



(51) Classification internationale des brevets :
H02J 7/00 (2006.01) H01M 10/42 (2006.01)
H01M 2/20 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051343

(22) Date de dépôt international :
3 juin 2016 (03.06.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1555161 5 juin 2015 (05.06.2015) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; Bâtiment Le Ponant D, 25 Rue Leblanc, 75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : CHATROUX, Daniel; 660 Rue du Bourg, 38470 Teche (FR). ROUX, Andy; 21 Chemin de Pevrin, 38110 Cessieu (FR). DAUCHY, Julien; 292 Chemin de la Cassine, 73000 Chambéry (FR). BERANGER, Bruno; 1175 Route de Pinet, 38410 Saint-martin-d'uriage (FR).

(74) Mandataire : CABINET BEAUMONT; 1 Rue Champollion, 38000 Grenoble (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ASSEMBLY COMPRISING AN ELECTRIC BATTERY AND A SYSTEM FOR CONTROLLING THE BATTERY

(54) Titre : ASSEMBLAGE COMPORTANT UNE BATTERIE ÉLECTRIQUE ET UN SYSTÈME DE CONTRÔLE DE LA BATTERIE

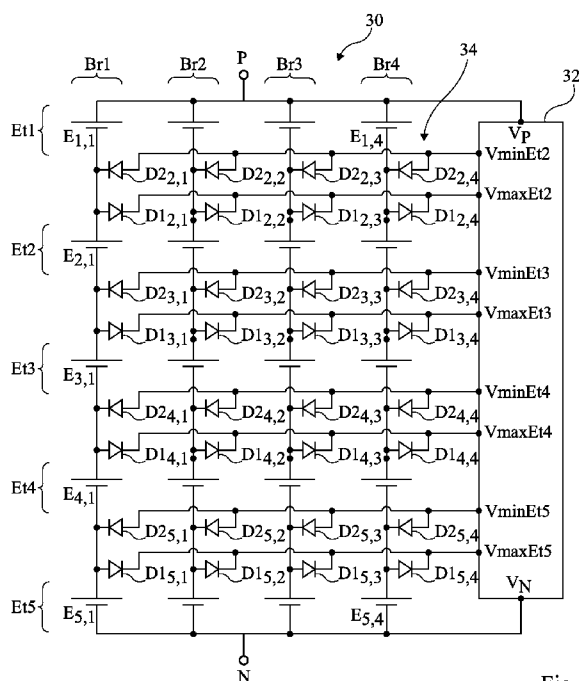


Fig 3

(57) Abstract : The invention concerns an assembly comprising a battery (30) of storage cells ($E_{i,j}$) and a control system. The battery comprises β branches (Br_j) each comprising ϵ cells ($E_{i,j}$) in series between the positive terminal (P) and negative terminal (N) of the battery, the cells of the same row (i) on the different branches (Br_j) defining stages (E_{ti}). The control system comprises a circuit (32) connected to the terminals of the battery, and a network of diodes (34) linking the cells ($E_{i,j}$) to the circuit (32), said network (34) comprising, for each stage (E_{ti}) except the stage (E_{t1}) connected to the positive terminal (P) of the battery, β diodes ($D1_{i,j}$) connected directly respectively between the positive terminals of the cells of the stage and a same first terminal ($V_{\max E_{ti}}$), and β diodes ($D2_{i,j}$) connected in reverse respectively between the positive terminals of the cells of the stage and a same second terminal ($V_{\min E_{ti}}$).

(57) Abrégé : L'invention concerne un assemblage comportant

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

une batterie (30) de cellules ($E_{i,j}$) de stockage et un système de contrôle. La batterie comporte β branches (Br_j) comportant chacune ϵ cellules ($E_{i,j}$) en série entre les bornes positive (P) et négative (N) de la batterie, les cellules de même rang (i) des différentes branches (Br_j) définissant des étages (E_{ti}). Le système de contrôle comporte un circuit (32) connecté aux bornes de la batterie, et un réseau de diodes (34) reliant les cellules ($E_{i,j}$) au circuit (32), ce réseau (34) comportant, pour chaque étage (E_{ti}) à l'exception de l'étage (E_{t1}) connecté à la borne positive (P) de la batterie, β diodes ($D1_{i,j}$) connectées en direct respectivement entre les bornes positives des cellules de l'étage et une même première borne ($V_{\max E_{ti}}$), et β diodes ($D2_{i,j}$) connectées en inverse respectivement entre les bornes positives des cellules de l'étage et une même deuxième borne ($V_{\min E_{ti}}$).

**ASSEMBLAGE COMPORTANT UNE BATTERIE ELECTRIQUE ET UN SYSTEME DE
CONTROLE DE LA BATTERIE**

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR15/55161 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine

La présente demande concerne le domaine des batteries électriques de façon générale, et vise plus particulièrement un assemblage comportant une batterie de cellules de stockage d'énergie électrique et un système de contrôle de la batterie.

Exposé de l'art antérieur

Une batterie électrique est un groupement de plusieurs cellules de stockage d'énergie électrique rechargeables identiques ou similaires (piles, accumulateurs, etc.) reliées en série et/ou en parallèle entre deux bornes, respectivement positive et négative, de fourniture d'une tension continue. 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 charge de la batterie, un chargeur applique un courant de charge circulant de la borne négative vers la borne positive de la batterie (à travers le chargeur). Une batterie est généralement associée à un système de contrôle adapté à mettre en oeuvre des opérations de contrôle de

la charge, de contrôle de la décharge et/ou d'équilibrage des cellules de la batterie.

La figure 1 représente une batterie 1 de cellules de stockage d'énergie électrique connue de l'état de la technique. La batterie 1 est composée de quatre étages Et1, Et2, Et3 et Et4 connectés en série entre une borne positive P et une borne négative N de la batterie. Chaque étage comprend quatre cellules connectées en parallèle. Les tensions aux bornes des quatre étages sont notées respectivement U1, U2, U3 et U4. Dans ce schéma, la tension totale U entre les bornes N et P de la batterie 1 est la somme des tensions U1, U2, U3 et U4. Les courants traversant les quatre cellules du quatrième étage Et4 sont notés respectivement I1, I2, I3 et I4. Le courant I généré sur la borne P de la batterie 1 est la somme des courants I1, I2, I3 et I4.

La batterie 1 est associée à un circuit annexe de contrôle 2 connecté aux bornes de chacun des étages Et1, Et2, Et3 et Et4. Le circuit 2 peut être configuré pour, lors des phases de recharge, surveiller l'état de charge des cellules et interrompre la charge suffisamment tôt pour éviter que les cellules ne dépassent un niveau de charge critique au-delà duquel elles pourraient être endommagées, et, lors des phases de décharge, surveiller l'état de charge des cellules et interrompre la décharge suffisamment tôt pour éviter que les cellules ne dépassent un niveau de décharge critique en deçà duquel elles pourraient être endommagées. Le circuit de contrôle 2 peut en outre être adapté à équilibrer les niveaux de charge des différents étages de la batterie pendant les phases de recharge et/ou de décharge. On notera que dans la configuration de la figure 1, l'équilibrage des niveaux de charge des cellules d'un même étage se fait naturellement du fait de la connexion en parallèle des cellules de l'étage.

Pendant la durée de vie de la batterie, des défauts sont susceptibles d'apparaître sur certaines cellules. Un défaut sur une cellule se traduit généralement par la mise en court-circuit de la cellule, par l'apparition d'un courant de fuite important

dans la cellule, ou par la mise en circuit ouvert de la cellule. En l'absence d'éléments de protection adaptés, la mise en court-circuit d'une cellule de la batterie ou l'apparition d'un courant de fuite important dans une cellule de la batterie peuvent avoir des conséquences graves, et peuvent provoquer une défaillance de l'ensemble d'un étage de la batterie voire de l'ensemble de la batterie. En particulier, du fait de la connexion en parallèle des cellules d'un même étage, si l'une des cellules de l'étage forme un court-circuit ou un chemin de faible impédance, toutes les autres cellules de l'étage tendent à se décharger dans la cellule défaillante, ce qui peut endommager irrémédiablement l'ensemble de l'étage voire de la batterie.

Afin de protéger la batterie 1 des conséquences d'un court-circuit ou de l'apparition d'un courant de fuite important dans une cellule, chaque cellule est associée à un fusible qui lui est connecté en série. Lorsqu'une cellule forme un court-circuit ou est traversée par un courant de fuite important, le courant la traversant fait fondre le fusible qui lui est associé afin de protéger le reste de la batterie 1.

Un inconvénient de la configuration de la figure 1 est que la présence des fusibles en série entre les étages induit des pertes d'énergie non négligeables. En outre, le dimensionnement des fusibles de la batterie est délicat car ces derniers ne doivent pas fondre intempestivement lorsqu'ils sont traversés par les courants de charge et de décharge de la batterie, mais doivent fondre pour le courant de défaut, dont la valeur dépend de l'impédance de la cellule en défaut.

