

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 109 448

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

21 03831

⑤① Int Cl⁸ : G 01 R 31/384 (2020.12), H 02 J 7/00, B 60 L 58/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 14.04.21.

③③ Priorité : 15.04.20 DE 102020204744.8.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.10.21 Bulletin 21/42.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GmbH GMBH —
DE.

⑦② Inventeur(s) : Kluender Mario, Schneider Johannes,
Schindele Lothar et Cois Olivier.

⑦③ Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GmbH GMBH.

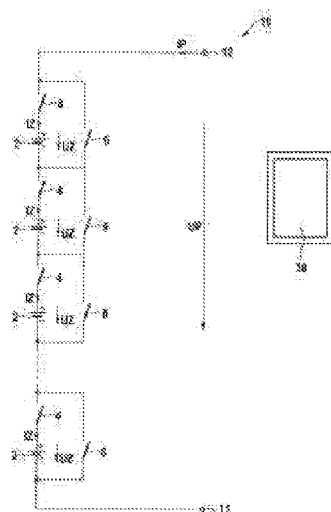
⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤④ Procédé de gestion d'une batterie et batterie ainsi gérée.

⑤⑦ TITRE: Procédé de gestion d'une batterie et batterie
ainsi gérée

Procédé de gestion d'une batterie (10) composée d'un
ensemble de cellules de batterie (2) branchées en série, un
ensemble de commutateurs commandés (4, 6) pour activer
et désactiver les cellules de batterie (2) en mode de charge
et de décharge de la batterie (10) ainsi qu'un système de
gestion (30) pour surveiller les cellules de batterie (2) et
commander les commutateurs (4, 6). L'invention a égale-
ment pour objet une batterie (10) pour appliquer le procédé.

Figure 4



FR 3 109 448 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de gestion d'une batterie et batterie ainsi gérée

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention se rapporte à un procédé de gestion d'une batterie composée d'un ensemble de cellules de batterie branchées en série, un ensemble de commutateurs commandés pour activer et désactiver les cellules de batterie en mode de charge ou en mode de décharge de la batterie ainsi qu'un système de gestion pour surveiller les cellules de batterie et commander les commutateurs.
- [0002] L'invention a également pour objet une batterie conçue pour appliquer ce procédé.
- [0003] Pour simplifier la description l'expression batterie sera utilisée pour les expressions usuelles synonymes de « batteries d'accumulateurs » et l'expression « cellule ou cellule de batterie » pour les expressions synonymes de « accumulateur, élément de batterie et cellule de batterie ».

ETAT DE LA TECHNIQUE

- [0004] Les batteries de véhicule automobile ont plusieurs cellules branchées en série pour arriver à un niveau de tension plus élevé. Cela est nécessaire pour atteindre le niveau de puissance nécessaire de quelques dizaines à quelques centaines de kilowatts pour les véhicules car l'intensité maximale possible est limitée par les pertes ohmiques. Ainsi, la puissance maximale possible est limitée à la fois par la tension de la batterie et par l'intensité maximale du courant qu'elle peut fournir.
- [0005] A titre d'exemple, pour le niveau de tension, le système à 48V, reste en-dessous de la limite de 60 V des réseaux de bord à forte tension. Ainsi, la puissance inhérente est limitée à quelques dizaines de kilowatts. L'utilisation de techniques de semi-conducteurs à courant plus fort permet d'augmenter la puissance d'un système à 48 V. Pour cela, on utilise deux commutateurs par cellule de batterie, un commutateur en série sur la cellule de batterie et un commutateur en parallèle. Cela permet d'activer ou de shunter chaque cellule de batterie série par le système. La tension de la batterie se règle ainsi par échelon.
- [0006] Cela permet de commuter plus de cellules de batterie que par ailleurs dans un système à 48 V en série sans dépasser en fonctionnement la limite de 60 V. Si en récupération ou en mode de charge la tension augmente, on désactive les différentes batteries simples pour respecter la limite de tension. En mode renforcé ou en mode de décharge on active en plus les cellules de batterie pour avoir la tension du système à un niveau plus élevé et permettre ainsi d'avoir plus de puissance.
- [0007] Le document CN 105226744 A décrit un procédé d'un système d'équilibrage actif de

cellule.

[0008] Le document US 2011/0285356 A1 décrit un procédé et des circuits pour charger de manière adaptative une batterie.

[0009] EXPOSE ET AVANTAGES DE L'INVENTION

[0010] La présente invention a pour objet un procédé de gestion d'une batterie composée d'un ensemble de cellules de batterie branché en série, un ensemble de commutateurs commandés pour activer et désactiver les cellules de batterie en mode de charge ou de décharge de la batterie et un système de gestion pour surveiller les cellules de batterie et commander les commutateurs comprenant les étapes suivantes consistant à :

[0011] a) déterminer une limite supérieure de tension de batterie et une limite inférieure de tension de batterie, un courant de charge maximum de la batterie et un courant de décharge de la batterie, une limite supérieure de tension de cellule des cellules de batterie et une limite inférieure de tension de cellule des cellules de batterie, un écart maximum d'état de charge souhaité entre les cellules de batterie et, un écart maximum de débit de charge souhaité entre les cellules de batterie,

[0012] b) déterminer un courant de batterie, une tension de batterie, des écarts d'état de charge des cellules de batterie respectives et des écarts de débit de charge des cellules de batterie respectives,

[0013] c) vérifier si l'intensité du courant de charge est inférieure à un seuil prédéfini, si la tension de charge se situe entre la limite supérieure et la limite inférieure de la tension de batterie, si les écarts d'état de charge des cellules de batterie respectives sont en dessous de l'écart maximum d'état de charge souhaité et si les écarts de débit de charge des cellules de batterie respectives sont en dessous de l'écart maximum de débit de charge souhaité,

[0014] d) normer les écarts d'état de charge des cellules de batterie (2) respectives si une des grandeurs vérifiées dans l'étape c) ne remplit pas une condition correspondante et n'effectuer aucune commutation si toutes les grandeurs vérifiées dans l'étape c) remplissent les conditions correspondantes,

