(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 068 520***
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **17 56177**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 M 10/44*** *(2017.01), H 01 M 10/48, H 01 M 10/60*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) BATTERIE ELECTRIQUE ROBUSTE AUX VARIATIONS DE TEMPERATURE.

(22) **Date de dépôt :** 30.06.17.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.01.19 Bulletin 19/01.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 25.09.20 Bulletin 20/39.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** TESSARD ROMAIN.

(73) **Titulaire(s) :** COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BEAUMONT.

FR 3 068 520 - B1

BATTERIE ELECTRIQUE ROBUSTE AUX VARIATIONS DE TEMPERATURE

Domaine

La présente demande concerne le domaine des batteries électriques, et vise plus particulièrement une solution pour augmenter l'étendue de la plage de températures dans laquelle une batterie électrique peut être utilisée sans risque de dégradation.

Exposé de l'art antérieur

Une batterie électrique comprend classiquement une pluralité de cellules élémentaires de stockage d'énergie électrique rechargeables, typiquement des accumulateurs électrochimiques, reliées en série et/ou en parallèle entre une borne positive et une borne négative de fourniture de tension de la batterie. Lors de phases de décharge de la batterie, un courant circule de la borne positive vers la borne négative de la batterie, à travers une charge à alimenter. Lors de phases de recharge de la batterie, un chargeur applique à la batterie un courant circulant de la borne négative vers la borne positive de la batterie (à travers le chargeur). Une batterie comprend en outre classiquement un dispositif électronique de gestion, généralement appelé BMS (de l'anglais "Battery Management System", signifiant "système de gestion de batterie"), relié aux cellules de la batterie, qui peut mettre en oeuvre des fonctions diverses telles que des fonctions d'équilibrage des cellules, des fonctions de

protection, etc. Les cellules de stockage et le dispositif de gestion sont généralement disposés dans un boîtier de protection laissant accessible la borne positive et la borne négative de la batterie.

Les cellules de stockage d'une batterie électrique ont tendance à s'échauffer par effet Joule lors des phases de recharge et de décharge de la batterie. Les cellules doivent toutefois, sous peine de se dégrader, être maintenues dans des plages de température spécifiques, dépendant notamment du type de cellules considéré, et de leur mode de fonctionnement (recharge, décharge, repos, recharge rapide, décharge rapide, etc.).

En particulier, certaines cellules lithium-ion telles que les cellules au dioxyde de cobalt et de lithium (LCO) ou les cellules à l'oxyde de lithium, de nickel, de cobalt et d'aluminium (NCA), sont sujettes à un vieillissement accéléré lorsqu'elles sont rechargées à des températures faibles, par exemple inférieures à 0°C, voire inférieures à 10°C. Ce vieillissement est d'autant plus marqué que le courant de recharge appliqué aux cellules est élevé. Ceci pose tout particulièrement problème dans les systèmes dits à recharge rapide, dans lesquels on souhaite pouvoir recharger les cellules en un temps limité en leur appliquant un courant de recharge élevé. En outre, dans ces conditions, le risque d'emballement thermique des cellules peut être accru.

On a déjà proposé des batteries munies de systèmes de régulation de température permettant non seulement de refroidir les cellules pour éviter que ces dernières n'atteignent des températures trop élevées, mais aussi de les réchauffer, par exemple au moyen de résistances chauffantes et éventuellement d'un fluide caloporteur, pour, préalablement à une opération de recharge, ramener si nécessaire les cellules au-dessus d'une température minimale de fonctionnement en-dessous de laquelle elles risqueraient d'être endommagées.

Les systèmes de régulation de température connus sont toutefois relativement coûteux et encombrants. En particulier,

ils conduisent à augmenter le poids de la batterie et à réduire la densité globale de stockage d'énergie électrique de la batterie.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit une batterie électrique comportant :

un premier élément de stockage d'énergie électrique d'un premier type ;

un deuxième élément de stockage d'énergie électrique d'un deuxième type, couplé thermiquement au premier élément ; et

un dispositif électronique de gestion adapté à contrôler individuellement les courants circulants dans les premier et deuxième éléments, le dispositif de gestion étant configuré pour, lors d'une phase de recharge de la batterie, mettre en oeuvre les étapes suivantes :

a) mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie ;

b) si ladite grandeur est inférieure à un premier seuil, appliquer un courant de recharge au premier élément et maintenir simultanément au repos le deuxième élément pendant une première période de recharge ; et

c) à l'issue de la première période, appliquer simultanément un courant de recharge au premier élément et un courant de recharge au deuxième élément pendant une deuxième période de recharge.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de gestion est configuré pour interrompre la première période de recharge et démarrer la deuxième période de recharge lorsqu'il détecte que la température du deuxième élément a atteint le premier seuil.

