

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.11.24 Bulletin 24/44.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : MOREL ALEXANDRE, SOUIDI FAY-CAL et BOURY OLIVIER.

73 Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par actions simplifiée.

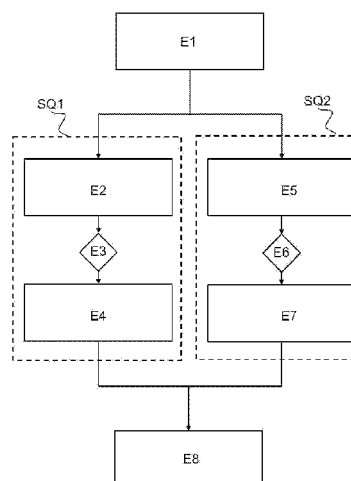
54 **PROCEDE D'EQUILIBRAGE D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE.**

57 La présente invention a pour objet un procédé d'équili-

brage d'un ensemble de cellules électrochimiques d'un système de stockage d'énergie, comportant les étapes suivantes de détermination (E1) d'une première cellule ayant la capacité utile minimale parmi l'ensemble de cellules, de détermination

dans une première séquence (SQ1) d'un premier besoin d'équilibrage pour ladite première cellule et dans une deuxième séquence (SQ2) de deuxièmes besoins d'équilibrage pour des deuxièmes cellules de l'ensemble, le premier besoin et chaque deuxième besoin d'équilibrage étant calculés à partir de capacités de décharge et de charge restantes de chacune desdites deuxièmes cellules par rapport à une capacité de décharge et de charge restante de la première cellule. L'invention trouve une application pour les véhicules électrifiés, notamment dans le domaine automobile.

Figure 2.



Description

Titre de l'invention : PROCEDE D'EQUILIBRAGE D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE

- [0001] Le domaine de l'invention concerne un procédé d'équilibrage d'un système de stockage d'énergie comportant des cellules électrochimiques.
- [0002] Lorsque des cellules d'une batterie présentent des états de charge non homogènes, les cellules les moins chargées ou les plus chargées peuvent limiter la capacité de décharge ou de charge de l'ensemble des cellules du fait qu'elles atteignent leur limite d'état de charge en maximum ou minimum avant les autres. Afin d'optimiser l'énergie disponible d'un système de batterie, il existe des solutions d'équilibrage (« balancing » en anglais) de type passif où le système dissipe de l'énergie afin d'obtenir un équilibre en état de charge sur l'ensemble du pack de cellules composant la batterie et des solutions de type actif où le système peut transférer de l'énergie d'une cellule ou d'un groupe de cellule à d'autres.
- [0003] Des stratégies actuelles pour équilibrer les cellules d'une batterie cherchent à maintenir une dispersion maximale d'état de charge autour de la cellule la moins chargée. Cela signifie que la stratégie cherche à ramener l'état de charge de toutes les cellules à moins de +1% d'écart par rapport à l'état de charge de la cellule la moins chargée.
- [0004] On connaît en outre de l'état de la technique le brevet EP-A1-3093947 qui décrit un système d'équilibrage de batterie qui utilise une méthode pour déterminer le seuil de tension minimal de chaque cellule de la batterie. Cette méthode permet d'éviter la dégradation de la capacité utile de la batterie en garantissant que la fonction d'équilibrage ne décharge pas chaque cellule en dessous d'un seuil de tension minimum. En outre, même lorsqu'il existe une cellule de batterie dans une unité de batterie présentant une anomalie, l'appareil de gestion de batterie de stockage peut supprimer la propagation de l'influence de l'anomalie et peut améliorer la disponibilité.
- [0005] On connaît de plus le document brevet US-A1-202132844 qui enseigne une technique d'équilibrage des cellules d'une batterie qui consiste à détecter une tension de déclenchement d'une procédure d'équilibrage. La procédure d'équilibrage consiste par ailleurs à déterminer une quantité d'énergie à transférer à une cellule en charge ou en décharge de manière à équilibrer la tension des cellules.
- [0006] Ces stratégies présentent l'inconvénient qu'elles n'optimisent pas la capacité utile du pack de batterie. De plus, les stratégies décrites précédemment peuvent mener à décharger la cellule avec la capacité la plus faible lorsque celle-ci n'a pas l'état de charge le plus faible, entraînant ainsi une perte de capacité utile. Cette situation peut

entraîner une diminution de la performance globale de la batterie.

[0007] Il existe donc un besoin de pallier les problèmes précités et de développer de nouvelles stratégies d'équilibrage pour l'optimisation de la capacité utile de la batterie.

[0008] Plus précisément, l'invention concerne un procédé d'équilibrage d'un ensemble de cellules électrochimiques d'un système de stockage d'énergie. Selon l'invention, le procédé les étapes suivantes :

[0009] - la détermination d'une première cellule ayant la capacité utile minimale parmi l'ensemble de cellules,

[0010] - la détermination dans une première séquence d'un premier besoin d'équilibrage pour ladite première cellule et dans une deuxième séquence de deuxièmes besoins d'équilibrage pour des deuxièmes cellules de l'ensemble, le premier besoin et chaque deuxième besoin d'équilibrage étant calculés à partir de capacités de décharge et de charge restantes de chacune desdites deuxièmes cellules par rapport à une capacité de décharge et de charge restante de la première cellule.

