



Accueil

Projet Nordkyn

Projet Sud Sauvage

Voile

Technologie

À Propos De Nordkyn Design

Articles En Vedette

Produits

Octobre  
29  
2015

## Assemblage d'une banque de maisons marines au lithium fer phosphate

Électrique, Systèmes de batteries au lithium, Ingénierie maritime

[Ajouter commentaires](#)

Dernière mise à jour le 6 octobre 2020 par [Éric Bretscher](#)

*Cet article fait partie d'une série il s'agit de construire les meilleurs systèmes de batteries au lithium de sa catégorie à partir de cellules nues, principalement pour un usage marin, mais une grande partie de ces matériaux sont également pertinents pour les systèmes hors réseau basse tension.*

Ici, nous détaillons le processus pratique de construction d'une banque de batteries au lithium à partir de cellules prismatiques uniques individuelles. Il y a plus que de simplement disposer et connecter les cellules, car celles-ci ne peuvent être assemblées en batterie qu'après qu'elles partagent un état de charge commun. Elles doivent également être protégées avant que quoi que ce soit puisse être fait avec la batterie, ce qui est l'objet d'un autre article.

Avant cela, des décisions préliminaires doivent également être prises : quelle capacité installer et quelles cellules s'approvisionner. Quel est le schéma d'interconnexion le plus adapté à adopter?

### Systèmes de batteries au lithium

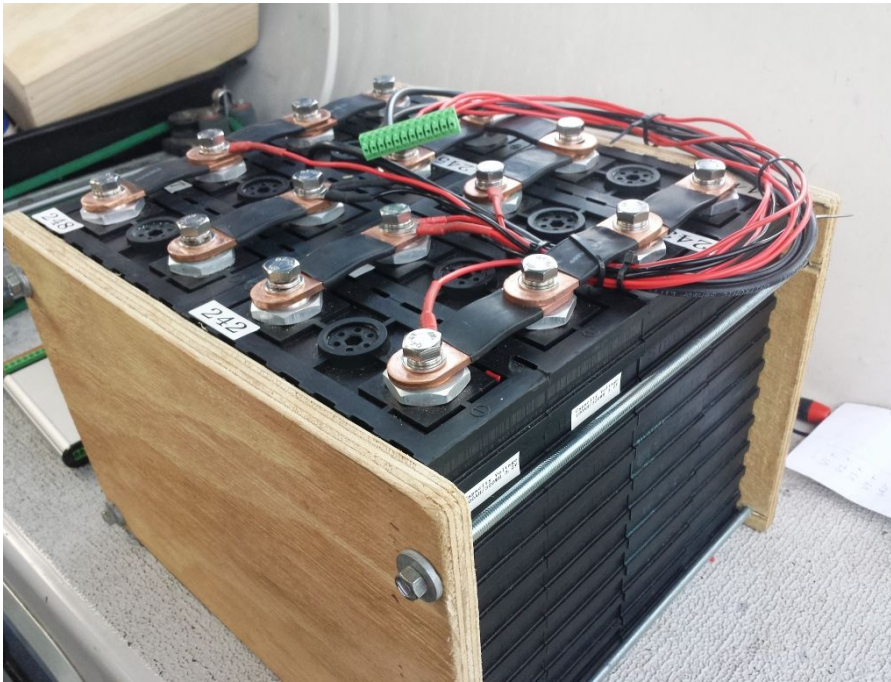


Merci d'avoir soutenu ce contenu!



### Dernier

Motor-Zuverlässigkeit :  
Boîte noire Ein Blick auf die Volvo Penta MDI  
Chargement des batteries au lithium marin  
Fiabilité du moteur : un aperçu de la boîte noire Volvo Penta MDI  
Système antisalissure à ultrasons – Partie 2, Lutte contre la croissance des algues  
Système antisalissure à ultrasons – Partie 1, Développement et construction



*Un dos de batterie au lithium DIY de 200 Ah pour un yacht, équilibré et instrumenté pour les tensions et la température des cellules Un connecteur de fiche standard à 12 broches fournit l'interface au module de protection de la batterie.  
Les dispositions de serrage des cellules peuvent être très simples et efficaces.*

Acheter des cellules et assembler la banque n'est pas le début. Apprentissage des piles au lithium et comprendre leurs propriétés et leurs risques est, avant de s'engager à construire quoi que ce soit.

S'agissant d'un sujet vaste en soi, l'intégration d'une batterie au lithium à bord est également traitée séparément.

## Disclaimer

*Une bonne compréhension des systèmes électriques à courant continu est nécessaire pour construire et mettre en service une installation de batterie au lithium Cet article vise à guider le processus, mais ce n'est pas une simple recette aveugle à suivre pour quiconque.*

*L'information fournie ici est, espérons-le, approfondie et étendue Elle reflète les connaissances que j'ai accumulées en construisant certains de ces systèmes Il n'y a aucune garantie qu'elle ne changera pas ou ne grandira pas avec le temps Elle n'est certainement pas suffisante ou destinée à transformer un novice en ingénieur électricien non plus Vous êtes invités à l'utiliser pour construire un système, mais à vos propres risques et responsabilités.*

## Quelle capacité?

Protection et gestion des  
banques de batteries au  
lithium marin

### Sujets

Construction  
Aluminium  
Coût  
Noyau de mousse

Conception  
Conception de bateau  
à moteur  
Conception de yachts  
à voile  
Navigabilité

Page d'accueil

Ingénierie maritime  
Électrique  
Systèmes de  
batteries au lithium

Électronique  
Évitement des  
collisions  
Antifouling  
ultrasonique



Propulsion

Voile  
Dynamique  
météorologique lourde  
Mariage  
Stabilité

Recherchez Nordkyn  
Design

Recherche

### Suivre

 S'abonner dans un lecteur  
 Suivez par e-mail

### Contact

[contact@nordkyndesign.com](mailto:contact@nordkyndesign.com)

D'une manière générale, un  $\text{LiFePO}_4$  bank offrira environ deux fois la capacité utilisable de cellules équivalentes au plomb-acide à cycle profond en bon état, et beaucoup plus lorsque de telles cellules au plomb-acide se seront détériorées. Cela peut fournir une ligne directrice approximative lorsqu'on envisage l'achat de cellules au lithium. En pratique, cela ne suggère que la capacité maximale qui doit être considérée comme un point de départ : pas plus de 50% de la capacité plomb-acide.

Dans la façon traditionnelle de penser plomb-acide, plus de capacité signifiait des cycles plus petits et une durée de vie plus longue et une justification y a été trouvée : la situation est presque exactement le contraire avec les batteries Li-ion

De nos jours, de nombreuses banques de lithium installées sur les yachts sont en fait non seulement beaucoup plus grandes qu'elles ne devraient l'être, mais aussi beaucoup plus grandes qu'elles ne devraient l'être.

L'approche bancaire surdimensionnée peut en fait apporter moins de valeur : rien ne suggère qu'une banque deux fois plus grande durera deux fois plus longtemps : elle n'entraînera probablement que deux fois plus d'anciennes cellules en buggered au même point de la piste *si ce n'est plus tôt*. La première conséquence de l'installation d'une batterie surdimensionnée, surtout lorsqu'il s'agit d'une charge soutenue comme pour les panneaux solaires, est que la banque reste à un état de charge plus élevé beaucoup plus longtemps, sinon la plupart du temps. Cela nuit beaucoup à son vieillissement pour des raisons qui ont été développées plus tôt. Les cellules au lithium aiment le cyclisme car cela signifie qu'elles ne passent pas beaucoup de temps presque pleines ; alternativement, ils peuvent rester heureux à moitié déchargés, voire plus bas, pendant des années.

Investissez dans l'efficacité énergétique ou la capacité de charge, et non dans un stockage inutile

La banque doit être suffisamment grande pour fournir la capacité nécessaire entre les recharges, mais au-delà de cela, tout ce qui sort doit revenir en arrière et la taille de la batterie n'y fait aucune différence. L'argent est mieux investi dans l'efficacité énergétique à bord et la capacité de charge que le stockage.

La question tourne donc autour de la durée de cycle qu'il faut accommoder. Un yacht passant tout son temps sous les tropiques avec un approvisionnement solaire considérable disponible au quotidien n'a pas techniquement besoin de stocker beaucoup plus que sa consommation de nuit, à proprement parler. La capacité d'accueillir un cycle de 2 jours ou de 3 jours peut être précieuse cependant, mais cela nécessite d'adapter la gestion de la batterie. La consommation peut également être réduite dans des conditions défavorables, prolongeant ainsi la durée du cycle et c'est une manière sensée d'envisager la question, par rapport au calcul de tout sur les maxima et les pires cas.

En pratique, les bancs de lithium d'environ 200 Ah sont facilement capables de supporter des yachts avec un système de réfrigération électrique et des charges auxiliaires aux latitudes moyennes et c'est le cas *très difficile* de présenter un cas valable pour l'installation de plus de 300-400Ah sur une embarcation de plaisance judicieusement équipée. Certains, cependant, sont aménagés et exploités comme s'ils étaient liés en permanence au réseau électrique.

Certaines des installations que j'ai  
construites et mises en service  
comprenaient une provision pour  
l'agrandissement en ajoutant un ensemble  
supplémentaire de cellules plus tard si  
nécessaire, afin d'atténuer les inquiétudes  
du propriétaire. Aucune d'entre elles n'a été  
agrandie par la suite.

Alors qu'une banque de batteries au lithium peut facilement être étendue en ajoutant plus de cellules plus tard si nécessaire, la capacité inutile ne peut pas être restituée pour un remboursement. La meilleure valeur à long terme est obtenue lorsque la capacité installée et la gestion de l'installation sont correctes et adéquates.

## Sourcing Cellules

### Fabricants

Il existe de nombreux fabricants de  $\text{LiFePO}_4$  les cellules prismatiques, situées pour la plupart en Chine, mais les seules bien connues sont celles importées et disponibles dans les pays occidentaux. Certains joueurs plus petits comme Hipower et Thundersky ont disparu. Certains des noms les plus anciens du jeu aujourd'hui sont Sinopoly, CALB (China Aviation Lithium Battery) et Winston, ce dernier ayant eu une histoire troublée ces dernières années. À moins de disposer d'un temps et d'un



*Ce sont toutes des cellules courantes sur le marché aujourd'hui : la série CALB SE en bleu et la série CALB CA en gris (maintenant identique autre que pour le boîtier). Les cellules Sinopoly sont noires et les cellules Winston sont jaunes.*

accès importants à un laboratoire, il est très difficile de différencier ces produits d'un point de vue qualité.

Sinopoly et CALB exploitent leurs propres laboratoires de recherche et développement. CALB en particulier s'est également forgé une très solide réputation en matière de contrôle de la qualité des produits, chaque cellule étant mesurée et étiquetée avec sa capacité réelle avant d'être expédiée. Pourtant, les problèmes avec les cellules CALB ne sont pas inconnus. Winston fabrique des cellules fiables et durables depuis très longtemps. Bien qu'il soit pratiquement inconnu, Lishen fabrique également de très bonnes cellules, sélectionnées par un gros client en Suisse à la suite de tests en laboratoire, devant les marques les plus connues.

Bien qu'il soit souvent possible de s'approvisionner en cellules inhabituellement bon marché avec des marques obscures, de telles négociations pourraient ne pas représenter une valeur à long terme. Le comportement de vieillissement des cellules dépend extrêmement de la qualité de leur fabrication et des secrets commerciaux associés à la composition électrolytique et, à cet égard, même les marques les plus connues ne sont pas toutes égales.

## Tailles des cellules

LiFePO prismatique unique de 3,2 V<sub>4</sub> les cellules peuvent aujourd'hui être obtenues en grande capacité, jusqu'à 10 000 Ah. Les cellules couramment disponibles varient entre 40 Ah et peut-être 1 000 Ah. Il convient de souligner que les plus grandes tailles sont destinées à des applications stationnaires où aucune accélération, vibration ou choc n'est jamais subi.

Un directeur commercial chez Sinopoly à qui je parlais était *catégorique* à propos de l'utilisation **Cellules de 100 Ah ou 200Ah uniquement** pour l'assemblage de bancs de batteries marines, le 100 Ah étant préféré et le 200 Ah acceptable Les grandes cellules n'ont tout simplement pas le

rapport résistance structurelle/poids requis pour être prises en mer à bord de petites embarcations et présenteraient une durée de vie raccourcie en raison des dommages mécaniques internes découlant du mouvement continu du navire Il est de bon sens : à mesure qu'une cellule devient plus grande, son poids interne augmente *beaucoup* plus rapide que la rigidité et la surface du boîtier et du boîtier, c'est tout ce qui maintient les plaques ensemble dans une cellule prismatique.