[0015] e) représenter les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie respectives et les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie respectives dans un premier système de coordonnées, en reportant sur un premier axe de coordonnées du premier système de coordonnées, l'écart d'état de charge normé de la cellule de batterie et sur le second axe de coordonnées du premier système de coordonnées, en reportant l'écart de débit de charge de la cellule de batterie et, en formant un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie,

[0016] f) transformer les vecteurs de mouvement des cellules de batterie respectives dans un second système de coordonnées, avec un axe de coordonnées de décharge du second système de coordonnées représentant une première direction de mouvement de la

cellule de batterie en mode de décharge de la batterie dans le second système de coordonnées alors qu'un axe de coordonnées de charge du second système de coordonnées représente une seconde direction de mouvement de la cellule de batterie en mode de charge de la batterie dans le second système de coordonnées,

- [0017] g) déterminer un modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie en mode de charge ou de décharge de la batterie.
- [0018] Le branchement en série de cellules de batterie signifie que plusieurs cellules de batterie en parallèle sont branchées en série.
- [0019] Les commutateurs commandés de la batterie sont notamment des semi-conducteurs tels que des composants MOSFET (transistor à effet de champ à grille métal-oxyde) ou IGBT (transistor bipolaire à grille isolée).
- [0020] A titre d'exemple, à chaque cellule de batterie, on associe un premier commutateur et un second commutateur. Le premier commutateur est branché en série sur la cellule de batterie et le second commutateur est branché en parallèle sur l'ensemble constitué le montage en série du premier commutateur et sa cellule de batterie.
- [0021] Les cellules de batterie peuvent être équipées chacune d'un premier commutateur et d'un second commutateur, mais on peut également regrouper les commutateurs commandés dans une unité de commutation commandée par le système de gestion.
- [0022] La mise en œuvre du procédé consiste, comme déjà indiqué, à déterminer tout d'abord une limite supérieure de tension de batterie et une limite inférieure de tension de batterie. On détermine également un courant de charge maximum de la batterie et un courant de décharge maximum pour la batterie ; ces grandeurs dépendent d'autres grandeurs telles que, par exemple, la température ou l'état de charge. En outre, on définit une tension limite supérieure et une tension limite inférieure de la cellule de la batterie.
- [0023] En outre, on détermine un écart maximum souhaité d'état de charge entre les cellules de batterie. Comme la puissance totale de la batterie est limitée par la cellule la plus faible, il est souhaitable de répartir, de façon égale, le vieillissement des cellules de batterie.
- [0024] On définit également un écart maximum souhaité de débit de charge entre les cellules de batterie. Comme le vieillissement des cellules de batterie est fortement lié au débit de charge, il est souhaitable d'uniformiser le débit de charge en le répartissant entre les cellules de la batterie. Le débit de charge désigne ici la quantité cumulée de charge en mode de charge.
- [0025] De façon préférentielle, les grandeurs ci-dessus qu'il faut déterminer en mode de charge et de décharge de la batterie sont prédéfinies de manière dynamique. Cela permet, par exemple, de tenir compte de la température de la batterie ou de l'état de vieillissement de celle-ci.

- [0026] Ensuite, on détermine une intensité de courant de batterie, une tension de batterie, des écarts d'état de charge de batterie pour les différentes cellules ainsi que les écarts de débit de charge des différentes cellules.
- [0027] Ensuite, on vérifie pour les grandeurs déterminées ci-dessus, si l'intensité du courant de batterie correspond à un seuil prédéfini, si la tension de batterie est comprise entre la limite supérieure et la limite inférieure de la tension de batterie, si les écarts d'état de charge des différentes cellules sont inférieurs à l'écart d'état de charge maximum souhaité et si les écarts de débit de charge des différentes cellules est inférieur à l'écart maximum souhaité de débit de charge.
- [0028] Les limites supérieures et inférieures de tension de charge ont une priorité absolue car elles doivent être respectées. Le but est de maintenir la tension de batterie à l'intérieur des limites inférieures et supérieures de tension de batterie ce qui détermine le nombre de cellules de batterie activées à un instant. Un second objectif est de maintenir les écarts d'état de charge ainsi que les écarts de débit de charge des différentes cellules de batterie dans les limites prédéterminées ou prédéfinies, ce qui détermine les cellules de batterie actives à un moment donné.
- [0029] Si toutes les conditions ci-dessus sont remplies, il n'y a aucune commutation. Cela signifie que l'on conserve le modèle d'activation de l'étape précédente pour cette batterie.
- [0030] Le procédé peut également être élargi avec des relaxations dynamiques des conditions pour réduire le nombre de commutations. C'est ainsi que, par exemple, on transforme le nombre de commutations par un filtre à moyenne mobile à pondération exponentielle avec un coefficient égal à 1 au minimum et limité à une valeur maximale. Ce coefficient multiplie les valeurs limites de l'état de charge et des équilibres de débit de charge pour réduire le nombre de commutations.
- [0031] Si l'une des grandeurs évoquées ci-dessus ne vérifie pas la condition correspondante, on établit un nouveau modèle d'activation de la batterie. Pour cela, on norme tout d'abord les écarts d'état de charge des différentes cellules de batterie par rapport à une valeur moyenne et on transforme par calcul, les écarts d'état de charge en une unité de charge telle que, par exemple, ampère-heure ou ampère-seconde pour disposer de telles grandeurs dans l'étape suivante dans la même unité que les écarts de charge et ne pas avoir de distorsion liée aux unités.
- [0032] Les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie respectives sont donnés par la formule suivante :
- [0033]
- $$\Delta \tilde{C}_{SoC,i} = \Delta C_{SoC,i} \cdot C_{0,i}$$
- [0034] Dans cette formule (i) est un nombre naturel, $\Delta \tilde{C}_{SoC,i}$ est l'écart d'état de charge

normé de la cellule de batterie (i), $\Delta \tilde{C}_{SoC,i}$ est l'écart d'état de charge déterminé de la cellule de batterie d'ordre (i) et $C_{0,i}$ est la capacité de cette cellule de batterie d'ordre (i).

[0035] Ensuite, on représente les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie respectives ainsi que les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie respectives dans un premier système de coordonnées. On reporte sur un premier axe de coordonnées du premier système de coordonnées, l'écart de débit de charge de la cellule de batterie et sur un second axe de coordonnées du premier système de coordonnées on reporte l'écart d'état de charge normé de la cellule de batterie.