[0011] Le procédé selon l'invention peut comporter les caractéristiques additionnelles suivantes, seules ou en combinaison :

[0012] - La première séquence comporte la détermination de capacités de décharge restantes jusqu'à une limite fonctionnelle minimale pour la première cellule et pour les deuxièmes cellules dudit ensemble de cellules, et l'évaluation du premier besoin d'équilibrage de ladite première cellule en fonction de la capacité de décharge restante de ladite première cellule et la capacité de décharge restante de chaque deuxième cellule, le premier besoin d'équilibrage étant détecté lorsqu'au moins une desdites deuxièmes cellules a une capacité de décharge restante inférieure à la première cellule, la deuxième séquence comporte la détermination de capacités de charge restantes jusqu'à une limite fonctionnelle maximale pour la première cellule et pour les deuxièmes cellules dudit ensemble de cellules, et l'évaluation des deuxièmes besoins d'équilibrage pour chacune des deuxièmes cellules en fonction de la différence entre la capacité de charge restante de chaque deuxième cellule et la capacité de charge restante de la première cellule, un deuxième besoin d'équilibrage étant détecté lorsqu'au moins une desdites deuxièmes cellules a une capacité de charge restante inférieure à la première cellule.

[0013] - La première séquence comporte en outre le calcul du premier besoin d'équilibrage correspondant à une première quantité d'énergie à décharger de la première cellule, la première quantité d'énergie étant égale à la différence entre la capacité de décharge restante de ladite première cellule et la capacité de décharge restante de ladite cellule parmi lesdites deuxièmes cellules dont la capacité de décharge restante est la plus faible.

[0014] - La deuxième séquence comporte en outre le calcul du deuxième besoin

d'équilibrage correspondant à une deuxième quantité d'énergie à décharger d'une deuxième cellule, la deuxième quantité d'énergie étant égale à la différence entre la capacité de charge restante de la première cellule et la capacité de charge restante de la deuxième cellule dont la capacité de charge restante est inférieure à celle de la première cellule.

- [0015] - Chaque besoin d'équilibrage d'une cellule détermine une durée de décharge à commander dans un circuit de décharge de ladite cellule, ladite durée étant calculée à partir d'une valeur de courant de décharge prédéterminée dépendante du circuit de décharge et de la quantité d'énergie à décharger pour ladite cellule.
- [0016] - Une étape de commande de décharge des cellules dudit ensemble pour lesquelles un besoin d'équilibrage est détecté, et dans lequel une commande de décharge comporte l'actionnement d'un circuit de décharge durant la durée de décharge calculée.
- [0017] L'invention prévoit en outre un système de stockage d'énergie comportant un ensemble de cellules électrochimiques et une unité de commande, dans lequel l'unité de commande comporte des moyens de mettre en œuvre le procédé d'équilibrage selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents.
- [0018] L'invention prévoit en outre un véhicule électrifié comportant un tel système de stockage d'énergie.
- [0019] L'invention prévoit en outre un produit programme-ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par une unité de commande d'un système de stockage d'énergie comportant un ensemble de cellules électrochimiques, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé d'équilibrage selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents.
- [0020] Le procédé selon l'invention permet d'optimiser la capacité de stockage utile d'un système de batterie en faisant en sorte que la cellule de capacité utile minimale soit cellule qui limite la décharge ou la charge du système de stockage. Cela permet donc d'augmenter l'autonomie d'un véhicule électrifié.
- [0021] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit comprenant des modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, dans lesquels :
- [0022] [Fig.1] représente schématiquement un système de stockage d'énergie comportant un ensemble de cellules électrochimiques prévu pour la mise en œuvre de l'invention.
- [0023] [Fig.2] représente un diagramme fonctionnel d'un mode de réalisation du procédé d'équilibrage selon l'invention.
- [0024] [Fig.3] représente un exemple simplifié de mise en œuvre du procédé d'équilibrage selon l'invention sous la forme de graphiques pour l'étape d'évaluation du besoin d'équilibrage de la cellule ayant la capacité utile minimale.

