroom loopt. Je zult waarschijnlijk gedurende de nacht willen laden en dat vraagt maximaal 6 uur met 1,6A of 10Ah per 24 uur.

Omdat het een 20 voeter is, volstaat een wit LED toplicht als navigatieverlichting. Dat heeft aan 200mA genoeg. Je vaart alleen in de zomer als het gemiddeld 8 uur per etmaal donker is en het navigatielicht aan moet. Dit vraagt iets van 1,5Ah per 24 uur. Je kunt dit toplicht ook als ankerlicht gebruiken en aangezien je niet bij het krieken van de dag zult opstaan om het ankerlicht uit te doen rekenen we met 3Ah per 24 uur.

Om volledig te zijn komt er ook een aansluiting voor een lamp die op het ooit witte grootzeil schijnt. Daarbij is 400mA goed voor heel veel 'LED'licht. Je schijnt alleen met een lamp in het zeil bij nadering door andere boten dus als de lamp een uur aanstaat, is dat de maximale gebruiksduur. De accubelasting is dan 0,4Ah per 24 uur.

Tel je de gemiddelde verbruiken bij elkaar op, dan kom je op: 43Ah per 24 uur. Rekening gehouden met de op en ontlad efficiëntie is een capaciteit van 50Ah in Li-ion cellen voldoende als je elke nacht aan de walstroom kunt. Wil je wat meer marge voor onvoorziene gebeurtenissen: dan is een capaciteit van 70Ah genoeg voor 24 uur autonomie. Zijn die gebeurtenissen er niet, dan heb je bij 70Ah 48 uur autonomie.

Een kleine trolling motor neemt ongeveer 400 tot 500W op. Met een 100Ah Li-ion accu sla je ongeveer 1kWh aan energie op en kun je 4 uur op 250W varen (niet op vol vermogen!). In de nacht hoor je dan bij gebruik van de motor ook een stoomlicht te voeren. Met 200mA voor een witte LED ben je dan goed voorzien. Dit is een fractie van het stroomverbruik van de ebbm.

De totale gevraagde capaciteit komt dan op 180Ah. Dit geeft je meer dan een uur om de haven in en uit te varen en 24 uur autonomie voor de verlichting, radio en navigatieverlichting.

Dan kun je zelfs nog langzaam en stil van Nunspeet naar Nijkerk varen op de motor.

Ontwerpkeuzes en -criteria

Alternatieven voor de te installeren capaciteit

Wil je uitsluitend licht in de kajuit en de mogelijkheid je smartphone te laden en een notepad te gebruiken, dan is 70Ah wel een mooie capaciteit. Waarschijnlijk kan de energie voor een waterpompje er ook nog wel vanaf. Je kunt ook in het donker varen en de voorgeschreven verlichting voeren. Met een zonnepaneeltje van 70Wp kun je de autonomie behoorlijk verlengen, mogelijk tot wel een week.

Je wilt echt een klein koelkastje aan boord... dan moet je gaan denken aan een capaciteit van 100Ah. Als je een stuurautomaat wilt is dat ook de capaciteit die je extra nodig hebt. Je moet dan wel gebruik maken van het laden via de walstroom, alleen een 70Wp zonnepaneel gaat het dan niet redden.

Voor een ebbm van 500W is 180Ah in totaal nodig. Je hebt dan veel reserve capaciteit als 'appeltje voor de dorst' Gebruik je de ebbm alleen voor het uit en invaren van de haven, dan heb je veel

capaciteit die je niet gebruikt. Langzaam laden met een 70Wp zonnepaneel is dan heel efficiënt omdat er bij de hoogste zonnestand veel lading kan worden binnengehaald in de accu. Een accu die vol is kan geen lading opnemen, een grote accu waar nog lading in kan is dan gunstig.

De 'powerbank'

Om het in je kleine bootje zo ruim mogelijk te laten zijn worden accu en lader/BMS en de onderspanningbeveiliging in één behuizing geplaatst. Er is een circuit breaker die je handmatig kunt 'openen' zodat die tevens als hoofdschakelaar kan dienen.

Een onderspanningbeveiliging zorgt ervoor dat de accu niet diep ontladen kan worden.

Je kunt zonder accu monitor met coulombcounter werken en de accu met een (al dan niet digitale) voltmeter monitoren. Dat werkt dan meer als de tankmeter voor een brandstoftank en omdat de aandrijving de energie uit de accu haalt is de analogie niet heel buitengewoon.

Uiteindelijk komen er dan buiten op de behuizing:

2 Anderson stekkers voor de aansluiting naar het boordnet en de ebbm.

1 XLR 3 polige plug (male) voor de toevoer van laad energie (vanaf de zonnepanelen, de windturbine of een gelijkrichter aangesloten op de walstroom).

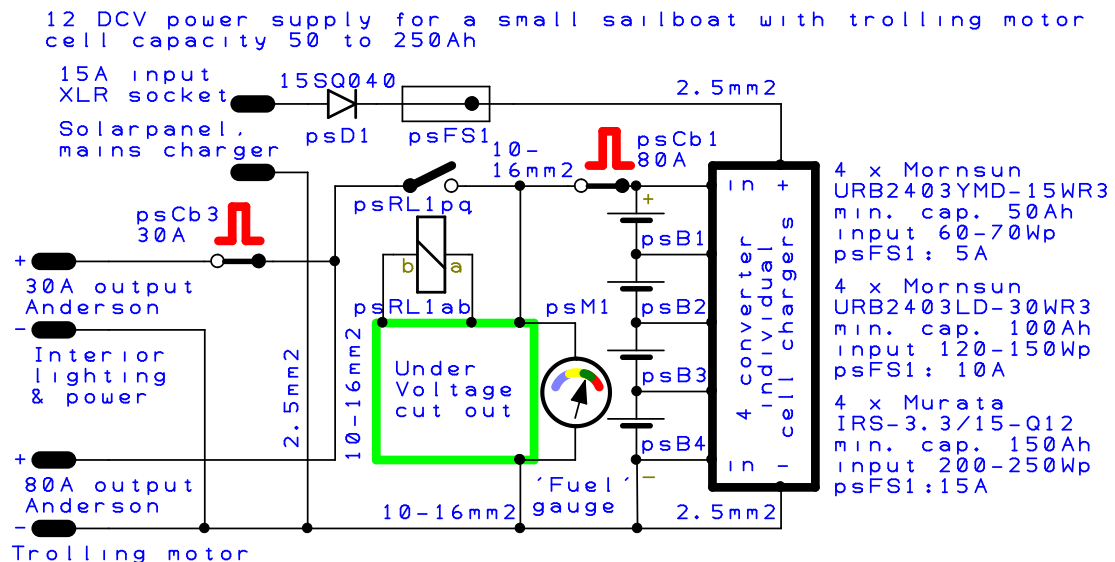
1 circuitbreaker (80A voor de trolling motor)/hoofdschakelaar, voor alleen de verlichting is een circuitbreaker/hoofdschakelaar van 40A meer dan voldoende.

2 20x5mm smeltpatroon houders voor een 15A laadstroom beveiliging naar de lader en 750mA voor de beveiliging van de onderspanning onderbreker.

1 x (digitale) voltmeter met een tot 8V onderdrukt nulpunt en een maximale schaalwaarde tot 15V.

'Achter' de 3-polige XLR steekverbinding zit een zonnepaneel 'anti back wash' Schottky diode van

15A die schade door ompolen voorkomt. Als het kan (qua ruimte en indeling van de kajuit) kun je de accubank het best in het 'centre of floatation' plaatsen. De trim wordt dan het minst beïnvloed, maar dicht bij dat punt in een kajuitbank kan ook.