[0036] On forme ainsi un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie.

[0037] Le vecteur de mouvement d'une cellule de batterie active en mode de charge, c'est-à-dire une cellule active de batterie qui est une cellule activée ou branchée de manière active, est définie par la formule suivante :

[0038]

$$v_{chg,act,i} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{n} \cdot \sum_j c_j \\ \frac{\hat{C}_0}{C_{0,i}} - \frac{\hat{C}_0}{n} \cdot \sum_j \frac{c_j}{C_{0,j,i}} \end{bmatrix}$$

[0039] Dans cette formule (i) est un nombre naturel, $v_{chg,act,i}$ est le vecteur de mouvement de la cellule de batterie d'ordre (i) en mode de charge qui doit être activé, $\hat{C}_0$ est la capacité moyenne des cellules de batterie, $C_{0,i}$ est la capacité de la cellule de batterie d'ordre (i), (n) est un nombre naturel et représente le nombre total de cellules de batterie dans cette batterie ; c est un vecteur binaire qui indique un état actif ($c_j=1$) ou passif ($c_j=0$) de la cellule de batterie, (j) est un nombre naturel.

[0040] Une cellule de batterie passive est, par définition, une cellule de batterie désactivée ou shuntée.

[0041] Dans cette batterie, on a

[0042]

$$C_{0,i} \approx \hat{C}_0 \text{ et } z = \sum_j c_j$$

[0043] ce qui donne le vecteur de mouvement de la cellule de batterie en mode de charge :

[0044]

$$v_{chg,act,i} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{z}{n} \\ 1 - \frac{z}{n} \end{bmatrix}$$

[0045] Dans cette matrice, $z \neq n$ et $z \neq 0$ le vecteur de mouvement $v_{chg,act,i}$ est orienté dans une direction à 45° par rapport au premier système de coordonnées.

[0046] Il apparaît toutes les cellules de batterie ne sont pas activées simultanément. Si toutes

les cellules de batterie sont actives, on n'applique pas de transformation du système de coordonnées car il n'y a pas de mouvement de cellule de batterie les unes par rapport aux autres.

[0047] Un vecteur de mouvement d'une cellule de batterie passive en mode de charge est représenté par la formule suivante :

[0048]

$$v_{chg,pas,i} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{n} \cdot \sum_j c_j \\ -\frac{\hat{C}_0}{n} \cdot \sum_j \frac{c_j}{C_{0,j}} \end{bmatrix}$$

[0049] Dans cette formule $v_{chg,pas,i}$ représente le vecteur de mouvement de la cellule de batterie de l'ordre (i) en mode de charge qui doit être passive.

[0050] Pour $C_{0,i} \approx \hat{C}_0$ et $z = \sum_j C_j$ le vecteur de mouvement de la cellule de batterie passive en mode de charge est le suivant :

[0051]

$$v_{chg,pas,i} = - \begin{bmatrix} z \\ n \\ z \\ n \end{bmatrix}$$

[0052] Pour $z \neq n$ et $z \neq 0$, le vecteur de mouvement $v_{chg,pas,i}$ est ainsi orienté dans la direction de -45° dans le premier système de coordonnées.

[0053] En mode de décharge de la batterie, les écarts de débit de charge des cellules de batterie sont nuls. Les écarts d'état de charge des cellules de batterie respectives en mode de décharge correspondant aux écarts d'état de charge des cellules de batterie respectives en mode de charge ont ainsi un signe algébrique opposé.

[0054] Le vecteur de mouvement d'une cellule de batterie active en mode de décharge est donné par la formule suivante :

[0055]

$$v_{dsg,act,i} = - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{z}{n} \end{bmatrix}$$

[0056] Dans cette formule $v_{dsg,act,i}$ est le vecteur de mouvement de la cellule de batterie d'ordre (i) en mode de décharge qui doit être commuté en mode actif .

[0057] Pour $z \neq n$ et $z \neq 0$, le vecteur de mouvement $v_{dsg,act,i}$ est ainsi orienté dans une direction de 90° dans le premier système de coordonnées.

[0058] Le vecteur de mouvement d'une cellule de batterie passive en mode de décharge est donné de façon approchée par la formule suivante :

[0059]

$$v_{dsg,pas,i} = \begin{bmatrix} 0 \\ z \\ -n \end{bmatrix}$$

[0060] Dans cette formule $v_{dsg,pas,i}$ du vecteur de mouvement de la cellule de batterie d'ordre (i) correspond au mode de décharge qui doit être passif.

[0061] Pour $z \neq n$ et $z \neq 0$, le vecteur de mouvement $v_{dsg,pas,i}$ est ainsi orienté dans une direction de 90° par rapport au premier système de coordonnées.

[0062] On transforme ensuite les vecteurs de mouvement des cellules de batterie respectives dans un second système de coordonnées. Le second système de coordonnées a un axe de coordonnées de décharge et un axe de coordonnées de charge. L'axe de coordonnées de décharge du second système de coordonnées représente ainsi une première direction de mouvement de la cellule de batterie en mode de décharge de la batterie dans le second système de coordonnées ; l'axe de coordonnées de charge du second système de coordonnées représente une seconde direction de mouvement de la cellule de charge de la batterie dans le second système de coordonnées.

[0063] Une matrice de transformation possible est donnée de façon approchée par l'expression suivante :

[0064]

$$T = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix}$$

[0065] Ensuite, on détermine un modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie en mode de charge ou de décharge de la batterie à l'aide des vecteurs de mouvement des cellules de batterie respectives.

[0066] De façon préférentielle, on classe les cellules de batterie en déterminant le modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie en mode de décharge de la batterie, tout d'abord suivant le premier axe de coordonnées du second système de coordonnées qui est, de préférence, croissant.

[0067] Puis, on détermine le nombre (l) de cellules de batterie active pour respecter la limite supérieure de tension de batterie. Le nombre (l) est un nombre naturel. Dans le cas d'un classement croissant, ce seront les (l) premières cellules de batterie du vecteur de classement de sorte que les (l+1) cellules de batterie actives dépasseront pour la première fois la limite supérieure de la tension de batterie.