- [0025] [Fig.4] représente un exemple simplifié de mise en œuvre du procédé d'équilibrage selon l'invention sous la forme de graphiques pour l'étape d'évaluation du besoin d'équilibrage des autres cellules.
- [0026] L'invention s'applique aux systèmes de stockage d'énergie électrique comportant des cellules électrochimiques, préférentiellement pour les systèmes de batterie de puissance ayant une capacité de stockage de plusieurs kilowatts-heures. L'invention trouve une application notamment pour les véhicules électrifiés, c'est-à-dire comprenant une machine électrique motrice et de l'électronique de puissance, à motorisation complètement électrique ou hybride, de préférence les véhicules automobiles, mais pas seulement tels un avion, tracteur, vélo électrique. L'invention propose une technique d'équilibrage des cellules visant à optimiser la capacité utile d'une batterie.
- [0027] En [Fig.1], un système de stockage 1 d'énergie prévu pour mettre en œuvre l'invention est représenté. Le système de stockage 1 est une batterie comportant un ensemble de plusieurs cellules électrochimiques, par exemple n cellules référencées de C_1 à C_n reliées électriquement en série pour délivrer la tension adaptée aux systèmes électriques qu'elle alimente. Une cellule électrochimique C_i est un élément de stockage d'énergie électrique, par exemple de type Lithium-ion, Ni-mh, Lithium-Fer-Phosphate. Une cellule C_i comporte au moins une cellule ou un cluster de cellules connectées en parallèle, par exemple deux, trois, quatre, cinq cellules ou plus connectées en parallèle. Dans un exemple non limitatif, le système de batterie 1 délivre une tension comprise entre 350 volts et 450 volts. En variante, la tension peut être supérieure, de type 800 volts (comprise entre 700 volts et 900 volts), ou voire plus.
- [0028] Le système de batterie 1 comporte pour chaque cellule C_i un circuit de décharge CD_i comportant un commutateur pilotable et une résistance de décharge R_i . Le circuit de décharge CD_i est adapté pour décharger de l'énergie électrique dans la résistance R_i lorsqu'un besoin d'équilibrage est détecté pour la cellule associée. Chaque cellule C_i ou chaque cluster de cellules est muni d'un circuit de décharge. L'invention prévoit un procédé d'équilibrage permettant de déterminer des besoins d'équilibrage pour les cellules du système de batterie. Le moyen d'équilibrage peut être un circuit d'équilibrage passif ou actif.
- [0029] Le système de batterie 10 comporte en outre une unité de commande 2 prévue pour la gestion du système de batterie 1 (couramment désignée par l'acronyme BMS pour « Battery Management System » ou TBCU pour « Traction Battery Control Unit » dans le cas d'application pour véhicule électrifié) et adaptée pour superviser les paramètres spécifiques à la batterie en coordination avec le fonctionnement des systèmes électriques.
- [0030] L'unité de commande 2 comporte des capteurs, et de moyens de mesure, d'estimation ou de détermination des paramètres électriques de chaque cellule et du

système de stockage dans son ensemble, tels que par exemple l'état de charge SOC (« State of Charge ») d'une cellule exprimé par un rapport entre la quantité d'énergie stockée à un instant donné et la quantité d'énergie maximum stockable à un instant donné, la tension de circuit ouvert OCV (« Open Circuit Voltage ») exprimée en volt, le courant de charge exprimé en ampères, l'état de santé SOH (« State of Health»), qui désigne le paramètre de niveau de vieillissement d'une cellule ou de la batterie exprimant un rapport entre la quantité d'énergie maximum stockable à un instant donné et la quantité d'énergie maximum stockable à l'état neuf de la batterie, la capacité utile de la batterie exprimée en ampères-heures et désignant la quantité d'énergie stockable par une cellule, la limite de décharge fonctionnelle minimale pour une cellule établie par le constructeur, la limite de charge fonctionnelle maximale établie par le constructeur.

[0031] La capacité utile de chaque cellule est déterminable à tout instant par l'unité de commande 2 à partir de cartographies, matrice ou vecteurs prévus à cet effet et mis à jour périodiquement durant l'utilisation de la batterie pour le suivi de ce paramètre. La capacité utile correspond à la capacité totale à l'état neuf d'une cellule moins la capacité perdue due à l'usure et vieillissement. La capacité utile de chaque cellule peut être connue à partir d'algorithmes d'estimation de l'état de vieillissement connus de l'homme du métier. Une technique peut consister à effectuer une charge complète de la batterie puis à déterminer au réveil de la batterie, après une période de relaxation suffisante, un niveau d'état de charge initial par mesure de la tension à vide, puis de nouveau déterminer un niveau d'état de charge final pour une période donnée. Par mesure coulométrique et par calcul de l'intégrale du courant sur cette période donnée, l'unité de commande peut déterminer la quantité d'énergie stockée en A.h correspondant à la différence entre le niveau d'état de charge initial et final. Cette quantité d'énergie correspondant à la différence des niveaux d'état de charge permet d'établir une estimation de la capacité utile de chaque cellule et de la batterie dans son ensemble. Le paramètre de capacité utile de chaque cellule est mis à jour périodiquement, par exemple chaque jour, semaine ou mois d'utilisation. D'autres méthodes alternatives d'estimation de la capacité utile d'une cellule sont envisageables et applicables selon l'application et les conditions d'usage de la batterie. Un protocole spécifiquement prévu à cet effet peut être commandé périodiquement, par exemple par une méthode de décharge à courant constant entre un état de charge complète et un état de charge minimale.

[0032] Le paramètre d'état de charge de chaque cellule est calculé à chaque instant par mesure de courant et calcul de la quantité d'énergie chargée ou déchargée sur une période de temps donnée. Le paramètre d'état de charge est déterminable à tout instant par l'unité de commande 2.

