



Accueil

Projet Nordkyn

Projet Sud Sauvage

Voile

Technologie

À Propos De Nordkyn Design

Articles En Vedette

Produits

Octobre
03
2015

Caractéristiques pratiques des cellules de batterie au lithium fer et phosphate

Électrique, Systèmes de batteries au lithium, Ingénierie maritime

[Ajouter commentaires](#)

Dernière mise à jour le 21 février 2021 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.

Les batteries concernent avant tout la tension, le courant et la capacité. Cet article discute des caractéristiques de performance des cellules au lithium fer phosphate en service et des concepts clés qui leur sont associés. C'est très important dans le contexte de la mise en place de systèmes de batteries au lithium, mais également utile lorsque vous vivez avec et exploitez une. La chimie et la construction interne des cellules sont détaillées dans un article séparé d'une nature plus fondamentale.

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.

Systèmes de batteries au lithium



Merci d'avoir soutenu ce contenu!



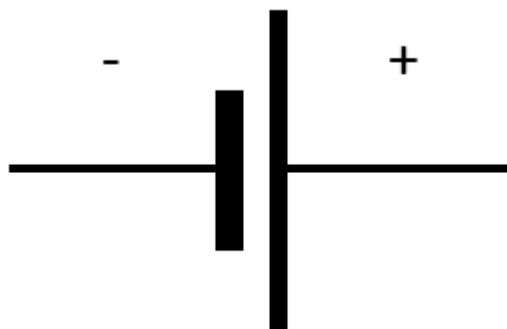
Dernier

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

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.

Qu'est-ce qu'une Batterie?

Une batterie stocke de l'électricité et la question peut paraître triviale, mais ce n'est pas le cas. Un *idéal* la batterie fournirait n'importe quel courant à une tension purement dépendante de son état de charge. *Réel* les batteries ne le font pas Les vraies batteries voient leur tension chuter sous charge et s'accroissent soudainement en étant chargées La raison de ce phénomène est qu'elles ont une *résistance interne*. Plus le flux de courant est élevé, plus la tension perdue pour cette résistance interne est élevée Le symbole électrique pour une seule cellule de batterie ressemble à ceci:



Représentation idéale de la batterie Ici, la tension serait purement fonction de l'état de charge de la batterie, à n'importe quel courant, ce qui est évidemment incorrect.

Afin de représenter la variation de tension provoquée par les changements de courant et de comprendre le comportement des batteries, nous devons ajouter une résistance interne à cette batterie idéale:

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

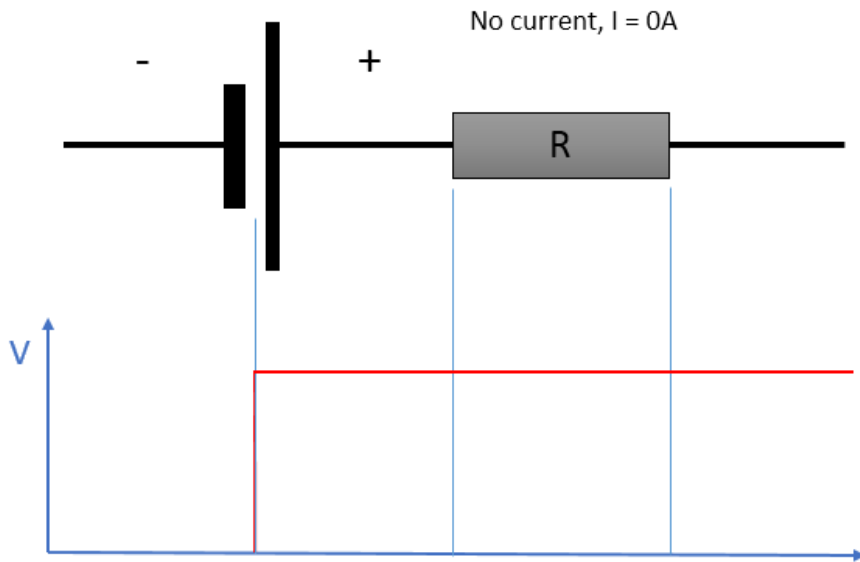
Recherche

Suivre

 S'abonner dans un lecteur
 Suivez par e-mail

Contact

contact@nordkyndesign.com



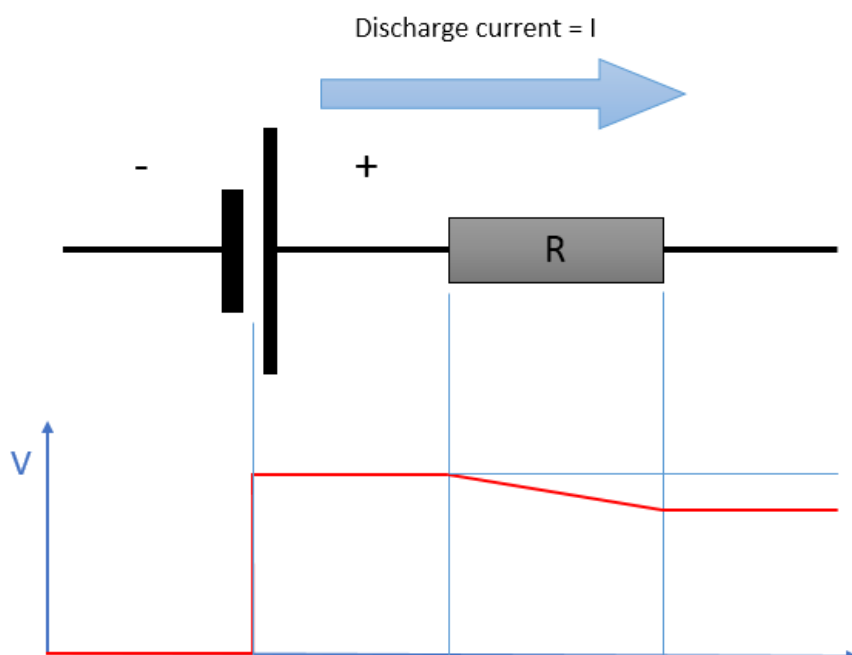
Un modèle simple pour la batterie non idéale La batterie idéale est en série avec un élément de résistance interne qui fait changer la tension avec le courant.

Au repos, la tension de sortie reflète l'état de charge de la batterie.

Si aucun courant ne circule, la résistance interne n'a pas d'effet sur la tension de sortie ; c'est pourquoi il est important de mesurer des tensions de cellules au repos si l'objectif est d'obtenir une idée de l'état de charge. Sinon, l'effet de la résistance électrique est d'embrocher la tension proportionnellement au courant selon la relation:

$$\Delta V = R \times I$$

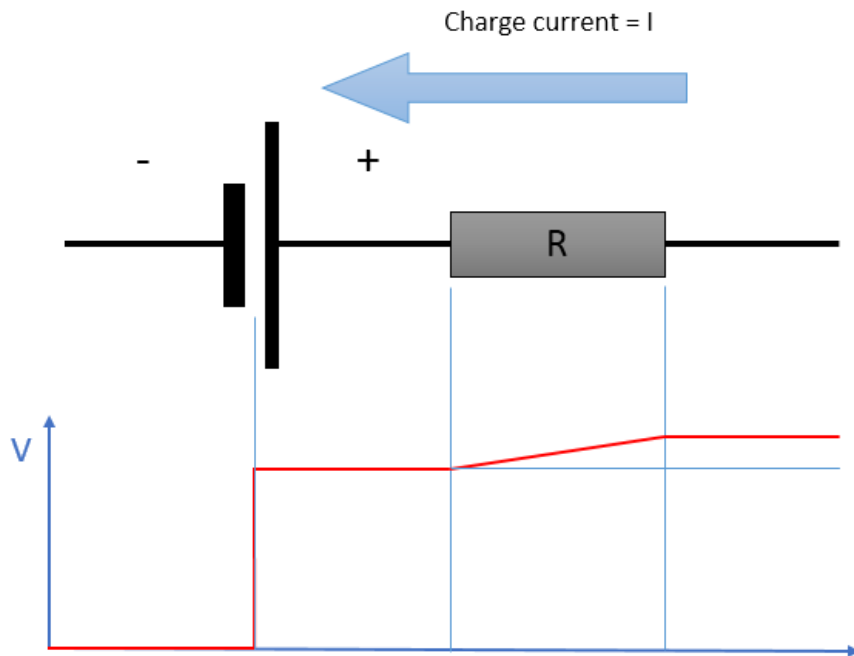
Lors de la décharge, nous pouvons désormais observer l'effet suivant, qui modélise la réalité d'une batterie se déchargeant à un rythme constant:



Sous décharge, la tension aux bornes est inférieure à la tension vraie de la cellule car sa résistance interne introduit une perte égale à $R \times i$ dans le

sens du courant.

En conséquence, la tension mesurée aux bornes de la batterie ne reflète plus son état de charge. C'est pourquoi l'état de charge d'une batterie quelconque ne peut être déduit que d'une mesure de tension stabilisée prise au repos : on l'appelle tension stabilisée en circuit ouvert (OCV). Une situation similaire se présente lors de la charge:



Lors de la charge, la tension aux bornes est supérieure à la tension de charge réelle de la cellule car sa résistance interne introduit une perte égale à $R \times I$ dans le sens du courant.

Désormais, la résistance interne de la batterie donne l'impression que la tension de charge aux bornes *plus haut qu'il ne l'est en réalité* en termes d'état de charge réel de la batterie. Voici une illustration concrète de ce comportement:

Nous étions en train de construire un tout nouveau banc de batteries au lithium fer phosphate sur un catamaran à voile, chargeant pour la première fois 400 Ah de cellules avec les deux moteurs en marche Le courant de charge était un solide 180 A depuis près d'une heure Les tensions des cellules, qui avaient initialement bondi vers 3,40 V, montaient progressivement Lorsqu'elles atteignaient 3,60 V, nous avons arrêté un moteur afin de ne pas dépasser cette valeur, réduisant le courant de moitié, jusqu'à 90 A.

Les tensions des cellules sont instantanément descendues à 3,45 V.

On a donc perdu 0,15 V en tension de cellule en diminuant le courant de 90 A. On peut utiliser ces chiffres pour calculer la résistance interne des cellules en utilisant la relation présentée plus tôt, $\Delta V = R \times I$: $X (R), 15 V$.