La figure 2 illustre une solution alternative qui a été proposée dans la demande de brevet internationale WO201103924. La figure 2 représente une batterie 4 comportant une borne positive P et une borne négative N. La batterie 4 comprend 5 branches Br1, Br2, Br3, Br4 et Br5. Chaque branche Brj, avec j entier allant de 1 à 5, comprend cinq cellules $E_{i,j}$ connectées en série entre les bornes P et N, avec i entier allant de 1 à 5. Les cellules de même indice i appartenant respectivement aux différentes branches

définissent un étage désigné par la référence E_{ti} . Ainsi, la batterie 4 comprend 4 étages E_{t1} , E_{t2} , E_{t3} , E_{t4} et E_{t5} . Les cellules d'un même étage sont connectées en parallèle par l'intermédiaire de fusibles. Les cellules $E_{1,j}$ du premier étage E_{t1} sont connectées par leurs bornes positives à la borne P de la batterie 4, et les cellules $E_{5,j}$ du cinquième étage E_{t5} sont connectées par leurs bornes négatives à la borne N de la batterie 4. Chaque cellule $E_{i,j}$ des étages E_{t2} , E_{t3} , E_{t4} et E_{t5} et des branches $Br1$, $Br2$, $Br3$ et $Br4$ a sa borne positive connectée à la borne positive de la cellule $E_{i,j+1}$ du même étage par l'intermédiaire d'un fusible $D_{i,j}$.

La batterie 4 est associée à un circuit annexe de contrôle 5 connecté aux bornes de chacun des étages E_{t1} , E_{t2} , E_{t3} , E_{t4} et E_{t5} . Le circuit 5 est notamment adapté à réaliser des opérations de contrôle de la charge et/ou de la décharge et d'équilibrage des étages. Comme dans l'exemple de la figure 1, l'équilibrage des niveaux de charge des cellules d'un même étage se fait naturellement du fait de la connexion en parallèle des cellules de l'étage.

Le courant traversant un accumulateur $E_{i,j}$ est noté $I_{i,j}$. Le courant traversant un fusible $D_{i,j}$ est noté $It_{i,j}$. La tension aux bornes d'un étage E_{ti} est notée U_i . Le courant échangé par les bornes positives d'un étage E_{ti} avec le circuit de charge et d'équilibrage 5 est noté $I_{eq(i)}$.

Un avantage de la configuration de la figure 2 est que les fusibles sont placés en dehors du chemin de charge ou de décharge principal des cellules de la batterie, sur des conducteurs d'interconnexion en parallèle des cellules, qui ne sont parcourus que par des courants réduits en fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque tous les accumulateurs sont sains. Ceci permet d'utiliser des fusibles de plus petit calibre, c'est-à-dire aptes à fondre pour des courants plus faibles, moins coûteux que les fusibles de la configuration de la figure 1. En outre, ceci permet de limiter les pertes par effet Joule dans les fusibles en fonctionnement normal.

Toutefois, un problème qui se pose dans la configuration de la figure 2 est que lorsqu'un ou plusieurs fusibles voisins d'une cellule en défaut fondent sous l'effet du courant de défaut pour protéger la batterie 4, des cellules saines de la branche comportant la cellule en défaut peuvent être soumises à une surtension.

A titre d'exemple illustratif, on considère le cas où la cellule $E_{3,3}$ est défectueuse et forme un court-circuit. Selon le calibre choisi pour les fusibles $D_{i,j}$, un nombre plus ou moins important des fusibles connectés à la branche Br3 fond alors sous l'effet du courant de défaut. A titre d'exemple, on considère le cas où les fusibles $D_{3,2}$, $D_{3,3}$, $D_{4,2}$ et $D_{4,3}$ fondent sous l'effet du courant de défaut, les fusibles $D_{2,2}$, $D_{2,3}$, $D_{5,2}$ et $D_{5,3}$ restant intacts. Dans ce cas, la tension $U_2+U_3+U_4$ est appliquée à la portion de la branche Br3 formée par les cellules $E_{2,3}$, $E_{3,3}$ et $E_{4,3}$. La cellule $E_{3,3}$ formant un court-circuit, l'association en série des deux cellules saines $E_{2,3}$ et $E_{4,3}$ voit donc à ses bornes la somme des tensions de trois cellules. Chacune des cellules saines $E_{2,3}$ et $E_{4,3}$ subit donc une surtension relativement importante, de l'ordre de la moitié de la tension normale de fonctionnement d'une cellule, ce qui peut conduire à la destruction des cellules $E_{2,3}$ et $E_{4,3}$.

En pratique, selon la technologie considérée, une cellule peut supporter une certaine surtension sans être endommagée irrémédiablement. Pour minimiser la surtension vue par les cellules d'une branche en cas de mise en court-circuit d'une cellule de la branche, il convient qu'un nombre le plus important possible des fusibles connectés à la branche comprenant la cellule en défaut fondent sous l'effet du courant de défaut.

A titre d'illustration, dans le cas d'exemple susmentionné, en choisissant un calibre de fusibles plus faible, on peut obtenir qu'en cas de mise en court-circuit de la cellule $E_{3,3}$, l'ensemble des fusibles $D_{2,2}$, $D_{2,3}$, $D_{3,2}$, $D_{3,3}$, $D_{4,2}$, $D_{4,3}$, $D_{5,2}$ et $D_{5,3}$ fondent sous l'effet du courant de défaut. Dans ce cas, l'association en série des quatre cellules saines $E_{1,3}$, $E_{2,3}$,

$E_{4,3}$ et $E_{5,3}$ voit à ses bornes la somme $U_1+U_2+U_3+U_4+U_5$ des tensions de cinq cellules. La surtension vue par chacune des cellules saines est donc limitée au quart de la tension normale de fonctionnement d'une cellule.

En pratique, le dimensionnement des fusibles est donc délicat dans la mesure où ces derniers doivent être suffisamment sensibles pour isoler un nombre important de cellules en série dans une branche en cas de mise en court-circuit d'une cellule de la branche, mais suffisamment résistants pour ne pas fondre intempestivement sous l'effet des courants d'équilibrage et/ou sous l'effet de vibrations.

Il serait souhaitable de pouvoir disposer d'un assemblage comportant une batterie et un système de contrôle de la batterie, cet assemblage palliant tout ou partie des inconvénients des solutions connues.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un assemblage comportant une batterie de cellules de stockage d'énergie électrique et un système de contrôle, dans lequel : la batterie comporte un nombre entier β de branches comportant chacune un nombre entier ε de cellules connectées en série entre une borne positive et une borne négative de la batterie, les cellules de même rang des différentes branches définissant des étages ; et le système de contrôle comporte un circuit de contrôle connecté aux bornes positive et négative de la batterie, et un réseau de diodes reliant les cellules au circuit de contrôle, ce réseau comportant, pour chaque étage de la batterie à l'exception de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, β premières diodes connectées en direct respectivement entre les bornes positives des β cellules de l'étage et une même première borne d'accès à l'étage du circuit de contrôle, et β deuxième diodes connectées en inverse respectivement entre les bornes positives des β cellules de l'étage et une même deuxième borne d'accès à l'étage du circuit de contrôle.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle comprend un circuit de polarisation à l'état passant des diodes du réseau, connecté auxdites premières et deuxièmes bornes d'accès aux étages de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de polarisation comprend, pour chaque étage en partant de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, une résistance de polarisation reliant la première borne d'accès à l'étage, ou, pour le premier étage, la borne positive de la batterie, à la deuxième borne d'accès à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle est adapté à mesurer le potentiel V_P de la borne positive de la batterie, et est en outre adapté, pour chaque étage de la batterie à l'exception de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, à mesurer, via sa première borne d'accès à l'étage, le potentiel $V_{\max Et i}$ de la borne positive de plus haut potentiel des cellules de l'étage, et, via sa deuxième borne d'accès à l'étage, le potentiel $V_{\min Et i}$ de la borne positive de plus bas potentiel des cellules de l'étage, i étant un entier allant de 2 à ε , et lesdits potentiels étant référencés par rapport à borne négative de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle est adapté à vérifier si le système de relations suivant est vérifié :

- a) $V_{\min Et \varepsilon} > U_{\min cell}$;
- b) $V_{\max Et \varepsilon} < U_{\max cell}$;
- c) pour i allant de 2 à $\varepsilon-1$, $V_{\min Et i} - V_{\max Et i+1} > U_{\min cell}$;
- d) pour i allant de 2 à $\varepsilon-1$, $V_{\max Et i} - V_{\min Et i+1} < U_{\max cell}$;
- e) $V_P - V_{\max Et 2} > U_{\min cell}$; et
- f) $V_P - V_{\min Et 2} < U_{\max cell}$,

$U_{\min cell}$ et $U_{\max cell}$ désignant respectivement une tension minimale et une tension maximale de fonctionnement autorisées pour une cellule de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle comprend des circuits d'équilibrage connectés auxdites bornes

positive et négative de la batterie et auxdites premières et deuxièmes bornes d'accès aux étages de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle comprend, pour chaque étage en partant de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, un circuit d'équilibrage dissipatif reliant la première borne d'accès à l'étage, ou, pour le premier étage, la borne positive de la batterie, à la deuxième borne d'accès à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le circuit d'équilibrage dissipatif comprend une résistance en série avec un interrupteur.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle comprend, pour chaque étage en partant de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, un circuit d'équilibrage par rechargement relié aux bornes positive et négative de la batterie, à la deuxième borne d'accès à l'étage, ou, pour le premier étage, à la borne positive de la batterie, et à la première borne d'accès à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative de la batterie, ledit circuit d'équilibrage par rechargement étant adapté à prélever de l'énergie aux bornes de la batterie pour charger la cellule de l'étage dont la borne positive présente le potentiel le plus bas.