- [0033] Par ailleurs, l'unité de commande 2 comporte des moyens pour déterminer à chaque instant la quantité de décharge restante d'une cellule correspondant à la quantité d'énergie qu'une cellule peut délivrer entre son état de charge instantané et la limite de charge fonctionnelle minimale, ainsi que la quantité de charge restante correspondant à la quantité qu'une cellule peut délivrer entre son état de charge instantané et la limite de charge fonctionnelle maximale. A cet effet, l'unité de commande peut comporter en mémoire des cartographies ou vecteurs enregistrant ces informations et consultable à chaque instant.
- [0034] En [Fig.2], un diagramme représentant un mode de réalisation du procédé d'équilibrage selon l'invention est illustré. Le procédé d'équilibrage est exécuté périodiquement par l'unité de commande de la batterie. Le procédé vise à optimiser la capacité utile d'une batterie en faisant en sorte que la cellule de capacité la plus faible ait l'état de charge le plus élevé lorsque la batterie est chargée, et qu'elle ait l'état de charge le plus faible lorsque la batterie est déchargée. Plus précisément, le procédé consiste à déterminer des besoins d'équilibrage pour l'ensemble de cellules de la batterie en fonction de capacités de décharge et de charge restantes de chacune des cellules par rapport à la capacité de décharge et de charge restante de la cellule ayant la capacité utile la plus faible.
- [0035] L'unité de commande est munie d'un calculateur à circuits intégrés et de mémoires électroniques, le calculateur et les mémoires étant configurés pour exécuter le procédé. Mais cela n'est pas obligatoire. En effet, le calculateur pourrait être externe à l'unité de commande, tout en étant couplé à cette dernière. Dans ce dernier cas, il peut être lui-même agencé sous la forme d'un calculateur dédié comprenant un éventuel programme dédié, par exemple. Par conséquent, l'unité de commande, selon l'invention, peut être réalisé sous la forme de modules logiciels (ou informatiques (ou encore « software »)), ou bien de circuits électroniques (ou « hardware »), ou encore d'une combinaison de circuits électroniques et de modules logiciels.
- [0036] Plus précisément, le procédé comporte une première étape de détermination E1 par l'unité de commande de la capacité utile de chaque cellule d'un ensemble de cellules de la batterie et d'identification d'une première cellule de l'ensemble ayant la capacité utile la plus faible parmi les cellules de l'ensemble. Cette cellule est identifiée à partir d'une cartographie, matrice ou vecteur enregistrée et mise à jour en mémoire de l'unité de commande.
- [0037] Le procédé comporte en outre une première séquence SQ1 de détermination d'un besoin d'équilibrage de la cellule ayant la capacité la plus faible en fonction des capacités de décharge restantes des cellules de l'ensemble. Il comporte en outre une deuxième séquence SQ2 de détermination de besoins d'équilibrage de deuxièmes cellules de l'ensemble en fonction des capacités de charge restantes de chaque cellule

de l'ensemble par rapport à la première cellule. Les deuxièmes cellules sont les autres cellules de l'ensemble qui ont une capacité utile supérieure à la première cellule de capacité utile la plus faible de l'ensemble.

[0038] A cet effet, pour la première séquence SQ1, le procédé comporte une deuxième étape E2 de détermination de la capacité de décharge restante jusqu'à la limite fonctionnelle minimale de charge pour cette première cellule ayant la capacité utile la plus faible et pour les deuxièmes cellules dudit ensemble de cellules.

[0039] Plus précisément pour la première séquence SQ1, le procédé comporte une troisième étape d'évaluation E3 du premier besoin d'équilibrage Q1 de la première cellule en fonction de sa capacité de décharge restante et de la capacité de décharge restante de chaque deuxième cellule. Le premier besoin d'équilibrage Q1 est détecté lorsqu'au moins une desdites deuxièmes cellules a une capacité de décharge restante inférieure à la première cellule. Si ce besoin est détecté, le procédé comporte une quatrième étape de calcul E4 du premier besoin d'équilibrage qui correspond à la quantité d'énergie Q1 à décharger de la première cellule. Cette quantité d'énergie Q1 est égale à la différence entre la capacité de décharge restante de ladite première cellule et la capacité de décharge restante de la cellule parmi les autres deuxièmes cellules de l'ensemble dont la capacité de décharge restante est la plus faible.

[0040] En [Fig.3], les étapes de la première séquence sont illustrées plus précisément pour le cas d'un ensemble de quatre cellules comme exemple non limitatif. On prend l'hypothèse, à titre d'exemple, que pour chaque cellule la plage d'état de charge utile est comprise entre la limite de décharge minimale de valeur de 1,3% d'état de charge et la limite de charge maximale de valeur de 98% d'état de charge.

[0041] Comme illustré par les graphiques 31 et 32, la cellule CE1 a une capacité utile de 120 A.h et un état de charge de 50%, la cellule CE2 a une capacité utile de 123 A.h et un état de charge de 48%, la cellule CE3 a une capacité utile de 121 A.h et un état de charge de 51.5% et la cellule CE4 a une capacité utile de 120,5 A.h et un état de charge de 50,7%. La cellule CE1 est la cellule ayant la capacité utile la plus faible.