[0068] Ensuite, on détermine un modèle d'activation de la batterie.

[0069] Puis on applique ce modèle d'activation.

[0070] De façon préférentielle, on classe les cellules de batterie en déterminant le modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie en mode de charge de la batterie, tout d'abord le long de l'axe de coordonnées de charge du premier système de

coordonnées de préférence, dans le sens croissant.

- [0071] Puis on détermine un premier nombre (m) de cellules de batterie active pour respecter la limite supérieure de tension de batterie. Le nombre (m) est un nombre naturel. Dans le cas d'un classement croissant, il s'agit alors des (m) premières cellules de batterie du vecteur de classement de sorte que l'on aura ($m+1$) cellules de batterie actives qui dépasseront pour la première fois la limite supérieure de la tension de batterie.
- [0072] Ensuite, on détermine une première limite d'intensité de courant pour le premier ensemble (m) de cellules de batterie actives. Le comportement des cellules de batterie permet d'avoir une puissance plus élevée si on branche des cellules de batterie supplémentaires et en revanche on réduit l'intensité du courant de sorte toutes les limites de fonctionnement sont respectées ou encore on désactive d'autres cellules de batterie ce qui augmente le courant correspondant.
- [0073] Ainsi, en même temps ou ensuite, on détermine une seconde limite d'intensité de courant pour un second nombre ($m+1$) de cellules de batterie actives et une troisième limite de courant pour un troisième nombre ($m-1$) de cellules de batteries actives. Si (m) est égal au nombre total (n) de cellules de batterie branchées en série dans la batterie, on n'applique pas cette étape de calcul de la seconde limite de courant pour le second nombre ($m+1$) de cellules de batterie actives. Ainsi, on tient compte des limites d'intensité de courant et de tension des cellules de batterie et aussi des limites de tension de batterie.
- [0074] Puis on détermine une puissance maximale à l'aide des première, seconde et troisième limites d'intensité de courant.
- [0075] Ensuite, on sélectionne un nombre parmi le premier nombre (m), le second nombre ($m+1$) et le troisième nombre ($m-1$) de cellules de batterie actives pour avoir la puissance maximale.
- [0076] Puis, on détermine un modèle d'activation de la batterie et on applique ce modèle d'activation.
- [0077] En outre, l'invention propose une batterie conçue pour appliquer le procédé tel que défini ci-dessus.
- [0078] De façon préférentielle, à chaque cellule de batterie est associé un premier commutateur et un second commutateur. Le premier commutateur est branché en série avec la cellule de batterie alors que le second commutateur est branché en parallèle au montage en série formé d'un premier commutateur et sa cellule de batterie associée.
- [0079] De façon préférentielle, les cellules de batterie sont munies chacune d'un premier commutateur et d'un second commutateur. Le premier commutateur est branché en série sur la cellule de batterie associée et le second commutateur est branché en parallèle sur le montage en série formé par le premier commutateur et la cellule de

batterie correspondante.

- [0080] De façon préférentielle, la batterie comporte un capteur pour mesurer le courant de batterie, c'est-à-dire le courant traversant la batterie. Dans ce cas, on peut déterminer des courants de cellule qui traversent les différentes cellules de la batterie et permettant d'obtenir le modèle d'activation. On peut également envisager de munir la batterie de capteurs pour mesurer les courants cellulaires et les courants de batterie.
- [0081] De façon préférentielle, la batterie comporte des capteurs pour mesurer les tensions de cellule appliquées aux différentes cellules de la batterie et pour mesurer la tension de batterie, c'est-à-dire celle en sortie de la batterie.
- [0082] L'invention a également pour objet un véhicule conçu pour appliquer le procédé de l'invention tel que défini ci-dessus et/ou une batterie selon l'invention.
- [0083] AVANTAGES DE L'INVENTION
- [0084] L'invention propose un procédé fondé sur des règles qui s'implémentent efficacement.
- [0085] Le procédé selon l'invention permet d'avoir des limites de tension de batterie aussi élevées que possible pour minimiser les courants et ainsi les pertes et les effets de vieillissement si certaines cellules de batteries ne doivent pas être activées, elles sont, de préférence désactivées pour que l'écart d'état de charge et l'écart de débit de charge de toutes les cellules de batteries soient réduits simultanément dans la batterie.
- [0086] Cela permet d'augmenter la puissance d'une batterie d'un réseau 48V. De plus, on supprime les circuits des cellules passives ou actives d'équilibrage nécessaires dans une batterie classique pour équilibrer les états de charge des différentes cellules de batterie branchées en série. Dans des systèmes de batterie de tension élevée, l'invention peut servir à limiter la plage de tension du réseau embarqué pour améliorer le coût et l'efficacité des composants d'entraînement, logiques.
- [0087] Le procédé selon l'invention peut, en outre, être appliqué à différentes valeurs initiales de l'état de charge et capacités des cellules de batterie. De plus, il peut s'agir d'autres grandeurs comme, par exemple, des températures de cellule pour l'extension, l'ajout d'autres dimensions à des systèmes de coordonnées.

Brève description des dessins

- [0088] La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide de modes de réalisation représentés dans les dessins annexés dans lesquels :
- [0089] [Fig.1] premier ordinogramme du procédé d'un mode de décharge d'une batterie,
- [0090] [Fig.2] second ordinogramme du procédé pour le mode de charge de la batterie,
- [0091] [Fig.3] représentation schématique d'un premier et d'un second système de coordonnées, et
- [0092] [Fig.4] représentation schématique d'une batterie appliquant le procédé.

[0093] DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION

[0094] La [Fig.1] montre un premier ordinogramme 100 du procédé selon l'invention pour le mode de décharge d'une batterie 10 ([Fig.4]).

[0095] Dans une première étape 101 on détermine une limite supérieure de tension de la batterie 10 et une limite inférieure de tension de la batterie 10. De plus, on détermine un courant de charge maximum de la batterie 10 et un courant de décharge maximum de la batterie 10. On fixe également une limite supérieure de tension de cellule pour une cellule de batterie 2 ([Fig.4]), et une limite inférieure de tension de cellule pour une cellule de batterie 2.