Selon un mode de réalisation, la première période de recharge a une durée prédéfinie sélectionnée en fonction de la grandeur mesurée à l'étape a).

Selon un mode de réalisation, la deuxième période de recharge est divisée en des première et deuxième sous-périodes de recharge consécutives, le dispositif de gestion étant configuré

pour, lors de la première sous-période de recharge, appliquer au deuxième élément un courant de recharge d'une première intensité, et, lors de la deuxième sous-période de recharge, appliquer au deuxième élément un courant de recharge d'une deuxième intensité supérieure à la première intensité.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de gestion est configuré pour interrompre la première sous-période de recharge et démarrer la deuxième sous-période de recharge lorsqu'il détecte que la température du deuxième élément a atteint un deuxième seuil.

Selon un mode de réalisation, la première sous-période a une durée prédéfinie sélectionnée en fonction de la grandeur mesurée à l'étape a).

Selon un mode de réalisation, le premier élément présente une limite basse de température de recharge inférieure à celle du deuxième élément.

Selon un mode de réalisation, le premier élément comprend une ou plusieurs cellules élémentaires de type LTO, NiMH, NiCd ou LFP, et le deuxième élément comprend une ou plusieurs cellules élémentaires de type LCO ou NCA.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de gestion est en outre configuré pour, lors d'une phase de décharge de la batterie, mettre en oeuvre les étapes suivantes :

a') mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie ;

b') si ladite grandeur est inférieure à un seuil, appliquer un courant de décharge au premier élément et maintenir simultanément au repos le deuxième élément pendant une première période de décharge ; et

c') à l'issue de la première période de décharge, appliquer simultanément un courant de décharge au premier élément et un courant de décharge au deuxième élément pendant une deuxième période de décharge.

Brève description des dessins

Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est un schéma illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un mode de réalisation d'une batterie électrique ;

la figure 2 est un diagramme illustrant un exemple d'un procédé de commande de la batterie de la figure 1 ; et

la figure 3 est un diagramme illustrant un autre exemple d'un procédé de commande de la batterie de la figure 1.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la réalisation des cellules élémentaires des batteries décrites n'a pas été détaillée, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec la plupart des technologies connues de réalisation de cellules élémentaires de batterie électrique. De plus, la réalisation du dispositif électronique de gestion des batteries décrites n'a pas été détaillée, la réalisation du dispositif de gestion étant à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles de la présente description. Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

La figure 1 est un schéma illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un mode de réalisation d'une batterie électrique 100.

La batterie 100 comprend un premier élément de stockage d'énergie électrique E1, et un deuxième élément de stockage d'énergie électrique E2. L'élément E1 comprend une ou plusieurs

cellules élémentaires de stockage d'énergie électrique (non détaillées) connectées en série et/ou en parallèle entre une borne positive e1+ et une borne négative e1- de l'élément E1, et l'élément E2 comprend une ou plusieurs cellules élémentaires de stockage d'énergie électrique (non détaillées) connectées en série et/ou en parallèle entre une borne positive e2+ et une borne négative e2- de l'élément E2. A titre d'exemple, l'élément E1 comprend une unique cellule élémentaire connectée entre les bornes e1+ et e1-, et l'élément E2 comprend une unique cellule élémentaire connectée entre les bornes e2+ et e2-. Les cellules élémentaires de l'élément E1 sont couplées thermiquement avec les cellules élémentaires de l'élément E2. Le couplage thermique entre les cellules élémentaires de l'élément E1 et les cellules élémentaires de l'élément E2 peut être obtenu par mise en contact directe des boîtiers, par exemple métalliques, des cellules élémentaires des deux éléments. A titre de variante, la batterie 100 peut comporter un élément de couplage thermique TH, par exemple réalisé en un matériau thermiquement conducteur solide ou liquide, par exemple une pâte thermiquement conductrice, spécifiquement prévu pour coupler thermiquement les cellules élémentaires de l'élément E1 avec les cellules élémentaires de l'élément E2. A titre d'exemple, l'élément TH est réalisé en un matériau de conductivité thermique supérieure à 2 W/m.K, et est en contact d'une part avec les cellules élémentaires de l'élément E1 et d'autre part avec les cellules élémentaires de l'élément E2.