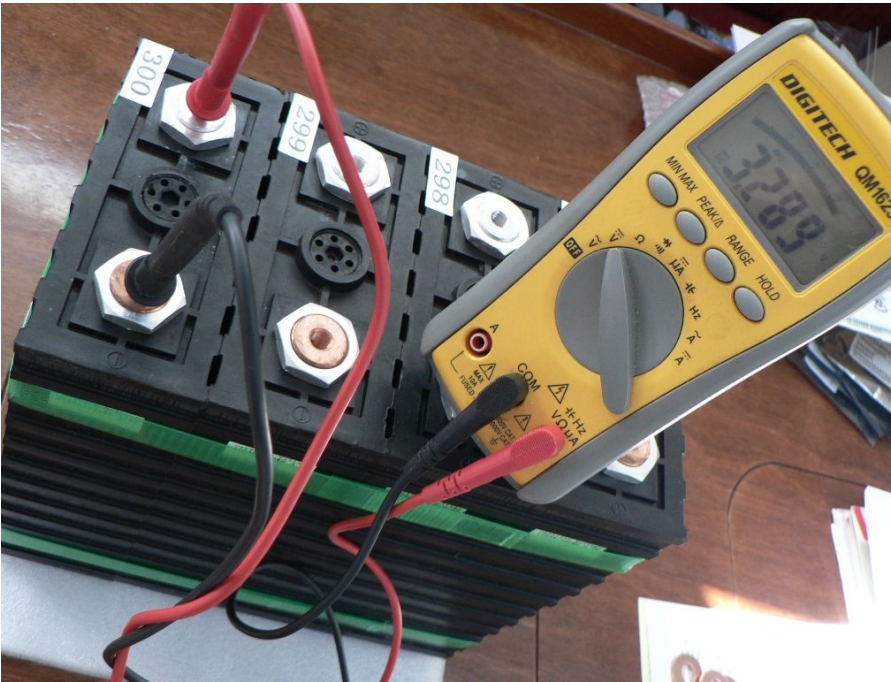
Des pannes ont été signalées sur des navires équipés de cellules 700 Ah suite à des passages océaniques : certaines cellules se sont soudainement révélées perdre leur charge de manière inexplicable, rendant la batterie complètement ingérable et l'affaire s'est terminée par une radiation complète. Tous les packs de batteries commerciales au lithium marin de grande marque sur le marché aujourd'hui sont construits à partir de cellules ne dépassant pas 200 Ah.

Bien qu'il existe certainement des exemples de systèmes de bricolage marins construits avec de grandes cellules en série sans problème, une inspection plus approfondie révèle généralement également l'utilisation d'une péniche ou le mauvais temps, les eaux abritées naviguant. En d'autres termes, le point de données est nul et non avénu si l'intention est de naviguer et de concevoir en supposant que le bateau n'ira nulle part serait discutable.

Les dimensions physiques des cellules, la disponibilité de l'espace à bord et la topologie d'interconnexion sont les autres facteurs qui influencent le choix final du modèle cellulaire Les cellules de 200 Ah sont généralement plus hautes et nécessitent plus de "headroom".

## Condition Vérifier

Autant que possible, lorsque je m'approvisionne en cellules auprès d'un agent local, j'essaie d'y aller physiquement et de vérifier les cellules lorsqu'elles sortent de la caisse. Je refuse normalement d'acheter des cellules qui ne sont plus emballées en usine et qui peuvent avoir été falsifiées.



*Un ensemble de cellules Sinopoly flambant neuves tout juste sorties de la caisse d'usine Tous lisent à moins de 1 mV et leur état de charge est un peu plus de 40%.*

- Je demande des cellules du même lot de production, avec des numéros de série consécutifs Ceux-ci devraient, espérons-le, présenter des caractéristiques plus cohérentes que les cellules choisies au hasard.
- Toutes les tensions des cellules doivent lire en dessous de 3.300 V. Faites attention à l'étalonnage du multimètre là-bas, il y a une grande différence en termes d'état de charge entre 3.31 V (plus de 75 % SOC) et 3.29 V (moins de 45 % SOC). C'est pour m'assurer que je n'obtiens pas des cellules qui ont été assis autour à un SOC élevé. Ce n'est normalement pas un problème avec les cellules expédiées en usine, mais plus de prudence s'applique avec les cellules sur le marché de détail.
- Toutes les tensions des cellules doivent être très étroitement appariées J'aime voir des différences de 1 mV ou moins, mais parfois acceptées jusqu'à 2-3 mV. Aux cellules SOC expédiées à, rien ne justifie des écarts de tension, qui pourraient indiquer une cellule défectueuse ou une altération préalable.
- Évidemment, aucune cellule ne doit présenter de signes inhabituels d'utilisation physique ou de connexion préalable Toutes les cellules sont connectées, chargées et déchargées en usine après la fabrication, il n'y a donc aucune raison pour qu'aucune d'entre elles apparaisse différente, à moins que la cellule ne soit en fait d'occasion.

Si je passe une commande et que je ne peux pas vérifier physiquement les cellules moi-même avant l'achat, j'énonce explicitement toutes ces conditions par écrit avec ma commande, de sorte qu'elles deviennent

contractuellement contraignantes si la commande est exécutée. Cela peut grandement contribuer à éliminer la tentation de glisser une cellule d'occasion "perfectly good" dans un lot pour s'en débarrasser, savoir que le retourner serait un gros tracas pour l'acheteur.

## Conditions de garantie

Avant l'achat, je reçois également une déclaration de garantie du fournisseur Bien que la garantie soit généralement limitée à un an, cela devrait couvrir tout problème découlant de problèmes majeurs de fabrication.

Les garanties sur les piles au lithium sont délicates, car les piles peuvent facilement être endommagées par une mauvaise utilisation et les fournisseurs ne le savent que trop bien Les chances de faire une réclamation réussie pour une banque en ruine ou sur une installation où la protection au niveau des cellules n'existait pas seraient proches de zéro (et à juste titre), mais il serait très difficile pour un fournisseur de repousser en cas de panne d'une seule cellule sur un système correctement conçu.

Dans certains pays, les clauses de garantie proposées par les fournisseurs en général entrent délibérément en conflit avec les lois applicables en matière de protection des consommateurs, de sorte qu'une garantie d'un an ne signifie pas automatiquement que tous les paris sont désactivés après 12 mois.

## Packs pré-équilibrés

Certains revendeurs proposent parfois des packs de cellules équilibrées "ready-to-go" Bien que cela puisse paraître plus simple que de devoir effectuer un équilibrage des cellules, la grande quantité d'incertitude existant autour de la façon dont les cellules ont été équilibrées et traitées incite à une extrême prudence. Ces packs peuvent avoir été exposés à une tension excessive puis laissés complètement chargés pendant de longues périodes, ce qui les rend plutôt indésirables à posséder : les cellules sont déjà endommagées.

Les considérations sur l'équilibrage des cellules ci-dessous contiennent toutes les informations utiles nécessaires pour valider le processus utilisé par le fournisseur, si jamais on est tenté de suivre cette voie.

## Liens cellulaires

Envisagez de se procurer des maillons de cellules et des boulons en acier inoxydable en même temps que les cellules Les fabricants de cellules proposent presque toujours ceux-ci Utilisez des maillons en cuivre massif dans les installations marines Les sangles tressées, telles



que les sangles de mise à la terre, même étamées, ne sont pas une bonne idée. Elles ont une section transversale moindre qu'un conducteur solide et ne vieilliront pas aussi bien dans le milieu marin. Un jour, ils sont voués à se corroder et à s'échauffer gravement.

*Lien d'interconnexion de cellules en cuivre Ceux-ci sont facilement disponibles auprès des fabricants et revendeurs de batteries.*

Alternativement, source 40 x 6 mm (1 ½ x ¼") barre plate en aluminium, coupez-la et percez-la pour l'adapter. Poncez les zones de contact brillantes pour éliminer la fine peau d'oxyde. Si vous utilisez des liens DIY, envisagez d'isoler les sections entre les bornes de la cellule à l'aide d'un tube thermorétractable ; cela réduira considérablement les risques de provoquer un court-circuit accidentel lors du travail ultérieur autour des cellules. De telles liaisons longues faites maison sont particulièrement efficaces lorsqu'il s'agit de blocs de cellules en parallèle et fonctionnent beaucoup moins cher que les liaisons simples en cuivre.

Dans tous les cas, les boulons doivent être suffisamment longs pour s'enfiler profondément dans les bornes de la cellule et être munis de rondelles de verrouillage.

## Considérations sur les transports

### *Caisse d'expédition pour piles au lithium*

L'expédition de batteries lithium-ion relève actuellement de règles très restrictives car elles sont classées comme marchandises dangereuses *UN3480 Classe 9*. Cette détermination peut augmenter considérablement les coûts de fret et rend le fret aérien pratiquement impossible aujourd'hui (2016).

Les frais de fret maritime, en revanche, sont généralement calculés sur une quantité minimale de 1 mètre cube ou 1 tonne métrique (break bulk ou LCL) et obtenir un bon devis honnête pour un petit envoi unique peut être plus que problématique au mieux. À moins que la commande ne soit suffisamment importante pour approcher 1 mètre cube, il n'est généralement pas rentable d'envisager le fret maritime international, en provenance généralement de Chine, en raison de la multitude de frais de traitement fixes et de frais associés au débarquement et au dédouanement de la cargaison.

La voie la plus pratique pour s'approvisionner en petit nombre de cellules passe souvent par une entreprise qui importe déjà de telles batteries à des fins ou à d'autres, comme les conversions de véhicules électriques.

# Topologie de la banque de batteries

Une fois que la tension du système et la capacité prévue ont été établies et qu'une source/fabricant a été identifié pour les cellules, la topologie de la banque peut être déterminée en fonction de la taille de la cellule.

## Interconnexion électrique

Le principe est toujours le même : un système nominal 12 V nécessite quatre blocs identiques de cellules nominales 3,2 V, et une installation 24 V en nécessite huit. Chacun de ces blocs doit offrir la capacité recherchée. Les cellules de la gamme 100 Ah à 200 Ah sont des blocs de construction relativement petits et l'assemblage de banques plus grandes nécessite de créer des configurations parallèles.

Les terminaux cellulaires et les plaques de liaison doivent l'être poncé propre et lumineux avant l'assemblage : les connexions à haute résistance entraînent immédiatement des points chauds à courant élevé avec la chaleur circulant directement dans les cellules. Les connexions doivent toujours être très serrées pour les mêmes raisons.

Dans sa plus simple expression, une banque de lithium de 12 volts est construite à partir de 4 cellules connectées en série ; c'est aussi la configuration la plus sûre. Si plus de capacité est nécessaire, deux options principales sont disponibles en termes d'architecture et de schémas d'interconnexion.

## Parallèle d'abord, puis série

Le schéma le plus courant et le plus simple consiste à créer des blocs parallèles de cellules de la capacité requise, puis à les relier en série pour atteindre la tension recherchée.

Un LiFePO<sub>4</sub> 200Ah<sub>4</sub> bank peut être assemblé à l'aide de quatre cellules 200Ah connectées en série, ou *quatre groupes en série de deux cellules 100Ah en parallèle*. La première topologie serait désignée par 4 S (quatre en série, figure A ci-dessous) et la seconde par 2P4 S (deux parallèles, quatre fois en série, figure B ci-dessous).

*Schémas d'interconnexion cellulaire pour les systèmes 12 V. "A" représente une configuration 4 S, "B" un arrangement 2P4 S et "C" est le même, mais fusionné.*

Le principal avantage de ces configurations est qu'elles minimisent la complexité de la protection requise. Il est également très facile d'interconnecter physiquement les cellules de cette manière. L'inconvénient de la configuration B est que, si une cellule tombe en

panne en court-circuit interne, les autres connectées en parallèle s'y déchargeront, aggravant potentiellement la situation.

Cela introduit un risque faible, mais supplémentaire, dans le système qui n'existe pas avec un schéma d'interconnexion en série pure comme sur la figure A. La connexion des cellules en parallèle pour atteindre de grandes capacités est très courante cependant, même à l'échelle industrielle dans des installations fixes.

## **Fusion de cellules individuelles ou de blocs de cellules**

Une variante du schéma de blocs parallèles de la figure B est la fusion de tout ou partie des liaisons de cellules parallèles (figure C ci-dessus). Le défi réside dans le dimensionnement des fusibles aussi petits que possible, tout en restant suffisamment grands pour transporter les courants normalement attendus sans chute de tension excessive et sans risque de soufflage. On notera que dans le cas de la configuration C, les fusibles ne devraient jamais voir beaucoup plus de la moitié du courant total de la banque. La fusion ne peut pas empêcher les bonnes cellules de se décharger dans une cellule défectueuse, elle ne peut que les empêcher de *fortement* s'y engageant, le résultat et l'efficacité de tels programmes sont donc incertains.

À bord des navires maritimes où les charges telles que l'onduleur et le guindeau tirent généralement plus de 100 A, les exigences en matière de fusion peuvent être placées si haut qu'elles compromettent la valeur de tels arrangements pour les petites berges.

*Dans les schémas d'interconnexion parallèles plus importants, tels que cette configuration 3P4 S, la fusion individuelle des cellules devient de plus en plus importante et offre un degré de tolérance aux pannes.*

Plus il y a de cellules connectées en parallèle, plus la quantité d'énergie disponible pour le chauffage d'une cellule défaillante est élevée de manière incontrôlable, mais plus les courants individuels des cellules sont faibles. Cela peut rendre les schémas de fusion de cellules individuelles plus efficaces pour les installations plus grandes. Dans la configuration 3P4 S de la figure D, chaque cellule ne contribue qu'à un tiers du courant total et la défaillance d'un fusible de cellule ne compromet pas immédiatement l'alimentation électrique du navire.