[0096] Dans la première étape 101 on détermine l'écart maximum d'état de charge souhaité entre les cellules de batterie 2 et l'écart maximum de débit de charge souhaité entre les cellules de batterie 2. Le débit de charge représente le débit cumulé de charge en mode de charge.

[0097] De façon préférentielle, on prédéfinit de manière dynamique les grandeurs citées ci-dessus. Cela permet, par exemple, de tenir compte de la température de la batterie 10 ou de son état de vieillissement.

[0098] Dans une seconde étape 102, on détermine pour la batterie 10 un courant de batterie UP, une tension de batterie UP, des écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives ainsi que des écarts de débit de charge des cellules de batterie 2 respectives. Les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge des cellules de batterie 2 respectives se déterminent, par exemple, en déterminant l'intensité du courant de cellule IZ dans les cellules de batterie 2 respectives.

[0099] Dans une troisième étape 103 on vérifie les grandeurs définies ci-dessus. On vérifie si l'intensité du courant de batterie IP est inférieure à un seuil prédéfini, si la tension de batterie UP est entre la limite supérieure et la limite inférieure de tension de batterie, si les écarts d'état de charge des cellules de batterie respectives 2 sont dans l'écart maximum d'état de charge, souhaité et si les écarts de débit de charge des cellules de batterie 2 respectives sont inférieures à l'écart maximum de débit de charge, souhaité.

[0100] La limite supérieure et la limite inférieure de tension de charge ont une priorité absolue, c'est-à-dire qu'il faut commuter pour respecter ces limites. Le but est de maintenir la tension de batterie UP entre la limite supérieure et la limite inférieure de la tension de batterie ; c'est pourquoi dans cette étape on détermine le nombre de cellules de batterie 2 actives. Un autre but est que les écarts d'état de charge ainsi que les écarts de débit de charge des cellules de batterie respectives 2 restent dans les limites déterminées ou prédéfinies en déterminant ainsi quelles cellules de batterie 2 sont actives à ce moment.

[0101] Si toutes les conditions évoquées ci-dessus sont remplies, il n'y a aucune com-

mutation. Cela signifie que le modèle d'activation de l'étape précédente reste actif pour cette batterie 10.

- [0102] Le procédé peut également être étendu avec des relaxations dynamiques des conditions pour réduire le nombre d'opérations de commutation.
- [0103] Si l'une des grandeurs ci-dessus, vérifiées ne remplit pas la condition, on détermine un nouveau modèle d'activation de la batterie 10.
- [0104] Pour cela, dans une quatrième étape 104, on norme les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives par rapport à une valeur moyenne. Pour cela, on calcule les écarts d'état de charge en unité de charge comme, par exemple, des ampères-heures ou des ampères-secondes pour avoir dans l'étape suivante, dans la même unité, que les écarts de débit de charge et pas de distorsion liée aux unités.
- [0105] Dans une cinquième étape 105 on représente les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie 2 respectives dans un premier système de coordonnées 40 (voir [Fig.3]). Sur un premier axe de coordonnées 41 ([Fig.3]) du premier système de coordonnées 40 on représente l'écart de débit de charge de la cellule de batterie 2 et sur le second axe de coordonnées 42 (voir [Fig.3]) du premier système de coordonnées 40 on représente l'écart d'état de charge normé de la cellule de batterie 2.
- [0106] On forme ainsi un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie.
- [0107] Dans la sixième étape 106 on transforme les vecteurs de mouvement des cellules de batterie 2 respectives dans un second système de coordonnées 50 (voir [Fig.3]). Pour cela, le second système de coordonnées 50 a un axe de coordonnées de décharge 51 (voir [Fig.3]) et un axe de coordonnées de charge 52. L'axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50 représente ainsi une première direction de mouvement de la cellule de batterie 2 en mode de décharge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50 alors que l'axe de coordonnées de charge 52 (voir [Fig.3]) du second système de coordonnées 50 représente une seconde direction de mouvement de la cellule de batterie 2 en mode de charge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50.
- [0108] Dans la septième étape 107 on vérifie si la batterie 10 est en mode de décharge.
- [0109] Ensuite, on détermine un modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie 2 en mode de décharge de la batterie 10 à l'aide des vecteurs de mouvement des cellules de batterie 2 respective.
- [0110] Pour cela, on classe les cellules de batterie 2 dans une huitième étape 108 le long de l'axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50.
- [0111] Dans la neuvième étape 109 on détermine le nombre (l) de cellules de batterie 2, actives pour respecter la limite supérieure de tension de batterie. Le nombre (l) est un nombre naturel.

- [0112] Ensuite, dans une dixième étape 110 on détermine le modèle d'activation de la batterie 10.
- [0113] Dans une onzième étape 111 on applique le modèle d'activation.
- [0114] La [Fig.2] montre un second ordinogramme 200 du procédé selon l'invention en mode de charge de la batterie 10.
- [0115] Les premières six étapes 201-206 correspondent aux six premières étapes 101-106 du mode de réalisation décrit ci-dessus à l'aide de la [Fig.1].
- [0116] Dans la première étape 201 on détermine la limite supérieure de tension de batterie pour la batterie 10 et une limite inférieure de tension de batterie pour la batterie 10. De plus, on prédéfinit un courant de charge maximum de la batterie 10 ainsi qu'un courant de décharge maximum de cette batterie 10. En outre, on détermine une limite supérieure de tension de la cellule de batterie 2 ainsi qu'une limite inférieure de la tension de la cellule de batterie 2.
- [0117] En outre, dans la première étape 201, on détermine l'écart d'état de charge maximum souhaité entre les cellules de batterie 2 et l'écart maximum souhaité de charge de débit de charge entre les cellules de batterie 2. Comme précédemment, le débit de charge représente la quantité de charge cumulée en mode de charge.
- [0118] De façon préférentielle, on prédéfinit les grandeurs ci-dessus, déterminées de manière dynamique. On peut, par exemple, tenir également compte de la température d'un conditionnement ou de l'état de vieillissement de la batterie.
- [0119] Dans une seconde étape 202 on détermine le courant IP dans la batterie 10, la tension UP de la batterie 10, les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge des cellules de batterie respectives 2. Les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge des cellules de batterie 2 respectives s'obtient en déterminant l'intensité du courant de cellule IZ de chaque cellule de batterie 2.
- [0120] Dans une troisième étape 203 on vérifie les grandeurs obtenues ci-dessus. On vérifie : si l'intensité du courant de batterie IP est inférieure à un seuil prédéfini ; si la tension de batterie UP est comprise entre la limite supérieure et la limite inférieure de la tension de batterie ; si les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives sont inférieures à l'écart maximum d'état de charge souhaité ; et si les écarts de débit de charge des cellules de batterie 2 respectives sont inférieures à l'écart maximum de débit de charge, souhaité.
- [0121] Si toutes les conditions ci-dessus sont remplies, on n'applique aucune procédure de commutation, c'est-à-dire que l'on conserve le modèle d'activation de l'étape précédente pour la batterie 10.
- [0122] Si l'une des grandeurs ci-dessus, vérifiées, ne remplit pas la condition correspondante, on détermine un nouveau modèle d'activation de la batterie 10.