Selon un mode de réalisation, le circuit d'équilibrage par rechargement comprend : une inductance dont une première extrémité est reliée à la borne positive de la batterie par un premier interrupteur et dont une deuxième extrémité est reliée à la borne négative de la batterie par un deuxième interrupteur ; une première diode d'équilibrage connectée en direct entre la deuxième extrémité de l'inductance et la deuxième borne d'accès à l'étage, ou, pour le premier étage, à la borne positive de la batterie ; une deuxième diode d'équilibrage connectée en inverse entre la première extrémité de l'inductance et la première borne d'accès à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative de la batterie ; et un condensateur reliant la deuxième borne d'accès à l'étage, ou, pour le premier étage, la borne

positive de la batterie, à la première borne d'accès à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative de la batterie.

Selon un mode de réalisation, le nombre ε de cellules dans chaque branche de la batterie est supérieur ou égal à 5.

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, précédemment décrite, est un schéma électrique d'un exemple d'un assemblage comportant une batterie et un circuit de contrôle de la batterie ;

la figure 2, précédemment décrite, est un schéma électrique d'un autre exemple d'un assemblage comportant une batterie et un circuit de contrôle de la batterie ;

la figure 3 est un schéma électrique d'un exemple d'un mode de réalisation d'un assemblage comportant une batterie et un système de contrôle de la batterie ;

la figure 4 est un schéma électrique plus détaillé d'un exemple de réalisation de l'assemblage de la figure 3 ; et

la figure 5 est un schéma électrique plus détaillé d'une variante de réalisation de l'assemblage de la figure 3.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures. Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près. Dans la présente description, on utilise le terme "connecté" pour désigner une liaison électrique directe, sans composant électronique intermédiaire, par exemple au moyen d'une ou plusieurs pistes conductrices ou d'un élément de protection normalement conducteur de type fusible, et le terme "couplé" ou le terme "relié", pour désigner soit une liaison électrique directe (signifiant alors

"connecté") soit une liaison via un ou plusieurs composants intermédiaires (résistance, diode, condensateur, etc.).

La figure 3 est un schéma électrique d'un exemple d'un mode de réalisation d'un assemblage comportant une batterie 30 et un système de contrôle de la batterie.

Dans l'exemple représenté, la batterie 30 comprend quatre branches Br1, Br2, Br3 et Br4 connectées en parallèle entre des bornes de fourniture de tension P et N, respectivement positive et négative, de la batterie. Chaque branche Brj, avec j entier allant de 1 à 4, comprend cinq cellules élémentaires de stockage d'énergie $E_{1,j}$, $E_{2,j}$, $E_{3,j}$, $E_{4,j}$ et $E_{5,j}$, connectées en série entre les bornes P et N. Plus particulièrement, dans chaque branche Brj, la cellule $E_{1,j}$ a sa borne positive connectée à la borne P, la cellule $E_{5,j}$ a sa borne négative connectée à la borne N, et les cellules $E_{5,j}$, $E_{4,j}$, $E_{3,j}$ et $E_{2,j}$ ont leurs bornes positives connectées respectivement aux bornes négatives des cellules $E_{4,j}$, $E_{3,j}$, $E_{2,j}$ et $E_{1,j}$. Les cellules $E_{i,1}$, $E_{i,2}$, $E_{i,3}$, $E_{i,4}$ et $E_{i,5}$ de même rang i dans les différentes branches de la batterie 30 définissent un étage E_{ti} de la batterie, avec i entier allant de 1 à 5. Les modes de réalisation décrits s'appliquent bien évidemment à des batteries comportant un nombre de branches différent de 4 et un nombre de cellules par branche (c'est-à-dire un nombre d'étages) différent de 5. Plus généralement, les modes de réalisation décrits s'appliquent quel que soit le nombre ϵ d'étages supérieur ou égal à 2 de la batterie, et quel que soit le nombre β de branches supérieur ou égal à 2 de la batterie, étant entendu que toutes les branches Brj comportent le même nombre ϵ de cellules $E_{i,j}$ connectées en série entre les bornes P et N de la batterie.

Selon un aspect des modes de réalisation décrits, les cellules $E_{i,j}$ d'un même étage E_{ti} de la batterie ne sont pas directement connectées en parallèle les unes aux autres. Comme cela apparaît sur la figure 3, seules les bornes positives des cellules de l'étage E_{t1} , respectivement les bornes négatives des cellules de l'étage E_{t5} , sont directement connectées entre elles.

Les bornes négatives des cellules de l'étage Et1, respectivement les bornes positives des cellules de l'étage Et5, ne sont pas connectées entre elles. De plus, dans chacun des étages Et2, Et3 et Et4, ni les bornes positives ni les bornes négatives des cellules de l'étage ne sont connectées entre elles.

Une telle configuration présente l'avantage de garantir un niveau de sécurité élevé sans qu'il ne soit nécessaire de prévoir des fusibles ou autres disjoncteurs au sein de la batterie. En effet, si une cellule en défaut $E_{i,j}$ de la batterie forme un court-circuit ou un chemin faiblement résistif, du fait de l'absence de connexion en parallèle des cellules de l'étage Eti, les cellules saines de l'étage Eti ne peuvent pas se décharger directement dans la cellules $E_{i,j}$.

En outre, par rapport à une configuration du type décrit en relation avec la figure 2, l'agencement de la figure 3 a pour avantage que la surtension vue par les cellules saines de la branche Brj comportant la cellule défectueuses $E_{i,j}$ est limitée. En effet, dans la configuration de la figure 3, si une cellule $E_{i,j}$ est en défaut de type court-circuit dans la branche Brj, l'association en série des cellules saines de la branche voit à ses bornes la tension de la batterie. La surtension vue par chaque cellule saine de la branche est alors environ égale à la tension d'une cellule divisée par le nombre total de cellules saines de la branche.

Dans la configuration de la figure 3, le nombre d'étages en série dans la batterie 30 peut être choisi en tenant compte de la surtension maximale que peut supporter une cellule sans dégradation, et du nombre de cellules en défaut de type court-circuit que l'on souhaite pouvoir tolérer dans une même branche de la batterie sans avoir à interrompre le fonctionnement de la batterie. A titre d'exemple illustratif, on considère des cellules $E_{i,j}$ présentant une tension nominale de pleine charge de l'ordre de 3,6 V et aptes à supporter une tension maximale de 4,5 V sans dégradation, par exemple des cellules au lithium de type LiFePO_4 . Si on veut pouvoir tolérer la présence d'une cellule défectueuse

dans une branche de la batterie sans interrompre le fonctionnement de la batterie, il convient que la tension nominale de pleine charge d'une cellule divisée par le nombre total de cellules d'une branche moins une n'excède pas la surtension maximale que peut supporter une cellule. Ainsi dans cet exemple, il faut que la relation $3,6/(\varepsilon-1) \leq 4,5-3,6$ V soit respectée, ε désignant le nombre de cellules dans chaque branche de la batterie. Il faut donc que le nombre ε d'étages de la batterie soit supérieur ou égal à 5.

L'assemblage de la figure 3 comprend en outre un système de contrôle de la batterie. Le système de contrôle est par exemple adapté à mettre en oeuvre des opérations de contrôle lors des phase de recharge et/ou de décharge de la batterie, par exemple pour éviter que des cellules ne dépassent un niveau de charge et/ou un niveau de décharge critique au-delà duquel elles pourraient être endommagées. Le système de contrôle peut en outre être adapté à mettre en oeuvre des fonctions d'équilibrage, par exemple lors de phases de recharge et/ou de décharge des cellules.

Le système de contrôle comporte un circuit de contrôle 32 comportant des bornes V_P et V_N connectées respectivement aux bornes positive P et négative N de la batterie. Le système de contrôle comprend en outre un réseau de diodes 34 reliant les cellules $E_{i,j}$ de la batterie au circuit de contrôle 32.