BOM

4	LiFePO ₄ cellen	psB1 –psB4	160Ah
1	Thermisch beveiligde hoofdschakelaar	psCb1	80A
1	Onderspanning onderbreker module met relais	UVCO + psRL1	

1	Thermisch beveiligde hoofdschakelaar boordnet	psCb2	30A
1	Anderson stekker 30A		
1	Anderson stekker 80A		
1	Lader module en BMS		4 x URB2403YMD-15W03
1	Voltmeter accumonitor	psM1	5V – 10V supp
1	20x5mm zekeringhouder met 5A zekering	psFS1	
1	Male XLR connector (Chassis)		
1	Keercel	psD1	15SQ040
	Diverse leiding, kabelogen en montagemateriaal		behuizing

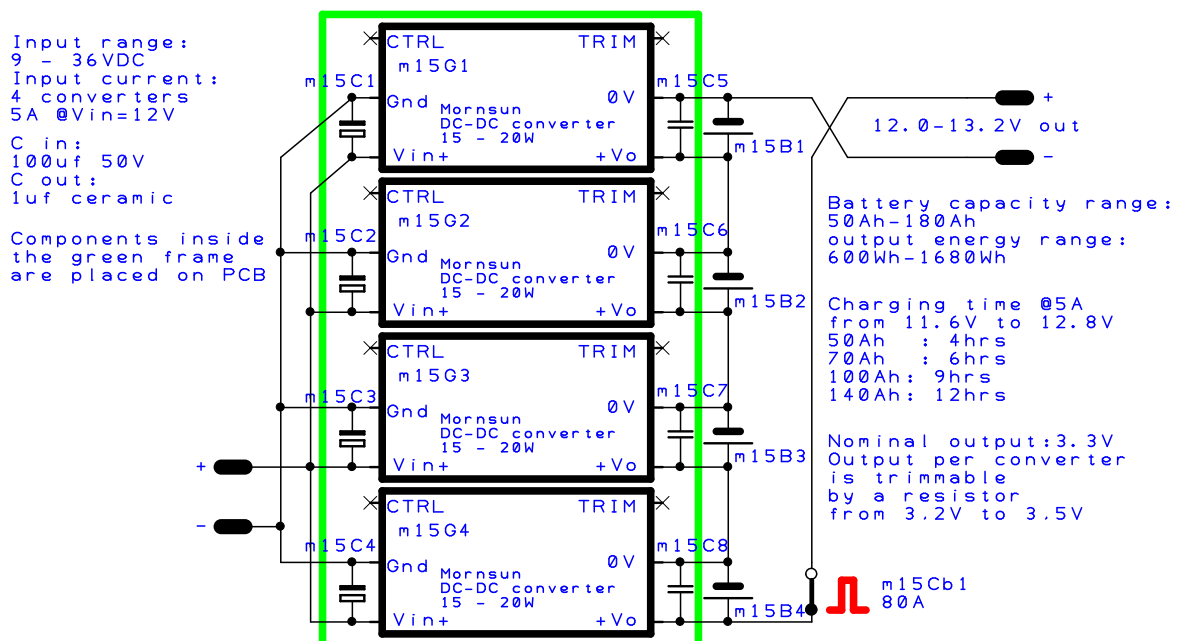
Accu type:

Er is gekozen voor 4 LFP cellen omdat zij het hoogste laad/ontlaad rendement hebben door hun lage inwendige weerstand. Tevens kunnen zij effectief 80% van hun capaciteit gebruiken. Binnen het gebruik scenario met een 500W ebbm en een capaciteit van 160Ah is er een autonomie van 24 uur haalbaar bij 50% van de dag in 'zeilaandrijving' en 50% van de dag in 'motoraandrijving' waarbij de motor langdurig op minder dan 50% van het nominale motorvermogen wordt gebruikt. Dit is overeenkomend met het gebruik voor uit- en invaren van de haven en manoeuvreren in bijvoorbeeld een sluiscolk.

Laadsysteem:

Er is gekozen voor 4 individuele celladers middels 4 Mornsun DC/DC omvormers (URB_YMD-15WR3) met een maximale laadstroom van 4A. Zij zijn ingebouwd in de accu behuizing. Dit geeft bij een celcapaciteit van 160Ah geen warmte ontwikkeling van enig belang. Snelladen is niet mogelijk. Dit zou ook tot ongewenste schadelijke temperatuurverhoging leiden.

Schema laadmodule en BMS



De lader vraagt niet meer dan 5A ingangsstroom bij 14V aan ingangsspanning en een lege accu. De lader kan met een 70Wp zonnepaneel de accu laden als de zon schijnt.

Het systeem streeft in het oplaad traject een gelijke 'State Of Charge' van de cellen na door laden

volgens de 'Constant Voltage' laadmethode. De laadspanning is begrensd tot 3,3V. De laadstroom kent 2 begrenzings: de temperatuur van de converters (slaat af bij 'over temperatuur') en de laadstroom (begrensd door de converters tot 4A per cel). Het laadsysteem heeft hierbij de eigenschappen van een BMS.

Deze laadspanning begrenzing laat toe de accu 24/7 aan een DC vermogensbron te houden zonder dat er kans is op overladen van de accu. Door het laadsysteem te voorzien van een afzonderlijke ingang kan er ook worden geladen als de accu is uitgeschakeld.

De spanning op de ingang van de omvormers mag variëren van 9 tot 36V, waarbij de omvormers gaan laden bij 9V. Daalt de spanning door de belasting onder de 9V, dan slaan de omvormers af om weer te starten zodra de spanning zich herstelt boven de 9V (hiccup mode). Er is geen beveiliging voor overspanning op de ingang. Een surge protector in de vorm van een zenerdiode van 36V is een mogelijkheid. Bij blikseminslag zal dat niet helpen.

Het laadvermogen is 4 x 15W. Het toevoeren van meer dan 60W aan vermogen (5A bij 12V of 6A bij 10V of 3A bij 20V) is niet zinvol, het zal niet in lading worden omgezet. Een Maximum Power Point Tracker systeem is niet nodig om van het toegevoerde vermogen uit een zonnepaneel maximaal gebruik te maken. Een zonnepaneel van 60 tot 70Wp kan direct op de ingang van de lader worden aangesloten. Meer dan de 70Wp aan paneelvermogen is niet zinvol, de laders kunnen er niets mee. Het is ook niet waarschijnlijk dat het 20 voetertje plaats heeft voor een zo groot paneel.

Plaats je toch een 100 of 150Wp paneel, dan zal zo'n paneel wel langer het maximum van 60Wp leveren en de tijd dat je kunt laden wordt dan verlengd. Er wordt dan wel meer lading in de lege cellen gestopt en de accu zal iets sneller opgeladen zijn. Je moet dan wel een groot paneel op je 20-voertje installeren.

Gebruikstemperatuur

Door de limitering van de laad- en ontladstroom worden de LFP cellen nauwelijks warmer dan de omgevingstemperatuur.

Voor het laden van de cellen is er geen andere temperatuurlimiet dan door de fabrikant van de cellen opgegeven. Deze temperatuur is ongeveer 50°C.

Het laden heeft een onderste limiet van 0°C omdat bij die temperatuur de laadspanning niet boven de 3,0V mag komen. In het geschetste scenario wordt de temperatuur van de accu niet lager dan 5°C omdat de boot alleen in de zomer wordt gebruikt. Voor de winteropslag moet er worden verzekerd dat er geen laadstroom aanwezig kan zijn bij temperaturen onder 5°C.

LFP accu's kunnen niet bevriezen en opslag **zonder laden** kan tot -50°C. Wil je de cellen in de winter toch laden, haal ze dan van boord en laat ze thuis acclimatiseren tot de temperatuur van de cellen boven de 5°C is gekomen. Dan kunnen ze weer worden geladen.

Door de laad- en ontladstroom beperking in combinatie met de eind laadspanning van 3,4V is koeling van de cellen door convectie niet nodig. De behuizing kan waterdicht worden gesloten.

Onderspanning onderbreking

Het is lastig en soms niet mogelijk Li-ion cellen opnieuw te laden als ze geheel zijn ontladen. Je moet daarvoor een speciale lader gebruiken en die heeft niet iedereen.

50Ah op een zonnige dag haalbaar. Dat betekent autonomie voor wat betreft verlichting en telecom, maar dan moet je elk half uur de stand van het paneel aanpassen. Het is niet zo dat je op het zonnepaneel met de ebbm kan varen, een zonnepaneel van 70Wp levert nooit genoeg om met een 500W ebbm je boot te veranderen in een 'kuilentrekker'. Een 70Wp zonnepaneel zorgt er hoogstens voor dat je het stroomverbruik van de radio aan boord compenseert. Als je die niet gebruikt, dan laad je de accu.

Bij 'weekeind' gebruik zorgt een 'ongericht' 70Wp zonnepaneel gedurende de werkweek voor 48 uur autonomie voor licht en telecom zonder aansluiting op de walstroom.

Opgedane ervaring

Het schema met de 4 omvormers heeft een jaar 'ervaring'. Het is gebruikt in de test waarbij werd gezien of 72Ah accu's een jaar lang 24/7 op een werkende lader aangesloten konden blijven zonder nadelige gevolgen.

De test wees uit dat er geen negatieve aspecten naar voren zijn gekomen en dat 4 LFP cellen doorlopend op de 4 omvormers kunnen blijven aangesloten. Dit om zo de situatie na te bootsen die past bij het gedurende het zomerseizoen aan de walstroom laten liggen van een boot met een loodaccu als service accu. Dit betekent tevens dat het mogelijk is een zonnepaneel te installeren dat bij daglicht de accu laadt. De ladingstoestand van de accu is daarbij niet relevant, zou de accu geheel geladen zijn, dan beschermen de 4 omvormers door hun eind laadspanning de accu tegen overladen. De set mag niet worden geladen via de output van de Anderson stekker. Hierbij is het BMS buiten werking en daarmee is de beveiliging tegen overladen niet werkzaam. De set kan daarom ook niet worden gebruikt voor 'automotive' doeleinden omdat bij 'remmen op de motor' soms voldoende spanning opgewekt kan worden om een laadstroom te laten lopen die niet door het BMS kan worden gecontroleerd.