- [0123] Pour cela, dans une quatrième étape 204 on norme les écarts d'état de charge des cellules de batterie 2 respectives à partir d'une valeur moyenne. Pour cela, on transforme par calcul les écarts d'état de charge en une unité de charge telle que, par exemple, l'unité d'ampère-heure ou ampère-seconde pour que dans l'étape suivante cette grandeur soit dans la même unité que les écarts de débit de charge et qu'il n'y a pas de distorsion liée aux unités.
- [0124] Dans une cinquième étape 205, on représente les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie 2 respectives dans un premier système de coordonnées 40. Pour cela, sur un premier axe de coordonnées 41 du premier système de coordonnées 40, on représente l'écart de débit de charge de la cellule de batterie 2 et sur le second axe de coordonnées 42 du premier système de coordonnées 40, on représente l'écart normé d'état de charge de la cellule de batterie 2.
- [0125] Pour cela, on forme un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie 2.
- [0126] Dans une sixième étape 206, on transforme les vecteurs de mouvement des cellules de batterie 2 respectives dans un second système de coordonnées 50. Pour cela, le second système de coordonnées 50 a un axe de coordonnées de décharge 51 et un axe de coordonnées de charge 52. L'axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50 représente une première direction de mouvement de la cellule de batterie 2 en mode de décharge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50 alors que l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50 représente une seconde direction de mouvement de la cellule de batterie 2 en mode de charge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50.
- [0127] Dans une septième étape 207 on vérifie si la batterie 10 est en mode de charge. Ensuite, on détermine un modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie 2 en mode de charge de la batterie 10 à l'aide des vecteurs de mouvement des cellules de batterie 2 respective.
- [0128] Pour cela, dans une huitième étape 208 on classe les cellules de batterie 2 selon l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50.
- [0129] Dans une neuvième étape 209 on détermine un premier nombre (m) de cellules de batteries actives (2) pour respecter la limite supérieure de tension de batterie. Le nombre (m) est un nombre naturel.
- [0130] Dans une dixième étape 210 on détermine une première limite d'intensité de courant pour le premier nombre (m) de cellules de batteries actives 2. Le comportement des cellules de batterie 2 permet d'atteindre une puissance plus élevée si l'on branche des cellules de batterie 2 supplémentaires et que l'on réduit le courant de façon à respecter toutes les limites de fonctionnement ou on désactive une autre cellule de batterie 2 pour augmenter d'autant l'intensité du courant.

- [0131] Dans la dixième étape 210 on détermine également une seconde limite d'intensité de courant pour le second nombre $(m+1)$ de cellules de batterie 2 actives et une troisième limite d'intensité de courant pour un troisième nombre $(m-1)$ de cellules de batteries 2 actives. Si (m) est égal au nombre total (n) de cellules de batterie 2 branchées en série dans la batterie 10, on ne calcule pas la seconde limite d'intensité de courant pour le nombre $(m+1)$ de cellule de batterie active 2. On tient compte, dans ces conditions des limites d'intensité de courant et de tension de cellule de batterie 2 ainsi que des limites de tension de batterie pour la batterie 10.
- [0132] Dans une onzième étape 211, on détermine la puissance maximale à l'aide de la première, de la seconde et de la troisième limite de courant.
- [0133] Dans une douzième étape 212 on sélectionne un nombre parmi le premier nombre (m) , le second nombre $(m+1)$ et le troisième nombre $(m-1)$ de cellules de batterie 2 actives pour avoir la puissance maximale.
- [0134] Ensuite, on détermine un modèle d'activation pour la batterie 10 dans la troisième étape 213.
- [0135] Dans une quatrième étape 214 on applique le modèle d'activation.
- [0136] La [Fig.3] est une représentation schématique d'un premier système de coordonnées 40 et d'un second système de coordonnées 50.
- [0137] Le premier système de coordonnées 40 a un premier axe de coordonnées 41 et un second axe de coordonnées 42. Le premier axe de coordonnées 40 du premier système de coordonnées 40 et le second axe de coordonnées 42 du premier système de coordonnées 40 sont perpendiculaires. Sur le premier axe de coordonnées 41 du premier système de coordonnées 40 on représente l'écart de débit de charge. Sur le second axe de coordonnées 42 du premier système de coordonnées 40 on représente l'écart d'état de charge normé.
- [0138] On représente ainsi les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie 2 respectives ainsi que les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie 2 respectives dans le premier système de coordonnées 40.
- [0139] Ensuite, on forme un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie 2.
- [0140] Les vecteurs de mouvement des cellules de batterie 2 respectives sont transformés dans le second système de coordonnées 50. Pour cela, le second système de coordonnées 50 a un axe de coordonnées de décharge 51 et un axe de coordonnées de charge 52. L'axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50 représente ainsi une première direction de mouvement de la cellule de batterie 2 en mode de décharge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50. Alors que l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50 représente une seconde direction de mouvement de la batterie 2 en mode de charge de la batterie 10 dans le second système de coordonnées 50.