Les grands récipients peuvent utiliser des bancs comprenant 8 à 10 cellules en parallèle dans chaque bloc, puis une fusion individuelle peut devenir très efficace.

## **Banques parallèles**

S'écarter des topologies de groupes parallèles conduit à construire des banques complètement séparées puis connectées en parallèle. Cela nécessite une duplication complète du système de protection/gestion, mais peut être justifié.

*Un système de protection active avec deux banques 4 S gérées de manière indépendante offre à la fois une redondance et le plus haut degré de protection, mais au prix d'une duplication du système de gestion.*

La limite de taille de cellule physique approximative de 200 Ah détermine la capacité de chaque pack protégé individuellement si aucun risque de décharge parallèle n'est l'objectif. C'est la façon dont les offres commerciales de lithium marin sont habituellement construites, car elle minimise les responsabilités associées. Une défaillance de cellule provoque la déconnexion du pack associé et la seule énergie impliquée est celle contenue dans la cellule défaillante.

## Résumé

Une configuration 4 S simple (schéma A) offre à la fois simplicité et sécurité maximale pour un système nominal de 12 volts. Elle permet de construire des systèmes jusqu'à 200Ah.

La majorité des batteries au lithium DIY construites à ce jour ont utilisé la configuration parallèle+series (figure B), occasionnellement avec fusion partielle comme le montre le diagramme C. Ces topologies ne sont pas rares non plus dans les grandes installations stationnaires. Au moment de la rédaction, je n'ai connaissance d'aucun incident découlant d'une défaillance cellulaire isolée au sein d'une banque sur un système de bricolage marin. Cela ne veut pas dire que cela ne pourrait pas arriver.

Les propriétaires potentiels de très grandes banques de batteries au lithium devraient sérieusement envisager d'utiliser une fusion de cellules individuelles, comme le montre la figure D, ou de se rendre dans plusieurs banques parallèles comme le montre le diagramme E. Le grand nombre de cellules augmente les chances de voir une panne isolée et le petit la taille de la cellule par rapport à la banque suggère des effets potentiels plus importants.

Les batteries automobiles de production sont généralement constituées d'un très grand nombre de petites cellules et sont généralement fusionnées selon la figure D, et également divisées en blocs gérés et protégés séparément. Ceux-ci sont généralement connectés en série par la suite pour obtenir des tensions CC élevées, ce qui est hors de portée ici.

La configuration E est sans doute la meilleure lorsqu'il s'agit de minimiser les risques et de maximiser la fiabilité tout en atteignant une capacité cible plus grande. C'est plus coûteux en raison de la duplication des équipements de protection des batteries et des sectionneurs à courant élevé, mais dans le contexte de la construction d'une grande batterie au lithium, le coût de la protection doit être considéré comme faible.

Utiliser des cellules plus grandes afin de rester avec une configuration 4 S simple tout en atteignant une capacité plus élevée constituerait probablement un choix très douteux. Les cellules souffrant en interne de contraintes physiques et de dommages sont beaucoup plus susceptibles de tomber en panne et de court-circuiter que les cellules plus petites et plus robustes simplement connectées en parallèle.

## Installation Mécanique

On pensait autrefois que les cellules prismatiques pouvaient fonctionner dans plus ou moins n'importe quelle position car elles ne contiennent pas vraiment de liquide libre. De nos jours, les fabricants sont beaucoup plus prescriptifs en matière de position d'installation. Dans la plupart des cas, la seule position acceptable est verticale, [TRADUCTION], bouchon d'aération et bornes sur le dessus (Sinopoly, Winston). Des fois, il peut être acceptable de les monter sur chant, avec les bornes sur le côté (CALB). Cela peut varier non seulement d'un fabricant à l'autre, mais aussi d'un modèle de cellule à l'autre, de sorte que la recherche d'un guidage spécifique est une étape judicieuse si l'on envisage une position d'installation impaire.

Interrogé, Sinopoly a indiqué que l'installation de la cellule dans toute autre position que verticale entraînerait le séchage de certaines plaques au bout d'un certain temps, ce qui l'endommagerait. Les installer à plat sur le côté est hors de question dans tous les cas.

Les cellules doivent être installées de manière sécurisée de telle sorte qu'aucun mouvement ne soit possible les unes par rapport aux autres, sinon elles solliciteront les bornes et les plaques de liaison. Les cellules prismatiques doivent également être serrées entre elles entre les plaques de compression, car l'application d'une légère pression contribue à empêcher le délaminage des électrodes, encore plus en présence de chocs et de vibrations comme on le trouve sur les navires. Cela aide également à empêcher les internes des cellules de se déplacer en cas de choc violent, ce qui peut entraîner des courts-circuits internes aux cellules. Le serrage est une condition de garantie courante chez les fabricants. Le cerclage des cellules ensemble n'est tout simplement pas suffisant d'ailleurs.

La banque doit également être installée de telle manière qu'elle ne puisse pas se décaler et que rien ne puisse venir court-circuiter les bornes de la cellule. Cela peut impliquer de monter un couvercle sur les cellules.

## Emplacement

### Considérations sur la température ambiante

Les batteries au lithium vieillissent à un rythme accéléré et se dégradent très rapidement à des températures élevées. Pour cette raison, l'installation d'un banc dans un compartiment moteur est totalement hors de question. Les températures ambiantes dans le compartiment batterie ne doivent pas dépasser 30°C.

Inversement, excessivement basses températures peut entraîner une réduction temporaire des performances et de la capacité de décharge et une dégradation des cellules pendant la charge. Les batteries marines ne fonctionnent normalement pas à des courants très élevés, mais une charge inférieure à 0°C est un problème qui peut survenir pour certains navires dans certaines zones et doit être évité, en particulier à des courants élevés.

Le volume à l'intérieur de l'espace d'hébergement et sous la ligne de flottaison est souvent le plus approprié en termes de conditions de température ambiante pour loger un parc de batteries au lithium. Les navires opérant dans les eaux polaires ou faisant face à des hivers rigoureux peuvent nécessiter des dispositions spéciales allant du chauffage du compartiment de la batterie à la mise hors service de la charge.

### Chocs et accélérations

Les cellules prismatiques sont constituées de plaques minces empilées ensemble au sein d'un boîtier en plastique semi-rigide. La pile elle-même n'a guère de résistance structurelle autre qu'en compression. Les bords des plaques sont faibles et peuvent être sujets à des dommages si les cellules sont exposées à de violents impacts. L'installation de cellules prismatiques au lithium dans la section avant d'un navire marin est hors de question, peu importe à quel point il peut être tentant d'alimenter un guindeau. Les cellules cylindriques enroulées seraient loin d'être robustes d'ailleurs, mais l'ensemble de batterie contenant un grand nombre de cellules aussi petites peut ne pas le secouer avec le temps pourrait transformer la batterie en un risque d'incendie.

Un banc de batteries au lithium doit être installé à l'arrière du milieu du navire généralement, dans la partie la plus confortable du navire et les

cellules doivent être fermement serrées comme indiqué précédemment  
Dans le cas des navires offshore, la perspective de tomber d'une vague par gros temps ne peut pas être entièrement exclue, d'où l'importance de sélectionner des cellules de taille et de poids modestes pour la construction de bancs de batteries marines.

## Mesure des tensions cellulaires

Avant de construire une banque de batteries au lithium et des cellules d'équilibrage, assurez-vous d'avoir accès à un multimètre numérique calibré de bonne qualité : les instruments bon marché et de qualité indésirable ne sont rien d'autre que *générateurs de nombres aléatoires inspirés de la tension*. Il devrait se lire *au moins* à moins de 10 mV de la tension réelle dans la plage de 3 à 4 volts avec une répétabilité parfaite et quels que soient les changements de température ambiante.

Bon nombre des multimètres "marinised" que j'ai rencontrés au fil des ans étaient sortis de 0,1 V ou pire Si vous possédez l'un d'entre eux, avec les sondes courbées proverbiales ou les dériviations cassées, rendez-vous service et placez-le soigneusement dans une poubelle si vous ne pouvez pas le donner Alors que la plupart des multimètres peuvent être ajustés en interne, les plus bon marché et les plus méchants résistent aux tentatives d'étalonnage en dérivant ensuite partout. La référence de tension interne à laquelle ils mesurent ne vaut rien et les circuits de mesure ne sont pas compensés en température.

Un instrument avec une plage de 4 000 comptes, plutôt que les 2 000 comptes plus courants trouvés sur les unités bas de gamme, signifie également qu'il est capable d'afficher des différences jusqu'à un seul millivolt entre 3 et 4 volts.

Mesurez toujours les tensions des cellules directement à partir des bornes métalliques de la cellule elles-mêmes, plutôt que des liens ou boulons de la cellule Les lectures sont beaucoup plus fiables Et gardez votre instrument dans une boîte de congélation en plastique scellée, avec les fils soigneusement pliés et une batterie de rechange : cela permet également des lectures plus fiables à long terme!

## Manipulation sûre

De nouvelles cellules sortent de leurs caisses équipées de capuchons isolateurs au-dessus de leurs bornes pour éviter les courts-circuits accidentels. L'extraordinaire capacité de courant de décharge des piles au lithium a été discutée déjà. Les risques d'accident sont très élevés lors de la connexion, de la déconnexion et de la réagencement répétés de cellules pour l'équilibrage et la construction d'une banque de batteries

Gardez les bouchons isolateurs sur les bornes des cellules aussi longtemps que rien n'est connecté et isolez les outils utilisés pour la réalisation des connexions. La plupart des cellules dans les tailles adaptées à la construction de banques marines utilisent des boulons M8 et nécessitent une clé de 13 mm ou un entraînement de prise. Enroulez cet outil avec un ruban isolant, ou mieux, un tube thermorétractable, s'il doit être utilisé de manière soutenue, en ne laissant que du métal exposé à l'extrémité de travail. De la même manière, couvrez le haut des cellules sur lesquelles vous ne travaillez pas.

Le court-circuit des cellules tout en travaillant sur leurs connexions avec une clé pourrait entraîner des brûlures intenses et l'outil incriminé pourrait se souder aux bornes avant de tomber en panne "fuse-style", envoyant du métal en fusion voler. Regarder les gens travailler sur des connexions cellulaires est une chose qui me rend toujours nerveux.

## Équilibrage cellulaire

Avant qu'une banque ne soit physiquement assemblée en place, les cellules doivent être équilibrées. Cette étape est absolument critique, car si une cellule devient complètement chargée avant les autres, sa tension et sa résistance augmentent très rapidement, le courant de charge s'effondre et les autres cellules ne peuvent plus être chargées.

Lorsque les cellules sont fabriquées, leur capacité réelle s'écarte toujours plus ou moins de leur capacité nominale prévue ; ensuite, les cellules sont cyclées, testées puis laissées partiellement chargées par l'usine avant l'expédition. Il y a toutes les chances que des cellules appartenant même au même lot de production ne partagent pas toutes exactement la même capacité et n'atterrissent pas dans un état qui permettrait simplement de les connecter en série pour obtenir une batterie équilibrée.

*Essayer de faire fonctionner un parc de batteries déséquilibré, par exemple lors de l'assemblage de nouvelles cellules sans précautions, entraîne des problèmes à la fois de charge et de décharge. Ici, la cellule 4 est surchargée tandis que les autres ne sont pas encore pleines et la cellule 2 atteint une condition de surdécharge tandis que les autres ont encore une certaine capacité.*

Au mieux, sur un système bien conçu, le déséquilibre cellulaire provoque une réduction de la capacité disponible et potentiellement une sorte d'alarmante, voire de déconnexion ; sur un système non protégé et non géré, cela entraîne une destruction cellulaire et peut entraîner développements dangereux.



Une banque peut être équilibrée en haut ou en bas, mais jamais les deux, car les cellules ne partagent jamais exactement la même capacité. Le choix dépend de l'application et du type de service.

## Équilibrage inférieur

L'équilibrage par le bas est normalement très indésirable pour les banques de maisons marines car elles ne sont presque jamais, voire jamais du tout, complètement déchargées et cela crée des difficultés les plus indésirables avec la facturation. La facturation et la gestion des banques équilibrées par le bas ne seront pas développées ici pour ces raisons.

Par souci d'exhaustivité et de compréhension uniquement, certaines informations sont fournies ici sur l'équilibrage du fond.

*Toutes les cellules sont d'abord déchargées à un niveau bas commun avant d'être assemblées. La charge fait qu'une cellule atteint sa pleine charge avant les autres, mais une décharge profonde n'est en revanche pas un problème.*

L'objectif de l'équilibrage par le bas est de s'assurer que toutes les cellules atteignent leur limite de charge basse uniformément ensemble. L'équilibrage par le bas a le plus de sens dans les applications où la décharge profonde se produit régulièrement, comme dans le cas des véhicules électriques qui sont conduits presque au point de manquer d'énergie. Pour cette raison, l'équilibrage par le bas a été introduit (et plutôt avec succès en plus) par les personnes construisant des voitures électriques DIY, des, comme Jack Rickard à EVTV; jusque-là, non seulement ils ont perdu beaucoup de cellules, mais certains ont également réussi à incinérer quelques véhicules.