'Surfend' een golfdal in vraagt tenminste 10 zoveel snelheid dan de maximum snelheid die met de ebbm kan worden gehaald om met diezelfde ebbm voldoende op te wekken om terug te leveren en het terugleveren van energie vanuit de ebbm is daardoor onwaarschijnlijk.

Casus 3: 'Drop the best alternative in' installatie

De casus beschrijft het vervangen van een huisaccu in een camper. De situatie in een camper is ten dele vergelijkbaar met de situatie op een boot. Het grote verschil is dat als je uit een camper stapt, je op de grond staat en als je uit een boot stapt, je in het water ligt. Dit geeft twee verschillende situaties die een verschillende aanpak vragen. Voor het uiteindelijke project wordt de 'boot situatie' gebruikt voor de schema's en de uitwerking.

M'n buurman heeft een 10 jaar oude camper gekocht. Daarin zit een 90Ah loodaccu als 'huisaccu' Hij doet iets met computerbeveiliging als ZZP-er en dan moet je wel 24/7 beschikbaar zijn voor service aan je klanten. De camper moet ten dele een kantoor functie kunnen invullen voor zijn werk. Binnen die kantoorfunctie valt in elk geval 24/7 bereikbaarheid per telefoon en email en verbinding met het internet.

Bij het eerste 'uitje' is al duidelijk dat de capaciteit van de loodaccu te laag is om in alle gewenste energie te voorzien. Om 4 uur in de ochtend kan de verlichting niet meer worden 'aangeknipt' omdat de onderspanning beveiliging de accu heeft afgeschakeld. Om dit tekort in capaciteit aan te vullen worden er 2 100Wp zonnepanelen op het dak gelegd die met een MPPT lader de huisaccu van extra lading kunnen voorzien. Door wisselende weersomstandigheden en het wisselende verbruik is het vermogen uit de zonnepanelen niet altijd voldoende om in de gewenste lading te voorzien. 'Ik wil niet aan het stopcontact' zegt de eigenaar 'en ik wil al helemaal niet moeten rijden om te laden'.

Eisen aan de installatie

De nieuwe accu moet op de plaats van de oude accu komen te staan en via het Schaudt loodaccu BMS worden geladen. De nieuwe accu moet zich zoveel mogelijk als een loodaccu gedragen en als een loodaccu door het systeem laten laden. Verder moet het systeem weer naar de oude staat kunnen worden gebracht als de camper wordt verkocht en het mobiele kantoor niet meer nodig is. Dit houdt in dat de LFP accu met laadinstallatie en beveiliging vervangen moet kunnen worden door een loodaccu waarna het systeem weer functioneel moet zijn.

Deze eisen zijn alleen in te willigen door een 'drop in replacement' van de oude 90Ah loodaccu door een beter alternatief voor een accu waarvan de bruikbare capaciteit groter is dan de 90Ah van de te vervangen loodaccu en de 'replacement' accu moet op de plaats van de oude accu kunnen staan en met de aanwezige DIN accu poolklemmen worden aangesloten. De eisen dat er niets aan de installatie mag worden aangepast betekent meteen dat er een aantal conflicten gaan komen. De installatie heeft een bijzonderheid: voor de gasboiler is er een vorstbeveiliging die constant spanning nodig heeft en via een aparte aansluiting op de + pool van de accu is aangesloten. Zolang als de accu nog enige lading heeft kan de vorstbeveiliging functioneren.

De eigenaar wil dat zijn notebook 24/7 kan werken en opgeladen kan worden en dat het lampje boven zijn 'bureau' altijd kan branden.

Hij heeft twee 'vouw-e-bikes' en wil de accu's van de e-bikes vanuit de huisaccu kunnen laden.

Hij wil met het laden van één e-bike accu autonomie voor 2 dagen.

Hij heeft een 12VDC naar 230VAC omvormer en deze wordt sporadisch ingezet als er 230V nodig is en dit niet kan worden betrokken uit een camping contactdoos.

De huisaccu moet zo snel mogelijk worden geladen en aangezien de ingebouwde loodaccu lader tot 18A laadstroom aankan, wordt deze laadstroom als uitgangspunt gekozen voor de gemiddelde

laadstroom.

De camper kan ook in wintersportgebieden en in de winter worden gebruikt. Dit heeft consequenties voor het laden van de LFP cellen in verband met de laadtemperatuur.

De camper wordt in de winter in een onverwarmde ruimte gestald. Bij het uit deze ruimte rijden van de camper kan de temperatuur van de LFP cellen onder de veilige laadtemperatuur zijn en zouden de cellen gebruiksduur kunnen inleveren als zij toch worden geladen. Er moet een voorziening komen om dit tegen te gaan.

Ontwerpkeuzes en -criteria

Via een spreadsheet van het 'camper forum' wordt een verbruiksrekening opgezet en er volgt een opslag capaciteit uit van 90Ah als de accu voor 100% van de capaciteit kan worden gebruikt. Er zit nogal wat 'wishful thinking' in de parameters van de spreadsheet...

Na een aantal iteraties komt er een capaciteit van 96Ah 'uit de bus'. "Heb je al rekening gehouden met je e-bike accu's?" Nee dat nog niet. Wat moet ik daarvoor invullen? Tja, dat weet ik niet... Ze nemen 4A, staat er op de omvormer... dat is dan 4A maal 10 uur ofwel 40Ah maal 2 accu's is 80Ah erbij... 'Nou dan moet het maar laden van 1 accu worden'. Na de werkelijkheid flink te hebben gemasseerd komt er een minimale capaciteit van 130Ah uit de bus die heel genereus wordt opgehoogd tot 160Ah.

De maximaal te leveren stroom wordt berekend op 40A en er komt een automatische zekering van 50A met 'auto reset' in de accubehuizing in combinatie met een aparte hoofdschakelaar met een afschakelstroom van 100A.

Alternatieven voor de te installeren capaciteit

Omdat de nieuwe accu geheel geladen moet worden via de bestaande installatie met het loodaccu BMS, is er geen mogelijkheid om via slimmigheidjes de gewenste accu capaciteit te verlagen.

Doordat de accu via de + DIN accupool wordt geladen is het wel mogelijk om bij een draaiende motor veel stroom uit de dynamo op te nemen en te gebruiken.

De meeste campers zijn beperkt tot 2 bronnen voor lading:

De dynamo van de motor en
een lader vanuit een 230V net.

Zonnepanelen als extra energiebron worden vaak later toegevoegd om de autonomie te verlengen, maar voegen vrij weinig extra toe aan het totale laadvermogen van de accu omdat ze meestal vast op het dak van de woonruimte worden geplaatst en niet naar de zon te richten zijn. Het vraagt om de auto in de zon op te stellen terwijl in de zomer een plaats onder een boom aangenamer is en voorkomt dat het in de woonruimte 40 tot 50°C wordt. Dat beperkt dan tevens het vermogen dat door de zonnepanelen wordt bijgedragen aan de lading in de huisaccu.

Door het aansluiten van de zonnepanelen via de MPPT regelaar op de accupolen is de energie uit de zonnepanelen eveneens direct beschikbaar zonder de op/ontlaad verliezen van de lader en accu.

De 'powerbank'

Voor de camper wordt als uitvoeringseis gesteld dat er geen of zo min mogelijk schakelaars, zekeringen of regelaars aan de buitenkant van de behuizing zitten.

Uiteindelijk komen er dan buiten op de behuizing:

2 DIN accupolen (+ en -) voor de aansluiting van het boordnet en de dynamo

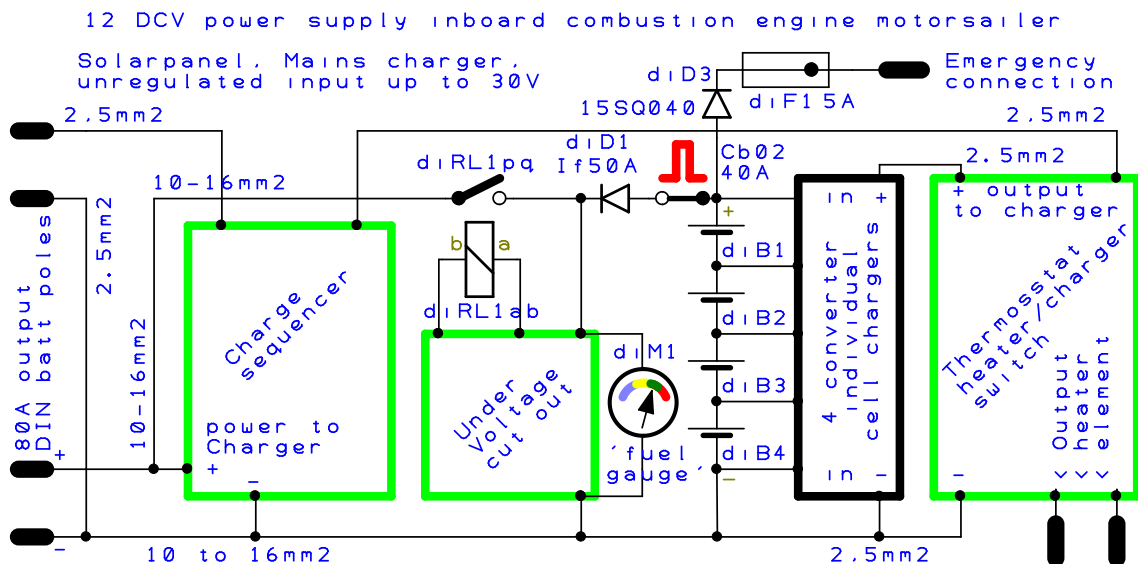
1 hoofdschakelaar

1 stekerbuis van 4mm voor de aansluiting van de spanning voor de vorstbescherming van de boiler

1 x (digitale) voltmeter met een tot 8V onderdrukt nulpunt en een maximale schaalwaarde tot 15V. Deze wordt in de camper vervangen door de ingebouwde analoge voltmeter die -omschakelbaar- tevens de hoeveelheid water in de watertank weergeeft.