Le réseau de diodes 34 comprend, pour chaque étage E_{ti} de la batterie à l'exception de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, c'est-à-dire pour chacun des étages E_{t2} , E_{t3} , E_{t4} et E_{t5} dans l'exemple représenté, quatre premières diodes $D_{1i,1}$, $D_{1i,2}$, $D_{1i,3}$ et $D_{1i,4}$ connectées en direct respectivement entre les bornes positives des quatre cellules $E_{i,1}$, $E_{i,2}$, $E_{i,3}$ et $E_{i,4}$ de l'étage, et une même première borne d'accès à l'étage $V_{\max E_{ti}}$ du circuit de contrôle 32. Le réseau de diodes 34 comprend en outre, pour chaque étage E_{ti} de la batterie à l'exception de l'étage connecté à la borne positive de la batterie, c'est-à-dire pour chacun des étages E_{t2} , E_{t3} , E_{t4} et E_{t5} dans l'exemple représenté, quatre deuxième diodes $D_{2i,1}$, $D_{2i,2}$, $D_{2i,3}$ et $D_{2i,4}$

connectées en inverse respectivement entre les bornes positives des quatre cellules $E_{i,1}$, $E_{i,2}$, $E_{i,3}$ et $E_{i,4}$ de l'étage, et une même deuxième borne d'accès à l'étage $V_{\min Et_i}$ du circuit de contrôle 32. Par connexion en direct, on entend ici que chaque diode $D1_{i,j}$ a son anode connectée à la borne positive de la cellule $E_{i,j}$ à laquelle elle est associée et sa cathode connectée à la borne $V_{\max Et_i}$ correspondante. Par connexion en inverse, on entend que chaque diode $D2_{i,j}$ a sa cathode connectée à la borne positive de la cellule $E_{i,j}$ à laquelle elle est associée et son anode connectée à la borne $V_{\min Et_i}$ correspondante. Les diodes du réseau de diodes 34 sont par exemple des diodes Schottky ou des diodes à jonction PN.

Ainsi, pour chacun des étages Et2, Et3, Et4 et Et5, le circuit de contrôle 32 a accès, par l'intermédiaire de la borne $V_{\max Et_i}$ associée à l'étage, au potentiel (référéncé par rapport à la borne N de la batterie) de la borne positive de plus haut potentiel des cellules de l'étage. En outre, pour chacun des étages Et2, Et3, Et4 et Et5, le circuit de contrôle 32 a accès, par l'intermédiaire de la borne $V_{\min Et_i}$ associée à l'étage, au potentiel (référéncé par rapport à la borne N de la batterie) de la borne positive de plus bas potentiel des cellules de l'étage.

Le circuit de contrôle 32 est par exemple configuré pour réaliser des opérations de suivi de l'état de charge des cellules pendant des phases de recharge et/ou de décharge de la batterie. A titre d'exemple, le circuit de contrôle 32 peut être configuré pour vérifier que toutes les cellules de la batterie restent dans une plage de tension autorisée allant d'une valeur de tension minimale $U_{\min cell}$, correspondant par exemple au niveau de décharge critique d'une cellule dans la technologie considérée, à une valeur de tension maximale $U_{\max cell}$, correspondant par exemple au niveau de surcharge critique d'une cellule dans la technologie considérée.

Dans la suite, par souci de simplification, on désignera respectivement par V_p , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$, le potentiel de la borne

positive P de la batterie, et les potentiels des bornes positives de plus haut potentiel et de plus bas potentiel des étages Et2, Et3, Et4 et Et5, référencés par rapport à la borne négative N de la batterie, mesurés par le circuit de contrôle par l'intermédiaire de ses bornes V_P , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$. Dans la pratique, pour déterminer les potentiels $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$, le circuit de contrôle 32 peut corriger les valeurs mesurées sur ses bornes $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$ pour tenir compte de la chute de tension des diodes du réseau 34.

A titre d'exemple, le circuit de contrôle 32 est configuré pour, à partir des mesures de potentiel réalisées sur ses bornes V_P , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$, déterminer si le système de relations suivant est vérifié :

- a) $V_{\min Et5} > U_{\min cell}$;
- b) $V_{\max Et5} < U_{\max cell}$;
- c) pour i allant de 2 à 4, $V_{\min Eti} - V_{\max Eti+1} > U_{\min cell}$;
- d) pour i allant de 2 à 4, $V_{\max Eti} - V_{\min Eti+1} < U_{\max cell}$;
- e) $V_P - V_{\max Et2} > U_{\min cell}$; et
- f) $V_P - V_{\min Et2} < U_{\max cell}$.

Si le système susmentionné est vérifié, on peut en déduire que toutes les cellules de la batterie sont dans leur plage de fonctionnement autorisée. Si le système n'est pas vérifié, il existe un risque qu'une ou plusieurs cellules soient en dehors de la plage de fonctionnement spécifiée. Le circuit 32 peut alors par exemple prendre des mesures de protection telles que l'interruption du courant de charge ou de décharge de la batterie, ou l'émission d'une alerte.

Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, à partir des mesures des mesures de potentiel réalisées sur les bornes V_P , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$, déterminer si il existe un déséquilibre de niveau de charge entre les cellules d'un même étage, ou entre les différents

étages. Le circuit 32 peut être configuré pour, lorsqu'un déséquilibre est détecté, mettre en oeuvre des opérations d'équilibrage par l'intermédiaire de ses bornes V_P , V_N , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$ et du réseau de diodes 34.

A titre d'exemple, le circuit 32 peut être configuré pour vérifier, pour chaque étage Eti , que la différence $V_{\max Eti} - V_{\min Eti}$ n'excède pas un seuil de tolérance de déséquilibre prédéterminé, par exemple compris entre 1 et 100 mV. Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, lorsque la différence $V_{\max Eti} - V_{\min Eti}$ excède le seuil de tolérance de déséquilibre de l'étage, mettre en oeuvre des opérations d'équilibrage par l'intermédiaire des bornes $V_{\max Eti}$ et $V_{\min Eti}$. Les opérations d'équilibrage intra-étage peuvent par exemple être mises en oeuvre successivement, étage par étage, en commençant par l'étage connecté à la borne négative N de la batterie (l'étage Et5 dans cet exemple) et en terminant par l'étage connecté à la borne positive P de la batterie (l'étage Et1 dans cet exemple).

Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, une fois l'équilibrage intra-étage effectué, vérifier que tous les étages ont sensiblement la même tension, à un seuil de tolérance de déséquilibre près, par exemple compris entre 1 et 100 mV. Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, lorsqu'un déséquilibre inter-étages est détecté, mettre en oeuvre des opérations d'équilibrage inter-étages par l'intermédiaire des bornes V_P , V_N , $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$.

La figure 4 est un schéma électrique plus détaillé d'un exemple de réalisation de l'assemblage de la figure 3. Plus particulièrement, la figure 4 détaille un exemple de réalisation du circuit de contrôle 32 de l'assemblage de la figure 3.

Dans l'exemple de la figure 4, le circuit 32 comprend un jeu de cinq résistances de polarisation $Rp1$, $Rp2$, $Rp3$, $Rp4$ et $Rp5$. La résistance $Rp1$ a une première extrémité connectée à la borne V_P et une deuxième extrémité connectée à la borne $V_{\min Et2}$.

La résistance R_{p2} a une première extrémité connectée à la borne $V_{\max Et2}$ et une deuxième extrémité connectée à la borne $V_{\min Et3}$. La résistance R_{p3} a une première extrémité connectée à la borne $V_{\max Et3}$ et une deuxième extrémité connectée à la borne $V_{\min Et4}$. La résistance R_{p4} a une première extrémité connectée à la borne $V_{\max Et4}$ et une deuxième extrémité connectée à la borne $V_{\min Et5}$. La résistance R_{p5} a une première extrémité connectée à la borne $V_{\max Et5}$ et une deuxième extrémité connectée à la borne V_N . Les résistances R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} , R_{p4} et R_{p5} permettent de polariser en direct l'ensemble des diodes du réseau de diodes 34. Ces résistances sont de préférence de forte valeur pour limiter les pertes par dissipation. A titre d'exemple, chacune des résistances R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} , R_{p4} et R_{p5} a une valeur comprise entre 500 k Ω et 50 M Ω . Les résistances R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} , R_{p4} et R_{p5} ont par exemple sensiblement toutes la même valeur.

A titre de variante, le jeu des résistances R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} , R_{p4} et R_{p5} peut être remplacé par tout autre élément de polarisation, par exemple de type source de courant, permettant de forcer la circulation d'un faible courant de polarisation en direct, par exemple un courant compris entre 0,1 et 10 μA , dans les diodes du réseau de diodes 34, de façon que les diodes du réseau 34 soient à l'état passant et transmettent ainsi (à la chute de tension près des diodes) les potentiels $V_{\min Et2}$, $V_{\max Et2}$, $V_{\min Et3}$, $V_{\max Et3}$, $V_{\min Et4}$, $V_{\max Et4}$, $V_{\min Et5}$ et $V_{\max Et5}$ que l'on cherche à mesurer.

Le circuit 32 comprend par exemple neuf capteurs de tension, non représentés, connectés respectivement entre les bornes V_p et V_N , entre les bornes $V_{\min Et2}$ et V_N , entre les bornes $V_{\max Et2}$ et V_N , entre les bornes $V_{\min Et3}$ et V_N , entre les bornes $V_{\max Et3}$ et V_N , entre les bornes $V_{\min Et4}$ et V_N , entre les bornes $V_{\max Et4}$ et V_N , entre les bornes $V_{\min Et5}$ et V_N , et entre les bornes $V_{\max Et5}$ et V_N .