[0042] Comme illustré par le graphique 33, pour la cellule CE1, le procédé calcule une décharge restante égale à 58.4 A.h, pour la cellule CE2 égale à 57,4 A.h, pour la cellule CE3 égale à 60,7 et pour la cellule CE4 égale à 59,5. Dans ce cas d'exemple, lors de l'étape E2, le procédé détecte le besoin de décharger la cellule CE1 d'une quantité d'énergie Q1 égale à 1 A.h.

[0043] Par ailleurs, pour la deuxième séquence SQ2, le procédé comporte une cinquième étape de détermination E5 de capacités de charge restantes jusqu'à une limite fonctionnelle maximale pour la première cellule et pour les deuxièmes cellules dudit ensemble de cellules. Il comporte en outre une sixième étape d'évaluation E6 de deuxièmes besoins d'équilibrage pour chacune des deuxièmes cellules en fonction de

la différence entre la capacité de charge restante de chaque deuxième cellule et la capacité de charge restante de la première cellule.

- [0044] Plus précisément, un deuxième besoin d'équilibrage est détecté lorsqu'au moins une des deuxièmes cellules de l'ensemble a une capacité de charge restante inférieure à la première cellule. Plusieurs deuxièmes besoins d'équilibrage peuvent être détectés. Un deuxième besoin d'équilibrage est une deuxième quantité d'énergie à décharger d'une des deuxièmes cellules de l'ensemble, ou de plusieurs cellules.
- [0045] Si un deuxième besoin d'équilibrage est détecté, le procédé comporte une septième étape de calcul E7 de chaque deuxième quantité d'énergie. Chaque deuxième quantité d'énergie est égale à la différence entre la capacité de charge restante de la première cellule et la capacité de charge restante de la deuxième cellule dont la capacité de charge restante est inférieure à celle de la première cellule.
- [0046] En [Fig.4], la deuxième séquence E2 est illustrée pour le même cas d'exemple non limitatif de la [Fig.3]. Les graphiques 41 et 41 illustrent la même situation que pour les graphiques 31 et 32. Comme illustré par le graphique 43, pour la cellule CE1, le procédé calcule une charge restante égale à 57.6 A.h, pour la cellule CE2 égale à 61.5 A.h, pour la cellule CE3 égale à 56.3 et pour la cellule CE4 égale à 57. Dans ce cas d'exemple, lors de l'étape E3, le procédé détecte le besoin de décharger les cellules CE3 et CE4 d'une quantité d'énergie Q2 égale à 1.3 A.h et d'une quantité d'énergie Q3 égale à 0.6 A.h respectivement.
- [0047] Il convient de noter que la première séquence SQ1 et la deuxième séquence SQ2 peuvent être exécutées alternativement, ou simultanément. Ces deux séquences d'étapes visent à cibler les cellules devant être équilibrer pour optimiser la capacité utile.
- [0048] Le procédé d'équilibrage comporte en outre une huitième étape E8 d'équilibrage dépendant des besoins d'équilibrage évalués dans les étapes précédentes. Dans un mode de configuration d'équilibrage dit passif utilisant exclusivement des circuits de décharge, chaque besoin d'équilibrage d'une cellule Ci détermine une durée de décharge à commander dans le circuit de décharge CDi. La durée est calculée à partir d'une valeur de courant de décharge prédéterminée dépendante du circuit de décharge et de la quantité d'énergie à décharger pour ladite cellule correspondant au besoin. Pour chaque besoin d'équilibrage détecté associé à une cellule spécifique, le procédé commande lors de l'étape E8 l'actionnement du circuit de décharge durant la durée de décharge calculée. L'actionnement s'exécute par fermeture d'un commutateur du circuit.
- [0049] On envisage que les besoins d'équilibrage détectés conformément au procédé selon l'invention puissent être mis en œuvre dans un mode de configuration d'équilibrage alternatif, par exemple un procédé d'équilibrage actif. Chaque besoin d'équilibrage peut

correspondre à une quantité d'énergie à transférer. Par exemple, pour la première séquence, le procédé peut dans un mode de réalisation alternatif piloter la recharge de la cellule ayant la capacité de décharge restante la plus faible et qui est inférieure à la cellule ayant la capacité utile de stockage la plus faible.