Selon un aspect d'un mode de réalisation, les cellules élémentaires de l'élément E1 et les cellules élémentaires de l'élément E2 sont des cellules de technologies différentes. Plus particulièrement, les cellules élémentaires de l'élément E1 sont réalisées dans une technologie supportant sans dégradation significative une recharge à des températures plus basses que les cellules élémentaires de l'élément E2. A titre d'exemple, les cellules élémentaires des éléments E1 et E2 sont toutes deux des cellules lithium-ion. Les cellules de l'élément E1 sont par

exemple des cellules au lithium-titanate (LTO), présentant une limite basse de température de recharge de l'ordre de -20°C voire inférieure à -20°C, et les cellules de l'élément E2 sont des cellules au dioxyde de cobalt et de lithium (LCO) ou des cellules à l'oxyde de lithium, de nickel, de cobalt et d'aluminium (NCA), présentant une limite basse de température de recharge de l'ordre de 0°C. Plus généralement, d'autres technologies de cellules élémentaires de stockage d'énergie électrique peuvent être utilisées, pour autant que les cellules de l'élément E1 soient réalisées dans une technologie différente de celle des cellules de l'élément E2, et que la limite basse de température de recharge des cellules de l'élément E2, c'est-à-dire la température limite au-dessus de laquelle les cellules peuvent être rechargées sans dégradation significative et en-dessous de laquelle une recharge des cellules conduit à leur détérioration, soit supérieure à la limite basse de température de recharge des cellules de l'élément E1. A titre d'exemple, les cellules de l'élément E1 peuvent être de type NiMH (nickel-hydrure métallique), NiCd (nickel-cadmium) ou encore LFP (lithium-fer-phosphate).

La batterie 100 de la figure 1 comprend en outre un dispositif électronique de gestion BMS. Le dispositif de gestion BMS comprend des première et deuxième bornes b1 et b2 connectées respectivement aux bornes positive V+ et négative V- de la batterie (destinées à être connectées à un dispositif extérieur, par exemple un chargeur ou une charge à alimenter). Le dispositif de gestion BMS comprend en outre des troisième, quatrième, cinquième et sixième bornes b3, b4, b5 et b6 connectées respectivement aux bornes e2+, e1+, e1- et e2- des éléments E1 et E2.

Lors d'une phase de recharge de la batterie, les bornes V+ et V- de la batterie sont connectées à une source d'alimentation électrique extérieure, non représentée. Le dispositif de gestion BMS est adapté à contrôler individuellement les courants de recharge internes IE1 et IE2 appliqués respectivement aux éléments E1 et E2. Le dispositif de gestion BMS est en outre adapté à

mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie.

La figure 2 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la batterie de la figure 1 lors d'une phase de recharge. La figure 2 représente plus particulièrement l'évolution, en fonction du temps t (en abscisse, en heures), du régime de charge Vc (en ordonnée à gauche, en pourcents) appliqué à chacun des éléments E1 (courbe C1 de la figure 2) et E2 (courbe C2 de la figure 2) de la batterie, ainsi que de la température T (en ordonnée à droite, en degrés Celsius) de chacun des éléments E1 (courbe T1 de la figure 2) et E2 (courbe T2 de la figure 2). Par régime de charge Vc, on entend ici le courant de recharge appliqué à l'élément E1 ou E2, normalisé par rapport au courant de charge maximal (ou courant nominal) qui peut être appliqué à l'élément.

Au début de la phase de recharge de la batterie, le dispositif de gestion commence par mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie.

Si la température mesurée au début de la phase de recharge est inférieure à la limite basse TH_{E2} de température de recharge des cellules de l'élément E2, ce qui correspond au cas d'utilisation illustré par la figure 2, le dispositif de gestion BMS applique d'abord, pendant une première période P1, un courant de recharge IE1 non nul entre les bornes e1+ et e1- de l'élément E1, et un courant de recharge IE2 nul entre les bornes e2+ et e2- de l'élément E2. Autrement dit, pendant la première période P1 de la phase de recharge, seul l'élément E1 est rechargé, l'élément E2 étant maintenu au repos. Pendant la période P1, la température de l'élément E1 tend à augmenter sous l'effet du courant de recharge IE1. Du fait du couplage thermique réalisé entre l'élément E1 et l'élément E2, ceci conduit à réchauffer les cellules de l'élément E2.