Dans l'exemple de la figure 4, le circuit 32 comprend en outre, associé à chacun des étages E_{ti} de la batterie, un circuit d'équilibrage dissipatif 41 comportant un interrupteur

swi en série avec une résistance Req_i. Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, l'association en série de l'interrupteur sw₁ et de la résistance Req₁ est connectée entre les bornes V_p et V_{minEt2}, l'association en série de l'interrupteur sw₂ et de la résistance Req₂ est connectée entre les bornes V_{maxEt2} et V_{minEt3}, l'association en série de l'interrupteur sw₃ et de la résistance Req₃ est connectée entre les bornes V_{maxEt3} et V_{minEt4}, l'association en série de l'interrupteur sw₄ et de la résistance Req₄ est connectée entre les bornes V_{maxEt4} et V_{minEt5}, et l'association en série de l'interrupteur sw₅ et de la résistance Req₅ est connectée entre les bornes V_{maxEt5} et V_N. Les résistances Req₁, Req₂, Req₃, Req₄ et Req₅ sont des résistances de relativement faibles valeurs par rapport aux résistances Rp₁, Rp₂, Rp₃, Rp₄ et Rp₅. A titre d'exemple, chacune des résistances Req₁, Req₂, Req₃, Req₄ et Req₅ a une valeur comprise entre 50 et 500 Ω. Les résistances Req₁, Req₂, Req₃, Req₄ et Req₅ ont par exemple sensiblement toutes la même valeur.

Le circuit 32 est par exemple configuré pour, lorsqu'il détecte un déséquilibre au sein de l'un des étages Et₂, Et₃, Et₄ et Et₅ de la batterie, fermer l'interrupteur swi du circuit d'équilibrage associé à l'étage. Ceci a pour effet de décharger dans la résistance Req_i la cellule de l'étage dont la borne positive présente le plus haut potentiel. L'interrupteur swi est par exemple maintenu fermé jusqu'à ce que l'étage soit équilibré, puis ré-ouvert.

Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, lorsqu'il détecte un déséquilibre entre des étages distincts de la batterie, fermer l'interrupteur swi du circuit d'équilibrage associé à l'étage le plus chargé. Ceci a pour effet de décharger dans la résistance Req_i la cellule de l'étage le plus chargé dont la borne positive présente le plus haut potentiel. L'opération peut être répétée, par exemple selon un processus itératif, jusqu'à ce que tous les étages soient équilibrés.

A titre de variante, les circuits d'équilibrage dissipatifs formés par les interrupteurs swi et les résistances

Reqi peuvent être remplacés par d'autres circuits de décharge dissipatifs commandables (transistors, sources de courant commandables, etc.) permettant de décharger la cellule la plus chargée de chaque étage.

A titre de variante, les éléments de décharge dissipatifs (les résistances Reqi dans l'exemple de la figure 4) peuvent être remplacés par des convertisseurs d'énergie, par exemple agencés pour, lors d'une phase de décharge d'un étage à des fins d'équilibrage, transmettre aux bornes de la batterie l'énergie prélevée dans l'étage. Ceci permet de réaliser des économies d'énergie puisque, au lieu d'être dissipée, l'énergie prélevée dans un étage lors de l'équilibrage est utilisée pour charger les autres accumulateurs.

La figure 5 est un schéma électrique d'une variante de réalisation de l'assemblage de la figure 3. Plus particulièrement, la figure 5 détaille une variante de réalisation du circuit de contrôle 32 de l'assemblage de la figure 3.

Le circuit 32 de la figure 5 diffère du circuit 32 de la figure 4 principalement par le fait que, dans le circuit 32 de la figure 5, les circuits d'équilibrage dissipatifs de la figure 4, configurés pour décharger les cellules les plus chargées, sont remplacés par des circuits d'équilibrage adaptés à charger les cellules les moins chargées en prélevant de l'énergie contenue dans les autres cellules de la batterie.

Dans l'exemple de la figure 5, le circuit 32 comprend, associé à chacun des étages Et1, Et2, Et3, Et4 et Et5 de la batterie, un circuit d'équilibrage 51 comportant un condensateur Ci, une inductance Li, deux diodes d1i et d2i, et deux interrupteurs s1i et s2i (i désignant l'indice de l'étage). L'inductance Li a une première extrémité connectée à la borne Vp par l'intermédiaire de l'interrupteur s1i et une deuxième extrémité connectée à la borne VN par l'intermédiaire de l'interrupteur s2i. La diode d1i est connectée en direct entre la deuxième extrémité de l'inductance Li et la borne VminEti pour i allant de 2 à 5, et la diode d1i est connectée en direct entre la deuxième extrémité de

l'inductance L_1 et la borne V_P . La diode d_{2i} est connectée en inverse entre la première extrémité de l'inductance L_i et la borne $V_{\max Et i+1}$ pour i allant de 1 à 4, et la diode d_{25} est connectée en inverse entre la première extrémité de l'inductance L_5 et la borne V_N . Le condensateur C_1 a une première électrode connectée à la borne V_P et une deuxième électrode connectée à la borne $V_{\max Et 2}$, le condensateur C_5 a une première électrode connectée à la borne $V_{\min Et 5}$ et une deuxième électrode connectée à la borne V_N , et, pour i allant de 2 à 4, le condensateur C_i a une première électrode connectée à la borne $V_{\min Et i}$ et une deuxième électrode connectée à la borne $V_{\max Et i+1}$. Les condensateurs C_i sont des condensateurs de découplage, par exemple de valeur comprise entre 10 nF et 10 μ F. Les inductances L_i ont par exemple une valeur comprise entre 1 μ H et 100 μ H.

Le fonctionnement d'un tel circuit d'équilibrage est le suivant. Lorsque les interrupteurs s_{1i} et s_{2i} sont fermés, un courant circule de la borne P vers la borne N de la batterie en passant par l'inductance L_i . Lorsque les interrupteurs s_{1i} et s_{2i} sont ré-ouverts, le phénomène de maintien du courant dans la bobine L_i entraîne la circulation d'un courant allant de la borne $V_{\max Et i+1}$ vers la borne $V_{\min Et i}$, en passant par la diode d_{2i} , l'inductance L_i et la diode d_{1i} . L'énergie électrique stockée dans l'inductance L_i vient alors charger la cellule de l'étage Et_i dont la borne positive présente le potentiel le moins élevé.

Le circuit 32 est par exemple configuré pour, lorsqu'il détecte un déséquilibre au sein de l'un des étages Et_1 , Et_2 , Et_3 , Et_4 et Et_5 de la batterie, utiliser le circuit d'équilibrage 51 associé à l'étage pour recharger la cellule de l'étage dont la borne positive présente le potentiel le plus bas, jusqu'à ce que l'étage soit équilibré.

Le circuit 32 peut en outre être configuré pour, lorsqu'il détecte un déséquilibre entre des étages distincts de la batterie, utiliser le circuit d'équilibrage 51 associé à l'étage le moins chargé pour recharger la cellule de l'étage dont la borne positive présente le potentiel le plus bas. L'opération

peut être répétée, par exemple selon un processus itératif, jusqu'à ce que tous les étages aient sensiblement la même tension.

A titre de variante, les circuits d'équilibrage 51 de la figure 5 peuvent être remplacés par d'autres circuits d'équilibrage, par exemple de type inductif, permettant de recharger la cellule la moins chargée d'un étage E_{ti} en lui injectant, via les bornes $V_{\min E_{ti}}$ et $V_{\max E_{ti}+1}$, un courant électrique prélevé dans les autres cellules de la batterie (via les bornes $V_{\max E_{ti}'}$ et $V_{\min E_{ti}'+1}$ par exemple pour l'étage E_{ti}').

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 valeurs numériques mentionnées à titre d'exemple dans la présente description.

REVENDEICATIONS

1. Assemblage comportant une batterie (30) de cellules ($E_{i,j}$) de stockage d'énergie électrique et un système de contrôle, dans lequel :

la batterie (30) comporte un nombre entier β de branches (Br_j) comportant chacune un nombre entier ε de cellules ($E_{i,j}$) connectées en série entre une borne positive (P) et une borne négative (N) de la batterie, les cellules ($E_{i,j}$) de même rang (i) des différentes branches (Br_j) définissant des étages (E_{ti}) ; et

le système de contrôle comporte un circuit de contrôle (32) connecté aux bornes positive (P) et négative (N) de la batterie, et un réseau de diodes (34) reliant les cellules ($E_{i,j}$) au circuit de contrôle (32), ce réseau (34) comportant, pour chaque étage (E_{ti}) de la batterie à l'exception de l'étage (E_{t1}) connecté à la borne positive (P) de la batterie, β premières diodes ($D1_{i,j}$) connectées en direct respectivement entre les bornes positives des β cellules ($E_{i,j}$) de l'étage (E_{ti}) et une même première borne d'accès à l'étage ($V_{\max E_{ti}}$) du circuit de contrôle (32), et β deuxième diodes ($D2_{i,j}$) connectées en inverse respectivement entre les bornes positives des β cellules ($E_{i,j}$) de l'étage (E_{ti}) et une même deuxième borne d'accès à l'étage ($V_{\min E_{ti}}$) du circuit de contrôle (32).