In de behuizing zijn opgenomen:

- 1 circuit breaker met automatische reset (50A als 'hoofdzekering')
- 1 20A circuit breaker met automatische reset voor de laadstroom vanaf de DIN accupool
- 3 20x5mm smeltpatroon houders voor een 15A laadstroom beveiliging naar de lader en 750mA voor de beveiliging van de onderspanning onderbreker en tenslotte voor een noodstroom aansluiting.
- 4 pcb's voor:
 - de 4 DC-DC converters,
 - de laad thermostaat,
 - de onderspanning beveiliging,
 - de laadstroom verdeler.



Accu type:

Er is gekozen voor 4 LFP cellen van 160Ah omdat de eigenaar de hoogste eisen stelt aan brandveiligheid en geen enkel risico op een accubrand wil lopen.

Laadsysteem:

Er is gekozen voor 4 individuele celladers middels 4 DC/DC omvormers (Murata IRS-3.3/15-Q12) met een maximale laadstroom van 15A. Dit geeft bij een celcapaciteit van 160Ah geen warmte ontwikkeling van enig belang (laden met 0.09c). Snelladen is niet mogelijk omdat dit tot ongewenste en mogelijk schadelijke temperatuurverhoging leidt.

Het systeem streeft in het oplaad traject een gelijke 'State Of Charge' van de cellen na door het laden volgens de 'Constant Voltage' laadmethode. De laadspanning is begrensd tot 3,4V. De laadstroom kent 2 begrenzings: de temperatuur van de omvormer (slaat af bij 'over temperatuur') en de laadstroom (begrensd door de omvormers tot 15A per cel). Het laadsysteem heeft hierbij de eigenschappen van een BMS.

Deze laadspanning begrenzing laat toe de accu 24/7 aan een DC vermogensbron te houden zonder

dat er kans is op overladen van de accu. Door het laadsysteem te voorzien van een afzonderlijke ingang kan er ook worden geladen als de accu is uitgeschakeld (is in de camper niet geïmplementeerd).

De spanning op de ingang van de omvormers mag variëren van 7 tot 36V, waarbij de omvormers gaan laden bij 9V en stoppen bij een spanning van 7V. Daalt de spanning door de belasting onder de 7V, dan slaan de omvormers af om weer te starten zodra de spanning zich herstelt boven de 9V (hiccup mode met hysteresis). Er is geen beveiliging voor overspanning op de ingang. Een surge protector in de vorm van een zenerdiode van 36V is een mogelijkheid. Bij blikseminslag zal dat ook niet helpen.

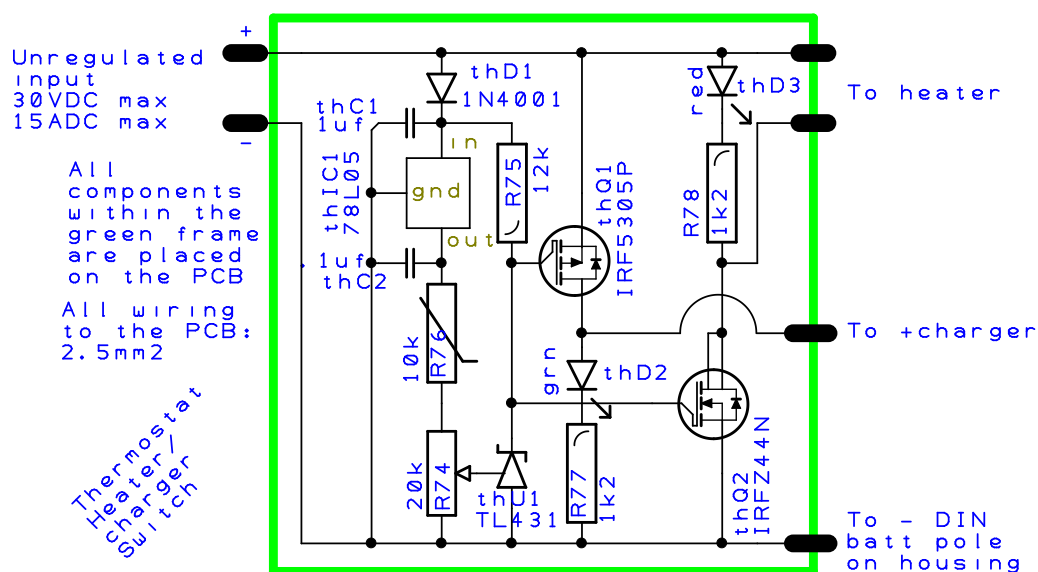
Het laadvermogen is 4 x 50W. Het toevoeren van meer dan 200W aan vermogen (18A bij 12V of 20A bij 10V of 10A bij 20V) is niet zinvol, het zal niet in laadstroom worden omgezet. Een Maximum Power Point Tracker systeem is niet nodig om van het toegevoerde vermogen uit een zonnepaneel maximaal gebruik te maken. Zonnepanelen van 100 tot 1200Wp kunnen direct op de ingang van de lader worden aangesloten zolang de hoogste spanning van 36V niet te boven gaat.

Gebruikstemperatuur

Door de limitering van de laad- en ontladstroom worden de cellen nauwelijks warmer dan de omgevingstemperatuur (geldt alleen voor LFP cellen en voor LTO cellen!).

Voor het laden van de cellen is er geen andere temperatuurlimiet dan door de fabrikant van de cellen opgegeven. Deze temperatuur is ongeveer 50°C.

Het laden heeft een onderste limiet van 0°C omdat bij die temperatuur de laadspanning niet boven de 3,0V mag komen. Omdat de camper ook 'op wintersport' kan worden gebruikt moet er rekening worden gehouden met een lagere accutemperatuur dan 0°C en mag de accu dan niet worden geladen. Daarom wordt de accu uitgerust met een thermostaat die bij temperaturen onder de 5°C de laadstroom omschakelt zodat via een verwarmingselement de accu opwarmt tot boven de 5°C en pas boven deze temperatuur te gaan laden. Omdat het voor de eigenaar voldoende is het laden onder de 5°C te stoppen en het laden op te schorten tot de cellen boven de 5°C zijn gekomen, wordt de schakeling wel geïmplementeerd, maar de verwarmingselementen worden niet aangebracht en dus ook niet aangesloten.



Zou het verwarmingselement zijn aangesloten dan zal de In het geschetste scenario de temperatuur van de accu niet lager dan 5°C worden omdat thermostaat eerst de cellen opwarmt tot boven de 5°C voordat er een laadstroom gaat lopen. Zonder het verwarmingselement is er de verzekering dat er geen laadstroom aanwezig kan zijn bij temperaturen onder 5°C.

Door de laad- en ontladstroom beperking in combinatie met de eind laadspanning van 3,4V is koeling van de cellen door convectie niet nodig. Om een gelijkmatige temperatuur van de cellen te bewerkstelligen is het mogelijk de cellen in een thermisch geïsoleerde behuizing te plaatsen. De behuizing kan waterdicht worden gesloten.

Onderspanning onderbreking

Hiervoor is dezelfde schakeling gebruikt als bij de 'all new' installatie.

Bronnen voor lading

Bij een camper en bij een boot met een motor op fossiele brandstof is er de beschikking over een dynamo om in elk geval de startaccu te laden. Via deze dynamo kan de huisaccu van de camper en de service accu aan boord worden geladen.

Bij een camper kunnen zonnepanelen worden gebruikt als extra ladingsbron, bij een boot kan dit ook. Voor een zeilboot is een sleepgenerator ook een mogelijkheid om extra te laden tijdens het zeilen. Bij een camper komt dit niet voor omdat daar bij het rijden altijd de motor draait en er gebruik kan worden gemaakt van de dynamo op de motor.