Lorsque la température de l'élément E2 dépasse la limite basse TH_{E2} (égale à 0°C dans l'exemple de la figure 2) de température de recharge de l'élément E2, la première période de

recharge P1 se termine et une deuxième période de recharge P2 commence au cours de laquelle le dispositif de gestion BMS applique simultanément un courant de recharge IE1 non nul entre les bornes e1+ et e1- de l'élément E1 et un courant de recharge IE2 non nul entre les bornes e2+ et e2- de l'élément E2. Autrement dit, les éléments E1 et E2 sont rechargés simultanément pendant la deuxième période P2 de la phase de recharge (mais pas nécessairement à la même vitesse, la vitesse de charge étant spécifique à chaque élément).

La recharge de la batterie peut ensuite se poursuivre jusqu'à la recharge complète des éléments E1 et E2.

A titre d'exemple, le dispositif de gestion BMS est configuré pour, pendant la phase de recharge, mesurer régulièrement une grandeur représentative de la température de l'élément E2. Dans ce cas, la première période de recharge P1 se termine et la deuxième période de recharge P2 commence lorsque le dispositif de gestion BMS détecte que la température de l'élément E2 a atteint une valeur supérieure ou égale à sa limite basse TH_{E2} de température de recharge. A titre de variante, la première période de recharge P1 a une durée prédéfinie fonction de la température de la batterie mesurée au début de la phase de recharge.

Si la température mesurée au début de la phase de recharge de la batterie est supérieure à la limite basse de température de recharge des cellules de l'élément E2 (cas d'utilisation non représenté sur les figures), la première période P1 de recharge du seul élément E1 est omise, et le dispositif BMS applique simultanément, dès le début de la phase de recharge, un courant de recharge IE1 non nul entre les bornes e1+ et e1- de l'élément E1 et un courant de recharge IE2 non nul entre les bornes e2+ et e2- de l'élément E2.

En régime de décharge, c'est-à-dire lorsque la batterie est utilisée pour alimenter une charge (non représentée) connectée entre ses bornes V+ et V-, chacun des deux éléments E1 et E2 est

susceptible de participer à la fourniture de la puissance électrique d'alimentation de la charge.

Ainsi, la batterie de la figure 1 permet de bénéficier des avantages de la technologie de fabrication de l'élément E2, par exemple une densité de stockage d'énergie élevée pour un élément E2 réalisé en technologie LCO ou NCA, tout en étant adaptée à être utilisée, et notamment rechargée, dans un environnement froid, et notamment à des températures inférieures à la limite basse TH_{E2} de température de recharge de l'élément E2.

On notera en particulier que par rapport aux batteries intégrant des systèmes de chauffage spécifiques pour réchauffer leurs cellules avant une phase de recharge, la batterie de la figure 1 a pour avantage d'être moins complexe à réaliser, et moins encombrante (à capacités de stockage identiques). En effet, dans la batterie de la figure 1, l'élément E1 peut fonctionner sans risque de dégradation à des températures relativement basses, et le chauffage de l'élément E2 est obtenu directement par récupération de la chaleur produite par la recharge de l'élément E1. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des résistances chauffantes spécifiques pour réchauffer les cellules de la batterie. Un autre avantage est que ceci permet d'améliorer le rendement de recharge de la batterie.

La figure 3 est un diagramme similaire au diagramme de la figure 2, illustrant un autre exemple d'un mode de fonctionnement de la batterie de la figure 1.

L'exemple de fonctionnement de la figure 3 comprend des éléments communs avec l'exemple de fonctionnement de la figure 2. En particulier, comme dans l'exemple de la figure 2, si la température mesurée au début de la phase de recharge est inférieure à la limite basse TH_{E2} (égale à 0°C dans cet exemple) de température de recharge des cellules de l'élément E2, ce qui correspond au cas d'utilisation illustré, le dispositif de gestion BMS applique d'abord, pendant une première période P1, un courant de recharge IE1 non nul entre les bornes e1+ et e1- de l'élément E1, et un courant de recharge IE2 nul entre les bornes e2+ et e2-

de l'élément E2. Autrement dit, pendant la première période P1 de la phase de recharge, seul l'élément E1 est rechargé, l'élément E2 étant maintenu au repos.

Lorsque la température de l'élément E2 dépasse la limite basse TH_{E2} de température de recharge de l'élément E2, la première période de recharge P1 se termine et une deuxième période de recharge P2 commence au cours de laquelle le dispositif de gestion BMS applique simultanément un courant de recharge IE1 non nul entre les bornes e1+ et e1- de l'élément E1 et un courant de recharge IE2 non nul entre les bornes e2+ et e2- de l'élément E2. Autrement dit, les éléments E1 et E2 sont rechargés simultanément pendant la deuxième période P2 de la phase de recharge.