Afin d'équilibrer par le bas un ensemble de cellules, chaque cellule doit être déchargée jusqu'à une tension qui est égale ou inférieure à ce que sera le réglage de coupure basse tension. Généralement, cela signifierait une valeur d'environ 2,5 V. Le moyen le meilleur et le plus rapide d'y parvenir est de câbler toutes les cellules en parallèle et de les décharger via un dispositif de déconnexion automatique basse tension. Les résistances de puissance ou les ampoules sont toutes des charges utilisables pour la décharge.

Il ne faut pas oublier que si les cellules sont accidentellement sur-déchargées dans ce processus, elles seront détruites. La sur-décharge signifie atteindre en dessous de 2.0 V pour LiFePO<sub>4</sub> chimie.

Une fois que toutes les cellules sont tombées à la même basse tension stabilisée, la banque peut être assemblée et chargée.

Une banque qui a été équilibrée par le bas le fera *s'équilibrer invariablement à la fin de la charge*. C'est inévitable La tension de la plus petite cellule culminera devant les autres et étranglera le courant de charge Si, à ce stade, la charge ne l'est pas *immédiatement* abandonnée, cette cellule obtiendra rapidement endommagé par une surcharge.

## Équilibrage supérieur

L'objectif de l'équilibrage des sommets est d'assurer que toutes les cellules se rassemblent complètement à la fin de la charge. L'équilibrage des sommets est presque la règle pour toutes les applications où une décharge très profonde n'a pratiquement jamais lieu, et cela inclut précisément les banques d'équilibrage des fonds rend la tâche de recharge de la banque plus simple, car la tension totale de la batterie est répartie de manière assez uniforme entre les cellules proches de l'extrémité supérieure.

À l'extrémité inférieure, une cellule tombera invariablement en premier et si le banc est déchargé au-delà de ce point et que la tension de la cellule la plus faible tombe en dessous de 2,0 V, ce sera le cas détruit par surdécharge.

*Toutes les cellules sont complètement chargées avant d'être assemblées. Une décharge profonde peut amener la plus petite cellule à frapper le bottom", mais la charge n'est normalement pas un problème et toutes les cellules peuvent facilement être arrêtées avant une surcharge.*

L'équilibrage supérieur est de loin le processus le plus couramment utilisé pour construire une banque de batteries au lithium, car les problèmes de déséquilibre cellulaire au bas de l'échelle ne deviennent normalement jamais apparents, au motif qu'un cycle aussi profond ne se produit normalement pas ; à ce stade, la banque n'a pratiquement plus d'énergie stockée et la couper devient une réponse simple et logique.

Afin d'équilibrer les cellules, elles doivent être chargées en parallèle jusqu'à bien dans la région supérieure de "knee" du courbe de tension, où de petites différences d'état de charge deviennent très visibles en termes de tension de cellule.

La façon dont les cellules se chargent réellement n'a pas d'importance tant qu'elles sont maintenues dans leurs limites de tension partout Contrairement à ce qui est souvent indiqué, il est inutile de pousser les cellules à des tensions dépassant largement 3,6 V pour les équilibrer C'est juste un bon moyen de commencer avec des dommages électrochimiques et de ne réaliser absolument rien d'autre.

Nous allons présenter deux options pour équilibrer un ensemble de cellules.

## Méthode 1 : Chargement et équilibrage des cellules à l'aide d'une unité d'alimentation régulée

Il existe quelques options disponibles pour charger et équilibrer d'abord les cellules. L'utilisation d'une unité d'alimentation électrique de paillasse régulée (PSU) est l'approche couramment promue et aussi la moins pratique et accessible pour un travail ponctuel à bord de – qui est souvent le contexte en place lors de la construction d'un système de bricolage sur un yacht de croisière océanique. Ce processus est très lent, inefficace et nécessite une unité d'alimentation régulée et une alimentation secteur pendant plusieurs jours.

Dans certains cas, ces contraintes ne s'appliquent pas ou cette méthode peut être combinée avec la deuxième méthode pour "finish off" les cellules, donc le processus est expliqué ci-dessous, mais vous devriez préférer la deuxième méthode décrite.

**N'utilisez jamais un chargeur de batterie courant:** sa sortie n'est pas régulée et, même si elle est capable de tenir sans surcharge et déclenchement, elle ne peut pas limiter la tension à mesure que les cellules se chargent. Le résultat garanti sera au mieux un ensemble de cellules totalement détruit, ou un incendie. N'imaginez pas une seconde que vous serez capable de "voir son coming" et de l'empêcher. La tension semble rester constante pour toujours, puis augmente rapidement sans aucun avertissement.

Vous avez besoin d'une unité d'alimentation réglable et régulée pour suivre ce processus.

*Cellules de charge parallèle et d'équilibrage supérieur utilisant une unité d'alimentation régulée (PSU).*

*La régulation de tension est essentielle pour garantir que la tension cible ne puisse pas être dépassée.*

Tout d'abord, alimenter le PSU *avant* y connecter n'importe quoi et n'interrompez jamais le secteur tant qu'il y a des batteries qui y sont connectées. Certaines PSU ne sont pas bien protégées contre le flux de courant inverse et ne sont pas destinées à être utilisées avec de grandes charges capacitives!

Si possible, utilisez un bloc d'alimentation explicitement adapté pour charger une batterie ; dans le doute, soyez très prudent car un accident

peut facilement l'endommager. Si de la fumée s'en échappe, vous ne la récupérerez jamais.

1. Avec la sortie déconnectée, [traduction], réglez la limite de régulation de tension à 3,40-3,45 V et préréglez la limite de courant (le cas échéant) à une valeur qui ne surchargera pas le PSU. Reportez-vous au manuel comme il faut. En cas de doute, commencez toujours par une limite de courant faible et ne dépassez jamais 80 % de la sortie nominale.
2. Avec toutes les cellules câblées en parallèle, connectez le PSU, chargez en vrac et absorbez jusqu'à ce qu'aucun courant ne circule plus. La tension restera autour de 3,3 V pendant très longtemps avant de commencer à monter. La charge de cette façon peut prendre plusieurs jours. Cela va presque charger complètement les cellules sans les stresser indûment, mais ne les maintenez pas indéfiniment à cette tension. Continuez à les vérifier au moins quelques fois par jour. Déconnectez brièvement les cellules et revérifiez le réglage de la limite de tension sur le bloc d'alimentation: *mieux vaut être sûr que désolé*. Évitez de charger les cellules individuellement ou par lots ; l'ensemble du processus prendrait tout aussi de temps, mais en entraînerait également quelques-uns complètement chargés pendant plusieurs jours.
3. Une fois que la tension a atteint la limite de régulation de sortie du bloc d'alimentation et qu'il n'y a plus de courant de charge apparent, déconnectez les cellules du PSU et augmentez la limite de régulation de la tension de sortie à 3,60 V.
4. Puis, en restant là seulement, 1, reconnectez les cellules et laissez la tension monter jusqu'à 3,60 V et se stabiliser pendant quelques minutes ; cela prend normalement peu de temps et de courant supplémentaire, à condition que les cellules soient entièrement absorbées à la tension inférieure. Que vous cibliez 3,60 V, 3,65 V ou même 3,70 V n'a aucune conséquence ni intérêt si vous surveillez activement le processus, car ces valeurs sont souvent atteintes à quelques secondes d'intervalle seulement.
5. Débranchez à nouveau le PSU des cellules et attendez. Les cellules doivent tenir au-dessus de 3,50 V pendant au moins 30 minutes. Si ce n'est pas le cas, remontez-les et maintenez-les encore un peu jusqu'à ce qu'elles le fassent. À 3,60 V, vous devrez peut-être insister un peu plus que si vous utilisiez 3,65 ou 3,70 volts ; c'est tout.

Comme pour toute charge sans surveillance de batteries au lithium, il faut réfléchir très attentivement aux

## conséquences potentielles d'une panne quelque part

À l'aide d'un PSU réglementé, une défaillance de l'unité – aussi improbable que – ne peut être totalement exclue et il n'y a pas d'autre ligne de défense en place. Espérons, il se contenterait de trébucher, mais si ce n'était pas le cas, cela pourrait conduire à un incendie de batterie. Quelqu'un pourrait également passer et interférer avec l'équipement pendant la charge avec le même résultat.

## Méthode 2 : Chargement et équilibrage des cellules à bord

Après avoir procédé à la charge et à l'équilibrage des cellules de quelques manières différentes, j'ai conçu cette méthode. Elle est depuis devenue la solution de choix pour les projets de batteries au lithium ponctuelles, car elle est beaucoup plus efficace et ne nécessite pas d'équipement qui n'est pas déjà disponible à bord.

L'idée est de charger rapidement les cellules en vrac à l'aide du moteur et de l'alternateur du bateau, puis d'adresser la partie d'équilibrage séparément.

Je le considère également comme potentiellement plus sûr, car il est suffisamment court pour être entièrement supervisé.

Bien que le processus ne prenne généralement que quelques heures, cela nécessite *vigilance sans faille*. Ceci n'est réalisable que parce que le délai est court. Si vous avez accès à une PSU régulée, passez à l'étape 6 et envisagez ensuite de terminer en utilisant la première méthode.

1. Assembler les piles au lithium dans le topologie finale la banque utilisera et y boulonnera les câbles de batterie embarqués, comme si elle effectuait un remplacement direct. Dans certains cas, cela nécessite d'abord de déplacer les anciennes cellules au plomb. Il est important qu'une connexion robuste soit établie entre la batterie au lithium et l'alternateur.
2. Démarrez le moteur normalement, faites tourner au ralenti pendant quelques minutes, puis faites-le monter. Cela entraînera immédiatement une sortie d'alternateur élevée. Vérifiez que le poste B+ (sortie) de l'alternateur ne chauffe pas ; cela indiquerait une mauvaise ou une mauvaise connexion et entraînerait facilement la panne de l'alternateur. Vérifiez également toutes les connexions des cellules pour détecter toute augmentation de température. Toutes les connexions électriques doivent rester froides. Ensuite, soyez attentif à la température de l'alternateur. Il

est conseillé de ne pas maintenir le courant de charge supérieur à 80 % de la puissance nominale de l'alternateur Gardez le compartiment moteur ouvert si nécessaire et réduisez les régimes moteur si nécessaire Les navires bimoteurs comme les catamarans peuvent (et doivent généralement) charger avec les deux moteurs Gardez un voltmètre connecté directement à la banque.

3. Faites une tasse de thé et regardez la tension Les nouvelles cellules sont normalement expédiées à 40-50 % SOC, de sorte qu'un simple calcul initial peut fournir une idée du temps de charge C'est normalement une question de 1-2 heures Après être resté stagnant autour de 13.40 V pendant une longue période, la tension finira par commencer à monter. Mesurez périodiquement les tensions individuelles des cellules pour vous assurer qu'elles ne divergent pas anormalement et qu'elles restent toutes inférieures à 3,60 V. **Si cela devient fastidieux ou si une distraction s'installe, arrêtez le moteur, débranchez la banque et continuez plus tard.** Si une cellule atteint prématurément 3,60 V ou, à l'inverse, est clairement en retard par rapport aux autres, cela indique que les cellules n'étaient pas du tout dans un état de charge cohérent lorsqu'elles ont été obtenues. Cela doit être considéré comme un indicateur d'avertissement concernant un problème de qualité potentiel, comme une différence significative dans le taux d'autodécharge ou la résistance interne.
4. La tension finira par atteindre la limite de régulation de l'alternateur, normalement 14.20-14.40 V. Si celle-ci a été réglée plus haut (grâce à l'utilisation d'un régulateur externe typiquement), ne lui permettez pas de dépasser 14.40 V. A ce stade, les tensions individuelles des cellules devraient encore apparaître très uniformes, car les cellules ont été chargées à un taux assez élevé et ne sont pas encore pleines ; seule la charge en vrac est terminée.
5. À partir de ce moment, des différences dans les tensions des cellules vont commencer à apparaître. Seules les tensions individuelles des cellules comptent. Identifiez la ou les cellules les plus hautes et réduisez progressivement les régimes du moteur, de sorte qu'aucun ne dépasse 3,60 V. Continuez à réduire les régimes jusqu'au ralenti, puis arrêtez le moteur sur un navire à deux moteurs, réduisez et arrêtez d'abord un moteur Après environ 30 minutes, la majeure partie de la phase d'absorption est terminée et le *déséquilibré* la banque ne peut pas être facturée davantage sans rencontrer de problèmes de tension cellulaire excessifs.
6. Déconnectez-vous et désolidarisez la banque, et maintenant *connectez toutes les cellules en parallèle*. Si une cellule lit plus de 0,1 V plus haut ou plus bas que le "pack", mettez-la en parallèle avec un petit câble de saut d'obstacles au début pour éviter toute

intrusion de courant importante, et connectez-la avec la plaque de liaison lourde une fois la différence apaisée.