On peut utiliser ces chiffres pour calculer la résistance interne des cellules à l'aide de la relation présentée plus tôt, $\Delta V = R \times I$:

Dans ce cas, nous avons $\Delta V = 0,15 \text{ V}$ et $I = 90 \text{ A}$. En conséquence, nous pouvons écrire $R = \Delta V / I = 0,15 / 90 = 1,66 \text{ m}\Omega$

1,66 milliohms est un très petit chiffre de résistance typique des piles au lithium, mais il suffit néanmoins d'esquiver significativement la lecture de tension à fort ampérage. A un courant de 10 A, sa contribution devient seulement $\Delta V = R \times I = 0,00166 \times 10 = 0,0166 \text{ V} = 16,6 \text{ mV}$, mais encore assez pour être mesurée. On s'y référera encore en discutant de la tension de l'alternateur pour la charge, de limites de coupure basse tension et tableaux d'équilibrage de cellules, entre autres sujets.

Dans une banque, toutes les cellules ne partagent pas exactement la même résistance interne, leur tension ne se lit donc pas automatiquement de la même manière lorsqu'il y a du courant qui circule, même lorsque leur état de charge est identique. Il devient de plus en plus vrai à mesure que les cellules vieillissent.

Avant de passer à autre chose, soulignons que le modèle de batterie que nous avons utilisé ci-dessus présentant la résistance interne de la cellule est correct tant que le courant est stable et que la tension aux bornes a eu quelques secondes pour se stabiliser. Un modèle électrique plus complexe devrait être utilisé si les transitions lorsque le courant varie étaient intéressantes, en raison des effets de capacité.

Courants de batterie

Les mesures actuelles liées aux batteries en général sont exprimées par rapport à leur capacité plutôt qu'en termes absolus : une batterie de 100 Ah fonctionnant à 100 A est dite en charge ou en décharge à 1 C : une fois son indice de capacité. Un courant de 10 A ne s'élèverait qu'à 0,1 C ; une charge complète à un débit de C/5 représenterait une charge de 5 heures (environ), etc.

Notes de charge et de décharge

Prismatique LiFePO_4 les cellules de batterie étaient autrefois évaluées pour une charge allant jusqu'à 1-2 C et une décharge à 3 C, et cela semblait impliquer qu'elles pouvaient théoriquement être chargées en 30 minutes et déchargées en 20 minutes. Nous avons depuis réalisé que la

plupart des chimies à base de lithium ne dureraient pas longtemps lorsqu'elles étaient soumises à ce genre de traitement. Courants de charge excessifs en particulier sont dommageables et encore plus à des températures plus basses.

Le taux de charge et de décharge de routine maximum recommandé est devenu d'environ 0,3 C pour un fonctionnement soutenu à long terme. Certains des LiFePO₄ à boîtier en aluminium de nouvelle génération⁴ les cellules sont évaluées pour 0,5 C et cela se traduit par des temps de charge durables à long terme minimum d'environ 2,5 heures lorsque l'absorption est prise en compte. Cela peut conduire à devoir limiter les courants de charge et peut décourager l'utilisation d'alternateurs ou de chargeurs ridiculement surdimensionnés.

Attention aux circuits courts

La capacité de courant de court-circuit de LiFePO₄ les cellules peuvent facilement dépasser 20-30 C, ce qui est bien plus que nécessaire pour causer des dommages catastrophiques de la chaleur. La plus grande des précautions doivent être prises lors du travail autour des connexions de cellules comme le dépôt d'un outil non isolé sur *n'importe lequel* le parc de batteries peut entraîner des vols de métal en fusion, un incendie, des brûlures désastreuses ou toute combinaison des trois.

La différence pratique entre travailler à proximité des batteries au plomb à cycle profond courantes à bord et travailler autour des piles au lithium est qu'il y a beaucoup plus de connexions exposées à proximité beaucoup plus proche et même les petits outils ou objets métalliques peuvent être suffisamment longs pour provoquer un court-circuit. De plus, en cas de court-circuit, même les piles au lithium relativement petites sont capables de délivrer des courants extrêmement intenses et soutenus.

D'ailleurs, les tests du fabricant ont montré à plusieurs reprises que *sainement* LiFePO₄ la cellule peut être carrément court-circuitée jusqu'à une destruction complète sans atteindre la température d'inflammation : cela est dû au fait que sa résistance interne est très faible. Il peut en être de même pour une cellule précédemment endommagée présentant une résistance interne élevée et le résultat pourrait alors être *extrêmement* différent.



Un test de court-circuit sur une cellule Sinopoly complètement chargée Le courant dépasse 1800 A car la cellule s'évacue abondamment.

Cette image a été extraite d'un vidéo publié par Sinopoly Battery Ltd, en Chine, où d'autres modes courants de défaillance de la batterie ont été étudiés, par exemple lorsqu'un équipage tire sur la batterie avec un pistolet automatique.

Limites de fonctionnement typiques des cellules

Évaluations des fabricants pour LiFePO_4 les cellules de batterie sont devenues plus conservatrices ces dernières années à mesure que davantage d'expérience a été acquise avec le fonctionnement pratique de ces cellules De nos jours, les spécifications de fonctionnement typiques pour LiFePO_4 les cellules prismatiques [1] se présentent comme suit:

Chargement	Tension de charge maximale	3,65V
	Charge recommandée actuelle	0,3C
	Courant de charge maximal	1-2C
	Courant de coupure	0,033C
	Plage de température de charge	0°C – 45°C
Déchargement	Tension minimale de décharge	2,5V
	Courant de décharge recommandé	0,3C
	Courant de décharge maximal	2-3C

	Plage de température de décharge	-20°C – 55°C
État de charge	Fenêtre de fonctionnement recommandée	10-90% SOC

En 2007, Thundersky, une entreprise manufacturière absorbée plus tard par Sinopoly Battery Ltd, annonçait ses cellules prismatiques pour une charge allant jusqu'à 4,25 V en utilisant un courant de 3 C et leur courant de décharge nominal maximum était de 10 C. Ceux qui ont suivi ces directives sont rapidement arrivés à beaucoup de chagrin, en premier lieu avec la charge, la destruction des cellules laissées, les, à droite et au centre tout en chargeant jusqu'au "target" 4,25 V à faible courant.

Les spécifications de charge d'aujourd'hui peuvent encore apparaître comme étant du côté haut, mais elles doivent être comprises dans le contexte d'un régime de charge courant constant/tension constante (CC/CV) avec terminaison de charge et la charge à la capacité maximale comme objectif. La limite supérieure recommandée de SOC est cependant de 90 % et non de 100%, 1, et charger à 100 % SOC dans ce contexte signifie absorber les cellules à 3,65 V jusqu'à ce que le courant résiduel soit C/30 Tout ce qui est en deçà de cela ne – par définition – atteindra 100 % SOC.

Toutes les valeurs nominales maximales doivent être comprises comme des limites absolues, et non comme des valeurs de fonctionnement standard, c'est pourquoi le raisonnement simpliste suggérant que 4 cellules en série peuvent être chargées à $4 \times 3,65 \text{ V} = 14,6 \text{ V}$ ne pourrait pas être plus erroné Tout aussi erroné que la suggestion selon laquelle tout ancien système de charge au plomb convient parfaitement au fonctionnement avec des piles au lithium ", car la plage de tension est compatible". La plage de tension peut être assez proche, mais le processus de charge requis est très différent car il doit être prévu *résiliation des frais*.

Les spécificités de la charge des piles au lithium à bord feront l'objet d'un article séparé en raison de l'étendue du sujet, mais des caractéristiques essentielles de charge de LiFePO₄ les cellules sont discutées plus en détail ci-dessous.

Capacité de la batterie

Piles Loi et Lithium de Peukert

La capacité d'une batterie n'est pas un chiffre constant : elle dépend du courant de charge et de décharge Le phénomène a été documenté alors

qu'il travaillait avec des batteries au plomb comme la Loi de Peukert en 1897. En termes simples, la Loi de Peukert stipule que la capacité disponible diminue à mesure que le courant augmente.

La réponse à la question de savoir si la relation de Peukert peut vraiment être appliquée aux chimies du lithium est essentiellement négative [2], mais la capacité des batteries Li-ion varie également avec le courant de décharge et la loi de Peukert est tout ce que nous avons à l'heure actuelle. La loi de Peukert n'a jamais été formulée pour être valable qu'à température constante et nous savons que l'effet de Peukert dans LiFePO_4 les batteries deviennent de plus en plus perceptibles à mesure que la température descend en dessous de 15°C .

La relation de Peukert est caractérisée par un exposant supposé constant k et, dans le cas de LiFePO_4 batteries dans les applications de banque de maison, des données expérimentales à des températures modestes ont suggéré une valeur de $k=1.04$. Un exposant de $k=1.00$ indiquerait aucune dépendance entre la capacité de stockage et le courant, c'est-à-dire une batterie idéale, et les batteries au plomb obtiennent souvent un score autour de $k=1.25$, le chiffre s'aggravant à mesure qu'elles vieillissent.

Configuration des moniteurs de batterie

Cette valeur de $k=1.04$ peut constituer un point de départ utile lors de la configuration des moniteurs de batterie, mais les variations de température (qui ne sont jamais prises en compte) peuvent facilement faire échouer le calcul, surtout lorsque de grandes oscillations de l'hiver à l'été sont impliquées. Sous les tropiques, avec des batteries à 25°C ou plus, une valeur de $k=1.02$ pour l'exposant peut être plus appropriée.

Essayer de configurer des moniteurs de batterie conçus pour les batteries au plomb – où ils fonctionnent déjà de manière suspecte au meilleur des moments – pour fonctionner avec des piles au lithium est semé d'incertitudes : l'exposant soi-disant constant k il a été démontré qu'il est tout sauf constant avec la chimie lithium-ion [3]. À condition que la température ne change pas de manière significative et que les courants en fonctionnement soient raisonnablement cohérents, un ensemble de paramètres peut être dérivé pour obtenir des lectures apparemment raisonnables.

Capacité nominale et utilisation réelle

Les piles au lithium sont généralement évaluées en capacité à des courants beaucoup plus élevés que les piles au plomb et la batterie est réputée déchargée lorsqu'elle ne peut plus fournir le courant de décharge. La capacité nominale pour la décharge à $0,5\text{ C}$ (décharge de 2 heures) ou

0,3 C est courante pour les piles au lithium prismatiques, tandis que les piles au plomb sont normalement évaluées à C/20 (décharge de 20 heures). La conséquence pratique est que les batteries au lithium semblent généralement dépasser leur capacité nominale aux courants moyens normalement à bord d'un yacht.