Dans l'exemple de la figure 3, la période P2 est divisée en deux sous-périodes consécutives $P2_1$ et $P2_2$.

Pendant la période $P2_1$, le courant de recharge IE2 appliqué à l'élément E2 est relativement faible, par exemple de l'ordre de 20% (valeur adaptable) du courant de charge maximal (ou courant nominal) pouvant être appliqué à l'élément E2 dans l'exemple représenté. Pendant la période $P2_1$, la température de l'élément E2 continue à augmenter, à la fois sous l'effet de la chaleur produite par l'élément E1, et sous l'effet du courant de recharge IE2 le traversant.

La période $P2_1$ se termine et la période $P2_2$ commence lorsque la température de l'élément E2 dépasse un deuxième seuil TH_{E2}' (égal à 5°C dans l'exemple de la figure 3) supérieur au seuil TH_{E2}. Le seuil TH_{E2}' correspond par exemple à un seuil de température au-dessus duquel l'élément E2 peut être soumis à un courant de recharge rapide sans risque de dégradation significative.

Pendant la période $P2_2$, le courant de recharge IE2 appliqué à l'élément E2 est relativement élevé, de l'ordre de 100% du courant de charge maximal (ou courant nominal) pouvant être appliqué à l'élément E2 dans l'exemple représenté.

A titre d'exemple, le dispositif de gestion BMS est configuré pour, pendant la phase de recharge, mesurer

régulièrement une grandeur représentative de la température de l'élément E2. Dans ce cas, la première sous-période de recharge $P2_1$ se termine et la deuxième sous-période de recharge $P2_2$ commence lorsque le dispositif de gestion BMS détecte que la température de l'élément E2 a atteint une valeur supérieure ou égale au seuil TH_{E2}'. A titre de variante, la première sous-période de recharge $P2_1$ a une durée prédéfinie fonction de la température de la batterie mesurée au début de la phase de recharge.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas aux exemples de technologie de réalisation des éléments E1 et E2 mentionnés ci-dessus.

De plus, on a décrit des exemples de réalisation dans lesquels la batterie comprend un unique élément de stockage d'énergie électrique E1 et un unique élément de stockage d'énergie électrique E2. A titre de variante, la batterie électrique peut comporter une pluralité de modules élémentaires de stockage d'énergie électrique identiques ou similaires, comportant chacun un élément de stockage E1 et un élément de stockage E2 couplés thermiquement. Dans chaque module élémentaire de stockage, les cellules élémentaires des éléments E1 et E2 du module sont par exemples encapsulées dans un même boîtier afin de renforcer le couplage thermique entre les éléments E1 et E2 du module.

En outre, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas au cas particulier illustré sur les figures dans lequel chaque module élémentaire de stockage d'énergie électrique comprend un unique élément de stockage E1 et un unique élément de stockage E2. A titre de variante, chaque module élémentaire de stockage d'énergie électrique peut comporter plusieurs éléments de stockage E1 et plusieurs éléments de stockage E2 couplés thermiquement. On notera en particulier que selon l'application envisagée, le nombre de d'élément E1 peut être différent du nombre d'éléments E2. A titre d'exemple, pour une batterie destinée à

être utilisée dans un environnement froid, chaque module élémentaire de stockage de la batterie peut comporter n éléments E1 et m éléments E2, où n et m sont des entiers, avec m supérieur ou égal à 1 et n supérieur ou égal à 1.

De plus, de façon similaire à ce qui a été décrit ci-dessus, on peut, lors des phases de décharge de la batterie, tirer profit des échanges thermiques entre les éléments E1 et E2 afin d'optimiser la température de décharge de chaque élément. Autrement dit, le dispositif de gestion de la batterie peut être configuré pour, lors d'une phase de décharge, mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie, et, si la température mesurée est inférieure à une limite basse de température de décharge de l'élément E2, décharger d'abord uniquement l'élément E1 jusqu'à ce que l'élément E2 atteigne une température suffisamment élevée pour pouvoir être déchargé sans risque de dégradation (et/ou avec un meilleur rendement).