[0050] L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que la personne de l'art est à même de réaliser différentes variantes de réalisation de l'invention en associant par exemple les différentes caractéristiques ci-dessus prises seules ou en combinaison, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'équilibrage d'un ensemble de cellules électrochimiques (Cn) d'un système de stockage d'énergie (1), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
- la détermination (E1) d'une première cellule (CE1) ayant la capacité utile minimale parmi l'ensemble de cellules (Cn),
 - la détermination dans une première séquence (SQ1) d'un premier besoin d'équilibrage (Q1) pour ladite première cellule (CE1) et dans une deuxième séquence (SQ2) de deuxièmes besoins d'équilibrage (Q2, Q3) pour des deuxièmes cellules (CE2, CE3, CE4) de l'ensemble, le premier besoin (Q1) et chaque deuxième besoin (Q2, Q3) d'équilibrage étant calculés à partir de capacités de décharge et de charge restantes de chacune desdites deuxièmes cellules par rapport à une capacité de décharge et de charge restante de la première cellule (CE1).
- [Revendication 2] Procédé d'équilibrage selon la revendication 1 dans lequel :
- la première séquence (SQ1) comporte la détermination (E2) de capacités de décharge restantes jusqu'à une limite fonctionnelle minimale pour la première cellule (CE1) et pour les deuxièmes cellules (CE2, CE3, CE4) dudit ensemble de cellules (Cn), et l'évaluation (E3) du premier besoin d'équilibrage (Q1) de ladite première cellule en fonction de la capacité de décharge restante de ladite première cellule et la capacité de décharge restante de chaque deuxième cellule, le premier besoin d'équilibrage (Q1) étant détecté lorsqu'au moins une desdites deuxièmes cellules (CE2) a une capacité de décharge restante inférieure à la première cellule (CE1),
 - la deuxième séquence (SQ2) comporte la détermination (E5) de capacités de charge restantes jusqu'à une limite fonctionnelle maximale pour la première cellule (CE1) et pour les deuxièmes cellules (CE2, CE3, CE4) dudit ensemble de cellules, et l'évaluation (E6) des deuxièmes besoins d'équilibrage (Q2, Q3) pour chacune des deuxièmes cellules (CE2, CE3, CE4) en fonction de la différence entre la capacité de charge restante de chaque deuxième cellule (CE2, CE3, CE4) et la capacité de charge restante de la première cellule (CE1), un deuxième besoin d'équilibrage (Q2, Q3) étant détecté lorsqu'au moins une desdites deuxièmes cellules (CE3, CE4) a une capacité de charge restante inférieure à la première cellule (CE1).
- [Revendication 3] Procédé d'équilibrage selon la revendication 2, dans lequel la première

séquence (SQ1) comporte en outre le calcul (E4) du premier besoin d'équilibrage (Q1) correspondant à une première quantité d'énergie à décharger de la première cellule, la première quantité d'énergie étant égale à la différence entre la capacité de décharge restante de ladite première cellule (CE1) et la capacité de décharge restante de ladite cellule (CE2) parmi lesdites deuxièmes cellules (CE2, CE3, CE4) dont la capacité de décharge restante est la plus faible.

[Revendication 4] Procédé d'équilibrage selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la deuxième séquence (SQ2) comporte en outre le calcul (E7) du deuxième besoin d'équilibrage (Q2 ; Q3) correspondant à une deuxième quantité d'énergie à décharger d'une deuxième cellule (CE3 ; CE4), la deuxième quantité d'énergie (Q2 ; Q3) étant égale à la différence entre la capacité de charge restante de la première cellule (CE1) et la capacité de charge restante de la deuxième cellule (CE3 ; CE4) dont la capacité de charge restante est inférieure à celle de la première cellule (CE1).

[Revendication 5] Procédé d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel chaque besoin d'équilibrage d'une cellule (Ci) détermine une durée de décharge à commander dans un circuit de décharge (CDi) de ladite cellule (Ci), ladite durée étant calculée à partir d'une valeur de courant de décharge prédéterminée dépendante du circuit de décharge (CDi) et de la quantité d'énergie à décharger pour ladite cellule (Ci).

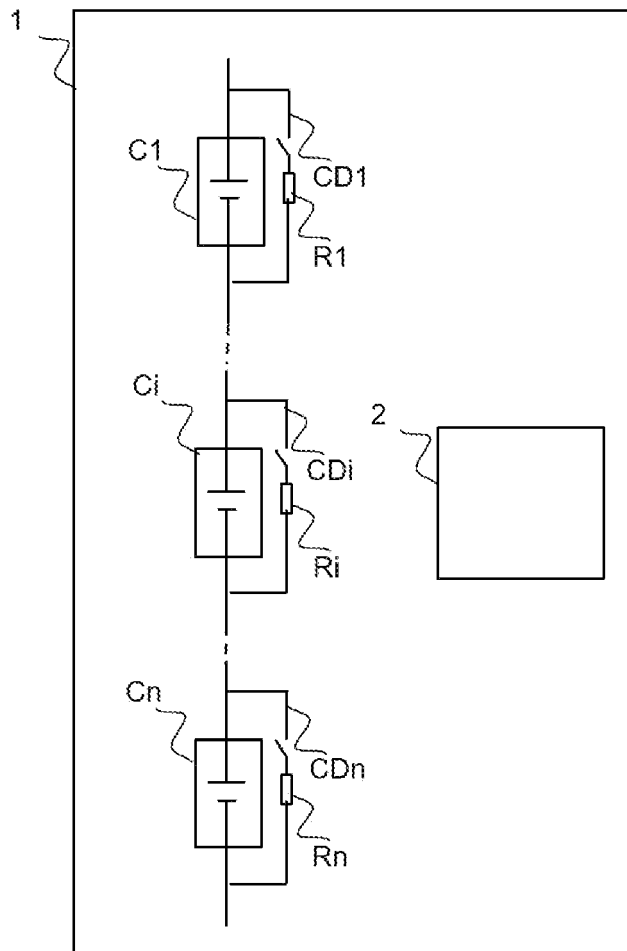
[Revendication 6] Procédé d'équilibrage selon la revendication 5, comportant en outre une étape de commande de décharge (E8) des cellules dudit ensemble pour lesquelles un besoin d'équilibrage est détecté, et dans lequel une commande de décharge comporte l'actionnement d'un circuit de décharge durant la durée de décharge calculée.