2. Assemblage selon la revendication 1, dans lequel le circuit de contrôle (32) comprend un circuit ($Rp1$, $Rp2$, $Rp3$, $Rp4$, $Rp\varepsilon$) de polarisation à l'état passant des diodes ($D1_{i,j}$, $D2_{i,j}$) du réseau (34), connecté auxdites premières ($V_{\max E_{ti}}$) et deuxièmes ($V_{\min E_{ti}}$) bornes d'accès aux étages (E_{ti}) de la batterie.

3. Assemblage selon la revendication 2, dans lequel ledit circuit de polarisation comprend, pour chaque étage (E_{ti}) en partant de l'étage (E_{t1}) connecté à la borne positive (P) de la batterie, une résistance de polarisation (Rp_i) reliant la première borne d'accès ($V_{\max E_{ti}}$) à l'étage, ou, pour le premier étage, la borne positive (P) de la batterie, à la deuxième borne d'accès ($V_{\min E_{ti+1}}$) à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative (N) de la batterie.

4. Assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le circuit de contrôle (32) est adapté à mesurer le potentiel V_P de la borne positive (P) de la batterie, et est en outre adapté, pour chaque étage (Eti) de la batterie à l'exception de l'étage (Et1) connecté à la borne positive (P) de la batterie, à mesurer, via sa première borne d'accès à l'étage ($V_{\max\text{Eti}}$), le potentiel $V_{\max\text{Eti}}$ de la borne positive de plus haut potentiel des cellules de l'étage, et, via sa deuxième borne d'accès à l'étage ($V_{\min\text{Eti}}$), le potentiel $V_{\min\text{Eti}}$ de la borne positive de plus bas potentiel des cellules de l'étage, i étant un entier allant de 2 à ε , et lesdits potentiels étant référencés par rapport à borne négative (N) de la batterie.

5. Assemblage selon la revendication 4, dans lequel le circuit de contrôle (32) est adapté à vérifier si le système de relations suivant est vérifié :

- a) $V_{\min\text{Et}\varepsilon} > U_{\min\text{cell}}$;
- b) $V_{\max\text{Et}\varepsilon} < U_{\max\text{cell}}$;
- c) pour i allant de 2 à $\varepsilon-1$, $V_{\min\text{Eti}} - V_{\max\text{Eti}+1} > U_{\min\text{cell}}$;
- d) pour i allant de 2 à $\varepsilon-1$, $V_{\max\text{Eti}} - V_{\min\text{Eti}+1} < U_{\max\text{cell}}$;
- e) $V_P - V_{\max\text{Et}2} > U_{\min\text{cell}}$; et
- f) $V_P - V_{\min\text{Et}2} < U_{\max\text{cell}}$,

$U_{\min\text{cell}}$ et $U_{\max\text{cell}}$ désignant respectivement une tension minimale et une tension maximale de fonctionnement autorisées pour une cellule ($E_{i,j}$) de la batterie.

6. Assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le circuit de contrôle (32) comprend des circuits (41 ; 51) d'équilibrage connectés auxdites bornes positive (P) et négative (N) de la batterie et auxdites premières ($V_{\max\text{Eti}}$) et deuxièmes ($V_{\min\text{Eti}}$) bornes d'accès aux étages (Eti) de la batterie.

7. Assemblage selon la revendication 6, dans lequel le circuit de contrôle (32) comprend, pour chaque étage (Eti) en partant de l'étage (Et1) connecté à la borne positive (P) de la batterie, un circuit d'équilibrage dissipatif (41) reliant la première borne d'accès ($V_{\max\text{Eti}}$) à l'étage, ou, pour le premier

étage, la borne positive (P) de la batterie, à la deuxième borne d'accès ($V_{\min Et_i+1}$) à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative (N) de la batterie.

8. Assemblage selon la revendication 7, dans lequel ledit circuit d'équilibrage dissipatif (41) comprend une résistance (R_{eqi}) en série avec un interrupteur (swi).

9. Assemblage selon la revendication 6, dans lequel le circuit de contrôle (32) comprend, pour chaque étage (Et_i) en partant de l'étage (Et_1) connecté à la borne positive (P) de la batterie, un circuit d'équilibrage par rechargement (51) relié aux bornes positive (P) et négative (N) de la batterie, à la deuxième borne d'accès ($V_{\min Et_i}$) à l'étage, ou, pour le premier étage, à la borne positive (P) de la batterie, et à la première borne d'accès ($V_{\max Et_i+1}$) à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative (N) de la batterie,

ledit circuit d'équilibrage par rechargement (51) étant adapté à prélever de l'énergie aux bornes de la batterie pour charger la cellule de l'étage (Et_i) dont la borne positive présente le potentiel le plus bas.

10. Assemblage selon la revendication 9, dans lequel ledit circuit d'équilibrage par rechargement (51) comprend :

une inductance (Li) dont une première extrémité est reliée à la borne positive (P) de la batterie par un premier interrupteur ($s1_i$) et dont une deuxième extrémité est reliée à la borne négative (N) de la batterie par un deuxième interrupteur ($s2_i$) ;

une première diode d'équilibrage ($d1_i$) connectée en direct entre la deuxième extrémité de l'inductance (Li) et la deuxième borne d'accès ($V_{\min Et_i}$) à l'étage, ou, pour le premier étage, à la borne positive (P) de la batterie ;

une deuxième diode d'équilibrage ($d2_i$) connectée en inverse entre la première extrémité de l'inductance (Li) et la première borne d'accès ($V_{\max Et_i+1}$) à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative (N) de la batterie ; et

un condensateur (C_i) reliant la deuxième borne d'accès ($V_{\min E_{ti}}$) à l'étage, ou, pour le premier étage, la borne positive (P) de la batterie, à la première borne d'accès ($V_{\max E_{ti+1}}$) à l'étage suivant, ou, pour le dernier étage, à la borne négative (N) de la batterie.

11. Assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le nombre ε de cellules ($E_{i,j}$) dans chaque branche (Br_j) de la batterie (30) est supérieur ou égal à 5.