La Loi de Peukert peut être formulée comme : $C2 = C1 \times [C1 / (I2 \times T1)]^{(k-1)}$, où:

$C1$ est la capacité de la batterie lorsqu'elle est déchargée $T1$ heures à un courant $I1$, et

$C2$ est la capacité calculée lorsqu'elle est déchargée à un courant $I2$. k l'exposant de Peukert est-il évoqué plus haut.

Que pouvons-nous attendre d'une batterie au lithium de 100 Ah évaluée à 0,5 C = 50 A lorsqu'elle est utilisée comme banque de maison et déchargée à C/20 = 5 A à la place?

Nous avons $C1 = 100\text{Ah}$, $I1 = 50\text{A}$, $T1 = 2$ heures, $I2 = 5$ A et nous utiliserons $k = 1.04$:

$$C2 = 100 \times [100 / (5 \times 2)]^{(1,04 - 1)} = 100 \times 10^{0,04} = 109,6\text{Ah}$$

Le même gain de 10 % est valable pour une batterie de 200 Ah déchargée à 10 A, etc.

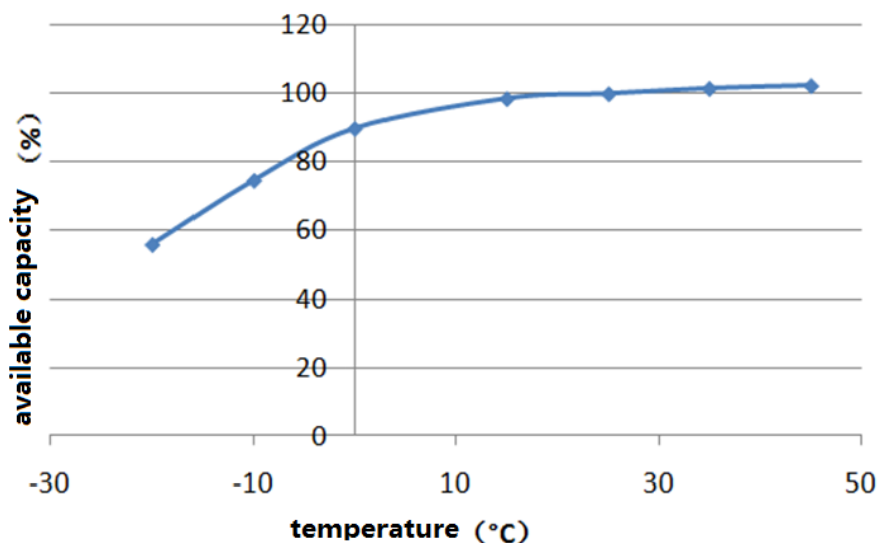
Capacité nominale de la batterie au lithium à 0,5C	Courant de décharge à C/20	Capacité effectivement disponible
100Ah	5A	109,6Ah
200Ah	10A	219,2Ah
300Ah	15A	328,8Ah
400Ah	20A	438,4Ah

Ces différences peuvent devenir assez importantes dans les grandes banques, car une batterie de 400 Ah déchargée à 10 A seulement présenterait maintenant une capacité théorique de 476.6Ah De tels calculs sont cependant chargés d'incertitude en raison de la dépendance à la température pour la valeur de k , mais des résultats correspondants ont été démontrés expérimentalement. À très basse température, une partie de la capacité de la batterie devient tout simplement totalement inaccessible.

Effets à basse température

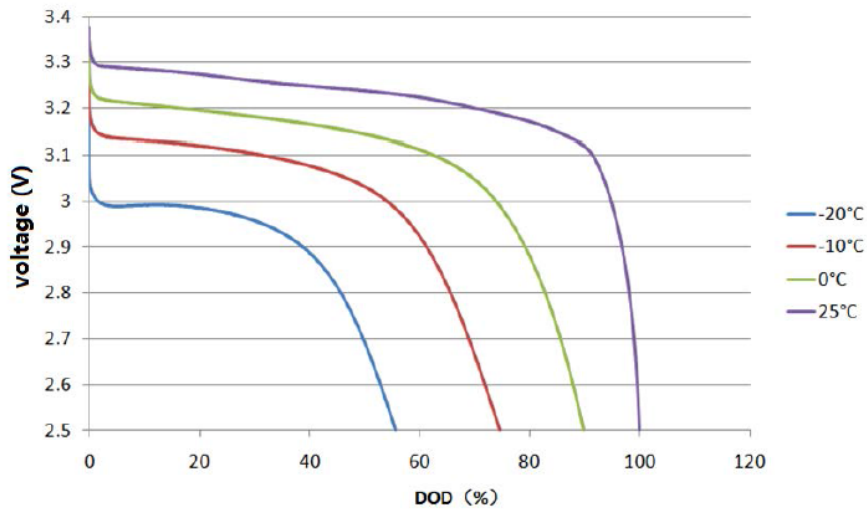
Réduction de Capacité

La capacité est également assez sensible aux effets de la température. Les cellules au lithium offrent plus de capacité et des performances plus élevées à des températures plus élevées, y compris à des températures excessives provoquant un vieillissement accéléré. À des températures glaciales, la capacité disponible à la décharge rétrécit de manière assez significative [4], mais est récupérée une fois que la cellule se réchauffe à nouveau.



Capacité disponible en fonction de la température pour un seuil de coupure de décharge basse tension de 2,5 V/cellule (Plot gracieuseté de l'Université Tsinghua)

Ce phénomène met en évidence le fait que les ions lithium deviennent de plus en plus difficiles à extraire de la matrice graphite de l'anode à mesure que la température baisse et que seuls des porteurs de charge relativement superficiels sont disponibles à basse température ; le solde de la capacité devient effectivement "locked-in" hors de portée. Cette perte de capacité disponible se traduit également par une tension de décharge plus faible, la, le point de coupure basse tension étant atteint plus tôt.



Courbes de décharge de tension à courant constant à différentes températures Le seuil de coupure basse tension laisse une capacité importante verrouillée dans la batterie à des températures glaciales (Plot gracieuseté de l'Université Tsinghua)

Accepter un seuil de coupure basse tension plus bas serait un moyen de retrouver l'accès à une partie de cette capacité verrouillée dans des conditions de sous-congélation, mais la question n'a qu'un réel intérêt pour les applications automobiles.

	Tension de coupure = 2,5V	Tension de coupure = 2,0V
T = 25°C	C = 100%	
T = 15°C	C = 98%	
T = 0°C	C = 90%	
T = -10°C	C = 74,5%	C = 87%
T = -20°C	C = 56%	C = 72%

À toutes fins pratiques sur les navires marins, les températures des batteries inférieures à zéro devraient être rares à moins que l'eau ne gèle également autour de la coque La réduction de capacité est alors limitée à environ 10 % seulement dans le pire des cas, ce qui devrait être négligeable Alors que le rejet à basse température donne à la fois une puissance et une capacité réduites, il est inoffensif pour la cellule On ne peut pas en dire autant de la charge à basse température.

Charge à température froide

On sait que les températures froides sont préjudiciables aux cellules si elles sont exposées à la charge Les essais de performance en cyclage à des températures variables ont montré l'existence apparente d'un seuil

en dessous duquel la capacité s'estompe avec un cyclage brusquement accéléré Ce seuil est apparu comme étant supérieur à la température de 0°C souvent suggérée comme limite pour la recharge, les, mais les données disponibles étaient limitées et les détails exacts de la fabrication des cellules sont susceptibles d'influencer cette valeur.

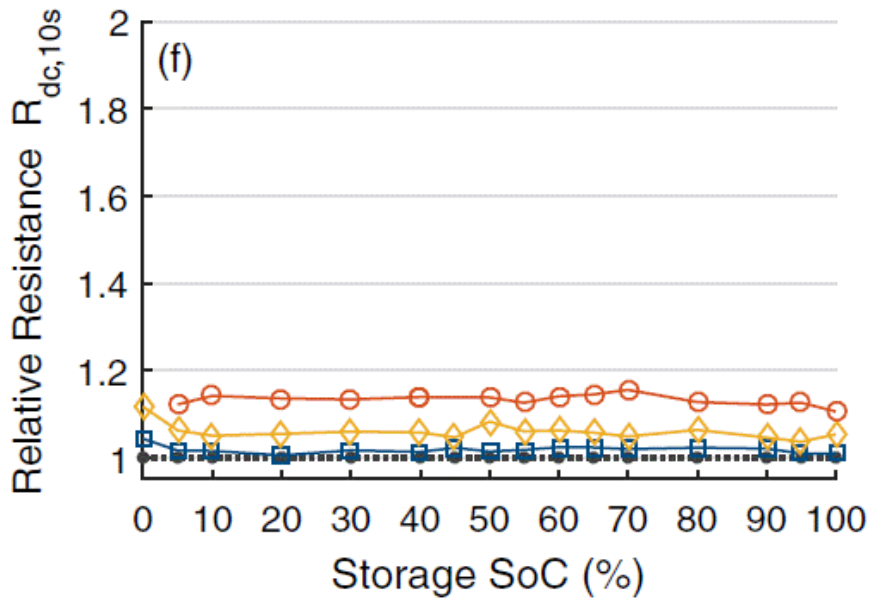
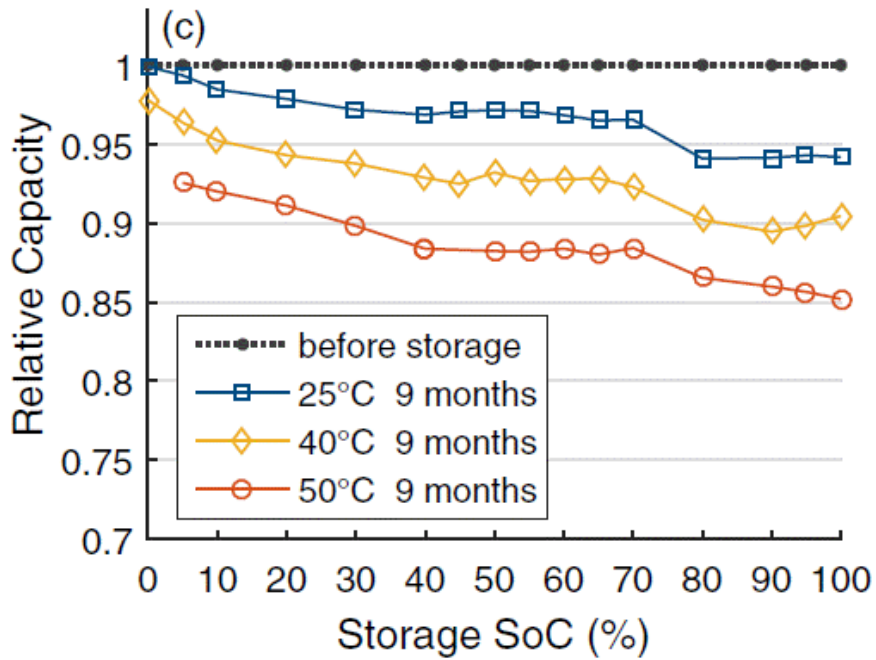
L'intercalation des ions lithium dans la matrice graphite de l'anode devient également plus difficile à basse température et les ions lithium sont éjectés hors de la cathode et incapables de s'imprégner de l'anode au lieu de plaquer sa surface et ses bords ; ce lithium est alors irréversiblement perdu. Cela suggère qu'une charge rapide en particulier devient de plus en plus nocive pour les cellules à mesure que la température baisse.