7. Une fois que toutes les cellules sont câblées en parallèle, elles doivent être correctement rechargées et équilibrées.

- a. Si une capacité solaire importante est disponible, prélevez l'alimentation solaire des panneaux (avant tout contrôleur de charge !) et connectez-la directement à la banque de lithium. Les panneaux solaires sont des sources de courant et ne se soucient pas de leur tension de sortie. Ils contribueront à peu près au même courant à n'importe quelle tension.
- b. Alternativement, faites le pont avec les anciennes batteries au plomb (ou un chargeur de batterie de base) en utilisant **quelques mètres** d'électrique **fil** (pas de câble !). Le fil agit comme une résistance, laissant tomber la tension et limitant le courant. Selon la longueur disponible, 2,5 mm<sup>2</sup> (12 AWG) ou 4,0 mm<sup>2</sup> (10 AWG) sont normalement des choix appropriés. S'il y a des batteries 6 V disponibles, pont à partir de 6 V, sinon pont à partir de 12 V. **Le fil chauffera à la suite de la chute de tension. S'il fait trop chaud, arrêtez-vous et utilisez un fil plus long ou plus petit.** Faites preuve de prudence et de bon sens.
- c. Amenez toutes les cellules jusqu'à 3,60-3,65 V, déconnectez-vous et continuez à vous recharger de cette façon jusqu'à ce qu'elles restent toutes au-dessus de 3,50 V pendant au moins 30 minutes. Elles sont alors pleines et équilibrées. **Ne laissez en aucun cas le circuit fermé et sans surveillance;** il détruirait très rapidement toutes les cellules.

Cette méthode est plusieurs fois plus rapide que la charge parallèle partout, mais plus exigeante en main-d'œuvre et nécessite une attention continue. Elle n'est réalisable que parce que maintenir une mise au point complète pendant une période de 2 à 3 heures n'est pas déraisonnable. Si vous êtes négligent ou trop confiant et laissez le processus sans surveillance pendant n'importe quel laps de temps, vous allez probablement endommager ou même perdre les cellules complètement.

## Considérations supplémentaires

Quelques notes supplémentaires concernant l'équilibrage des cellules:

1. Abstenez-vous de pousser les tensions des cellules au-dessus de 3,60-3,65 V. Vous pouvez échanger un peu plus de temps contre moins de tension et atteindre la même chose sans stresser les cellules. L'équilibrage des cellules n'est pas un processus dangereux impliquant des tensions excessives, des pistolets à

température infrarouge et un extincteur en veille : il s'agit simplement d'une charge unique et entièrement parallèle dans les limites de tension normales.

2. Utiliser des plaques de liaison lourdes ou un câblage substantiel en relation avec le courant de charge pour connecter les cellules en parallèle, et de préférence alimenter " dans le middle" L'objectif est de maintenir toutes les cellules exactement à la même tension pendant qu'elles sont en charge Si les interconnexions de cellules baissent en tension, les cellules éloignées du point d'alimentation verront une tension de charge réduite, les, au moins jusqu'à la fin de la charge.
3. Ne perdez pas de temps à laisser les cellules assises connectées en parallèle. Ils ne s'équilibrent pas et n'égalisent pas à moins qu'ils ne le soient chargé en parallèle à la fin. J'ai spécifiquement testé cela. Il n'y a pas suffisamment de différence de tension pour maintenir le courant de commande entre les cellules jusqu'à ce qu'elles s'équilibrent.

## Déchargement après

Une fois que les cellules ont été chargées et équilibrées comme décrit ci-dessus, elles doivent être assemblées immédiatement et dans leur topologie finale **la banque doit être libérée** au moins jusqu'à l'équivalent de 3,325 V/cellule : c'est-à-dire 13,3 V pour un système nominal de 12 V, ou 26,6 V pour un système nominal de 24 V. **Ne laissez pas les cellules s'asseoir à 100 % SOC après équilibrage!** Si le pack équilibré doit rester hors service pendant un certain temps, il doit être déchargé davantage jusqu'à ce qu'il ne lise pas plus de 13,15 V (ou 26,3 V) après l'équilibrage.

Il existe des revendeurs qui proposent – pour une batterie au lithium – "pre-balanced" haut de gamme entièrement chargée en parallèle, interconnectée puis stockée sur une étagère... les acheter équivaut souvent à payer plus d'argent pour des cellules détériorées, car les packs ne sont généralement jamais déchargés. encore une fois chargés et équilibrés. Ils peuvent également avoir été exposés à des tensions excessives pendant de longues périodes pendant leur charge.

C'est pourquoi je ne me procure que des cellules emballées en usine.

## Prochaines étapes

Les tâches décrites dans cet article conduisent à construire un banc de batteries équilibré par le haut d'une capacité donnée Avant de pouvoir en faire quoi que ce soit, les cellules doivent être protégé des excursions de tension en dehors de leur plage de fonctionnement sûre et des mesures automatisées doivent être mises en place pour agir si des conditions anormales, qu'il s'agisse de tension ou de chaleur, sont détectées.



Le le système électrique à bord doit également être modifié afin de séparer les sources de charge des charges, les deux peuvent donc être isolées indépendamment à tout moment pour protéger la batterie si nécessaire.

Enfin et surtout, les sources de charge doivent être rendues compatibles pour la charge des batteries au lithium en termes de tension et de fonctionnement Ce n'est pas toujours possible et certains appareils devront peut-être être remplacés.

Publié par **Éric Bretscher** à 18h39

### 43 Réponses à "Assemblage d'une maison marine au lithium fer phosphate"

1. **Julien Horner** dit:

06 août 2018 à 12h58

Salut,

Concernant la méthode n°2 d'équilibrage des cellules, y a-t-il un problème d'utilisation du chargeur de batterie embarqué tel qu'un Victron Multiplus pour la charge en vrac à la place de l'alternateur ? existe-t-il un moyen de programmer le Victron pour faire la recharge également?

Merci,  
Julien

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

06 août 2018 à 16h21



Julien,

Vous pouvez certainement charger les cellules à l'aide d'un chargeur secteur, du point de vue du chargeur, ce n'est pas différent de charger n'importe quelle batterie. Cependant... procéder de cette façon pourrait prendre beaucoup plus de temps qu'avec un alternateur, à moins d'avoir un chargeur haute capacité. Vous ne pouvez pas laisser ce processus sans surveillance et si cela prend de nombreuses heures, vous le ferez presque certainement... c'est le problème.

Afin de recharger, vous connecterez le chargeur à une charge à très basse impédance et basse tension (les cellules en parallèle à ~3.50 V). Comment le chargeur va le prendre est une question ouverte Un bon chargeur devrait limiter son courant de sortie et faire le travail Un autre pourrait surcharger et trébucher ou même brûler. Si vous utilisez également un long fil comme résistance, alors vous devriez certainement pouvoir le faire de cette façon.

Je n'entre pas dans les détails relatifs à un équipement spécifique, les fabricants peuvent répondre à des questions sur leurs produits Ici, je voudrais juste souligner qu'un onduleur/chargeur n'a pas sa place dans un système de lithium à double bus CC, car il agit à la fois comme une charge et une source et il n'y a nulle part où connecter un tel appareil sans créer de problème. Vous devez faire un choix entre le chargeur ou l'onduleur.

Cordialement,

Éric

Répondre

**Julien Horner** dit:

07 août 2018 à 16h09

Bon point Monsieur ! merci.

Répondre

**Ralf** dit:

01 juillet 2020 à 00h16

J'ai le même problème, Julian a affaire à.  
Je conçois juste deux bus pour le côté DC, mais je souhaite également utiliser un onduleur/chargeur.  
Pas pour la charge initiale, mais pour une utilisation ultérieure.  
Existe-t-il un moyen judicieux de configurer le système, afin que je puisse faire fonctionner l'onduleur/chargeur dans les deux sens?  
J'ai le même Victron Quattro, qui peut être programmé pour charger LiFePo via Landsupply et Generator, mais c'est aussi un bon et puissant onduleur...

Merci et meilleures salutations,  
Ralf

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

01 juillet 2020 à 00h49



Bonjour Ralf,

J'ai eu l'occasion de donner d'autres réflexions à ce problème avec les onduleurs/chargeurs combinés l'année dernière et j'ai conçu une solution en utilisant deux isolateurs de batterie à faible chute de tension (basés sur les FET) Un grand du bus de charge au chargeur d'onduleur terminaux CC et un

plus petit de là au bus de charge. Il suffit de relier les sorties entre elles pour les utiliser comme de grandes diodes idéales uniques Cela ajoute du coût, mais cela impose l'isolation des bus DC.

Cordialement,

Éric

Répondre

**Ralf** dit:

01 juillet 2020 à  
4h05

Salut Éric,

merci pour la réponse  
immédiate et votre solution  
de réflexions  
complémentaires!  
Cela semble être un moyen  
idéal pour réaliser les deux!

Avez-vous par hasard un  
croquis à ce sujet, que je peux  
transmettre à mes  
électriciens  
(malheureusement, je n'en  
suis aucun), ou quelques  
suggestions de dimensions ?  
Ou un endroit où je peux  
trouver de plus amples  
informations à ce sujet?  
Appréciez vraiment Votre  
aide!!

Meilleures salutations  
Ralf

Répondre

**Éric**



**Bretscher** dit:

01 juillet 2020 à  
14h20

Bonjour Ralf,

Pour l'instant, je  
vais vous envoyer  
un petit croquis  
par e-mail, mais il  
n'y a pas grand  
chose à cela Je  
vais envisager

d'ajouter un diagramme dans l'autre article à propos de la conception électrique, ici n'est pas le bon endroit. Vous devez connaître le courant maximum que l'onduleur peut prélever sur l'alimentation CC pour dimensionner un isolateur et l'autre n'a besoin que de pouvoir transporter le courant que le chargeur peut fournir à la batterie (généralement beaucoup plus petit).

Cordialement,

Éric

**Ralf**

dit:

02  
juillet 2020 à  
19h51

Bonjour Eric,

merci encore beaucoup pour vos efforts pour m'aider dans ce sujet!

L'onduleur/chargeur (un quattro victron) produit 5000 W (système 12 V) et peut charger jusqu'à 220 A. Il peut être programmé à un profil de charge de lithium.

Malheureusement, je n'ai pas encore

reçu le croquis.

Cordialement,  
Ralf

**Éric**



**Bretscher dit:**

02 juillet 2020 à  
23h24

Ralf,

La raison en est que s'occuper des personnes qui publient des commentaires n'est pas la seule chose que je dois faire de nos jours et, même si j'essaie toujours de répondre dans les 24 heures autant que possible, les extras peuvent prendre quelques jours.

Dessiner 5 kVA d'une alimentation nominale de 12 V est à la limite stupide car le courant continu monte dans la gamme 400-500 A et, dans ces conditions, l'option que je décrivais est probablement proposée uniquement pour des raisons de disponibilité des équipements. Les pertes résistives montent avec le carré du courant.

L'onduleur et le chargeur doivent être séparés et le chargeur doit être

contrôlé par le BMS pour se terminer correctement. Il n'existe pas de profil "lithium" avec des chargeurs au plomb.

Éric

2. **Charles Huot** dit:

02 décembre 2018 à 5h51

Très complet un article utile, sauriez-vous pourquoi seule la batterie Winston peut tolérer -45 C et Sinopoly et CALB ne descendent qu'à -20 C. J'ai besoin d'un parc de batteries qui peut être laissé dans un bâtiment non chauffé pendant les mois d'hiver (débrancher/Mode de stockage), cette température pouvant descendre jusqu'à -40°C. Avez-vous des suggestions, que pensez-vous de la batterie LTO?

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

02 décembre 2018 à 8h25



Bonjour Charles,

Des expériences ont été menées sur la congélation de LiFePO4 jusqu'à -70 °C environ de mémoire et ils finissent par devenir complètement inertes quel que soit leur état de charge. Ils sont revenus à la normale avec leur pleine capacité une fois de retour à des températures standard.

Il vaut la peine de garder à l'esprit que CALB et Sinopoly ont toujours été plus conservateurs dans leurs spécifications que Winston. L'autre aspect est que lorsque Thundersky a été acheté par Sinopoly il y a quelques années, d'une manière ou d'une autre, ils n'ont pas obtenu le brevet pour la chimie modifiée de l'yttrium de la cellule de Thundersky. Cela est allé à (appartenant à ?) Winston. Cette chimie modifiée a été présentée comme supérieure par temps froid et Winston annonce non seulement le stockage mais également la charge et la décharge jusqu'à -45 degrés C. Cependant, je n'ai jamais vu de données étayant ces affirmations et la question est donc de savoir si nous devrions les croire... En 2007, Thundersky ne donnait aucune limite de température de stockage, mais précisait le fonctionnement entre -25 degrés C et... +75 degrés C!! CALB est satisfait du stockage et de la décharge jusqu'à -20 degrés C. Sinopoly suggère également une décharge jusqu'à -20 degrés C, mais un stockage jusqu'à -10 degrés C. Cela vient d'ailleurs des fiches techniques que j'ai enregistrées depuis un certain temps.