Bij een zeilboot is de voortbeweging meestal niet gebaseerd op het werken van de motor en het meedraaien van de dynamo en daar kan een sleepgenerator of hydrogenerator extra lading in de service accu brengen. Een windturbine of zonnepaneel is op een zeilboot ook een mogelijkheid om extra lading in de accu te brengen. Een windmolen op een mastje zou ook de huisaccu in een camper kunnen bijladen, maar ik heb nog geen installatie gezien waarbij dat gebeurde.

Omdat de zonnepanelen op de camper in de bestaande installatie de huisaccu laadde via een MPPT regelaar en de eigenaar een 'drop in replacement' wilde en dus de accu alleen via de bestaande installatie wilde laden, is alleen deze mogelijkheid gebruikt en is er niet gekeken naar de mogelijkheid de zonnepanelen direct op de ingang van de lader aan te sluiten. Deze mogelijkheid wordt hierbij wel beschreven in geval er niet dwingend voor een 'drop in replacement' gekozen wordt.

De stroom naar de lader moet worden onderbroken als de spanning op de accupolen onder de 13V komt. Gebeurt dat niet dan zullen de laders 'de accu uit de accu' laden en is er doorlopend het verlies van de omzetting zonder dat de lading in de cellen ook maar een nanoCoulomb toeneemt.

Er moet dus een voorziening komen die pas stroom naar de converters laat stromen als de spanning op de DIN accupolen boven de 13V is gekomen omdat er een energiebron inmiddels genoeg energie aan de accuklemmen toevoert om de spanning boven de 13V te brengen (bijvoorbeeld door toevoer van energie uit de zonnepanelen of omdat de motor is gestart en de dynamo energie levert).

De complexiteit van de installatie is een nadeel, maar 'elluk nadeel hep se foordeel' en het betekent dat de dynamo na het starten eerst de startaccu laadt en pas daarna (als de startaccu weer 'op spanning' is gekomen) de huisaccu of service accu wordt geladen. Daarmee is meteen het probleem van overbelasting van de dynamo bij het gelijktijdig laden van 2 accu's opgelost. Hoewel bij een laadstroom van 15A een overbelasting van de dynamo niet voor de hand liggend is. Twee halogeen koplampen van 55W en 2 10W achterlichtjes en een kentekenplaat verlichting van 10W en twee stadslichtjes van 5W vragen 150W in totaal ongeveer 12A en er is niemand die daar bij een camper aandacht aan besteed. Ik heb de schakeling 'charging sequencer' genoemd omdat het de accu's in volgorde laadt.



Casus 4: 'All new' installatie voor een boegschroefaccu en een koelkast

Je hebt een bestaande installatie met een 200Ah loodaccu aan boord voor kajuitverlichting, stuurautomaat en een koelkastje. Het koelkastje is speciaal ingericht voor op een boot en heeft koude buffering en hoeft daarom geen elektrische buffering te hebben in de vorm van een accu. Af en toe gebruik je een 12V-230V omvormer als je 230V nodig hebt.

De koelkast met koude buffer aan boord heeft een speciale schakeling waarmee er wordt gedetecteerd of de boordspanning hoog is en daaruit wordt dan afgeleid dat er energie genoeg is om de koude buffer van de koelkast op te laden. De walstroom lader triggert de schakeling omdat de walstroom lader een hogere spanning levert ten behoeve van het laden van de service accu. Tevens levert de dynamo ook een iets hogere spanning als de motor draait om zo de startaccu en via het diodeblok de service accu te laden en ook deze iets hogere spanning zorgt ervoor dat de koelkast zijn koude buffer weer oplaadt. De koelkast gebruikt door die aanwezigheid van de koude buffer maar heel weinig energie uit de service accu bij het varen onder zeil. De service of huishoud accu is voldoende groot voor 2 tot 3 dagen autonomie en in de haven is de boot is gewoonlijk aangesloten op de walstroom.

De boegschroef (lood)accu is aan vervanging toe. Een boegschroef wordt maar beperkt gebruikt en de bij behorende accu lijdt meer van zelfontlading en 'halfvol' wachten totdat deze weer opgeladen wordt, dan van het werkelijke gebruik. Bij het wegvaren wordt de boegschroefaccu wel bijgeladen door de dynamo op de motor, maar er is niet de garantie dat de accu weer helemaal vol is.

Na het afmeren kan de boegschroef accu wel weer helemaal op worden geladen via de walstroom. In die situatie lijdt de accu maar weinig.

Het zou mooi zijn als de boegschroef wordt aangesloten op een accu die heel weinig zelfontlading heeft en die er goed tegen kan indien deze diep wordt ontladen en dan een tijd moet wachten op weer opnieuw opladen. Omdat de boegschroef onder zeil niet wordt gebruikt en via een relatief klein zonnepaneel over een lange tijd kan worden bijgeladen staat de boegschroef accu meestal niets te doen en kan daarom ook de energieopslag voor de koelkast verzorgen.

Een boegschroef is geen kritisch apparaat, je kunt ook heel goed zeilen zonder een boegschroef en er zijn daarmee geen redenen om de installatie tot noodzakelijk te verklaren. Een koelkast is ook geen kritisch apparaat, je kunt heel goed zeilen zonder koelkast (al denken sommigen hier anders over en griezelen zij bij het idee gekoeld bier, koude witte wijn of whisky 'on the rocks' te moeten missen).

De eigenschappen: diep ontladbaar, weinig zelfontlading en geen slijtage bij een half ontladen accu, maken LFP cellen bij uitstek geschikt voor een boegschroef accu. De geringe inwendige weerstand is een extra voordeel bij het werken met een boegschroef omdat de responstijd op de controls aanmerkelijk wordt verkort door de hogere aanloopstromen uit de LFP-accu.

Eisen aan de installatie

De service accu wordt niet vervangen, de accu is nog goed en gaat nog wel een paar jaar mee. Op de service accu worden de kritische apparaten zoals marifoon, AIS, stuurautomaat, oriëntatieverlichting en navigatieverlichting aangesloten. Tot voor de ombouw was hier ook de koelkast en de 12V naar 230V omvormer op aangesloten.

De boegschroef accu is aan zijn einde. De accu speelt geen rol in het varen en de lading van de accu is voor het varen niet noodzakelijk en daarmee is de opslag van energie in de accu niet kritisch. De laadtijd voor de boegschroef is ook niet kritisch en afvaren en aanleggen zonder de werking van de boegschroef gaat wat lastiger, maar is wel te doen.

De boegschroef is een 12V exemplaar en vraagt een forse piekstroom van zo'n 300A bij het inschakelen. De accu wordt opgeladen via de dynamo van de motor. Er is geen zekerheid dat de accu geladen is op het moment dat er over wordt gegaan op zeilvaart.

Ontwerpkeuzes en -criteria

De nieuw te maken installatie biedt de keuze om het totale boordnet te scheiden in een deel voor kritische apparatuur en een deel voor niet kritische apparatuur. De boegschroef installatie is niet kritisch en aanleggen kan ook zonder. Een koelkast aan boord is tevens een niet kritisch apparaat en varen kan ook zonder koelkast. Indien er met enige regelmaat een diabeticus aan boord is, dan schuift een koelkast wel naar boven op in de kritische apparatenlijst omdat de koelkast dan de insuline voor een insuline afhankelijke diabeet koel moet houden.

Door de koelkast van het boordnet af te halen, komt er capaciteit van de service (lood)accu vrij voor de meer kritische apparaten voor navigatie en telecom en wordt de gebruiksduur van de loodaccu verlengd.

De boegschroef op 12V vraagt 300A aanloop stroom voor een goede werking. Bij gebruik van 100Ah LFP cellen is dat een stroom van 3c en dit kan door 100Ah cellen kortdurend worden geleverd. Bij 180Ah cellen kom je dan onder de 2c en mag je de LFP accu ook langer belasten.

Het functioneren van een boegschroef is in de tijd beperkt. Na 5 minuten 'boegschroeven' zullen de meesten de boot wel aan wal hebben liggen en hebben dan de accu ontladen met minder dan 1500Amin of $1500 / 60 = <25\text{Ah}$ van de capaciteit.

Tijdens het varen wordt de boegschroef niet gebruikt en is de capaciteit van de boegschroefaccu 'lui'. Het aansluiten van een koelkast op de boegschroef accu is dan goed mogelijk. Een compressor koelkast neemt niet meer vermogen dan 150W (of je hebt een heel oud Iel van een koelkast die slecht geïsoleerd is en slecht sluit) en de 15A bij 12V die daarvoor nodig is komt meestal in bursts van ongeveer 3 minuten en dan ongeveer 15 maal per dag. De koelkast gebruikt in totaal per 24 uur circa 15Ah en dat is bij 12V 180Wh. Een volle LFP accu van 180Ah waarvan de cellen niet verder dan 3,3V worden geladen en niet onder 2,9V wordt ontladen heeft 60Ah aan netto gebruikscapaciteit en kan zonder bijladen de koelkast 4 dagen koel houden.