Impact de l'état de charge et de la température sur la capacité et la durée de vie cellulaire

La tension des cellules augmente naturellement avec leur état de charge et la tension plus élevée rend les électrodes chimiquement plus réactives et cela semble favoriser des réactions secondaires indésirables avec l'électrolyte qui nuisent à la santé des cellules La conséquence pratique de ceci est que le maintien des cellules au lithium à un état de charge élevé pendant de longues périodes réduit leur durée de vie en provoquant une perte de capacité et une augmentation de la résistance interne. Des températures plus élevées sont bien connues pour réduire la vie cellulaire.

Les effets combinés de l'état de charge et de la température sur la santé cellulaire pendant une période de stockage de 9 à 10 mois ont été étudiés en détail par Keil et al. [8] et illustré ci-dessous.

LFP cells



LiFePO₄ la capacité cellulaire et la résistance interne changent sur une période de stockage de 9 à 10 mois en fonction de l'état de charge et de la température (tracés de Keil et al. [8]).

Le premier tracé illustre clairement que la capacité des cellules est mieux préservée en stockant les cellules à l'état de charge et à la température les plus bas, pratiquement aucune dégradation ne se produisant à 0 % de SoC et 25 °C. Si l'on compare le tracé avec le graphique de la tension en circuit ouvert des cellules présenté dans la section suivante ci-dessous, on peut voir que l'évanouissement de capacité augmente alors en relation directe avec la tension en circuit ouvert de la cellule et cela se traduit par un changement de pas au-dessus de 70 % de SoC et un méplat entre 40 % et 70 % de SoC. Cela indique que LiFePO₄ les banques de batteries doivent être stockées à une très basse tension, comme 3,0 V/cellule et dans des conditions fraîches, des températures allant jusqu'à 25 °C étant acceptables, mais plus basses étant encore meilleures.

Le deuxième tracé dépeint l'effet du SoC et de la température sur la résistance interne continue des cellules et montre que celle-ci n'est pas liée à l'état de charge et ne dépend que de la température. Non seulement les bancs stockés dans des conditions chaudes perdent de la capacité à un rythme accéléré, mais ils développent également une augmentation de l'affaissement de tension sous charge et cela réduit leur capacité à fournir des niveaux de puissance élevés.

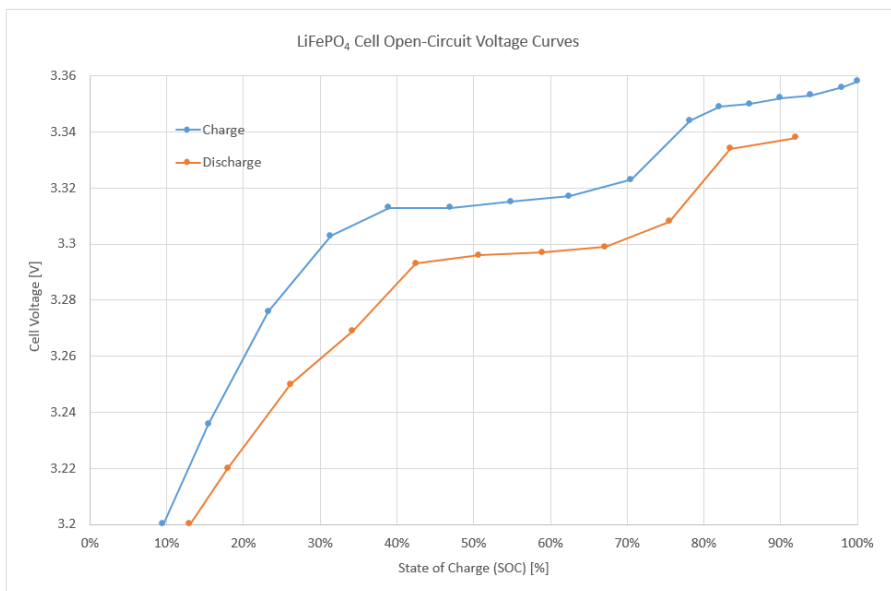
Caractéristiques de tension et d'état de charge

Un LiFePO_4 la cellule a une tension nominale nominale de 3,2 V. En pratique, 3,2 V n'est atteint que lorsqu'il est fortement déchargé (ou sous une charge importante) et la tension de fonctionnement normale est d'environ 3,3 V. Cela implique qu'une batterie au plomb nominale de 12 V composée de six cellules en série pour un total d'environ 12,7 V en fonctionnement peut être remplacée par quatre LiFePO_4 cellules à la place, pour une tension résultante d'environ 13,2 V.

La puissance embarquée d'une banque de lithium montre une tension système améliorée et beaucoup plus constante ; la plupart des équipements fonctionnent sensiblement mieux, des pompes aux émetteurs-récepteurs SSB. Les lumières ne baissent pas non plus lorsqu'une charge est allumée, car sa faible résistance interne se traduit par un affaissement de tension beaucoup moins important.

L'état de charge (SOC) d'une batterie au plomb peut normalement être déduit de sa tension, mais seulement tant que la batterie a été au repos suffisamment longtemps pour que la lecture se stabilise. Les batteries au plomb ont une résistance interne importante, surtout lorsqu'elles ne sont plus à leur apogée et qu'elles tirent du courant immédiatement la lecture vers le bas.

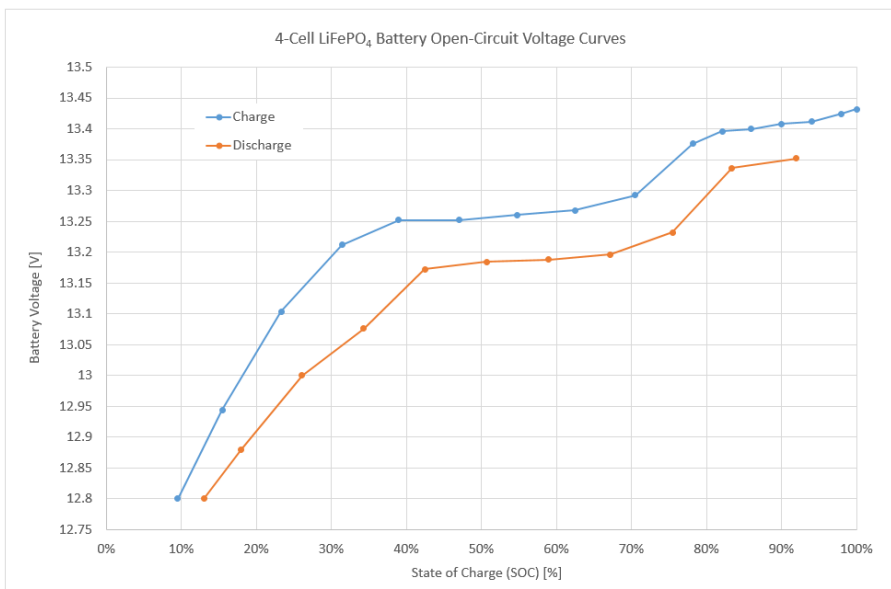
Les batteries au lithium sont similaires, à part pour leur résistance interne beaucoup plus faible et une relation plus complexe entre état de charge et tension, qui présente un méplat prolongé lorsque les cellules sont dans la gamme SOC de 40 % à 65 %. En dehors de cette région, les lectures de tension fournissent des indications très utiles de l'état de charge.



Une seule cellule LiFePO₄ a stabilisé la tension en circuit ouvert en fonction de l'état de charge (données fournies par l'Université Tsinghua)

La tension de la cellule diffère selon que la cellule était chargée ou déchargée avant que la tension ne puisse se stabiliser. Dans presque tous les cas à bord des yachts, de petites charges ramènent rapidement la tension en ligne avec la courbe de décharge.

Si cette tension de repos plus élevée après la charge semble se dissiper très rapidement, c'est un signe révélateur que les cellules ont été maltraitées et ont subi des dommages électrochimiques.



La batterie LiFePO₄ à 4 cellules a stabilisé la tension en circuit ouvert en fonction de l'état de charge (dérivé des données fournies par l'Université Tsinghua)

Au repos, ou pour de faibles courants de charge et de décharge, les tracés ci-dessus sont extrêmement utiles pour estimer l'état de charge, même simplement en jetant un coup d'œil au voltmètre:

Lecture de tension	Évaluation	Capacité
13,3 V ou plus	Près plein	Plus de 80%
Au-dessus de 13,2V	Beaucoup de réserve	Au moins 70%
En dessous de 13,15V	Se mettre du côté bas	Moins de 40%
En dessous de 13,0V	Certainement en train de descendre	Moins de 25%

Les propriétaires d'installations cyclant modérément qui peuvent s'abstenir de faire un beeline automatique au magasin de détail d'électricité marine le plus proche peuvent être agréablement surpris de découvrir que l'ajout d'un ~~générateur de nombres aléatoires~~ le moniteur de batterie du système peut être complètement superflu avec le lithium, à condition qu'un simple voltmètre et un peu de connaissances soient disponibles.