Je ne sais pas quelle est la justification concernant la limite inférieure de température de stockage Peut-être des contraintes mécaniques avec des différences dans les taux de retrait entre les matériaux ou le point de congélation de l'électrolyte (mais je ne m'attendrais pas à ce que l'yttrium fasse une grande différence à ce moment-là) ou très probablement juste un manque de données. Le stockage à très basse température n'est pas quelque chose que vous feriez normalement de grands efforts pour caractériser... Vous pourriez écrire aux trois et leur demander : les entreprises chinoises sont normalement très douées pour répondre.

Personnellement, à moins que CALB ou Sinopoly ne trouvent une explication construite sur les raisons de ne pas conserver les cellules stockées aux températures que vous envisagez, je serais tenté de le faire, surtout si l'investissement n'était pas énorme.

Construire une batterie LTO est quelque chose qui m'a traversé l'esprit, mais je ne vois pas vraiment de justification pour le coût beaucoup plus élevé étant donné que, après quelque 10 ans maintenant, nous ne savons toujours pas vraiment combien de temps une banque LiFePO4 peut durer dans une bonne installation.

Cordialement,

Éric

Répondre

3. **Jon dit:**

18 mars 2019 à 6h53

Je suis sur le point de passer une commande de batteries LiFePO4 enfermées dans de l'aluminium et j'essaie de trouver la meilleure façon de construire la couchette Il y aura 32 cellules dans une configuration 2P16 S pour un moteur 48 v. Les cellules devraient-elles encore être emballées dans une configuration comprimée (serrée) comme les cellules à boîtier en plastique (CALB, etc) ?Sinon, dois-je alors concevoir la couchette pour permettre la circulation de l'air autour des cellules individuelles afin de mieux faciliter le refroidissement?

Super article, btw. Surtout les conseils pour passer la commande.

Répondre

**Éric Bretscher dit:**

18 mars 2019 à 11h10



Bonjour Jon,

Les cellules des boîtiers en aluminium sont moins sujettes au délaminage au fil du temps, mais vous devrez quand même les fixer, afin de pouvoir tout aussi bien les serrer.

Le refroidissement est une question très liée à la quantité de courant que vous allez faire fonctionner D'après mon

expérience, il n'est pas pertinent à des taux de C allant jusqu'à au moins 1,0, et certainement pas pertinent à 0,7 C. Je soupçonne que vos taux de décharge moyens seront beaucoup plus bas, donc vous ne devriez pas avoir à vous soucier du débit d'air.

Notez qu'à mesure que les cellules vieillissent, leur résistance interne augmente également et elles commencent à courir un peu plus chaud que lorsqu'elles sont fraîches et neuves, mais nous parlons de quelques degrés seulement, tout au plus. À moins que vos températures ambiantes ne soient déjà élevées, cela n'a guère d'importance.

Tout le meilleur avec votre projet,

Éric

Répondre

**Jon C Ericson** dit:

18 mars 2019 à 21h46

Merci. Je prévois un taux de décharge soutenu de 0,5 C pendant environ une heure. Des temps plus longs que cela serait encore plus bas, tout taux de décharge plus élevé serait pour des périodes plus courtes. 1 C serait certainement inférieur à une minute à la fois. (Moteur = 20 kWh, avec une capacité de batterie un peu plus élevée, selon les cellules que je finis par commander).

J'ai l'intention de vraiment garder ces cellules BS en les gardant hors des genoux. J'espère ne pas les vieillir prématurément.

Les températures des cellules seront surveillées par le BMS via des thermistances et lorsqu'elles sont utilisées. Je sais que la résistance interne affecte les températures et est fonction de la qualité de fabrication qui est toujours un pari avec la fabrication chinoise (malgré les assurances du distributeur américain). Pourtant, le serrage des cellules rend le défi de conception de la couchette beaucoup plus facile et prend finalement moins de place.

Merci encore d'avoir partagé votre sagesse.

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

19 mars 2019 à 9h14



Jon,

Vous devez signifier 20 kW pour le moteur. kWh est une unité d'énergie, pas



de puissance Si votre taux de décharge moyen dépasse 0,3 C, alors il pourrait suggérer que la capacité de la batterie est du côté bas sur la base que le taux de charge/décharge recommandé pour la longue durée de vie est typiquement 0,3 C avec LFP Cependant, cela dépend aussi de combien vous utilisez le système.

Je ne recommanderais pas de les laisser tomber sous la couchette car c'est plus pratique" car tout mouvement stressera également les connexions des cellules et j'ai arrêté de compter les pannes que j'ai vues dans les systèmes LFP en raison d'une surchauffe lors de mauvaises connexions il y a longtemps.

"Les garder hors des genoux" est une poubelle populaire sur Internet Si vous ne chargez pas les cellules LFP correctement et correctement au moins de temps en temps, elles développent des problèmes avec l'augmentation précoce de la tension ou, en d'autres termes, le "knee" que vous essayez d'éviter revient contre vous et la capacité utilisable diminue jusqu'à ce qu'il vous reste trop peu à faire fonctionner. Elle est causée par un effet de mémoire qui se développe et se renforce sur de nombreux cycles lorsqu'ils ne sont pas retournés au complet, les charger correctement nécessite une tension et un temps d'absorption jusqu'à ce que la condition de courant résiduel soit remplie.

En ce qui concerne l'extrémité basse de la courbe, il n'y a aucun inconvénient à utiliser la capacité disponible tant que la tension inférieure n'est pas dépassée.

Batte les fabricants chinois est également très populaire, sauf qu'il n'a aucun fondement. Les principaux acteurs semblent toujours proposer de bonnes cellules avec très peu de problèmes et je serais beaucoup plus préoccupé par ce qui se passera ensuite avec les détaillants.

Tout le meilleur,

Éric

Répondre

4. **Antoine Grondin** dit:

08 août 2019 à 10h50

Salut Eric, tu as écrit une super série!

Je travaille actuellement sur un pack 3p8 s utilisant des cellules CALB 100Ah FI Je veux implémenter le circuit que vous décrivez en figure D : fusion de cellules individuelles En CAO, j'ai trouvé que pour ces cellules CALB, les fusibles ANL semblent s'adapter parfaitement, physiquement du moins Que pensez-vous de cette approche, et recommanderiez-vous autre chose?

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

08 août 2019 à 14h04



Bonjour Antoine,

La fusion des cellules est toujours conceptuellement intéressante et les fusibles ANL peuvent en effet remplacer les liaisons cellulaires tout simplement dans certains cas, mais il peut être difficile de le faire d'une manière réellement efficace, à moins que:

1/Les blocs parallèles contiennent chacun beaucoup de cellules ; et/ou

2/Les courants dans l'installation sont toujours faibles par rapport à la capacité des cellules individuelles

Ces conditions sont rarement remplies lors de l'utilisation de cellules prismatiques relativement grandes dans de petites installations Dans votre cas, à l'aide d'un schéma 3 P, chaque fusible doit pouvoir contenir un courant d' $I_{max} / 3$  Cela peut être trop élevé pour protéger efficacement une cellule individuelle, sauf si  $I_{max}$  est très petit.

L'autre aspect à garder à l'esprit est qu'il n'y a aucune raison pour qu'une cellule commence à tomber en panne en court-circuit uniformément Il est plus probable qu'elle échouerait en développant un point chaud et ensuite la panne progresserait à partir de là Il n'y a aucune garantie que le fusible serait mis en défi avant qu'un point chaud puisse atteindre la température d'inflammation par exemple. Je n'ai jamais vu ni entendu parler d'un tel fusible cellulaire soufflant lorsqu'il est utilisé avec quelques cellules prismatiques en parallèle uniquement. Dans le cas d'un défaut se développant progressivement au sein d'une cellule, le premier signe de problème, bien avant qu'une chaleur notable ne soit générée, est généralement des problèmes d'équilibre cellulaire (c'est-à-dire une surtension dans la charge) avec la plupart ou la totalité des blocs sains et l'installation devient inutilisable, vous avez donc tendance à recevoir un avertissement.

Tout cela suggère que si vous êtes vraiment sérieux et préoccupé par les défaillances de cellules individuelles au sein de petits blocs parallèles, vous ne créez pas de tels blocs en premier lieu et utilisez 3 chaînes 8 S gérées indépendamment en parallèle à la place, car c'est toujours la configuration la plus sûre.

Dans la pratique, l'expérience montre que les blocs parallèles donnent rarement des problèmes et, quand ils le font, les problèmes d'équilibre cellulaire surviennent bien avant toute autre chose, parce qu'il suffit d'une très petite quantité d'autodécharge anormale dans une cellule pour bouleverser le pack. En conséquence, et parce que c'est aussi beaucoup plus simple et moins cher, beaucoup de gens choisissent de faire fonctionner des cellules parallèles lorsqu'ils recherchent une plus grande capacité. Dans les applications non stationnaires, les cellules parallèles plus petites (jusqu'à 200 Ah généralement) sont toujours bien meilleures que les cellules simples plus grandes, car elles sont beaucoup moins susceptibles de tomber en panne à cause des contraintes mécaniques.

Cordialement,

Éric

Répondre

**Antoine Grondin** dit:

10 août 2019 à 18h24

Salut Éric,

Merci beaucoup pour votre réponse ! j'apprécie que vous ayez pris le temps d'écrire une réponse aussi détaillée. Et effectivement j'ai acheté ces cellules 100Ah (au lieu de plus grandes) en fonction de votre article et des mentions de contraintes mécaniques.

Je pense que je vais procéder sans les fusibles ANL, avec la configuration 3p8 s. Je vais suivre les autres recommandations que vous avez faites, il me suffit de relire chaque article une autre fois ! c'est dense avec beaucoup de bonnes informations ! pour la partie BMS, j'ai acquis un BMS Orion Jr, qui semble remplir les exigences que vous avez mentionnées. Il était également plus facile à se procurer en Californie que les autres modèles.

Répondre

5. **Paul Mitchel** dit:

24 août 2019 à 12h43

Pour les applications marines, il semble qu'il existe de nombreuses possibilités de recharge, telles que l'énergie solaire, les alternateurs lors de l'automobile et l'énergie à terre.

Cela semble avoir pour conséquence que la banque passe beaucoup de temps à 100 % SOC, alors que vous indiquez que maintenir la banque à un SOC élevé pendant de longues durées n'est pas bon pour la banque ou votre idée de longues durées à un SOC élevé est-elle plus dans les semaines ?/intervalle de mois plutôt que de dire un jour?

Pouvez-vous clarifier?

Je suppose que lorsque le bateau n'est pas utilisé pendant des périodes plus longues, par exemple plusieurs semaines, la berge doit être un peu vidée puis déconnectée?

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

25 août 2019 à 10h04



Paul,

C'est l'un des dilemmes lorsque vous essayez d'utiliser des batteries au lithium dans des applications de veille. Ils ne sont pas une bonne solution pour créer une capacité de réserve pour des événements occasionnels. À moins que vous ne viviez à bord et ne les faites rouler de manière significative, il n'y a généralement aucune valeur à partir de plomb-acide, au contraire.

Cette idée de "tenir la batterie pleine" qui provient des problèmes de sulfatation de la chimie du plomb-acide, mais qui s'aligne également bien sur la maximisation de la capacité de réserve, doit être complètement abandonnée. Si vous n'utilisez pas de batterie au lithium, elle doit être stockée dans un état de décharge significative et offre alors très peu de capacité de réserve.

Ne pas maintenir la batterie pleine et ne pas la recharger inutilement est un autre aspect de la gestion de la batterie pour des performances à long terme.

Si vous laissez un bateau connecté à l'alimentation à terre avec des batteries au lithium, les cellules ne devraient voir aucune charge et cela suggère de maintenir la tension du système constante à un niveau bas comme 12,8 V ou moins pour une installation 12 V. De plus en plus de chargeurs peuvent être configurés pour fonctionner dans un mode d'alimentation maintenant pour cette raison.

Cordialement,

Éric

Répondre

6. **Gléanne** dit:

13 septembre 2019 à 00h05

Une chose dont je suis encore confus est pourquoi les tensions des cellules augmentent-elles rapidement avec un bloc d'alimentation non régulé tel qu'un chargeur de batterie?

Si je charge mon pack pré-équilibré de 12 V avec 14,6 V, chaque cellule finira-t-elle par dépasser 3,65 V ? si c'est le cas, je ne comprends pas pourquoi.

Existe-t-il des moyens simples de repérer les erreurs notables correspondant aux IR et AH dans les cellules une fois intégrées dans un pack 12 V?

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

14 septembre 2019 à 9h25



Les tensions des cellules augmentent très rapidement à la fin car la batterie est à court d'ions lithium pour se déplacer (ce qui est la réaction qui se produit aux tensions de charge "normal") puis le potentiel électrochimique monte vers le niveau de réaction suivant où l'électrolyte est décomposé vers 4,2 V. Ce n'est pas un problème de résistance interne, ce n'est pas un effet ohmique, même si ça lui ressemble un peu C'est asymétrique, ça ne se passe qu'avec le courant qui entre et pas en décharge au même niveau de charge.