Alternatieven voor de te installeren capaciteit

In dit scenario wordt de capaciteit van de boegschroef/koelkastaccu niet bepaald door de tijd van de autonomie van de energievoorziening, maar door de maximale belasting die wordt gevormd door de boegschroef. Er zijn daarom geen alternatieven om de capaciteit van de cellen te verlagen en goedkopere cellen te gebruiken. Meer capaciteit kan wel maar is nauwelijks van meerwaarde omdat autonomie hier geen rol speelt. Je hoeft niet gedurende 2 uur je boegschroef te gebruiken, je zou er kotsmisselijk van worden, twee uur lang ronddraaien met je boot.

De 'powerbank'

Accu type:

De accu moet geschikt zijn om half ontladen weg te zetten zonder dat dit schade aan de accu geeft.

De accu moet een hele lage inwendige weerstand hebben om een hoog laad/ontlaad rendement te hebben en tevens een hoge aanloopstroom toe te staan van de boegschroefmotor.

De accu moet heel weinig zelfontlading kennen zodat deze ook met lage stroomsterktes kan worden geladen. Dit zijn de eigenschappen van LFP accu's.

De capaciteit van de accu moet minimaal 180Ah bedragen om de aanloopstroom van de boegschroefmotor te kunnen leveren. Capaciteit voor autonomie is niet nodig.

Laadsysteem:

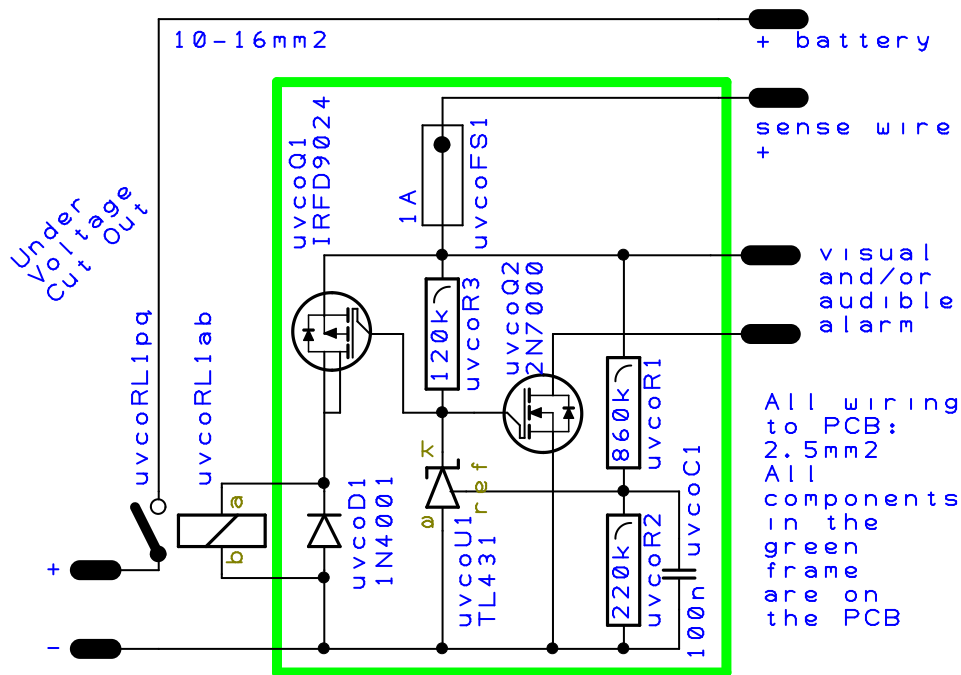
Het laadsysteem bestaat uit 4 individuele 20W DC-DC converters van Mornsun. De maximale input voor die converters bij 12V is 10A zodat de dynamo met zekerheid niet zal worden overbelast als na een lange tijd 'boegschroeven' de accu's nog maar weinig lading bevatten. De maximale stroom van 10A kan altijd door de dynamo worden geleverd, ook als de startaccu en de serviceaccu moeten worden geladen.

Gebruikstemperatuur

De gebruikstemperatuur van de accu met lader is van 5°C tot 50°C. Er is geen laadthermostaat nodig. Gedurende de winter wordt er niet geladen.

Onderspanning onderbreking

Een schakelaar in een systeem met lage spanningen en hoge stromen is aan sterke slijtage onderhevig. De contacten worden aan vonkerosie blootgesteld en worden warm. Verder zorgen overgangsweerstanden van de contacten voor een verminderde prestatie van de aangesloten apparaten zoals in dit geval de boegschroef. Solid state schakelaars lossen dit wel op maar de kosten voor een dergelijke schakelaar zijn dan in vergelijking met een 'contacten schakelaar' veel hoger. Voor de koelkast is er wel een goede mogelijkheid omdat de stroomsterkte hier aanzienlijk lager is. Voor specifiek deze situatie is er een oplossing ontworpen die geen afschakeling van de boegschroef geeft, maar een waarschuwingssignaal bij een te lage spanning van de accu in combinatie met het afschakelen van de koelkast. De leiding naar de motor van de boegschroef is niet in de tekening opgenomen.



Het systeem is ook bruikbaar bij het gebruik van de boegschroefaccu voor elektrisch koken.

Bronnen voor lading

Omdat de hoge accubelasting van de boegschroef plaatsvindt bij afvaren en bij aanmeren en niet veel lading van de accu gebruikt kan het laden van de accu gedurende een lange tijd en met een geringe stroomsterkte plaatsvinden.

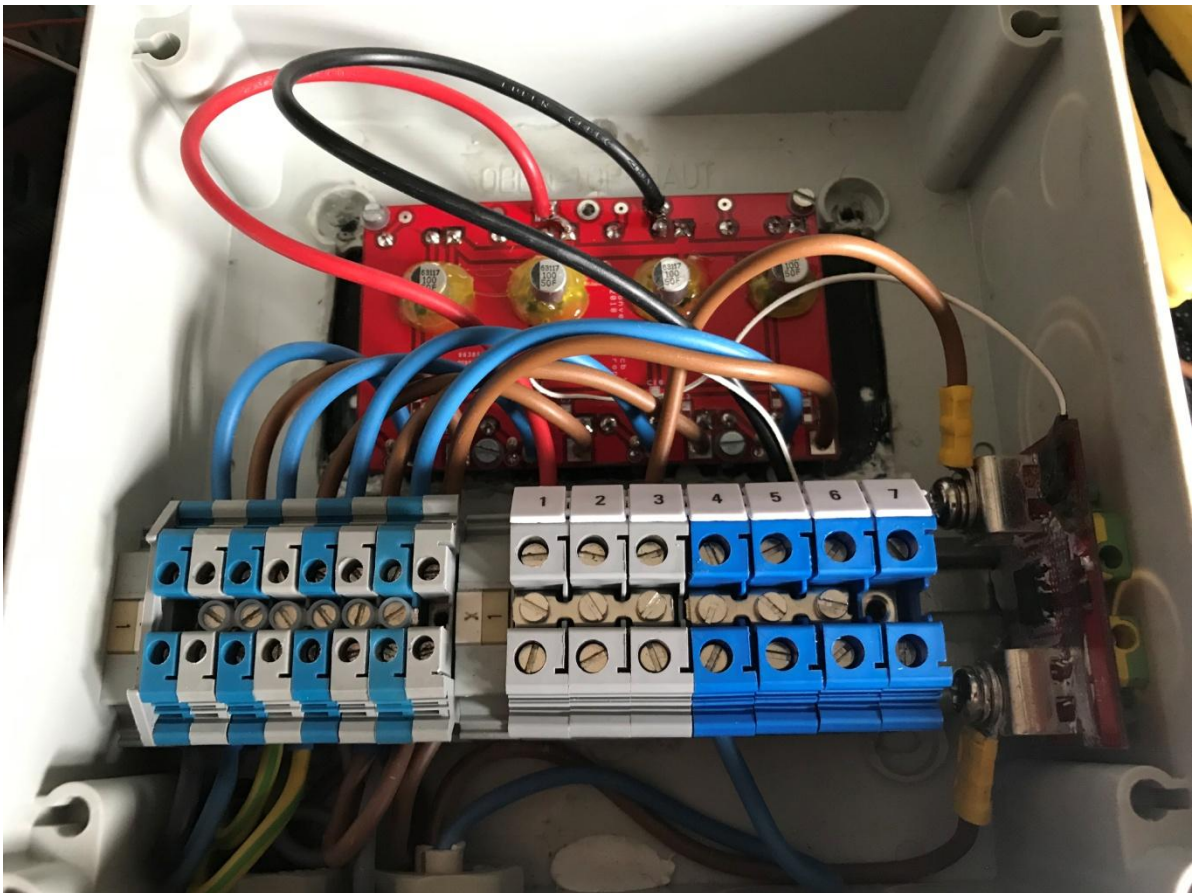
In eerste instantie wordt geladen met walstroom. Daarnaast kan er ook geladen worden door de dynamo bij een draaiende motor. Omdat de boegschroef veelal gebruikt wordt samen met de motor bij het afvaren en aanleggen, vormt het werken met de boegschroef nauwelijks een grote afname van de opgeslagen accu capaciteit. Deze afname kan op de lange termijn van een zeiltocht zeer goed worden aangevuld met lading uit een zonnepaneel.