Efficacité actuelle et énergétique

Les batteries au lithium en général sont efficaces à près de 100 % en termes de courant : cela signifie que la charge de 1 Ah donne une décharge typique de 0,997 Ah à un courant similaire. C'est extrêmement supérieur à ce que la chimie plomb-acide peut atteindre et entraîne souvent des gains de 30 à 50 % en termes d'efficacité de charge lorsqu'une banque de maison au plomb est remplacée par LiFePO₄ cellules sur un yacht.

L'effet net des panneaux solaires est comme si la taille du réseau était soudainement devenue considérablement plus grande et était devenue un changement vers un LiFePO₄ bank peut être une réponse plus sensée aux problèmes énergétiques que d'ajouter plus de panneaux ou de faire fonctionner un moteur.

L'efficacité énergétique, en revanche, se situe autour de 95 %, mais varie en fonction du courant : dépensez 100 Wh en charge et vous récupérerez environ 95 Wh en décharge. La différence vient du fait que la tension de charge doit être un peu plus élevée que celle disponible par la suite pendant la décharge.

Dans l'utilisation marine, l'efficacité du courant est ce qui compte, car trouver un peu plus de tension n'est jamais un problème.

Chargement Caractéristiques

En ce qui concerne la charge, les piles au lithium sont toutes deux lointaines *plus simple* de charger et totalement différentes des cellules plomb-acide. En conséquence, elles devraient également être gérées différemment. Un autre aspect important est que la recharge d'une nouvelle cellule fraîche peut être très différente et beaucoup plus facile que la recharge d'une cellule qui vient de voir un grand nombre de cycles partiels de charge et de décharge, en raison des effets de mémoire qui sont discutés plus loin.

Le régime de charge le plus couramment documenté pour les piles au lithium est le suivant *courant constant, tension constante* (CC-CV). C'est aussi un objectif qui n'est pour l'essentiel jamais atteint avec les installations marines : les systèmes embarqués livrent *courant variable, tension limitée* mélangé avec des cycles de charge/décharge partiels.

En conséquence, les seuls paramètres qui comptent réellement sont les tension maximale que la batterie est autorisée à atteindre pendant la charge et la façon dont la charge est terminée, parce que ceux-ci déterminent le résultat du processus de facturation.

Qu'est-ce que la tension de charge?

La tension de charge est essentiellement la tension aux bornes de la batterie pendant la charge. L'utilisateur de la batterie n'a essentiellement aucun contrôle sur cette tension pendant la majeure partie du processus de charge : la batterie absorbe tout le courant fourni et la tension augmente à son propre rythme, à mesure que l'état de charge augmente.

La tension ne peut être contrôlée – qu'en réduisant le courant de charge – une fois qu'il commencerait à dépasser une limite.

Je me souviens avoir lu une fois un billet insensé sur un alternateur. L'auteur se plaignait que le régulateur était "useless" parce que "il limitait la tension au lieu de charger à la consigne désirée".

Ce que cette personne n'a pas compris, c'est que la tension atteint une valeur qui dépend de l'état de charge de la batterie et, avec l'alternateur à pleine sortie déjà, il n'y a plus rien que le régulateur puisse faire jusqu'à ce que la tension monte naturellement suffisamment pour justifier de la limiter.

Le paramètre sur lequel l'utilisateur a le contrôle est la *tension de fin de charge*. La tension de fin de charge est simplement la limite de tension utilisée par le système de charge avant la fin de la charge. En raison de la résistance interne plus élevée des batteries au plomb, les tensions de charge augmentent à la fois plus tôt et beaucoup plus rapidement que ce qui est observé avec les piles au lithium.

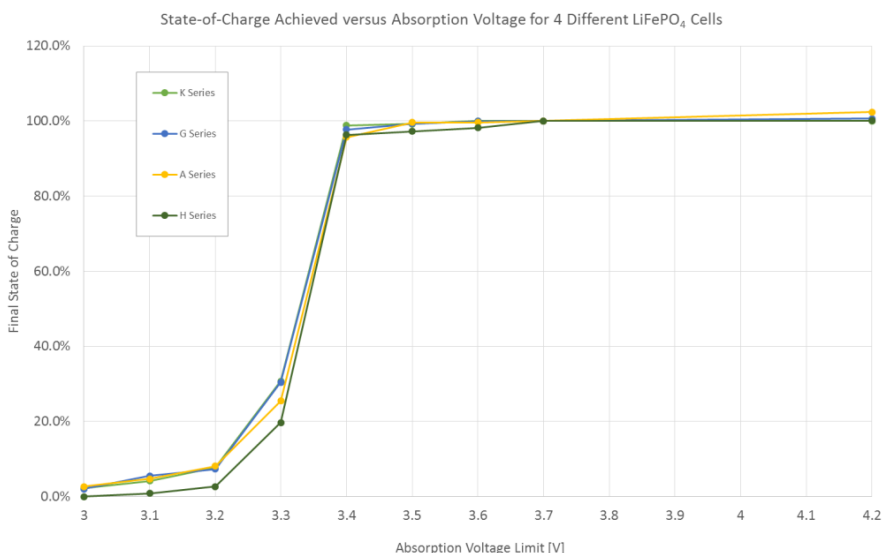
Les cellules au lithium se chargent généralement à 3,4 V ou moins pendant de très longues périodes tout en absorbant le plein courant et, lorsque la tension commence enfin à augmenter, la batterie est déjà chargée de manière significative.

La relation entre la tension de fin de charge et l'état de charge

La relation entre la tension de fin de charge et l'état de charge finalement atteint par une cellule LFP peut être explorée en chargeant des cellules de batterie en utilisant une plage de limites de tension maximales jusqu'à ce que le courant diminue à chaque fois jusqu'à une très petite valeur avant de les décharger à nouveau. pour évaluer la capacité.

Une telle expérience a été menée par Powerstream [5] en 2014 avec quatre marques différentes de LiFePO_4 cellules de même taille, qui ont été chargées jusqu'à ce que le courant ait diminué jusqu'à environ 0,013 C. Il s'agit d'un courant de coupure de charge assez faible et cela a dû entraîner des temps d'absorption prolongés.

J'ai utilisé leurs données expérimentales publiées pour tracer un graphique plus intéressant montrant le *état de charge* atteint contre le *limite de tension d'absorption*.



Le graphique ci-dessus illustre que si le 3,3 V est insuffisant pour recharger une cellule, le 3,4 V est suffisant pour obtenir déjà près de 100 % de capacité et la tension limite ne peut pas empêcher de manière réaliste la surcharge sans également compromettre la charge. Il souligne également que l'utilisation de tensions d'absorption élevées ne parvient essentiellement pas à réaliser quoi que ce soit. en ce qui concerne la capacité, mais les temps de charge seraient certainement réduits si cela était également illustré.

Les cellules LFP ne se chargent tout simplement pas vraiment à des tensions allant jusqu'à 3,3 V, puis se chargent complètement déjà à 3,4 V

et plus La transition est si abrupte que prétendre contrôler le processus de charge en ajustant la tension est purement et simplement voué à l'échec.

La charge à des tensions réduites, jusqu'à 3,4 V/cellule, ne fait qu'augmenter le temps d'absorption et donc le temps de charge global, mais n'aboutit strictement à rien en termes d'empêcher la batterie de se charger complètement puis de se surcharger Il suffit de plus pour que cela se produise De plus, la charge basse tension ouvre la porte à de graves problèmes de performances à plus long terme qui découlent des effets de mémoire dans les cellules.

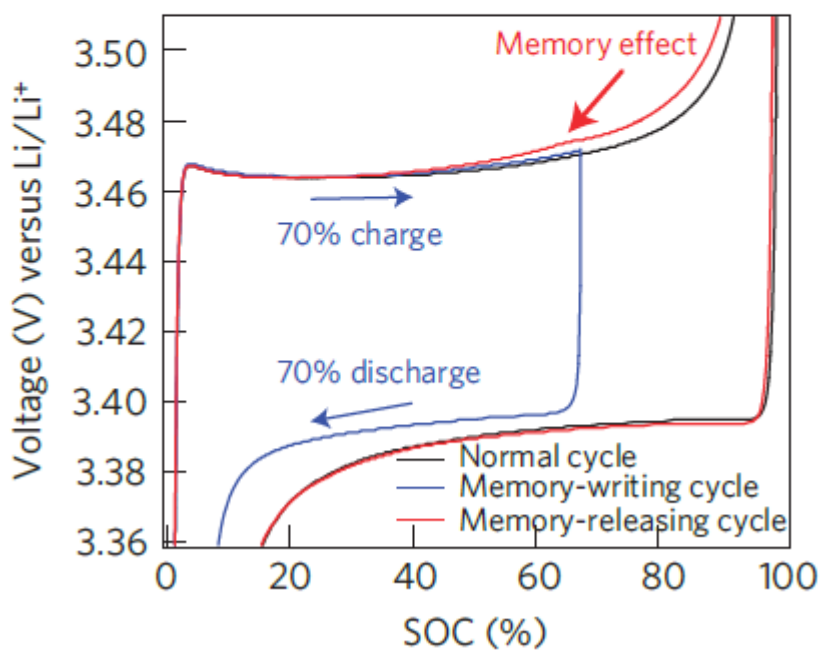
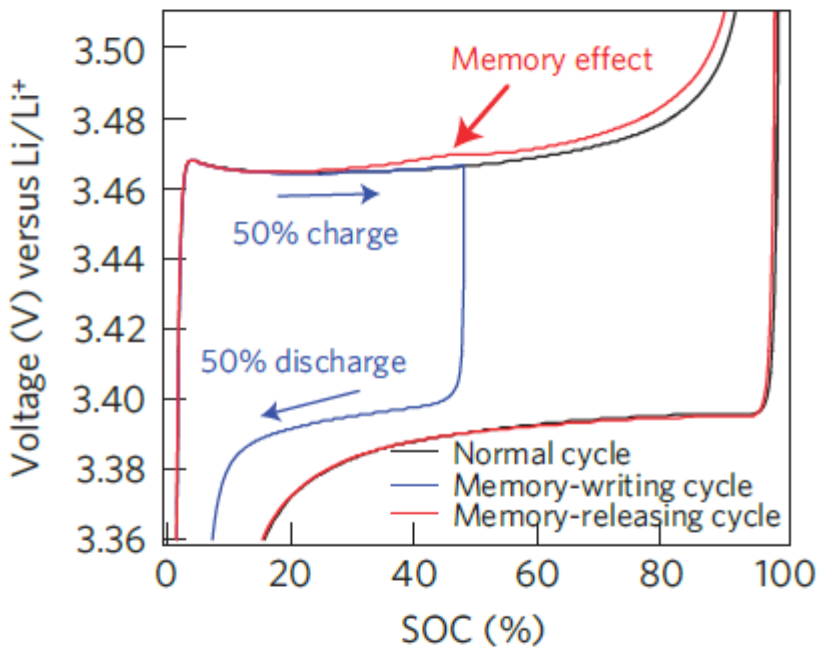
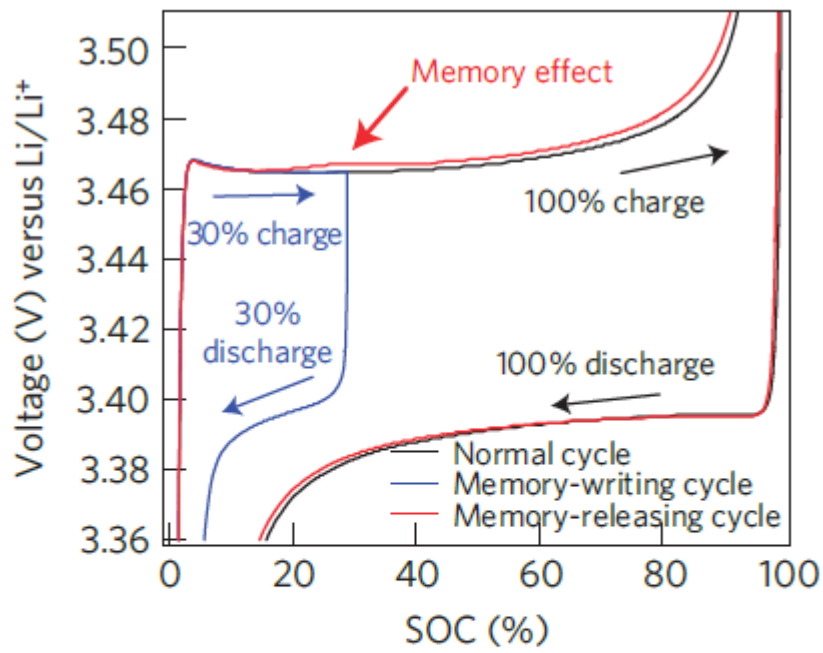
Effets Mémoire