Par ailleurs, dans une autre variante de réalisation, le dispositif de gestion peut être adapté à, avant le début d'une phase de recharge ou de décharge de la batterie, décharger partiellement les cellules ayant les résistances internes en décharge les plus faibles, par exemple les cellules des éléments E2, dans les cellules ayant les résistances internes en charge les plus faibles, par exemple les cellules des éléments E1, de façon à réchauffer l'ensemble des cellules de la batterie. Plus généralement, une cartographie des résistances internes des cellules de la batterie en fonction des régimes et des températures d'utilisation peut être mémorisée par le dispositif de gestion pour optimiser l'utilisation des cellules de façon à augmenter leur durée de vie.

On notera en outre que dans les modes de réalisation décrits, dans chaque module élémentaire de stockage de la batterie, l'un des éléments de stockage E1 ou E2 peut être protégé contre une surchauffe en maintenant l'autre élément au repose de façon à l'utiliser comme élément dissipateur de chaleur.

REVENDICATIONS

1. Batterie électrique (100) comportant :

un premier élément de stockage d'énergie électrique (E1) d'un premier type ;

un deuxième élément de stockage d'énergie électrique (E2) d'un deuxième type, couplé thermiquement au premier élément ; et

un dispositif électronique de gestion (BMS) adapté à contrôler individuellement les courants circulants dans les premier et deuxième éléments, le dispositif de gestion étant configuré pour, lors d'une phase de recharge de la batterie, mettre en oeuvre les étapes suivantes :

a) mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie ;

b) si ladite grandeur est inférieure à un premier seuil (TH_{E2}), appliquer un courant de recharge (IE1) au premier élément et maintenir simultanément au repos le deuxième élément (E2) pendant une première période de recharge (P1) ; et

c) à l'issue de la première période, appliquer simultanément un courant de recharge (IE1) au premier élément et un courant de recharge (IE2) au deuxième élément pendant une deuxième période de recharge (P2),

dans laquelle la deuxième période de recharge (P2) est divisée en des première ($P2_1$) et deuxième ($P2_2$) sous-périodes de recharge consécutives, le dispositif de gestion (BMS) étant configuré pour, lors de la première sous-période de recharge ($P2_1$), appliquer au deuxième élément (E2) un courant de recharge (IE2) d'une première intensité, et, lors de la deuxième sous-période de recharge ($P2_2$), appliquer au deuxième élément (E2) un courant de recharge (IE2) d'une deuxième intensité supérieure à la première intensité.

2. Batterie (100) selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif de gestion (BMS) est configuré pour interrompre la première période de recharge (P1) et démarrer la

deuxième période de recharge (P2) lorsqu'il détecte que la température du deuxième élément (E2) a atteint le premier seuil.

3. Batterie (100) selon la revendication 1, dans laquelle la première période de recharge a une durée prédéfinie sélectionnée en fonction de la grandeur mesurée à l'étape a).

4. Batterie (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle, le dispositif de gestion (BMS) est configuré pour interrompre la première sous-période de recharge ($P2_1$) et démarrer la deuxième sous-période de recharge ($P2_2$) lorsqu'il détecte que la température du deuxième élément (E2) a atteint un deuxième seuil.

5. Batterie (100) selon la revendication 4, dans laquelle la première sous-période ($P2_1$) a une durée prédéfinie sélectionnée en fonction de la grandeur mesurée à l'étape a).

6. Batterie (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le premier élément (E1) présente une limite basse de température de recharge inférieure à celle du deuxième élément (E2).

7. Batterie (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle le premier élément (E1) comprend une ou plusieurs cellules élémentaires de type LTO, NiMH, NiCd ou LFP, et le deuxième élément (E2) comprend une ou plusieurs cellules élémentaires de type LCO ou NCA.

8. Batterie (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle le dispositif de gestion (BMS) est en outre configuré pour, lors d'une phase de décharge de la batterie, mettre en oeuvre les étapes suivantes :

a') mesurer une grandeur représentative de la température interne de la batterie ;

b') si ladite grandeur est inférieure à un seuil, appliquer un courant de décharge au premier élément et maintenir simultanément au repos le deuxième élément pendant une première période de décharge ; et

c') à l'issue de la première période de décharge, appliquer simultanément un courant de décharge au premier élément

et un courant de décharge au deuxième élément pendant une deuxième période de décharge.