In een uitzonderlijke situatie kan er B2B laden plaatsvinden vanuit de service accu, maar die vorm van laden is niet efficiënt omdat er dan 2 x conversie verliezen optreden.

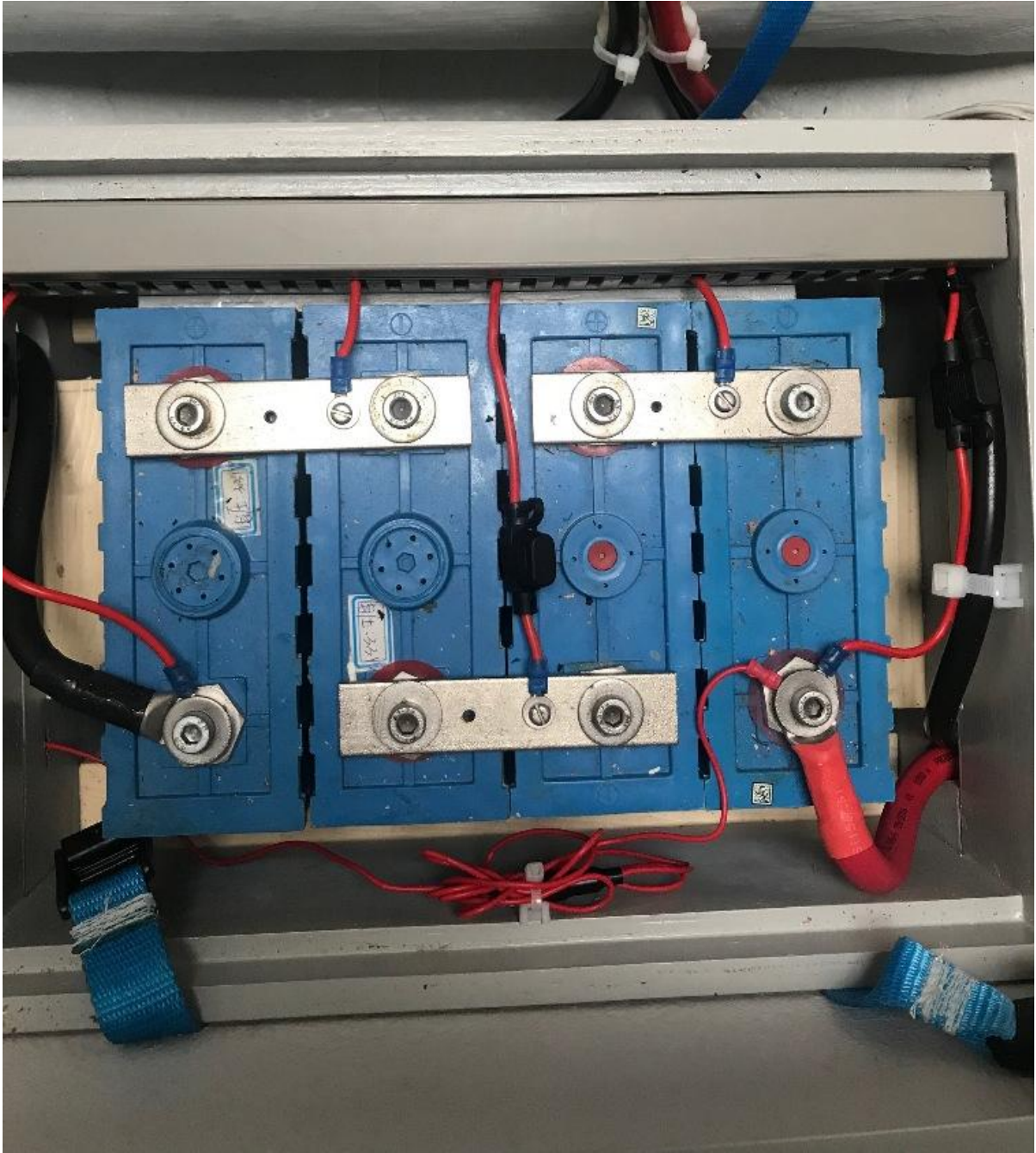
De doorlopende belasting van de boegschroefaccu wordt gevormd door de koelkast aan boord. Ingeval de energie die de koelkast vraagt kan worden aangevuld door een zonnepaneel is er geen lading nodig vanuit de service accu. Laden vanuit een zonnepaneel is de meest efficiënte manier om de boegschroef/koelkast accu te laden.

Opgedane ervaring

Het prototype van de installatie heeft nu één seizoen gewerkt en de aannames zijn uitgekomen zolang de boot aan de walstroom heeft gelegen en er slechts beperkte afstanden mee zijn gezeild. Er is geen gebruik gemaakt van zonnepanelen en zou er buiten de walstroom voorziening lading voor de boegschroefaccu moeten worden opgewekt door de dynamo van de motor via de aanwezige service (lood)accu.



4 converter lader

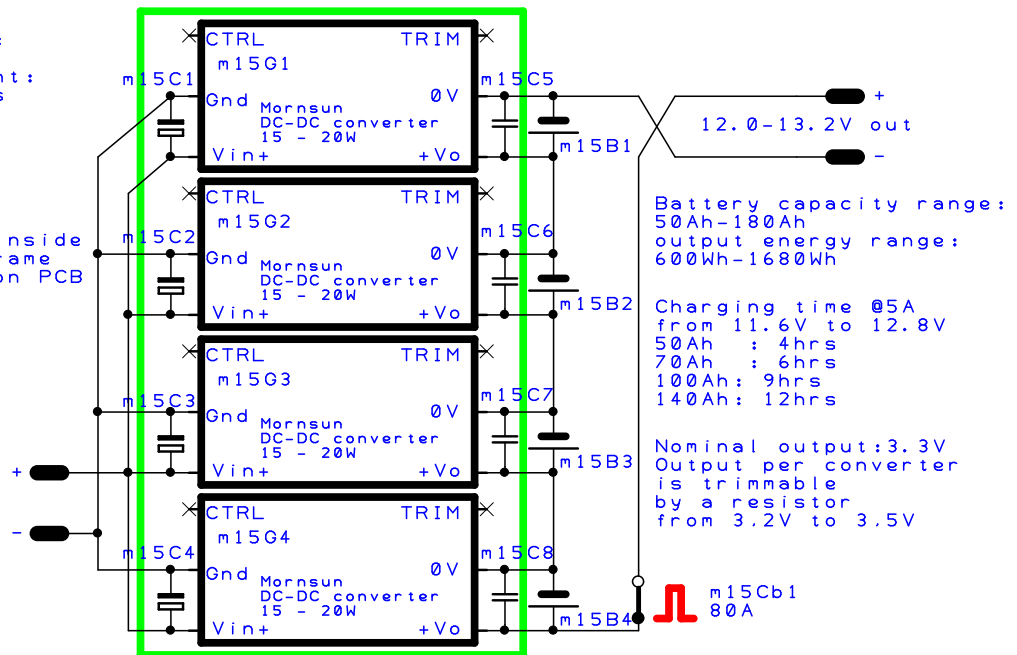


4 LFP 180Ah cellen in serie.

Schema

Input range:
9 - 36VDC
Input current:
4 converters
5A @Vin=12V
C in:
100uf 50V
C out:
1uf ceramic

Components inside
the green frame
are placed on PCB



De module is in dit geval uitgerust met 4 20W DC-DC converters. Zij leveren een laadstroom van 7,5A maximaal.

Casus 5: Een 'all new' klein extra boordnet met UPS functie

Een extra boordnet voor kritische apparaten kan een eis worden indien je regelmatig met passagiers vaart. Zo kan een verzekering een dergelijke eis stellen als je de opvarenden wilt verzekeren.

In geval van een grote energieopslag voor langere tijd autonomie aan boord bij verre reizen, kun je wel hele grote accu's aan boord nemen met een hele hoge capaciteit, maar bij een lage spanning worden de verbruikstromen en de bijbehorende verliezen veel groter en je verliest bij die hoge stromen een deel van de opgeslagen energie zonder dat dit iets bruikbaar oplevert.

Ontwerpkeuzes en -criteria

De unit moet geheel zelfstandig zijn. Het moet zelfstandig functioneren en van boord genomen kunnen worden om via het lichtnet opgeladen te worden. De unit moet voldoende capaciteit hebben om gedurende 48 uur een marifoon te kunnen bedienen, een oranje geel stroboscoop licht te laten werken en een oriëntatie licht annex werklucht te laten branden. Deze apparaten moeten een directe verbinding met het apparaat hebben dan wel een vergrendelde connector voor de verbinding gebruiken (aviation grade connector).