Effets de mémoire dans LiFePO_4 les cellules ont été découvertes et étudiées par *Sasaki et coll.* [6] et les résultats publiés dans *Nature Matériaux* en 2013, les auteurs ont illustré que, dans des circonstances spécifiques, l'historique de cyclage antérieur d'une cellule modifie la courbe de tension pendant la charge en provoquant une augmentation de la tension plus rapide et plus précoce que prévu.

Pour qu'un effet mémoire apparaisse, un *cycle de charge incomplet suivi de une période de repos et une décharge* doit avoir eu lieu plus tôt (cycle d'écriture-mémoire). Une charge partielle suivie d'une décharge immédiate n'est pas suffisante pour enregistrer une mémoire du cycle incomplet [7] ; ceci est important car la conséquence pratique est qu'une stratégie de charge-et-maintien est particulièrement néfaste lorsqu'une charge complète n'a pas été atteinte. Il n'est pas rare que les systèmes de batteries au lithium DIY mettent en œuvre des stratégies de charge déficientes qui entraînent en fait la réalisation de ce scénario et cela nuit aux performances à long terme de la batterie.

Lorsqu'un cycle d'écriture-mémoire est terminé, une augmentation anormale de la tension peut être observée par la suite à mesure que le processus de charge approche du point où la charge s'était arrêtée plus tôt ; cela crée une bosse dans la courbe de charge partielle de tous les types courants de piles au lithium (à l'exception notable de l'oxyde de titanate de lithium $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) quitte la cellule avec des phases divisées riches en lithium et pauvres en lithium qui persistent pendant et après la décharge Afin d'effacer la mémoire de cellule du ou des cycles interrompus précédents, une charge complète doit être effectuée (cycle de libération de mémoire) et cela nécessite de surmonter la bosse provoquée par les cycles partiels passés.

Il a été constaté que l'effet mémoire se renforçait avec le nombre de cycles de charge incomplets effectués avant le cycle d'effacement. Il



Effet mémoire dans la cellule LFP suivant différents cycles de charge et de décharge incomplets On notera que la tension est référée au potentiel d'une électrode au lithium (tracés de Sasaki et al. [6]).

était également renforcé lorsqu'une charge partielle était suivie d'une décharge peu profonde, plutôt que d'une décharge profonde.

Ces derniers aspects se sont révélés d'une importance capitale si l'on considère les performances à long terme de LiFePO_4 les batteries dans les applications de banque de maison, parce que les cycles de charge incomplets sont courants lorsque l'on s'appuie sur des sources d'énergie renouvelables et les cycles de décharge peu profonds sont également fréquemment expérimentés. Ceux-ci ont le potentiel de rendre les banques de batteries presque inutilisables après aussi peu que 2-3 ans en service régulier en l'absence de cycles de libération de mémoire. Les cycles de libération de mémoire inefficaces sont très courants dans les installations de bricolage où le processus de charge n'est pas correctement contrôlé et/ou configuré de manière incorrecte par crainte d'une surcharge ou en raison de mythologies répandues.

Une absence de cycles de libération de mémoire provoquée par une charge inefficace permet à la bosse de tension provoquée par l'effet mémoire de croître au cours du temps. Si la tension d'absorption et/ou le temps d'absorption sont insuffisants pour la surmonter, le processus de charge se termine progressivement de plus en plus tôt. Cela a un effet de composition car l'écriture de la mémoire commence à se produire à des valeurs de SOC de plus en plus faibles au fil du temps et la capacité disponible de la batterie peut disparaître presque complètement sans aucune perte de lithium ou dégradation chimique en tant que telle. La récupération des batteries dans cet état peut être difficile et nécessiter de nombreux cycles de charge à libération de mémoire utilisant des tensions d'absorption élevées, suivis d'une décharge profonde. Pour ces raisons, LiFePO_4 les batteries doivent être chargées correctement chaque fois que l'occasion se présente, de sorte que les effets des cycles partiels précédents inévitables peuvent être anéantis alors qu'il est encore relativement facile de le faire. Cela nécessite une tension d'absorption robuste et une stratégie de charge offrant une absorption de charge adéquate. Tout le reste ne sera pas à la hauteur de cela finira par entraîner d'importants problèmes de performance et de capacité.

Alors que nous avons montré tout à l'heure que des tensions aussi basses que 3,4 V/cellule étaient capables de charger complètement et même de surcharger une cellule LFP, cela doit maintenant également être considéré dans le contexte des effets de mémoire altérant la courbe de charge des cellules. Mon expérience jusqu'à présent a été que toute tension de terminaison inférieure à au moins 3,5 V/cellule doit être considérée comme inadéquate si l'installation subit des cycles de charge

incomplets. Tout système de charge incapable de fournir une absorption adéquate jusqu'à au moins C/20 ou moins lorsque cela est nécessaire doit également être considéré comme impropre à son usage, car il ne parviendra pas à fournir des cycles de charge capables d'effacer la mémoire cellulaire.

Surcharge

La surcharge signifie appliquer une tension de charge à une batterie déjà complètement chargée. Comme nous venons de souligner le fait que – étant donné suffisamment de temps – batteries au lithium se chargent toujours complètement à 3,4 V/cellule ou plus, toute tension à partir de 3,4 V peut très certainement surcharger et endommager une batterie au lithium.

La rapidité avec laquelle cela se produit dépend certainement de la hauteur de cette tension, mais – contrairement à ce qui est observé avec la chimie plomb-acide –, il n'existe pas de tension de charge sûre qui puisse être maintenue en continu avec les piles au lithium. Tous les cycles de charge doivent se terminer lorsque ou avant que la batterie ne soit pleine.

Une batterie au plomb bénéficie de ce que l'on appelle une batterie au plomb *réaction navette*, [traduction], ce qui permet (dans les limites du raisonnable) d'absorber et de dissiper l'excès d'énergie. Ce mécanisme n'est pas présent dans les batteries au lithium et il les rend très intolérantes à la surcharge.

Une batterie au lithium maintenue à une tension élevée avec un courant nul circulant a été surchargée et est endommagée. Cette situation se produit généralement avec de nombreux contrôleurs de charge marins, y compris et surtout certains censés être désignés pour les banques de lithium.

Les versions "lithium" des contrôleurs de charge solaire Genasun GV-5 et GV-10 MPPT en sont un excellent exemple car elles maintiennent indéfiniment 14,2 V sur la batterie (sur la base des unités inspectées en 2015)

Résiliation des frais

Étant donné que la tension d'absorption ne peut pratiquement pas être utilisée pour limiter la charge, il s'agit de déterminer quand s'arrêter. La terminaison de la charge doit idéalement se produire avant que la batterie ne soit complètement pleine, car la majeure partie de la contrainte sur la batterie se produit lorsqu'elle manque de lithium à transférer, ou lorsqu'elle ne peut pas transférer les ions lithium assez

rapidement, ou, par exemple lorsque le taux de charge est très élevé et que la tension peut augmenter excessivement.

Le signe révélateur d'une batterie complètement chargée (ou surchargée) est qu'elle n'est plus capable d'absorber un courant significatif, voire un courant quelconque

Terminaison basée sur la tension

Si la charge à des courants très faibles, tels que 0,05 C, où la résistance interne ne fausse pas de manière significative la lecture de tension, la terminaison peut être mise en œuvre sur la base d'un seuil de tension sur la base que le courant est alors connu pour être faible. Un petit système solaire chargeant une banque de taille peut entrer dans cette catégorie. Dans ce cas, la charge doit s'arrêter lorsque la tension cible est atteinte et ne pas reprendre tant que la tension n'est pas tombée à un niveau indiquant que la batterie peut et doit être rechargée à nouveau.

À des courants plus élevés, cette stratégie pécherait du côté sûr en laissant une batterie sous-chargée, mais elle n'est pas satisfaisante, car l'absorption des charges est toujours indispensable avec les piles au lithium afin d'effacer la mémoire des cycles partiels précédents et de faire bon usage de la capacité installée.