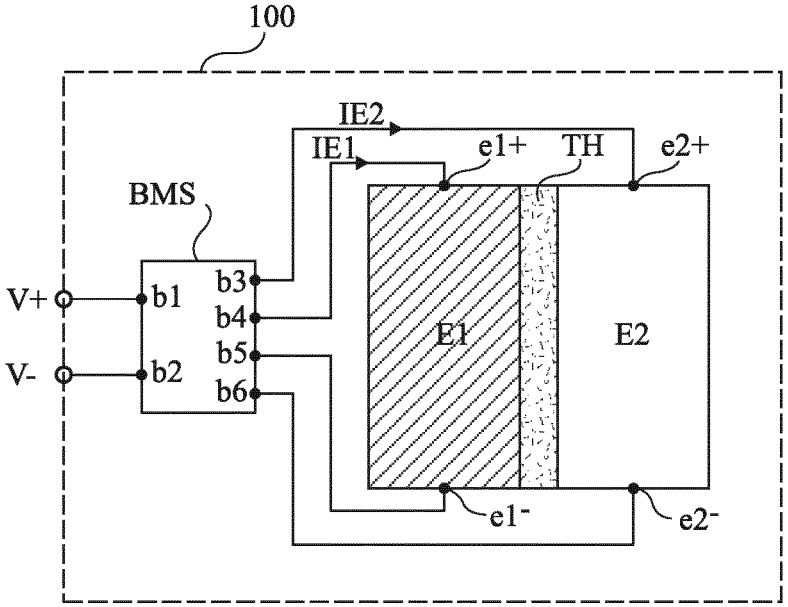
100
IE2
IE1
e1+
TH
e2+
BMS
V+
b1
b3
b4
b5
b6
V-
b2
E1
E2
e1-
e2-

Fig 1

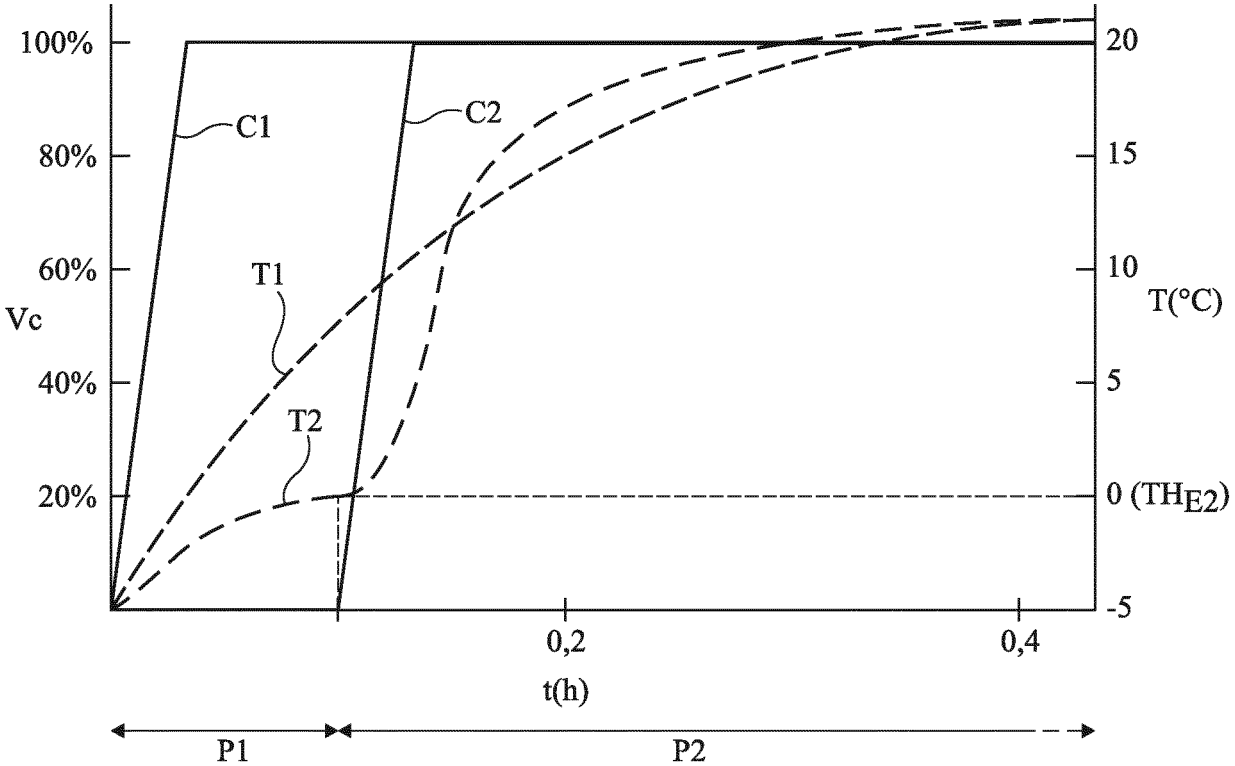
100%
80%
60%
40%
20%
Vc
C1
C2
T1
T2
20
15
10
5
0 (THE2)
-5
T(°C)
0,2
0,4
t(h)
P1
P2