De unit moet opgenomen kunnen worden in het bestaande boordnet en de aangesloten apparaten moeten als normaal functioneel zijn binnen de boot waarvan zij deel uitmaken. Het is niet zo dat het hele boordnet wordt aangesloten. 'Kan dat niet?' Ja dat kan wel als je de capaciteit van de gebruikte accu maar aanpast. Bij uitval van het boordnet neemt de unit de stroomvoorziening naar de aangesloten (kritische) apparaten zonder onderbreking over.

Door de wide range input van de converters is een integratie van de UPS met een spanningsconverter\UPS en een zwevende uitgang mogelijk.

De unit moet zowel binnen als buiten kunnen worden gebruikt en waterdicht zijn.

Alternatieven voor de te installeren capaciteit en het laadvermogen

Om de accu te laden en de installatie onafhankelijk te maken van de energie uit de motordynamo is een zonnepaneel te gebruiken als tweede ladingsbron voor deze installatie. De primaire ladingsbron wordt gevormd uit de tractie accu of de service accu van de boot. Op zijn beurt kan de service accu/tractie accu weer worden geladen uit zonnepanelen, de motor dynamo en andere ladingsbronnen zoals een windturbine en een sleepgenerator.

De 'powerbank'

Accu type

Voor een 12V installatie zijn 4 LFP cellen nodig met elk een eigen lader/BMS. Zij worden voor de hoogste gebruiksduur en betrouwbaarheid geladen tot 80% van de nominale celcapaciteit. De gunstigste ontladestroom is 0,1c waarbij de accu 8 uur de nominale lading kan afgeven.

Accu capaciteit

Moet dan minimaal 70Ah bedragen. Er is geen plafond voor de accu capaciteit. De minimale capaciteit wordt bepaald door de maximale laadstroom van de lader/converters en is zo gekozen dat zij de optimale laadstroom van 0,1c niet zal overschrijden. Hiermee wordt een zo lang mogelijke gebruiksduur van de unit nagestreefd.

Bij een accucapaciteit van 70Ah is de maximale belasting van 0,3c 21A. Er zal een thermische hoofdbeveiliging van 20A worden gebruikt die tevens de hoofdschakelaar in het belastingscircuit is.

Laadsysteem

Bij LFP cellen wordt de langste gebruiksduur bereikt bij een hoogste laadspanning van 3,3V per cel. De individuele cel laders worden op deze eind laadspanning ingesteld. De laadstroom is 4,5A per cel en de UPS zal tot 4,5A geen accubelasting hebben maar direct via de cel laders uit het boordnet functioneren. De schakeling functioneert dan als een spanningsstabilisator.

Gebruikstemperatuur

Voor gebruik in gebieden waar de temperatuur onder 5°C kan komen is het mogelijk een thermostaat en een verwarmingselement te gebruiken om de temperatuur bij laden boven de 5°C te houden om de accu te conditioneren.

Onderspanning onderbreking

Er is geen onderspanning onderbreking. Er wordt bij deze UPS vanuit gegaan dat om veiligheidsredenen de accu geheel ontladen mag worden omdat de accu gebruiksduur ondergeschikt is aan het belang van de UPS/noodstroom functie.

Het is wel mogelijk zonder verlies van functionaliteit een visueel onderspanning alarm te gebruiken.

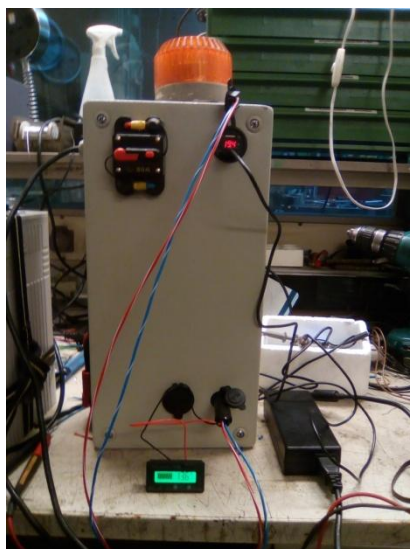
Bronnen voor lading

Door de wide range input van de converters wordt er maximaal 60W vanuit de input opgenomen. De laagste spanning waarbij de unit werkt is 10VDC, de hoogste spanning is 36VDC. Door een diode scheider is een ingangsbussamenstelling die automatisch laden uit het boordnet, een zonnepaneel of een hydrogenerator of windturbine mogelijk maakt, dat wil zeggen door de diodeschakeling zal de bron met de hoogste spanning en de laagste inwendige weerstand de meeste lading in de accu te brengen.

De schakeling kan ook functioneren als een 24VDC – 12VDC converter voor e-drive boten met een 24V tractie accu en een 12V boordnet.

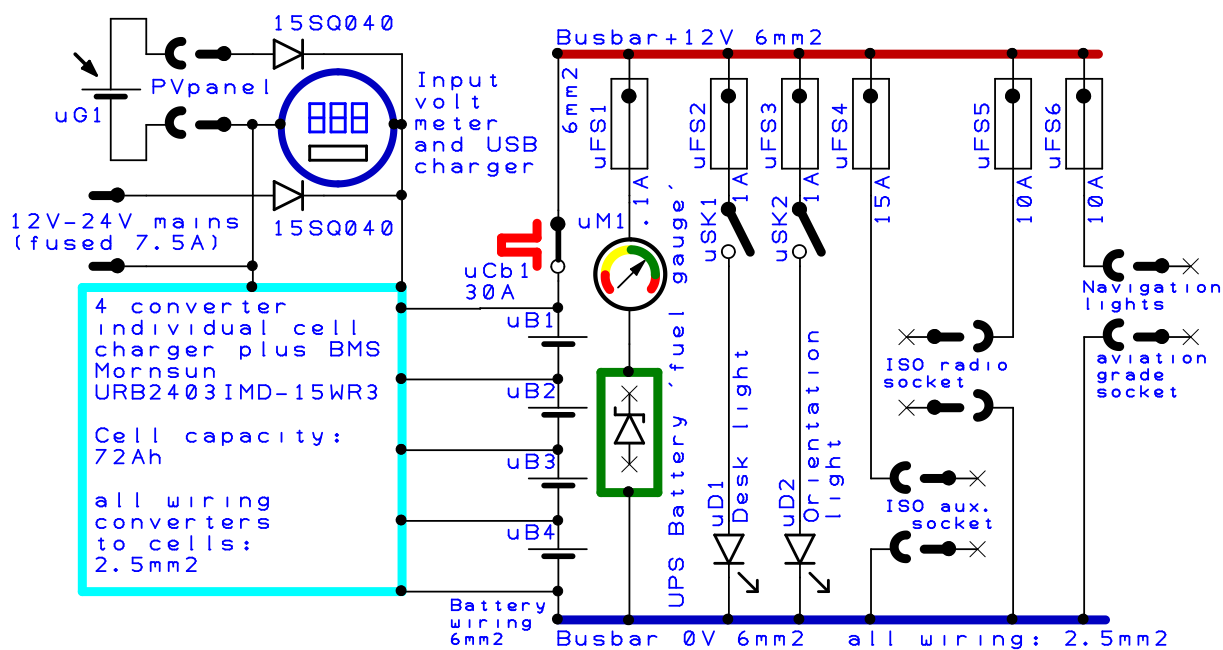
Opgedane ervaring

Het prototype van de schakeling is een jaar ononderbroken aan een 19,3V 130W notebook lader aangesloten geweest en heeft zonder problemen gefunctioneerd. Als belasting is er met intervallen een 55W halogeenlamp op aangesloten en dit is afgewisseld met een 12V 30W soldeerbout. Dit heeft geen spanningsvariaties op de uitgang opgeleverd die groter waren dan 0,2V.



Prototype tijdens 365 dagen test.

Schema



BOM

1	Laadmodule-BMS		Met 4 Mornsun URB2403IMD-15WR3
4	LFP cellen 72Ah	uB1 uB2 uB3 uB4	12V LFP accu 72Ah voor UPS
1	DVM/USB lader		Monitoring ingangsspanning
2	15SQ040 Schottky keercellen		
1	Set MC04 connectoren (chassis deel)		Aansluiting zonnepaneel (input)
1	Male Chassis XLR connector		Aansluiting bestaande installatie (input)
1	Thermische circuitbreaker 30A	uCb1	Thermische beveiliging en hoofdschakelaar
6	Zekeringhouders 5 x 20mm	uFS1 –	Inclusief bijbehorende zekeringen

		uFS6	
2	ISO socket chassisdeel	ISO	Output
1	Aviation grade plug and socket		Koppeling bestaande nav. lichten
2	Drukknop schakelaars t.b.v. verlichting	uSK1 uSK2	Waterdichte drukknoppen zijkant
1	LED armatuur met 12V LED	uD1	Werkplek verlichting
1	LED armatuur met 12V LED	uD2	Oriëntatie verlichting
1	Accuspanning meter	uM1	Onderdrukt 0-punt