Résiliation dans le temps

Les schémas impliquant une période d'absorption temporisée effectuent uniquement une terminaison de charge approximative. Si la batterie nécessite une charge en vrac et que la durée de la période d'absorption a été déterminée à bon escient, il peut en résulter un bon cycle de charge. Si la batterie est déjà pleine au début de la charge, elle souffrira invariablement tout au long de la phase d'absorption indésirable ; l'utilisation d'une tension d'absorption plus faible limite la contrainte exercée sur les cellules, les, mais ne parvient pas à résoudre correctement le problème, augmente le temps de charge global et ouvre la porte à des problèmes de capacité à long terme résultant d'effets de mémoire.

Presque tous les contrôleurs d'alternateur dits "smart" mettent généralement en œuvre une stratégie d'absorption basée sur le temps pour fournir une terminaison de charge qui est tout sauf intelligente... toute terminaison de charge est cependant encore bien meilleure que rien.

Les temps d'absorption avec les batteries au lithium fer phosphate se situent généralement dans la plage de 30 à 40 minutes dans la plupart des situations lors de la charge avec des sources à courant élevé, et beaucoup moins si la batterie est chargée à faible courant. Si une terminaison basée sur le temps doit être mise en œuvre, alors le temps d'absorption doit être déterminé expérimentalement en surveillant la conicité du courant. Si la batterie souffre d'effets de mémoire dus à des cycles de charge partielle répétés antérieurs, alors le temps d'absorption requis peut augmenter de manière très significative et une terminaison temporelle interrompra la charge avant que la mémoire de cellule n'ait été effacée.

Résiliation optimale des charges

Dans tous les cas où des courants de charge importants sont présents ou où la batterie a connu un grand nombre de cycles de charge interrompus et partiels, une terminaison correcte ne peut être obtenue qu'en surveillant à la fois le courant et la tension pour prendre une décision éclairée.

La tension doit être à la hausse à la consigne d'absorption alors que le courant est à la baisse à la limite de terminaison de charge ; cela indique que la capacité de la batterie à absorber une charge supplémentaire est proche de sa fin. L'état de charge final atteint dépend de la combinaison de la tension maximale et du courant minimum, des, mais la modification du courant de terminaison est le seul moyen fiable de modifier l'état de charge obtenu et la tension doit toujours être suffisante pour garantir que les effets de mémoire des cycles partiels précédents puissent être surmontés.

Les équipements de charge destinés aux batteries au plomb ne sont presque jamais en mesure d'effectuer une terminaison de charge appropriée, car la surcharge des cellules au plomb (à l'exception des cellules gel) est acceptable dans une certaine mesure, aucune véritable considération de sécurité ne se pose et les batteries sont relativement peu coûteuses. La fonctionnalité requise n'est pas présente et l'ajout du mot "lithium" dans la brochure du produit ne fait généralement exactement rien pour remédier à cette situation. Alors que la tension de la batterie est toujours disponible, soit le courant de la batterie n'est pas mesuré, soit l'information n'est pas exploitée par l'équipement. Pour cette raison, le seul endroit pour déterminer de manière réaliste la terminaison de charge dans un système de batterie au lithium se trouve au BMS et le BMS doit superviser le processus de charge.

Références:

[1] Fiches techniques des cellules CALB CA180FI et Sinopoly LFP200AHA.

[2] D. Doerffel, SA Sharkh, *Un examen critique de l'utilisation de l'équation de Peukert pour déterminer la capacité restante des batteries au plomb-acide et au lithium-ion*, Journal des sources d'énergie, 155 (2006) 395–400

[3] N. Omar, P. Van den Bossche, T. Coosemans et J. Van Mierlo, *Peukert revisité—Évaluation critique et besoin de modification pour les batteries lithium-ion*, Énergies 2013, 6, 5625-5641 ; est ce que je:10.3390/en6115625

[4] L. Lu, *LiFePO₄ tests et analyses des performances de la batterie pour BMS*, Département de génie automobile, Université Tsinghua (2011)

[5] <http://www.powerstream.com/lithium-phosphate-charge-voltage.htm>

[6] T. Sasaki, Y. Ukyo et P. Novak, *“Effet mémoire dans une batterie lithium-ion”*, Nature Materials, Vol. 12, juin 2013 ; doi:10.1038/nmat3623

[7] H. Kondo, T. Sasaki, P. Barai et V. Srinivasan, *“Étude approfondie du comportement de polarisation de LiFePO₄ Électrodes basées sur un modèle à plusieurs particules”*, J. Electrochem. Soc. 2018 165(10): A2047-A2057; est ce que je:10.1149/2.0181810jes

[8] P. Keil, SF Schuster, J. Wilhelm, J. Travi, A. Hauser, R. Karl et A. Jossen, *“Calendar Aging of Lithium-Ion Batteries, I. Impact of the Graphite Anode on Capacity Fade”*, Journal de la Société électrochimique, 2016 163 (9) A1872-A1880

Publié par Éric Bretscher à 15h30

13 Réponses à “Caractéristiques pratiques des cellules de batterie au lithium fer phosphate”

1. **Patrick Bryant** dit:

24 avril 2019 à 10h00



“Résilience optimale des frais

Dans tous les cas où des courants de charge importants sont présents, pour obtenir une terminaison appropriée, il faut surveiller à la fois le courant et la tension pour prendre une décision éclairée.”

Cette approche ne fonctionne pas bien lorsque la puissance de charge disponible est variable : comme avec les sources PV sur un navire en mouvement avec un ombrage PV variable par voiles et mâts, ce qui produira des creux de courant de sortie qui ne se rapportent pas au SOC de

la batterie Au lieu de cela, j'utilise le comptage coulomb : mesure des ampères/heures en entrée et en sortie Lorsque ma banque atteint 80 % SOC, je termine la charge Cela nécessite un recalibrage occasionnel, des, J'ai réglé 50 % SOC comme une tension flottante de 13,18 volts.

Répondre

Éric Bretscher dit:

24 avril 2019 à 15h26



Patrick,

Terminaison de charge basée sur le courant résiduel *fonctionne toujours* et c'est la *seule façon correcte de résilier*. Une baisse du courant de sortie provoquée par des facteurs externes produit une baisse de tension correspondante et la condition de terminaison n'est pas remplie Du point de vue pratique de la mise en oeuvre, la charge est un processus lent et graduel et il est courant d'imposer que la condition de terminaison $V > V_{target}$ et $I < I_{residual}$ doit durer de quelques secondes à quelques minutes. Cela protège davantage l'algorithme des faux positifs.

Le comptage coulombien est notoirement peu fiable, c'est-à-dire impossible à effectuer avec précision, et la fin de la charge "at 80 %" est absurde Les cellules au lithium fer phosphate doivent être rechargées correctement (ce qui signifie entièrement et sans surcharge) au moins de temps en temps lorsque l'occasion se présente afin d'effacer les effets de mémoire provoqués par les cycles partiels Lorsque cela ne se produit pas, la capacité disponible diminue avec le temps et le système finit par devenir inutilisable.

L'ensemble de la théorie de charge "incomplète et faible" provient de : 1/une incapacité technique à mettre en oeuvre correctement la terminaison de charge et, 2/le fonctionnement des banques sans équilibrage de cellule, qui s'écartent de l'équilibre et commencent à provoquer des problèmes de tension près du sommet après un certain temps. Cependant, c'est une poubelle et cela entraîne des problèmes plus importants un peu plus loin sur la piste.

Éric

Répondre

2. **Francis Hemeter** dit:

29 mai 2019 à 22h48



Je suis sur le point d'installer un système DIY 400AH Winston (8 cellules 24 V).

J'ai un contrôleur de charge solaire 100/50 victron, et un chargeur d'onduleur 3000/24 v 70 Amp. Chargeur DC à DC 30 A

Tout d'abord, j'ai lu à propos de faible courant 0.05 C – 0.033 % (pour moi regardant 20 A ou plus quand installé 8 S) qui signifie mon idée originale

pour l'équilibrage initial top de l'utilisation d'une alimentation 10 Amp est hors, même sur une seule cellule mais dans une banque parallèle totalement hors.

Donc pour la balance initiale supérieure

Au lieu de cela, arrêtez le processus de charge, laissez les cellules se reposer pendant quelques heures et mesurez la tension aux bornes

Lorsque la tension de la cellule en circuit ouvert au repos atteint 3,35 volts (mesurée avec un compteur très précis), vous vous arrêtez là!

Pour un fonctionnement normal

Je peux programmer les changeurs (avoir aussi un BMS programmable pour cellule /protection secondaire)

-Barret photovoltaïque solaire de 1 300 W mais c'est maximum en théorie, arrêtez la tension sans absorption ? En théorie, cela pourrait parfois produire plus de 20 A, comme deux fois, ce serait mieux de traiter qu'il s'agit d'un courant plus important et d'avoir un certain temps d'absorption (tension inférieure)

tension du chargeur 30 A DC à DC avec temps d'absorption (à une tension inférieure ?)

Temps d'absorption de l'onduleur/chargeur Victron 70 A (à une tension inférieure ?)

Vos recommandations seraient appréciées Je veux protéger mon investissement dans la banque de batteries.

Répondre

Éric Bretscher dit:

30 mai 2019 à 5h14



Bonjour Francis,

0,033 C pour une banque de 400 Ah est un courant de terminaison de 13,2 A, donc 10 A est suffisamment proche et vous devriez être en mesure de charger de nouvelles cellules jusqu'à 3,65 V et de vous arrêter Il n'est pas nécessaire de rendre les choses plus compliquées qu'elles ne le sont C'est juste une charge unique d'une batterie.

Aucune absorption n'est hors de question avec les cellules LiFePO4 Le temps d'absorption nécessaire varie considérablement avec le courant de charge et la santé des cellules Si la banque a vu beaucoup de cycles de charge incomplets, les effets de mémoire deviennent très importants et conduisent à des temps d'absorption très longs Si vous ne chargez pas jusqu'à un point de terminaison correct, beaucoup de capacité devient inaccessible après quelques années... ou moins.

Je réalise actuellement quelques tests sur l'effacement de l'effet mémoire sur une banque qui a fait des centaines de cycles partiels et je publierai les données dans un article quand j'aurai fini.