[Revendication 7] Système de stockage d'énergie (1) comportant un ensemble de cellules (Cn) électrochimiques et une unité de commande (2), caractérisée en ce que l'unité de commande (2) comporte des moyens de mettre en œuvre le procédé d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

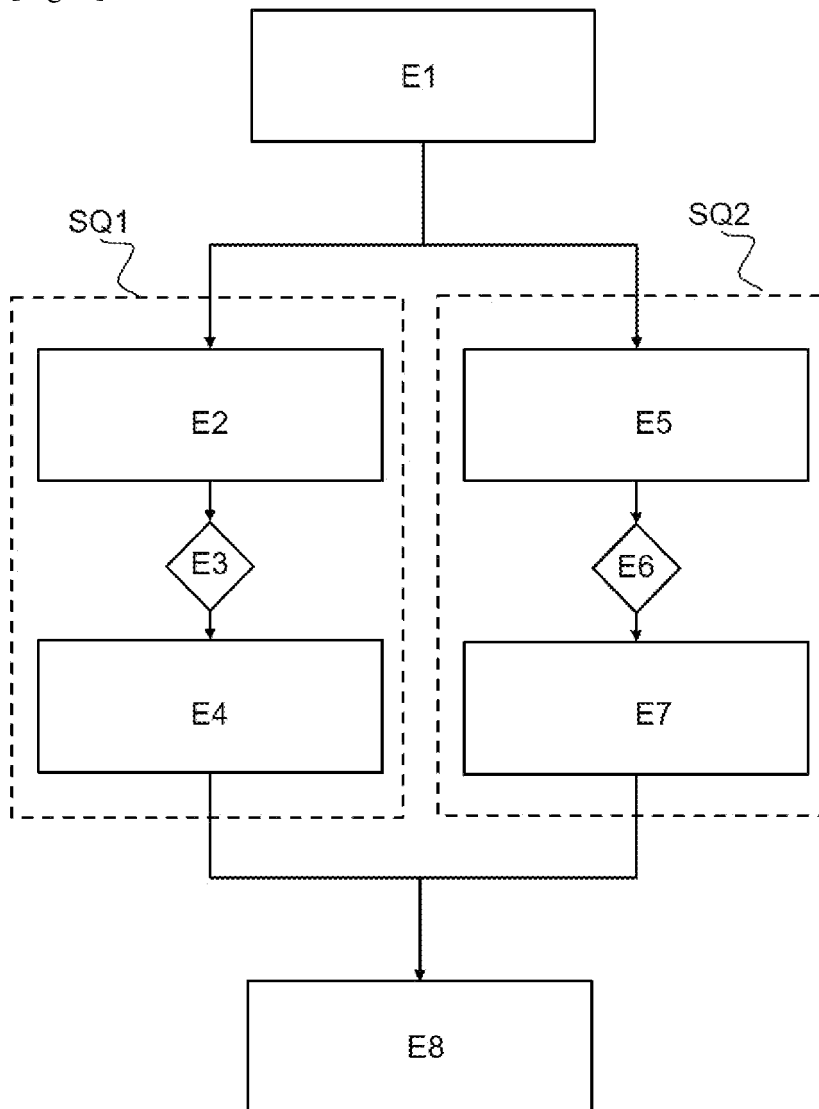
[Revendication 8] Véhicule électrifié comportant un système de stockage d'énergie (1) selon la revendication 7.

[Revendication 9] Produit programme-ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par une unité de commande (2) d'un système de stockage d'énergie (1) comportant un ensemble de cellules électrochimiques, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

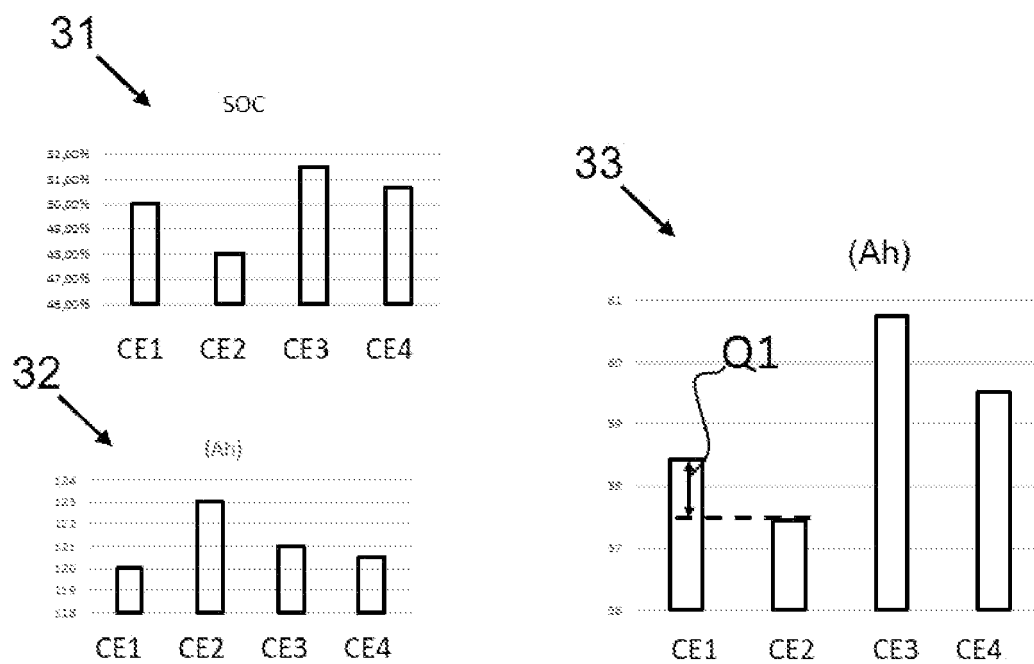
[Fig. 1]