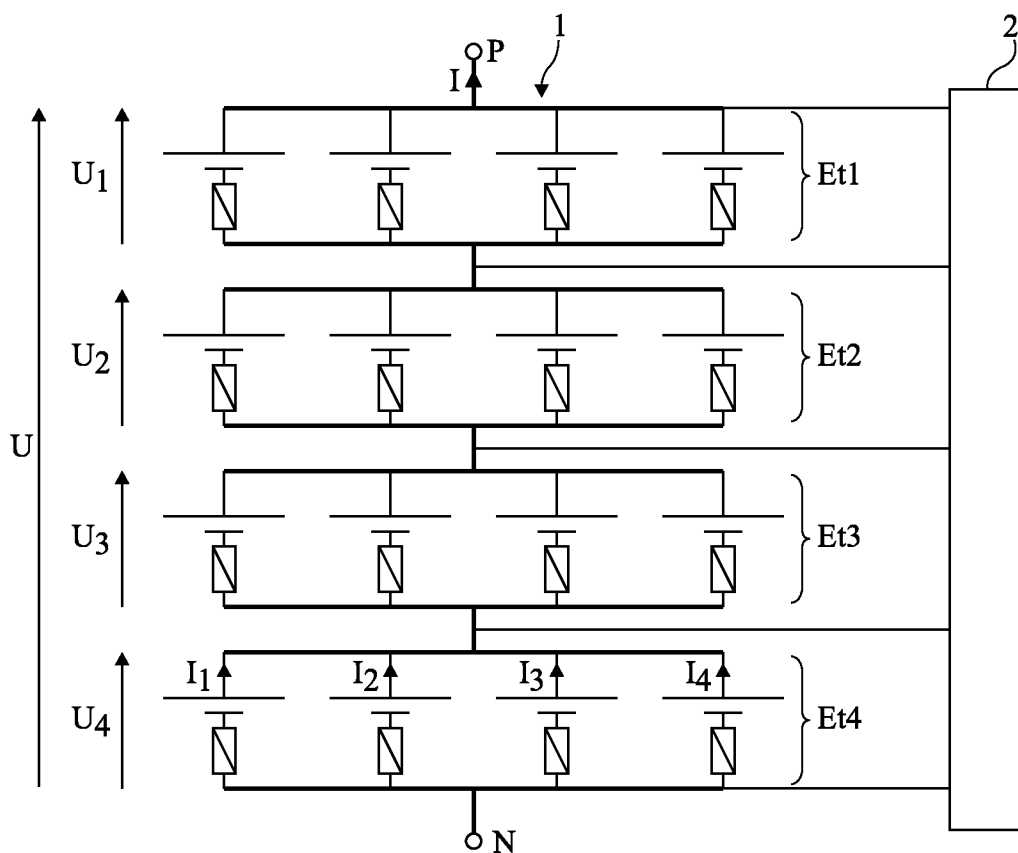


Fig 1

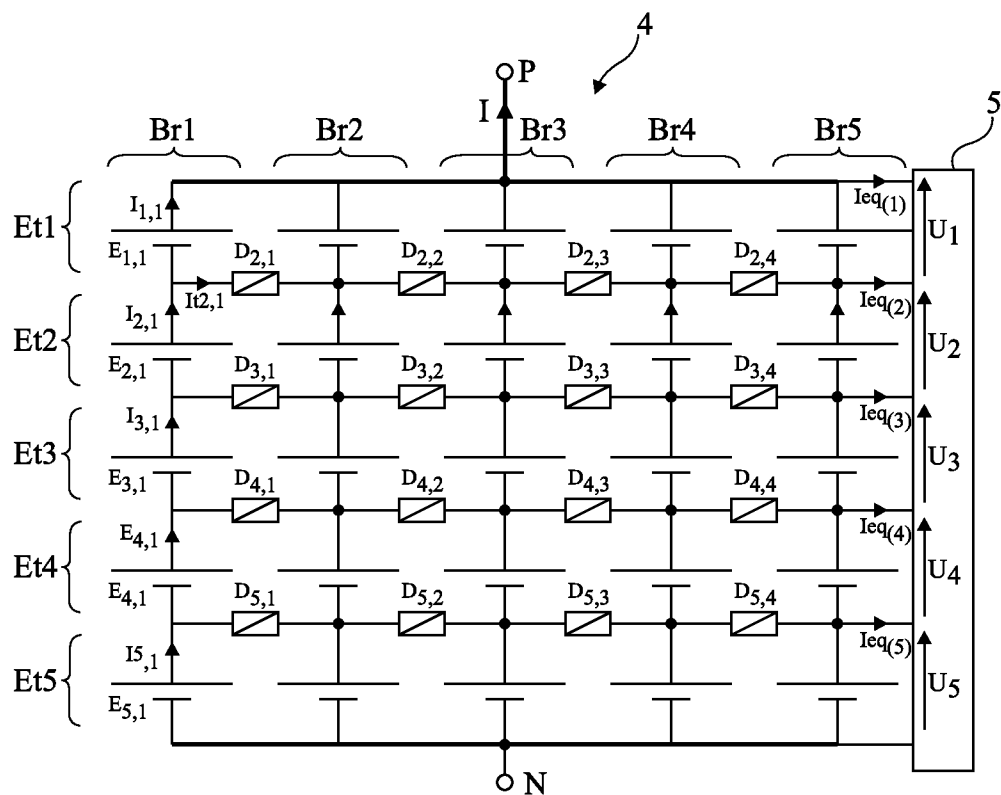


Fig 2

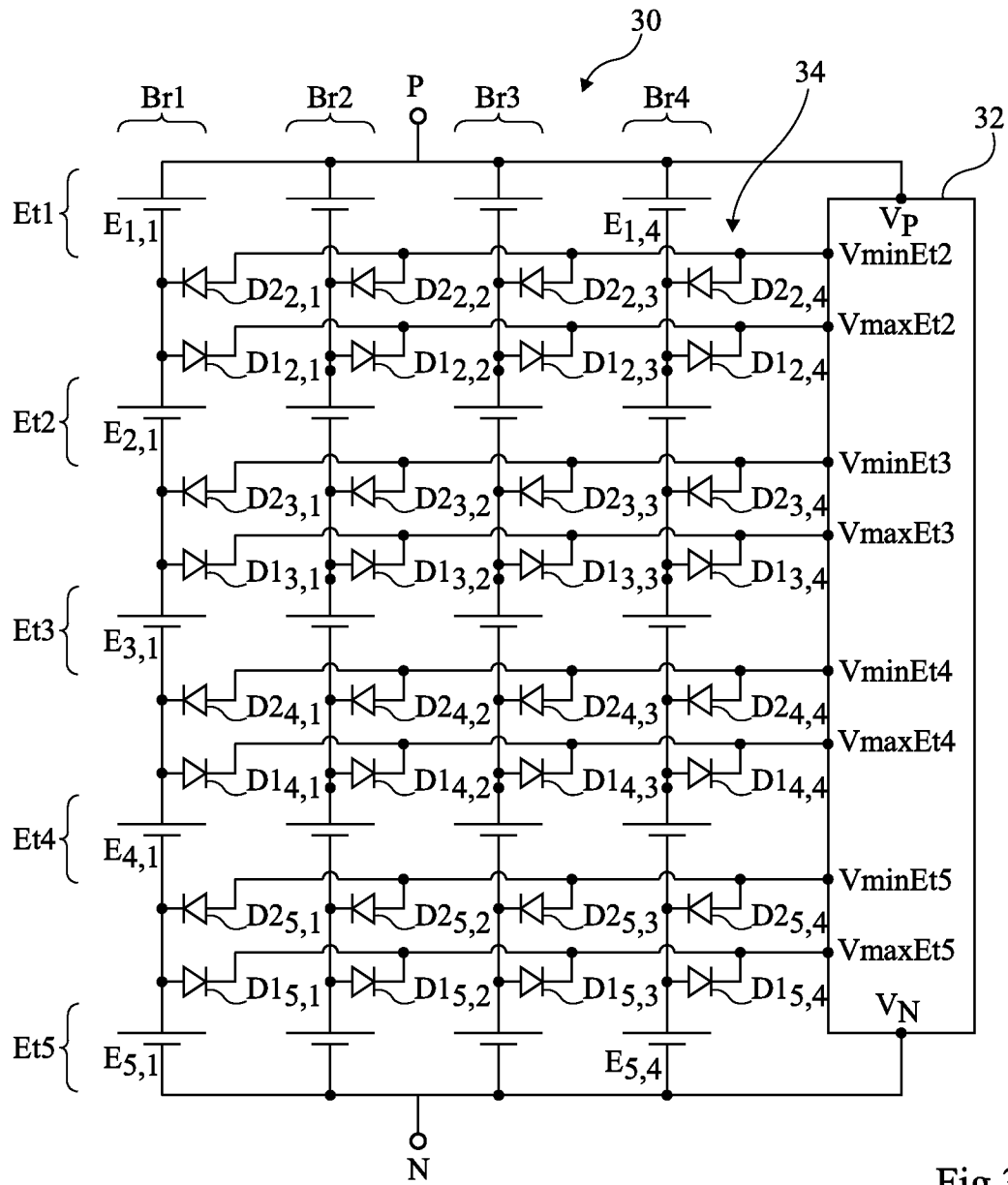


Fig 3

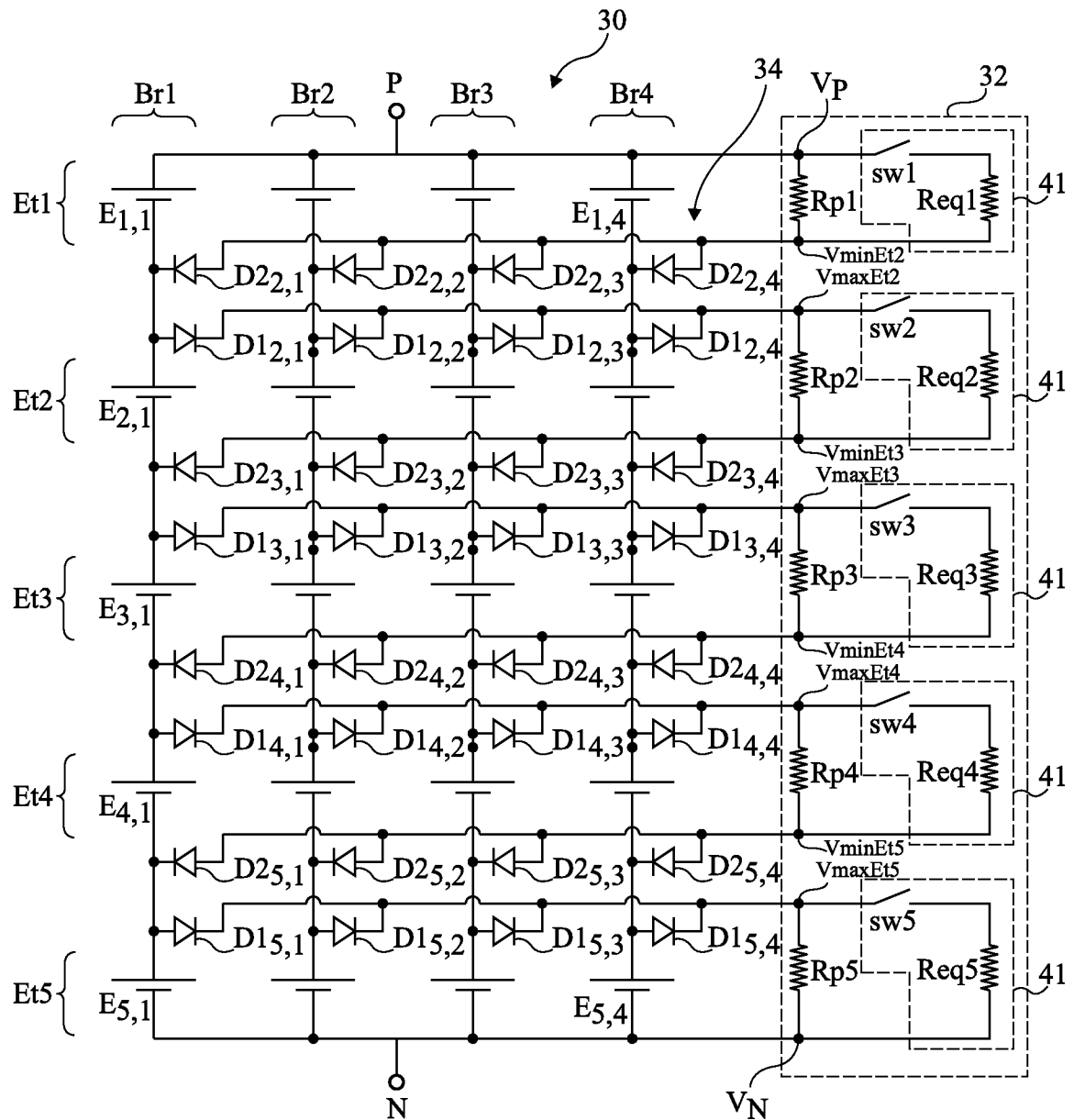


Fig 4

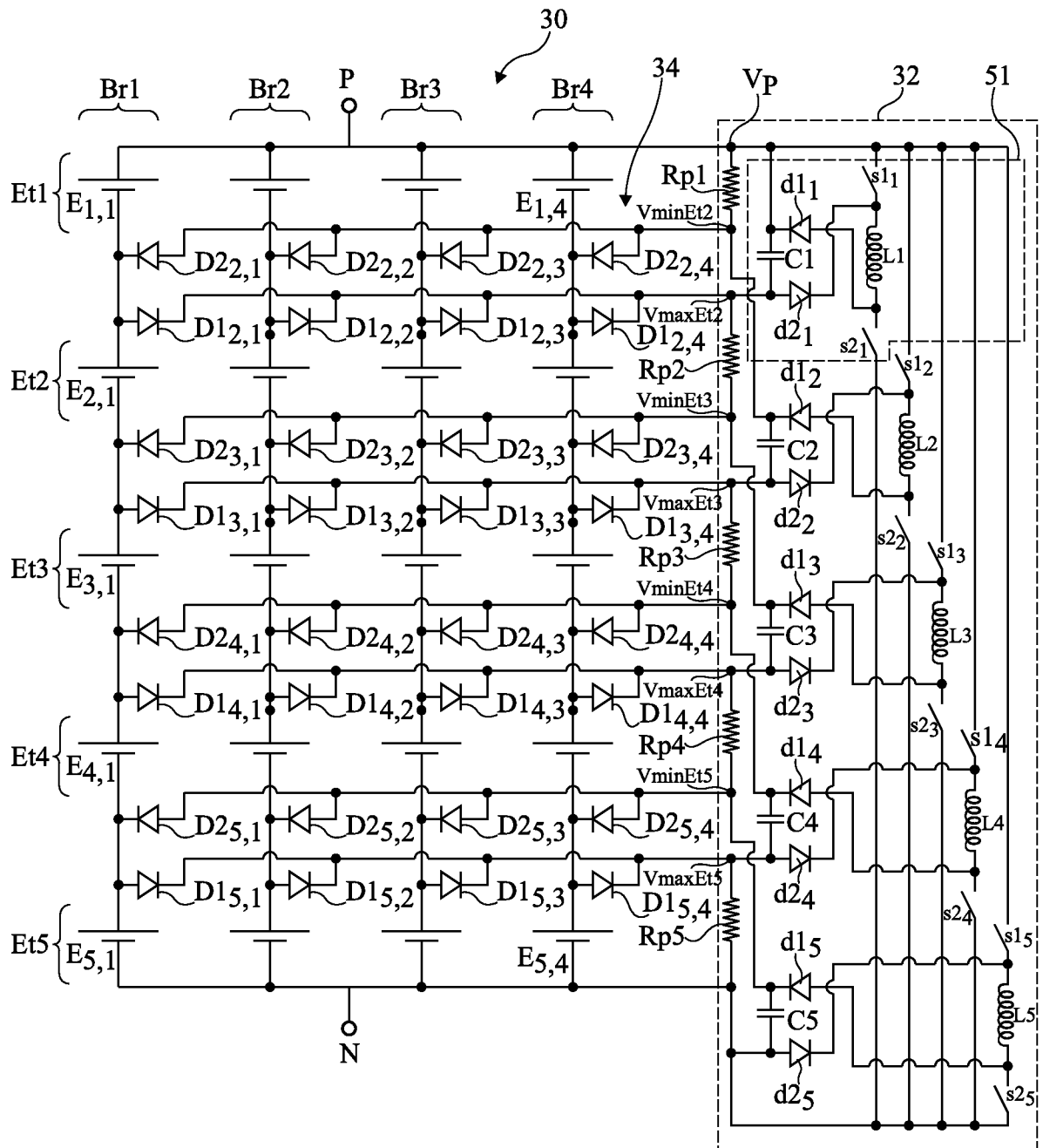


Fig 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051343

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H02J7/00 H01M2/20 H01M10/42
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3 005 535 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 14 November 2014 (2014-11-14) abstract figure 2 claim 1 page 7, lines 6-30 page 7, line 17 page 7, lines 22-24 page 7, lines 25-30	1-11
A	FR 3 013 902 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 29 May 2015 (2015-05-29) abstract page 3, lines 7-19 claim 1 ----- -/-	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October 2016

Date of mailing of the international search report

27/10/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fiat, Cyrille

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051343

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/003182 A1 (ZHU LI-YAN [US]) 6 January 2011 (2011-01-06) abstract figure 2A paragraphs [0013], [0015], [0031], [0032], [0033] claim 1 -----	1-11
A	DE 44 29 853 C1 (DAIMLER BENZ AG [DE]) 11 January 1996 (1996-01-11) abstract column 5, line 66 - column 6, line 19 claim 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051343

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 3005535	A1	14-11-2014	EP 2994341 A1 16-03-2016 FR 3005535 A1 14-11-2014 US 2016118819 A1 28-04-2016 WO 2014180935 A1 13-11-2014
FR 3013902	A1	29-05-2015	EP 3075023 A1 05-10-2016 FR 3013902 A1 29-05-2015 WO 2015079129 A1 04-06-2015
US 2011003182	A1	06-01-2011	CN 101944641 A 12-01-2011 EP 2452391 A1 16-05-2012 JP 5706078 B2 22-04-2015 JP 2011024404 A 03-02-2011 KR 20110004245 A 13-01-2011 US 2011003182 A1 06-01-2011 US 2015207348 A1 23-07-2015 WO 2011003251 A1 13-01-2011