- [0141] Comme décrit ci-dessus, le premier axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50 est perpendiculaire au premier axe de coordonnées 41 du premier système de coordonnées 40 alors que l'angle entre l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50 et le premier axe de coordonnées 41 du premier système de coordonnées 40 est de 45° .
- [0142] Comme le montre la [Fig.3], les cellules de batterie 2 se déplacent toujours le long de l'axe de coordonnées de décharge 51 et de l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50. En mode de décharge de la batterie 10, les cellules de batterie 2 se déplacent dans une première direction 61 lorsqu'elles sont actives et dans une seconde direction 62 lorsqu'elles sont passives. En mode de charge de la batterie 10 les cellules de batterie 2 se déplacent dans une troisième direction 63 lorsqu'elles sont actives et dans une quatrième direction 64 lorsqu'elles sont passives.
- [0143] La [Fig.3] montre également une première cellule de batterie 21 et une seconde cellule de batterie 22. En mode de décharge de la batterie 10, la première cellule de batterie 21 est, de préférence, passive de sorte qu'elle se déplace vers le haut vers le second axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50. La seconde cellule de batterie 22 se commute en revanche, de préférence de manière active pour se déplacer vers le bas vers l'axe de coordonnées de charge 52 du second système de coordonnées 50.
- [0144] En mode de charge de la batterie 10, la première cellule de batterie 21 est, de préférence, active et la seconde cellule de batterie 22 est, de préférence passive pour se déplacer en direction de l'axe de coordonnées de décharge 51 du second système de coordonnées 50.
- [0145] A l'aide des vecteurs de mouvement de cellules de batterie 2 respectives on détermine un modèle d'activation pour la batterie 10.
- [0146] La [Fig.4] est une représentation schématique d'une batterie 10 conçue pour exécuter le procédé, notamment pour l'appliquer à un véhicule électrique. La batterie 10 comprend plusieurs cellules de batterie 2 branchées en série. Les cellules de batterie 2 branchées en série sont plusieurs cellules de batterie 2 branchées en parallèle et regroupées dans une ligne branchée en série.
- [0147] Chacune des cellules 2 de la batterie 10 a une borne négative et une borne positive. Chaque cellule de batterie 2 fournit une tension de cellule UZ entre la borne négative et la borne positive de la cellule 2.
- [0148] La batterie 10 a également un pôle négatif Pol 11 et un pôle positif Pol 12. Entre le pôle négatif Pol 11 et le pôle positif Pol 12 on a la tension de batterie UP.
- [0149] La batterie 10 comprend également plusieurs commutateurs commandés 4, 6 pour activer et désactiver des cellules de batterie 2 en mode de charge et en mode de décharge de la batterie 10.

- [0150] Comme cela apparaît à la [Fig.4], chacune des cellules de batterie 2 a un premier commutateur 4 et un second commutateur 6. Le premier commutateur 4 est branché en série sur la cellule de batterie 2 respective alors que le second commutateur 6 est en parallèle au montage en série formé par le premier commutateur 4 et la cellule de batterie 2 associée.
- [0151] La batterie 10 comprend un capteur non représenté ici pour mesurer le courant de batterie IP traversant la batterie 10. Dans ce cas, un courant de cellule IZ qui traverse les différentes cellules de batterie 2 de la batterie 10 se détermine à l'aide du modèle d'activation.
- [0152] La batterie 10 a également des capteurs non représentés pour mesurer les tensions de cellule UZ des différentes cellules de batterie 2. Chacune des cellules 2 de la batterie 10 comporte un capteur pour mesurer la tension de cellule UZ de la cellule de batterie 2. En outre, la batterie 10 a un capteur pour mesurer la tension de batterie UP entre les pôles 11 et 12.
- [0153] On peut également envisager que la batterie 10 comporte des capteurs pour mesurer les intensités de courant de cellule IZ et mesurer le courant de batterie IP. Dans ce cas, chacune des cellules 2 de la batterie 10 est équipée d'un capteur pour mesurer le courant IZ dans la cellule de batterie 2.
- [0154] La batterie 10 comprend en outre un système de gestion 30 pour surveiller la cellule de batterie 2 et commander les commutateurs 4, 6. Le système de gestion 30 est relié à des capteurs non représentés ici. En fonctionnement de la batterie 10 on transmet les valeurs de mesure saisies par les capteurs au système de gestion.
- [0155] Le système de gestion 30 est également relié aux commutateurs 4, 6 respectifs. Ce système de gestion 30 peut commander séparément chacun des commutateurs 4, 6.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de gestion d'une batterie (10) composée d'un ensemble de cellules de batterie (2) branchées en série, un ensemble de commutateurs commandés (4, 6) pour activer et désactiver les cellules de batterie (2) en mode de charge ou de décharge de la batterie (10) et un système de gestion (30) pour surveiller les cellules de batterie (2) et commander les commutateurs (4, 6),

procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

a) déterminer une limite supérieure de tension de batterie (10) et une limite inférieure de tension de batterie (10),

un courant de charge maximum de la batterie (10) et un courant de décharge de la batterie (10),

- une limite supérieure de tension de cellule pour les cellules de batterie (2) et une limite inférieure de tension de cellule pour les cellules de batterie (2),

- un écart maximum d'état de charge souhaité entre les cellules de batterie (2), et

- un écart maximum de débit de charge souhaité entre les cellules de batterie (2),

b) déterminer un courant de batterie (IP) pour la batterie (10),

- une tension de batterie (UP) pour la batterie (10),

des écarts d'état de charge des cellules de batterie (2) respectives et des écarts de débit de charge des cellules de batterie respectives (2),

c) vérifier :

si l'intensité du courant de charge (IP) est inférieure à un seuil prédéfini, si la tension de charge (UP) se situe entre la limite supérieure et la limite inférieure de la tension de batterie,

si les écarts d'état de charge des cellules de batterie (2) respectives sont inférieurs à l'écart maximum d'état de charge souhaité et si les écarts de débit de charge des cellules de batterie (2) respectives sont inférieurs à l'écart maximum de débit de charge souhaité,

d) normer les écarts d'état de charge des cellules de batterie (2) respectives si une des grandeurs vérifiées dans l'étape c) ne remplit pas une condition correspondante et n'effectuer aucune commutation si toutes les grandeurs vérifiées dans l'étape c) remplissent les conditions correspondantes,