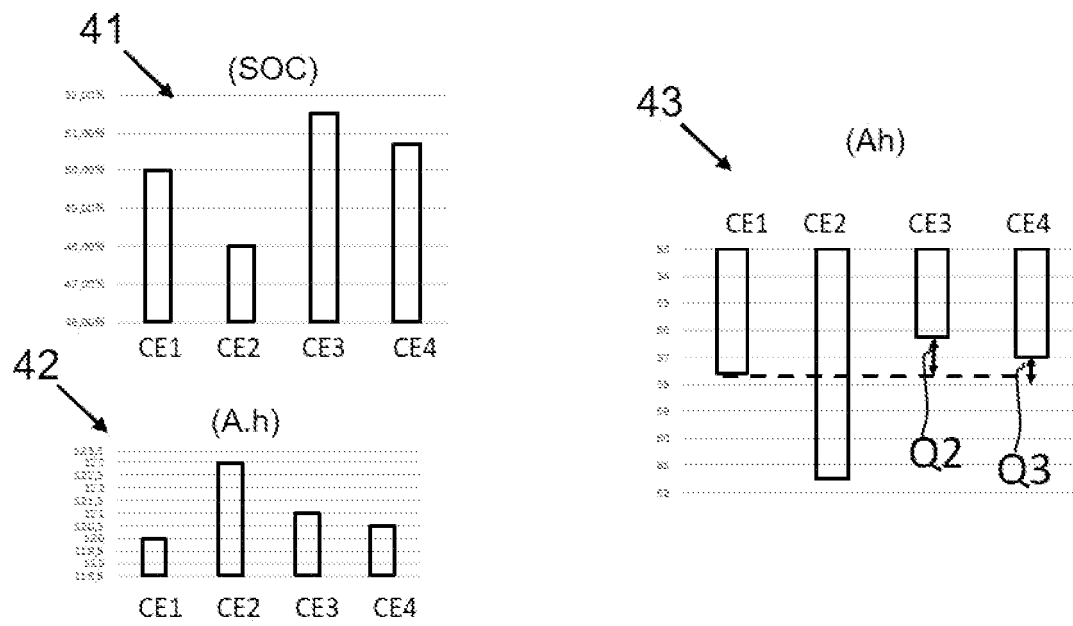
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 918184

FR 2304122

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2014/159665 A1 (BOEHM ANDRE [DE] ET AL) 12 juin 2014 (2014-06-12) * abrégé; revendications 1-10; figures 1-5 * * alinéas [0031] - [0059] * -----	1,5-9	B60L 58/22 H01M 10/44 H02J 7/00 H02J 7/14
A	US 2014/114594 A1 (SCHAEFER SASCHA [DE]) 24 avril 2014 (2014-04-24) * abrégé; revendications 1-20; figures 1-4 * * alinéas [0015] - [0039] * -----	1-9	
A	CN 111 211 593 A (ANHUI RNTEC TECH CO LTD) 29 mai 2020 (2020-05-29) * abrégé; revendications 1-8; figures 1,2 * * alinéas [0001], [0048] - [0077] * -----	1-9	
A	CN 111 064 261 A (ANHUI RNTEC TECH CO LTD) 24 avril 2020 (2020-04-24) * abrégé * * alinéas [0001], [0004] - [0091]; revendications 1-8 * -----	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02J B60L H01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 novembre 2023		Lorenzo Feijoo, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304122 FA 918184**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-11-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2014159665 A1	12-06-2014	CN 103260936 A	21-08-2013	
		DE 102010039913 A1	01-03-2012	
		EP 2611646 A1	10-07-2013	
		JP 5547348 B2	09-07-2014	
		JP 2013538549 A	10-10-2013	
		US 2014159665 A1	12-06-2014	
		WO 2012028427 A1	08-03-2012	

US 2014114594 A1	24-04-2014	CN 103779619 A	07-05-2014	
		DE 102013108198 A1	24-04-2014	
		US 2014114594 A1	24-04-2014	

CN 111211593 A	29-05-2020	AUCUN		

CN 111064261 A	24-04-2020	AUCUN		