Si vous chargez un pack 4 S parfaitement équilibré à un 14,6 V filtré et régulé, toutes les cellules atteindront 3,65 V. S'il y a un déséquilibre, la somme des tensions des cellules restera de 14,6 V, mais la tension maximale individuelle des cellules pourrait devenir bien supérieure à 3,65 V.

Si la tension de charge n'est pas correctement régulée, alors les tensions des cellules pourraient devenir n'importe quoi avec un courant circulant presque nul.

Cordialement,

Éric

Répondre

7. **David** dit:

24 septembre 2019 à 6h26

30 degrés C max température ambiante n'est pas réaliste sur un bateau...est-ce?

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

24 septembre 2019 à 16h32



Les températures moyennes des océans culminent autour de 28 degC, donc un banc installé sous la ligne de flottaison devrait pouvoir rester raisonnablement proche de celui dans le

contexte de la croisière océanique Le plus chaud que j'ai jamais vu la mer était de 32 degC près de la surface dans le marasme de l'Atlantique et je n'y suis pas resté très longtemps. J'avais également des températures de la mer de 1 degré C dans l'Antarctique et l'excès de chaleur n'a jamais été un problème à l'époque.

Répondre

8. **Stephen dit:**

21 novembre 2019 à 19h12

Eric, merci pour vos explications détaillées J'ai un catamaran largâtre que je remplace la batterie agm 1000 a/h. J'ai choisi des cellules CA100 avec une décharge max de 200 ampères (3 minutes) dans une configuration 8P4 S pour délivrer des 800 a/h. J'ai un seul bms actif 4 cellules Coûts mis à part, ne suggérez-vous aucun fusible, ou fusion de cellules individuelles, ou d'un bloc de cellules, ou se scinder en 2 x 4P4 S en parallèle avec/sans fusibles et un 2 ème bms?

Répondre

**Éric Bretscher dit:**

22 novembre 2019 à 9h10



Stephen,

C'est une question de choix personnel dans la mesure où chaque option offre un résultat légèrement différent en termes de résilience et de modes de défaillance possibles.

Il est très problématique de fusionner efficacement des cellules parallèles lors de l'utilisation d'un petit nombre de cellules, à moins que les courants cellulaires individuels prospectifs ne soient très faibles en comparaison avec la capacité des cellules, c'est-à-dire que de petits fusibles puissent être utilisés. Je n'ai jamais vu ni entendu parler d'un tel fusible cellulaire qui explose, probablement parce qu'ils sont presque invariablement trop gros et que les cellules ne tombent normalement pas en panne brusquement.

Un système à double banque, comme 2 x 4P4 S dans votre cas, avec deux BMS offre une redondance totale Je ne suis généralement pas favorable à l'approche de redondance totale/deux de tout à bord des navires de croisière en raison de l'augmentation de la complexité (et souvent du poids) qui l'accompagne ; des solutions de contournement très simples sont souvent disponibles dans la situation hautement improbable où quelque chose se produirait réellement de manière inattendue. Dans le cas d'une banque domestique, une panne grave peut être atténuée en la déconnectant et en reliant le système aux batteries de démarrage du moteur.

Cordialement,

Éric

Répondre

9. **Johan van Ravenhorst** dit:

20 décembre 2019 à 5h33

Les contraintes d'espace peuvent suggérer que "Flat sur leur Sides" (FotS) est préférable dans certains cas. Cependant, dans cet article, il est indiqué ce qui suit:

"Les installer à plat sur le côté est hors de question dans tous les cas."

Des références peuvent-elles être fournies pour étayer cette affirmation ? L'action capillaire ne maintient-elle pas l'électrolyte distribué de manière suffisamment homogène ? Existe-t-il des phénomènes évidents, tant dans la fabrication que dans l'utilisation normale, qui donnent lieu à la présence ou au développement de gaz (non ventilé), augmentant (lentement) par flottabilité, mouillant/isolant/déconnectant ensuite des parties de l'électrode "sheets"? Quelle serait l'influence d'une pression de serrage permanente modérée appliquée de manière homogène sur la surface externe d'une cellule FotS?

Réfléchir à haute voix : L'installation de cellules cylindriques (par exemple 18650) sur leur côté serait-elle également hors de question ? Supposons un matériau d'électrode et d'électrolyte similaire, des réactions parasites et la gravité. La structure de la plaque semblerait fournir une géométrie interne plus stable, retardant éventuellement la collecte de gaz au sommet wrt cellules prismatiques FotS, en supposant des tolérances de fabrication serrées lors de l'assemblage des cellules. Pourtant, avec le passage du temps, des, eux aussi peuvent subir une détérioration similaire à celle des cellules prismatiques FotS.

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

20 décembre 2019 à 8h31



Johan,

J'ai interrogé directement Sinopoly et CALB et la réponse a été catégorique à chaque fois : installer les cellules à plat sur leurs côtés ferait sécher les plaques supérieures.

Il n'y a pas d'électrolyte liquide libre dans les cellules LFP – tout est absorbé – et il y a des vides dans le haut d'une cellule prismatique où les connexions sont faites aux bornes. La quantité d'électrolyte présente n'est pas suffisante pour remplir ces vides tout en maintenant toutes les plaques humides. Ce problème n'existe pas dans les petites cellules cylindriques bobinées.

Je sais qu'il peut être tentant d'installer des cellules prismatiques sur leurs côtés dans certains cas pour des raisons géométriques et les premières installations de véhicules électriques en ont même montré certaines montées de cette façon, mais il est hors de question à moins que le

fabricant *spécifiquement* indique que cela peut être fait *pour un modèle de cellule donné*.

Cordialement,

Éric

Répondre

10. **Jason P. dit:**

15 janvier 2020 à 6h37

Éric,

J'ai du mal à trouver les barres omnibus de liaison pour mes cellules  
J'achète 16 cellules de 100 Ah et je vais les placer en configuration 4P4 S.  
J'ai un total de 16 barres omnibus de liaison mais j'ai besoin de plus pour atteindre l'objectif.

Je vois que vous recommandez le cuivre solide ou l'aluminium Qu'en est-il des préoccupations en flexion des cellules et des contraintes exercées sur les bornes de la cellule?

J'utiliserai une plaque en aluminium de 1/4 « et une tige filetée pour créer un boîtier de compression pour les cellules mais je m'interroge toujours sur le mouvement Même une petite quantité de mouvement entre les cellules exercerait une contrainte sur les bornes des cellules si les barres omnibus étaient rigides.

J'ai une barre de cuivre massif de 1/8 « x 3/4 » et j'envisage d'utiliser 2 de celles-ci empilées les unes sur les autres pour faire un jeu de barres de 1/4 « x 3/4 » Réflexions sur cette approche?

Merci

Répondre

11. **Éric Bretscher dit:**

16 janvier 2020 à 12h18



Jason,

Les cellules LFP de notre type d'application se comportent comme des blocs de plastique froids et inertes. S'ils ne le font pas, cela signifie que de graves dommages leur sont causés en interne et que le stress sur les terminaux serait alors le moindre de vos soucis.

La résistivité ( $\rho$ ) du cuivre à température ambiante est généralement donnée par  $1,72 \times 10^{-8}$  Qm. La résistance R d'un conducteur peut être obtenue en calculant  $R = \rho \times L / A$  où L est la longueur du conducteur et A est la section transversale.

Ainsi, pour une seule barre de cuivre 1/8" x 3/4" de 1" de long, nous obtiendrions  $R = 1,72 \times 10^{-8} \times 0,0254 / (3/4 \times 1/8 \times 0,0254^2) = 7 \mu Q$   
Comme vous pouvez le voir, cette valeur est ridiculement basse et il ne



servirait à rien d'empiler deux barres En fait, le second pourrait même ne pas apporter grand-chose car la résistance de la connexion entre les deux pourrait facilement être beaucoup plus élevée.

Si vous utilisiez à la place un morceau de barre plate en aluminium 6063-T5 de qualité marine, la résistivité du matériau serait d'environ  $3,2 \times 10^{-8}$  (alliage d'aluminium et d'aluminium ASM Specialty Handbook), donc pas tout à fait le double de celle du cuivre. Cela suggère que la barre plate en aluminium 1/4" serait un meilleur choix pour fabriquer les barres omnibus en général, plus dures, plus solides et moins cher que le cuivre.

Cordialement,

Éric

Répondre

**Jason P.** dit:

22 janvier 2020 à 2h44

Éric,

Merci pour votre réponse J'entends dire qu'il y a peu d'inquiétude au sujet du mouvement entre les cellules donc barre solide ne devrait pas être un problème.

Je suis un peu confus à propos de votre déclaration selon laquelle la barre plate en aluminium serait le meilleur choix Est-ce basé uniquement sur les faits qu'elle est plus dure, plus solide et moins chère que le cuivre ? puisque le cuivre a une résistance plus faible, s'ils étaient égaux en prix, ou dans mon cas j'ai déjà 1/8 « x 3/4 » de cuivre, le cuivre ne serait-il pas meilleur? La résistance et la dureté ne semblent pas être très importantes dans cette application Peut-être qu'il me manque quelque chose ici.

Mon souci d'utiliser uniquement le simple 1/8 « x 3/4 » vient de l'ampacité nominale d'une telle barre. Selon [https://www.copper.org/applications/electrical/busbar/busbar\\_ampaci](https://www.copper.org/applications/electrical/busbar/busbar_ampaci) la surface de la section transversale est de 119,4 cm et une capacité nominale de 215 ampères J'ai une banque de 400 Ah avec le potentiel de tirer jusqu'à >233 ampères à tout moment basé sur mon onduleur de 2800 watts ainsi que les différents circuits de maison DC, je penserais qu'une ampacité plus élevée devrait être nécessaire.

Je doute sérieusement que je m'approche un jour de ce niveau de rendement, mais je préférerais me tromper par excès de prudence lors du dimensionnement du câblage et des barres omnibus.

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

22 janvier 2020 à 8h47



Jason,

Le cuivre est assez doux et 3 mm si une barre plate assez fine, qui doit être très bien serrée à chaque borne avec un boulon en acier inoxydable et une rondelle de verrouillage Vous utiliserez sans doute le cuivre parce que vous l'avez déjà, mais une barre plate en aluminium de 1/4" d'épaisseur est plus robuste Le cuivre fait un meilleur conducteur pour la même section transversale, mais doubler la section transversale et utiliser de l'aluminium n'est pas un problème ici. De nombreux câbles de distribution d'énergie sont en aluminium pour les mêmes raisons.

J'ai des problèmes avec votre source ci-dessus sur la base que la surface de la section transversale d'une barre 1/8" x 3/4" est de 3 mm x 19 mm = 57 mm<sup>2</sup>. "119.4cm" est une longueur et elle est non-sensible dans ce contexte Basé sur la résistivité  $R = 7\mu\Omega/\text{inch}$  nous avons calculé plus tôt,  $I = 250 \text{ A}$  les barres omnibus dissiperaient  $P = R \times I^2 = 0.44 \text{ W/inch}$  Si vous alliez maintenir ce genre de courant pendant de longues périodes, un cas pourrait être fait sur la base que vous ne voulez pas qu'ils réchauffent progressivement les cellules au fil du temps, mais cela ne fera aucune différence si vous culminez occasionnellement à 250 A pendant de courtes périodes. Lorsqu'il s'agit d'un jeu de barres en fait "failing", même un coup à quelques milliers d'ampères ne suffirait pas à y parvenir et cela ferait sauter le fusible de protection bien avant que les barres n'aient une chance de chauffer.

Si vous fabriquez vos barres omnibus en aluminium, vous ne seriez pas limité à une largeur étroite de 3/4" uniquement et elles auraient en fait une section transversale beaucoup plus grande et seraient capables de gérer plus de courant pour moins d'augmentation de température.

Si vous empilez vos bandes de cuivre, vous devrez les poncer brillamment aux points de connexion et faire très attention à obtenir une bonne conduction à travers le joint et cela pourrait ne pas durer dans le temps dans un environnement marin.

Une fois, j'ai vu une banque de lithium qui présentait des problèmes d'équilibre cellulaire ingérables juste parce que *une cellule dans un bloc parallèle* ne contribuait pas correctement : résistance excessive dans la connexion, et pourtant elle était boulonnée serrée Elle est venue juste après avoir poncé toutes les faces brillantes et remontées et c'est pourquoi je choisirais une barre pleine plutôt que d'essayer d'utiliser de petites bandes de cuivre. 3/4" est à peine assez large pour être fixée avec des boulons M8.

Cordialement,

Éric

Répondre

12. **Jason P.** dit:

22 janvier 2020 à 15h46

Éric,

Toutes les grandes pensées.

Je n'avais pas vraiment pensé à la zone transversale jusqu'à ce que vous le fassiez remarquer Vous avez raison de dire que la zone qu'ils donnent n'a aucun sens logique Leur capacité actuelle semble encore tenir contre d'autres avec des graphiques similaires cependant.

<https://bralpowerassociate.blogspot.com/2013/10/busbar-size-and-calculation.html> Ce site montre une barre de 20 mm x 3 mm à 225A.