e) représenter les écarts d'état de charge normés des cellules de batterie

respectives (2) et les écarts de débit de charge déterminés des cellules de batterie respectives (2) dans un premier système de coordonnées (40),
 * en reportant sur un premier axe de coordonnées (41) du premier système de coordonnées (40), l'écart d'état de charge normé de la cellule de batterie (2) et sur le second axe de coordonnées (42) du premier système de coordonnées (40) en reportant l'écart de débit de charge de la cellule de batterie (2), et
 former un vecteur de mouvement pour chaque cellule de batterie (2),
 f) transformer les vecteurs de mouvement des cellules de batterie (2) respectives dans un second système de coordonnées (50), un axe de coordonnées de décharge (51) du second système de coordonnées (50) représentant une première direction de mouvement de la cellule de batterie (2) en mode de décharge de la batterie (10) dans le second système de coordonnées (50) alors qu'un axe de coordonnées de charge (52) du second système de coordonnées (50) représente une seconde direction de mouvement de la cellule de batterie (2) en mode de charge de la batterie (10) dans le second système de coordonnées (50),
 g) déterminer un modèle d'activation pour activer ou désactiver les cellules de batterie (2) en mode de charge ou de décharge de la batterie (10).

- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les grandeurs à prédéterminer dans l'étape a) en mode de charge ou de décharge de la batterie (10) sont prédéterminées de manière dynamique.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape g) comprend les sous-étapes suivantes en mode de décharge de la batterie (10) :
- ga) classer les cellules de batterie (2) le long de l'axe de coordonnées de décharge (51) du second système de coordonnées (50),
 - gb) déterminer un nombre (l) de cellules de batterie active (2) pour respecter la limite supérieure de tension de batterie, (l) étant un nombre naturel,
 - gc) déterminer un modèle d'activation de la batterie (10),
 - gd) appliquer le modèle d'activation.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape (g) comprend les sous-étapes suivantes en mode de charge de la

batterie (10) consistant à :

ge) classer les cellules de batterie (2) selon l'axe de coordonnées de charge (52) du second système de coordonnées (50),

gf) déterminer un premier nombre (m) de cellules de batterie actives (2) pour respecter la limite supérieure de tension de batterie, (m) étant un nombre naturel,

gg) déterminer :

* une première limite d'intensité pour le nombre (m) de cellules de batterie actives (2),

* une seconde limite d'intensité pour un second nombre (m+1) de cellules de batteries activées (2),

* une troisième limite d'intensité pour un troisième nombre (m-1) de cellules de batteries activées (2),

gh) déterminer une puissance maximale à l'aide des première, seconde et troisième limites d'intensité, déterminées,

gi) sélectionner un nombre parmi le premier, le second et le troisième nombres (m), (m+1), (m-1) de cellules actives (2) pour la puissance maximale,

gj) déterminer le modèle d'activation de la batterie (10),

gk) appliquer le modèle d'activation.

[Revendication 5] Batterie (10) conçue pour appliquer le procédé selon l'une des revendications 1 à 4.

[Revendication 6] Batterie (10) selon la revendication 5, caractérisée en ce que
à chaque cellule de batterie (2) est associé un premier commutateur (4) et un second commutateur (6),
* le premier commutateur (4) étant branché en série avec la cellule de batterie correspondante,
* le second commutateur (6) étant branché en parallèle sur le montage en série du premier commutateur (4) et de la cellule de batterie correspondante.

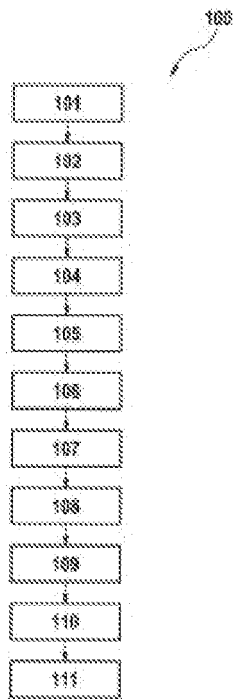
[Revendication 7] Batterie (10) selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisée en ce qu'elle comporte
un capteur pour mesurer l'intensité du courant IP dans la batterie (10).

[Revendication 8] Batterie (10) selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisée en ce qu'elle comporte
des capteurs pour mesurer des tensions de cellules (UZ) appliquées aux différentes cellules (2) de la batterie (10), et

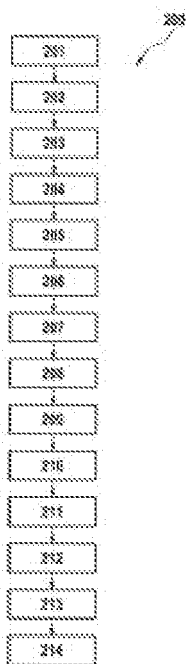
pour mesurer la tension (UP) de la batterie (10).

[Revendication 9] Véhicule conçu pour appliquer le procédé selon l'une des revendications 1 à 4 et comprenant une batterie (10) selon la revendication 5.

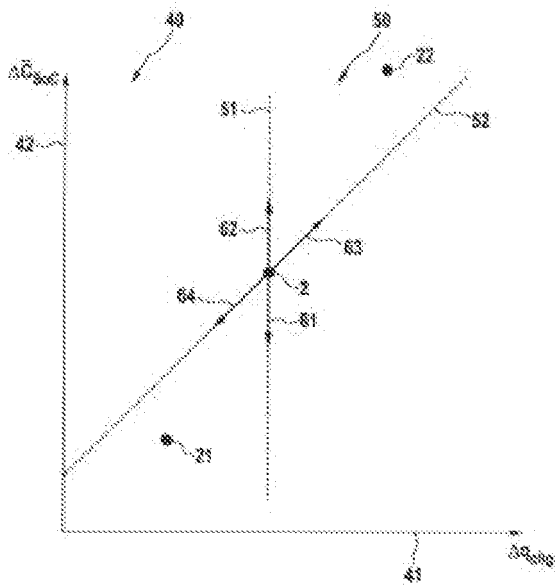
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