DE 4429853	C1	11-01-1996	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051343

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02J7/00 H01M2/20 H01M10/42 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02J H01M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 3 005 535 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 14 novembre 2014 (2014-11-14) abrégé figure 2 revendication 1 page 7, lignes 6-30 page 7, ligne 17 page 7, lignes 22-24 page 7, lignes 25-30	1-11
A	FR 3 013 902 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 29 mai 2015 (2015-05-29) abrégé page 3, lignes 7-19 revendication 1	1-11
----- ----- -/-		
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 14 octobre 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 27/10/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Fiat, Cyrille

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2011/003182 A1 (ZHU LI-YAN [US]) 6 janvier 2011 (2011-01-06) abrégé figure 2A alinéas [0013], [0015], [0031], [0032], [0033] revendication 1 -----	1-11
A	DE 44 29 853 C1 (DAIMLER BENZ AG [DE]) 11 janvier 1996 (1996-01-11) abrégé colonne 5, ligne 66 - colonne 6, ligne 19 revendication 1 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051343

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3005535	A1	14-11-2014	EP 2994341 A1	16-03-2016
			FR 3005535 A1	14-11-2014
			US 2016118819 A1	28-04-2016
			WO 2014180935 A1	13-11-2014
FR 3013902	A1	29-05-2015	EP 3075023 A1	05-10-2016
			FR 3013902 A1	29-05-2015
			WO 2015079129 A1	04-06-2015
US 2011003182	A1	06-01-2011	CN 101944641 A	12-01-2011
			EP 2452391 A1	16-05-2012
			JP 5706078 B2	22-04-2015
			JP 2011024404 A	03-02-2011
			KR 20110004245 A	13-01-2011
			US 2011003182 A1	06-01-2011
			US 2015207348 A1	23-07-2015
			WO 2011003251 A1	13-01-2011
DE 4429853	C1	11-01-1996	AUCUN	