Je préférerais ne pas me procurer quelque chose de différent puisque j'ai déjà le cuivre 1/8 « x 3/4 » mais finalement je cherche une justification pour l'utiliser Vous faites beaucoup de points solides qui m'amènent à envisager de simplement aller avec l'aluminium. Votre point de vue sur une bonne conduction dans le cuivre en couches me fait me demander si les sangles de jeu de barres d'origine fournies avec les batteries seraient idéales ou si l'aluminium est en fait un meilleur remplacement pour celles-ci également puisqu'il ne s'agit que de 6 couches de cuivre.

Merci encore de m'avoir fait creuser et faire mes recherches!

Répondre

13. **Jason P.** dit:

23 janvier 2020 à 5h17

Éric,

J'ai une autre question pour vous car je suis actuellement en haut équilibrage mes cellules Je les ai toutes connectées en parallèle et fixées à mon alimentation Voteq HY1530EX qui a une sortie nominale de 30 A. La tension de repos de mes cellules en parallèle est de 3.298 V.

J'ai réglé la tension de l'alimentation à 3,45 volts en étant déconnecté des cellules, puis j'ai réglé la limite de courant jusqu'à environ 80 % sur la base du cadran situé à l'avant de l'alimentation.

Une fois que j'ai connecté l'alimentation, je constate une consommation de courant de seulement 8,6 A. J'ai vérifié cela avec un lecteur de pince d'ampli séparé La tension une fois connectée et mesurée au niveau des cellules est abaissée à 3,318 V.

Je m'attendais à ce que plus de courant soit extrait de l'alimentation électrique au moins pendant un certain temps Je fonctionne à environ ce courant depuis environ 6 heures au total Cela semble normal?

Merci

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

23 janvier 2020 à 7h21



Jason,

Cela signifie simplement que les câbles que vous utilisez pour connecter le PSU aux cellules ne sont pas assez lourds pour transporter plus de courant lorsque la source est à 3,45 V... Vous perdez  $\Delta V = 3,450 \text{ V} - 3,318 \text{ V} = 132 \text{ mV}$  entre le PSU et les cellules tout en courant un courant de  $I = 8,6 \text{ A}$ , donc vos câbles ont une résistance  $R = \Delta V / I = 0,132 / 8,6 = 15 \text{ m}\Omega$ ... Les sources de charge régulées à basse tension et à courant élevé tolèrent très peu de résistance dans les conducteurs car il n'y a pas beaucoup de différence entre la tension de repos de la batterie et la tension de charge. Utilisez des câbles courts et lourds ou obtenez le bloc d'alimentation pour réguler la tension au niveau des cellules, certains ont une entrée de détection pour cela.

Cordialement,

Éric

Répondre

**Jason P.** dit:

23 janvier 2020 à 8h31

Éric,

J'utilisais un câble plus petit, mais je suis juste allé jusqu'au câble AWG 2/0 (00).

Je déconnecte le PSU puis je l'allume et mesure la tension aux extrémités des câbles qui doit tenir compte de la perte de câble Je règle la tension à 3,445 V aux extrémités des câbles Je connecte les câbles aux cellules 16 100 ah Je vérifie la tension sur les cellules et elle est de 3,318 V. Le courant est maintenant de 10,8 A.

Malheureusement, mon bloc d'alimentation ne semble pas avoir de détection de tension.

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

23 janvier 2020 à 10h40



Jason,

La qualité des connexions à chaque extrémité des câbles est tout aussi

importante Vous pouvez mesurer directement entre les extrémités de chaque câble avec votre multimètre, ou entre une borne elle-même et le câble et vous verrez combien de tension vous perdez et où.

Gardez à l'esprit pour plus tard que toute connexion résistive dans une installation à courant élevé peut se transformer en point chaud et entraîner une isolation et un équipement fondus, j'en ai vu beaucoup dans les systèmes de lithium DIY, tout cela parce que la fabrication n'était pas assez bonne Lorsque la densité de courant devient suffisamment élevée, seul un câble très finement toronné peut être serti et fournir suffisamment de zone de contact pour ne pas chauffer, ou les bornes doivent être soudées.

Éric

Répondre

14. **Tchad** dit:

01 février 2020 à 10h47

Eric, travail fantastique sur votre site J'ai eu un certain nombre de questions en tête concernant mon installation au lithium et votre site ainsi que quelques autres m'ont fait réaliser que mes questions étaient valables et j'avance dans la bonne direction!

En particulier, j'ai travaillé à comprendre la configuration réelle de mes cellules. La qualité des connexions, la disposition des cellules et la capacité d'un BMS à surveiller le pack (compte tenu de la qualité de l'installation) ont été ma plus grande question. Ces notes provenant des messages ci-dessus ont cloué une partie de ce qui me préoccupait.

“J'ai vu un jour une banque de lithium qui présentait des problèmes d'équilibre cellulaire ingérables simplement parce qu'une cellule dans un bloc parallèle ne contribuait pas correctement : une résistance excessive dans la connexion, et pourtant elle était serrée.”

“Gardez à l'esprit pour plus tard que toute connexion résistive dans une installation à courant élevé peut se transformer en point chaud et entraîner une isolation et un équipement fondus, j'en ai vu beaucoup dans les systèmes de lithium DIY, tout cela parce que la fabrication n'était pas assez bonne.”

J'ai essayé de décider s'il fallait disposer mes blocs cellulaires parallèles 1 avec la moitié des cellules sur une ligne et la seconde moitié sur une deuxième ligne, ou 2) s'il fallait aligner les cellules sur 4 lignes (généralement comme votre diagramme D, que ce soit ou non les fusibles étaient inclus). Dans le premier cas il n'y aurait qu'une seule connexion

entre les 1 ère et 2 ème cellules en série, et une connexion entre les 3 ème et 4 ème cellules en série On pourrait encore avoir plusieurs connexions entre les blocs 2 et 3 car les cellules de ces blocs sont adjacentes les unes aux autres.

Dans le cas 1, je penserais qu'une mauvaise connexion entre l'une des cellules parallèles au sein d'un bloc pourrait causer des problèmes à l'une ou à la totalité de ces cellules Même si toutes les cellules seraient connectées en parallèle, l'absence d'une bonne connexion (ou d'une connexion intermittente) pourrait créer un déséquilibre entre les cellules du bloc De plus, une seule connexion entre des blocs adjacents pourrait exercer une pression sur les cellules de ce bloc qui étaient bien connectées, en particulier la cellule avec la connexion du jeu de barres au bloc de cellules suivant.

Dans le cas 2 (comme le schéma D), chaque cellule de chacun des blocs serait adjacente aux cellules du bloc suivant afin qu'une connexion puisse être établie à toutes les bornes parallèles.

Je suppose qu'en bref, le cas 1 semble être un agencement plus susceptible de causer des problèmes avec un parc de batteries car il existe des connexions limitées entre les blocs de cellules où, comme dans le cas 2, il y aurait autant de connexions entre les blocs qu'il y a de cellules parallèles dans chaque bloc. bloc afin que le courant ait plus de section transversale à passer au bloc suivant. Avez-vous considéré la différence entre ces 2 configurations d'installation et si l'une est meilleure que l'autre Peut-être que ce sujet a été traité ailleurs mais je n'ai vu aucune conversation à ce sujet Je ne suis pas sûr que ce soit parce que c'est du bon sens ou parce qu'il n'y a pas de problèmes majeurs avec l'une ou l'autre configuration ou si j'ai juste cherché les mauvais mots sur Google et dans les forums ! 😊

Dans les deux cas, les câbles positifs et négatifs de banque sont connectés à une seule cellule, de sorte que les connexions sur toutes les bornes positives et négatives du 1er et du dernier bloc, respectivement, doivent être de haute qualité.

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

04 février 2020 à 16h14



Tchad,

La réponse simple à tout cela est que les connexions doivent être bonnes et alors peu importe la façon dont vous les arrangez, à moins que vous ne passiez des courants très élevés et que la chute de tension dans les liaisons de cellules commence à avoir de l'importance Dans ce cas, la géométrie du circuit doit être considérée Par exemple, si vous avez un bloc de 4 cellules en parallèle reliées par deux barres droites, des, vous voulez le connecter des extrémités opposées pour garder la longueur totale du jeu de barres à chaque cellule la même Ce n'est normalement pas un problème pour les banques de maisons marines parce que nous exécutons des taux de C assez bas de toute façon Dans les applications de haute puissance comme les VE, il est beaucoup plus logique d'utiliser

des packs de tension plus élevée et de maintenir le courant bas... donc je n'ai pas élaboré.

Vous pourriez utiliser des plaques plates convenablement percées pour relier les cellules et obtenir des sections transversales plus élevées dans les connexions, mais cela ne fera aucune différence si une connexion de cellule est mauvaise pour une raison quelconque C'est pourquoi il est très important de poncer les faces des terminaux et des barres brillantes avant de les boulonner ensemble Il y a quelques années, J'ai travaillé dans une industrie où nous faisons fonctionner près de 200 kA à travers des barres omnibus en aluminium tout le temps et nous avons étudié la meilleure façon d'obtenir de bonnes connexions boulonnées : poncer les faces d'accouplement de manière brillante valait mieux que les polir et la planéité et la pression étaient essentielles bien sûr.

Éric

Répondre

15. **Frank Winslow** dit:

06 octobre 2020 à 4h42

Salut, je viens de terminer en haut en équilibrant mes cellules Sinopoly 100 ah à 3,6 v en utilisant la méthode 1. Après avoir terminé, j'ai une cellule à 3,542 et le reste à 3,593 avec un couple à 3,597 est ce quelque chose qui devrait m'inquiéter.

Merci  
Franck

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

06 octobre 2020 à 11h52



Franck,

Je retournerais en arrière et les pousserais à 3,65 V. Il devrait y avoir un regard plus uniforme que cela immédiatement après avoir été équilibré.

Cordialement,

Éric

Répondre

16. **Charles** dit:

24 novembre 2020 à 6h59

Salut Éric,

Merci d'avoir mis toutes ces informations à la disposition de ceux d'entre nous qui souhaitent en savoir plus sur les batteries LiFePO4 pour bateaux!

Vous faites un très bon cas pour l'utilisation de tailles de cellules dans la gamme 100-200 Ah. Je vois que cela a été publié à l'origine en 2015 J'en ai vu beaucoup d'autres qui ont utilisé les cellules prismatiques EVE 3.2 V 280 Ah à boîtier en aluminium dans les bateaux et autres applications mobiles. Pensez-vous qu'avec les progrès de cette technologie au cours des cinq dernières années, ces cellules de 280 Ah sont peut-être aussi acceptables que les cellules de 200 Ah référencées en 2015?

Toute réflexion à ce sujet serait grandement appréciée Merci!

Charles

Répondre

**Éric Bretscher** dit:

24 novembre 2020 à 12h55



Charles,

Voilà *toujours* une question pour le fabricant de cellules, pas une question d'opinion Je voudrais en savoir plus sur le type d'alliage utilisé dans les cellules prismatiques à boîtier en aluminium avant de les utiliser sur un bateau Elles sont anodisées, mais certaines qualités d'aluminium (en particulier les plus solides) contiennent du cuivre et se dissolvent littéralement si elles entrent en contact avec l'eau de mer Les boîtiers en plastique sont complètement inertes en comparaison...

Cordialement,

Éric

Répondre

### Laisser une réponse

Votre Commentaire

Nom

(obligatoire)



Caractéristiques pratiques des cellules de batterie au lithium fer et phosphate

Conception électrique pour une batterie au lithium marin

#### Disclaimer

Certaines des informations présentées et discutées sur ce site font référence à des situations difficiles et impitoyables en mer et dans des régions du monde où aucune assistance en temps opportun ne peut être attendue. Ces informations ne doivent pas être interprétées comme des conseils pour agir d'une certaine manière. Elle ne représente que l'expérience personnelle et les points de vue partagés par l'auteur pour fournir une perspective et une réflexion prompte. Différents yachts se comportent différemment, certains modèles se heurtent à des limites sévères par mauvais temps qui peuvent compromettre irrémédiablement leur sécurité et la vie des personnes à bord, et les conditions ne sont jamais deux fois les mêmes. Dans de nombreux cas, si vous décidez de vous attaquer à certains des océans et zones présentés ici, prenez votre navire là où il ne devrait pas être ou faites un mauvais appel, vous mourrez et ne serez probablement jamais retrouvé. Ce que vous décidez de faire, c'est toute votre responsabilité. C'est aussi votre liberté. Prenez-en grand soin.

© 2013-2022 Eric Bretscher, Nordkyn Design Ltd

Tout le matériel présenté sur ce site est protégé par le droit d'auteur de l'auteur et ne peut être copié ou reproduit.

Veuillez vous référer au Conditions d'utilisation pour des informations complémentaires.

Politique d'utilisation équitable : la citation d'extraits d'articles ou de publications est acceptable et autorisée à condition qu'elle puisse être considérée comme une utilisation raisonnable. Il doit être renvoyé à la source et ne peut pas inclure de photographies, de graphiques, d'animations ou de matériel autre qu'une quantité limitée de texte, sauf autorisation écrite explicite.