Les chargeurs au plomb sont fondamentalement incapables à eux seuls de charger correctement une batterie LiFePO4 dans

toutes les circonstances où des charges sont également présentes Vous devriez recevoir le signal de terminaison de charge du BMS et faire en sorte que les chargeurs s'y conforment. Fudging things fonctionne en quelque sorte pour certaines installations, au moins pendant un certain temps, mais il finit par s'effondrer lorsque la banque ne peut pas être rechargée assez fréquemment. Il ne s'agit pas tant de ce que vous achetez que de la manière dont vous concevez et construisez le système.

Cordialement,

Éric

Répondre

3. **Patrick Bryant** dit:

23 juillet 2019 à 4h45



Ma banque LFP a été conçue pour soutenir l'électronique essentielle dans mon voilier pendant 96 heures sans source de charge Ma seule source de charge en cours est solaire Donc mon taux de décharge est C/96 (à 10 % SOC) et mon taux de charge (la pire estimation de cas) est C/48 (à 90 % SOC).

Dans ces conditions, comment détecter éventuellement C/20 (0,05 C) pour la terminaison de charge – lorsque ce courant est plus de deux fois le courant de charge disponible C'est pourquoi je compte les ampères/heures à l'entrée et à la sortie Pour éviter l'effet de mémoire, je charge la banque à 100 % SOC sur un chargeur d'alimentation à terre en utilisant la détection de conicité du courant (C/20) environ tous les 25 cycles.

J'ai plus de 500 cycles accumulés sur 3 ans et je ne peux détecter aucun effet mémoire dans ma banque (cellules GBS 400 A/H 4 S 4 P).La tension du terminal de la banque repose toujours (24 heures OCV au repos) à 13,43 volts pour une charge SOC indiquée à 100 %, et les 24 OCV au repos suivent tout le long de la courbe de décharge à quelques pour cent près.

Les conseils publiés méconnaissent totalement les besoins pratiques des utilisateurs sous-fractionnaires tels que moi-même Tout le monde n'a pas d'alternateur entraîné par moteur Je n'ai pas d'alternateur du tout J'ai un voilier – pas un bateau à moteur assisté par "vent" (voilier auxiliaire).

Répondre

Éric Bretscher dit:

23 juillet 2019 à 13h26



Ce n'est pas parce qu'un bateau a un moteur et un alternateur que l'énergie vient de là Il n'y a rien de rare à utiliser l'énergie solaire pour la majeure partie de la charge, à de faibles taux de C, et même des taux de C extrêmement bas dans des conditions défavorables Les constructeurs spécifient une terminaison de charge à 3,65 V lorsque le courant est tombé à **C/30 = 0,033C** et le taux de charge était C/3 typiquement Tant que la batterie est absorbante et que la tension ne monte pas

en flèche, c'est la charge Il n'y a pas de quoi s'exciter Si vous chargez et déchargez à des courants très faibles, vous pourrez accéder à plus de capacité car il y a plus de temps disponible pour les processus de diffusion Lorsque vous terminez la charge à des tensions inférieures à 3,65 V, vous devez également vous charger à un courant résiduel plus faible pour atteindre le même SOC de toute façon.

Tant que vous avez la possibilité de recharger correctement de temps en temps, il n'y a aucune raison pour que les effets de mémoire ne s'effacent pas facilement et ils le font Les choses deviennent plus difficiles quand vous n'avez PAS la possibilité de recharger à plein pendant de très longues périodes et de continuer à faire du vélo.

Vous écrivez "la tension du terminal bancaire repose toujours (24 heures OCV au repos) à 13,43 volts" et donc par définition il n'y a rien d'autre à faire à propos de "memory effects", car il s'agit d'une charge complète et peut-être même d'une surcharge.

Le comptage coulombien n'est PAS FIABLE car vous ne pouvez pas avoir un instrument qui va faire face parfaitement à une plage dynamique de courant s'étendant de milliampères à des centaines d'ampères Dès que vous commencez à mesurer, vous commencez également à accumuler des erreurs de mesure et très rapidement vous n'avez AUCUNE IDÉE de ce qu'est réellement le véritable état de charge. Le bon sens suggère donc de NE PAS utiliser ces informations pour prendre des décisions critiques, à moins que vous n'avez également une mesure de la qualité du SOC basée sur sa tenue et d'autres paramètres et que vous puissiez prendre des décisions intelligentes intégrant la tension cellulaire, le courant, le SOC estimé et Qualité SOC. Il n'y a pas de "raisons et circonstances particulières" pour ignorer cela et le faire quand même, parce que 1/ vous n'avez pas abordé la raison pour laquelle cela ne devrait pas être fait en premier lieu et 2/l'expérience montre qu'il n'est pas nécessaire de le faire un jour lorsque vous êtes capable de recharger périodiquement correctement.

Répondre

4. **David Harrison** dit:

29 décembre 2019 à 22h35

Je suis un peu en retard à la fête ici, mais je dois demander : à quelle fréquence une charge complète doit-elle être accomplie pour effacer les effets de mémoire avant qu'ils ne deviennent permanents ? une fois par mois ? 6 mois ? une semaine ? j'ai 3 55 A Midnite Classic 250 chargeant ma banque LFP de 50 kWh avec un onduleur Radian GS8048 Je peux régler les tensions d'encombrement et d'adsorption & temps, et éteindre le flotteur.

Rien de ce que j'ai ne me permet de surveiller le courant et d'obtenir ces informations dans les Midnites ou Radian de manière utile.

La seule façon que je puisse voir accomplir une charge complète périodique est de régler la fonction d'égalisation à 3,6 v/cellule et le temps

à une valeur que j'établis w/un moniteur de courant au moment où le courant de charge atteint 0 ou près de 0 et ensuite de le faire répéter une fois par semaine/mois/etc.

Si tu as des idées j'aimerais les entendre.

Merci

Répondre

Éric Bretscher dit:

30 décembre 2019 à 7h46



David,

Les effets de mémoire ne deviennent pas permanents, ils deviennent simplement plus difficiles à surmonter Votre question est difficile à répondre car il n'y a pas beaucoup de données disponibles et cela dépend trop du régime de fonctionnement de la banque Effectuer une recharge complète une ou deux fois par an semblerait être assez suffisant dans la plupart des cas.

Si vous ne pouvez pas surveiller le courant et utiliser ces informations, vous ne pouvez pas obtenir une terminaison de charge correcte Le temps d'absorption varie beaucoup avec l'état (et l'âge) des cellules, donc essayer de dissuader un temps d'absorption fixe est une stratégie défectueuse Vous devez utiliser la tension et le courant.

Essayer de recharger les banques LFP avec des chargeurs au plomb ne fonctionne pas correctement Le BMS doit mesurer le courant et être capable de contrôler la terminaison des charges.

Cordialement,

Éric

Répondre

5. **Bishal Shrestha** dit:

04 février 2020 à 13h35

Comment développez-vous la relation entre l'état de charge et la tension en circuit ouvert de la batterie ? Existe-t-il une formule directe pour cela ? Une règle empirique (si elle existe) ? ? J'ai besoin de dessiner un graphique similaire avec LiFePO4 à 2 cellules. Quelqu'un peut-il m'aider. Merci

Répondre

Éric Bretscher dit:

04 février 2020 à 15h46



Bishal,

Vous devez le mesurer, c'est le seul moyen et cela devrait être fait pour une seule cellule Cela prend beaucoup de temps car vous devez charger et décharger par pas incrémentiels et attendre que la tension en circuit ouvert se stabilise ensuite à chaque fois La relation semble également changer à mesure que les cellules vieillissent, plus pour certaines cellules que pour d'autres.

Cordialement,

Éric

Répondre

Bishal Shrestha dit:

04 février 2020 à 17h43

Merci Eric pour votre réponse et pour l'article.

Répondre

6. **Robert Petit** dit:

27 juin 2022 à 1h16

Un rapport très intéressant et je vous remercie de l'avoir rendu disponible. Mon intérêt pour Memory Effects est de comprendre comment gérer correctement les cellules LiFePO4 dans un système d'alimentation domestique stationnaire hors réseau, en particulier je m'intéresse aux cycles de charge et de décharge partiels (incomplets) pendant les mois d'hiver où les entrées solaires sont (bien) inférieures à la capacité de la batterie. D'après votre article, je soupçonne qu'une décharge complète manuelle délibérée périodique suivie d'une recharge du générateur utilitaire ou de secours à complètement chargé (comme vous le définissez) fournirait un moyen de supprimer les effets de mémoire de la batterie et de prolonger la durée de vie/capacité de la batterie sur le long terme. Il me semble que cette décharge profonde manuelle et cette recharge "reset-cycling" (mon propre terme) ne seraient nécessaires que semestriellement pour assurer la réinitialisation du parc de batteries et prolonger la santé et la capacité du parc de batteries dans son ensemble Votre commentaire serait apprécié.

Robert Petit

Répondre

Éric Bretscher dit:

27 juin 2022 à 20h38



Robert,

Merci d'avoir écrit Veuillez noter que la meilleure façon de ne pas avoir à gérer les effets de mémoire est de ne pas écrire de cycles de mémoire dans les cellules en premier lieu Comme expliqué dans l'article, l'écriture d'un cycle de mémoire nécessite des conditions très spécifiques à remplir : 1/un cycle de charge incomplet suivi de 2/une période de repos sans

décharge. Les systèmes hors réseau ont tendance à alimenter les charges plus ou moins tout le temps, il est donc normalement facile d'éviter une période de repos après une charge partielle simplement en configurant correctement le processus de charge.

Les personnes qui rencontraient de graves problèmes d'effets de mémoire utilisaient généralement des systèmes de charge mal configurés avec de faibles tensions d'absorption et des tensions "float" excessives, se chargeant ainsi systématiquement mal et empêchant ensuite la batterie de se décharger pendant un certain temps.

La décharge profonde n'aide pas vraiment à effacer la mémoire des cellules. La mémoire survit à la décharge profonde, c'est la phase de recharge qui peut l'effacer et plus la mémoire des cellules est devenue enracinée, plus il est difficile de l'effacer avec succès, car la tension des cellules augmente anormalement tôt.

Cordialement,

Éric

Répondre

Laisser une réponse

Votre Commentaire

Nom

(obligatoire)

E-mail

(obligatoire)

URI

Submit Comment

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.