Fig 2

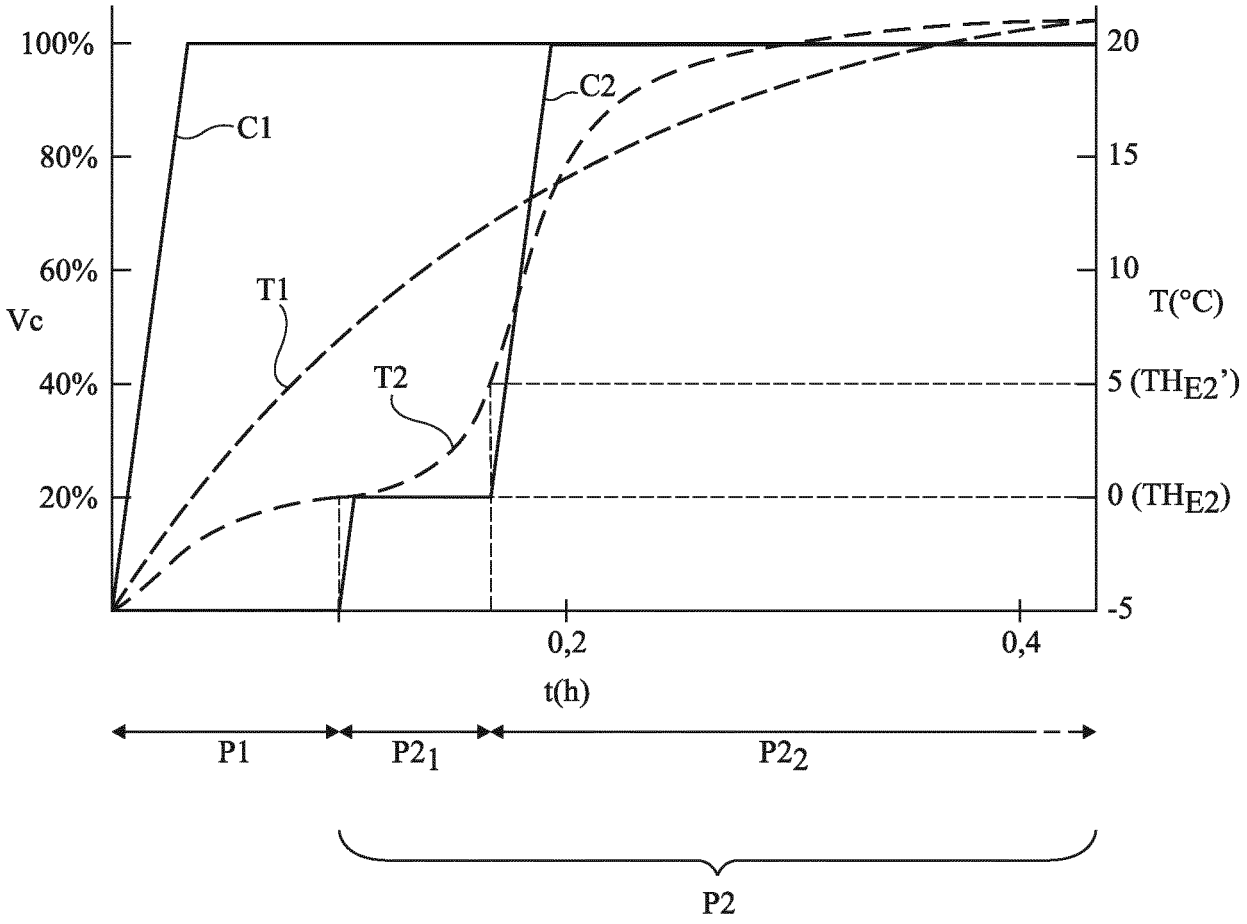
100%
80%
60%
40%
20%
Vc
C1
C2
T1
T2
20
15
10
T(°C)
5 (TH$_{E2}$')
0 (TH$_{E2}$)
-5
0,2
0,4
t(h)
P1
P2$_1$
P2$_2$
P2

Fig 3

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION
US 2016/380315 A1 (WEICKER PHIL [US] ET AL) 29 décembre 2016 (2016-12-29) US 2014/167515 A1 (FEUERSTACK PETER [DE] ET AL) 19 juin 2014 (2014-06-19)
2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL
NEANT
3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES
NEANT