

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.02.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.08.23 Bulletin 23/32.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ENERSTONE Société par actions sim-
plifiée — FR.

72 Inventeur(s) : CHUREAU Alexandre.

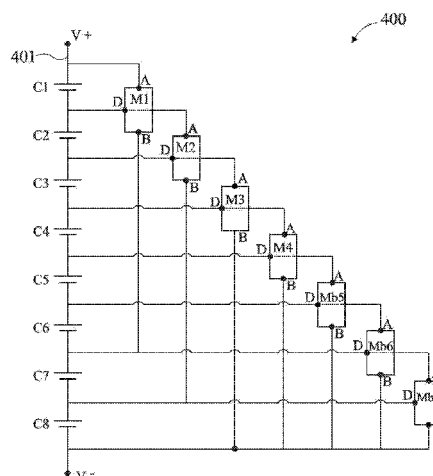
73 Titulaire(s) : ENERSTONE Société par actions simpli-
fiée.

74 Mandataire(s) : Cabinet BEAUMONT.

54 Equilibrage de charge dans une batterie électrique.

57 Equilibrage de charge dans une batterie électrique
La présente description concerne un système (400)
comprenant une batterie électrique (401) de N cellules élé-
mentaires en série (C1, C2, C3, C4), et Z modules de trans-
fert d'énergie (M1, M2) ayant chacun des premier et
deuxième noeuds (A, B) reliés par K+1 cellules correspon-
dantes en série, et un troisième noeud (D) relié au premier
noeud (A) par une seule des K+1 cellules. Chaque module
(M1, M2) a son troisième noeud (D) non commun avec celui
de chaque autre module. K est un entier supérieur ou égal
à 2 identique pour tous les modules (M1, M2). Une cellule
(C1) est connectée entre les premier (A) et troisième
noeuds (D) d'un (M1) des modules, et à une autre cellule
(C2) connectée entre les premier (A) et troisième (D)
noeuds d'un autre (M2) des modules, le troisième noeud (D)
dudit un (M1) des modules étant connecté au premier noeud
(A) dudit un autre (M2) des modules.

Figure pour l'abrégé: Fig. 4



Description

Titre de l'invention : *Équilibrage de charge dans une batterie électrique*

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale les circuits électroniques, et, plus particulièrement, un système comprenant une batterie électrique et des modules de transfert d'énergie pour équilibrer des niveaux de charge de cellules élémentaires de la batterie.

Technique antérieure

[0002] Une batterie électrique comprend habituellement un groupement de plusieurs cellules élémentaires (accumulateurs, etc.) reliées en série entre deux noeuds ou bornes de fourniture d'une tension continue. Pour maximiser les performances de la batterie et augmenter sa durée de vie, on peut connecter aux noeuds intermédiaires de l'association en série des cellules de la batterie, des modules de transfert d'énergie afin d'équilibrer les niveaux de charge des cellules. Ces modules de transfert d'énergie appartiennent alors à un circuit d'équilibrage de la batterie. Diverses configurations de circuits d'équilibrage d'une batterie et de connexion de ces circuits d'équilibrage aux cellules de la batterie ont été proposées. Ces configurations présentent toutefois leurs inconvénients propres.

Résumé de l'invention

[0003] Il existe un besoin d'un système qui pallie tout ou partie des inconvénients des systèmes connus comprenant une batterie et des modules de transfert d'énergie connectés aux cellules élémentaires de la batterie.

[0004] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des systèmes connus comprenant une batterie et des modules de transfert d'énergie connectés aux cellules élémentaires de la batterie.

[0005] Un mode de réalisation prévoit un système comprenant :
une batterie électrique comportant une association de N cellules élémentaires en série ; et

Z premiers modules de transfert d'énergie, chaque premier module ayant un premier noeud et un deuxième noeud reliés par un ensemble correspondant de K+1 cellules élémentaires en série, et un troisième noeud relié au premier noeud par une seule des K+1 cellules élémentaires dudit ensemble correspondant. Chaque premier module a son troisième noeud non commun avec le troisième noeud de chaque autre premier module. K est un entier supérieur ou égal à 2 identique pour tous les premiers modules. Z est un entier supérieur ou égal à 2. N est un entier supérieur ou égal à K+2. Une

cellule élémentaire est connectée entre les premier et troisième noeuds d'un des premiers modules, et à une autre cellule élémentaire connectée entre les premier et troisième noeuds d'un autre des premiers modules, le troisième noeud dudit un des premiers modules étant connecté au premier noeud dudit un autre des premiers modules.

- [0006] Selon un mode de réalisation, Z est égal à $N-2$ et N est pair. En outre, une connexion d'une première moitié des $N-2$ premiers modules à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir d'une première extrémité de l'association des N cellules élémentaires en série et une connexion d'une deuxième moitié des $N-2$ premiers modules à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir d'une deuxième extrémité de l'association des N cellules élémentaires en série sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un point milieu de l'association des N cellules élémentaires en série.
- [0007] Selon un mode de réalisation, le système comprend un deuxième module de transfert d'énergie ayant un premier noeud et un deuxième noeud reliés par un ensemble correspondant de H cellules élémentaires en série, et un troisième noeud relié audit point milieu de l'association des N cellules élémentaires en série, un point milieu dudit ensemble correspondant de H cellules élémentaires étant le point milieu de l'association des N cellules élémentaires en série. Le deuxième module a son troisième noeud non commun avec le troisième noeud de chaque premier module. H est strictement inférieur à N .
- [0008] Selon un mode de réalisation, K est impair et H est égal à $K+1$.
- [0009] Selon un mode de réalisation, Z est égal à $N-1$ et N est impair. En outre, une connexion d'une première moitié des $N-1$ premiers modules à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir d'une première extrémité de l'association des N cellules élémentaires en série et une connexion d'une deuxième moitié des $N-1$ premiers modules à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir d'une deuxième extrémité de l'association des N cellules élémentaires en série sont symétriques l'une de l'autre par rapport à une cellule élémentaire centrale de l'association des N cellules élémentaires en série.
- [0010] Selon un mode de réalisation, Z est inférieur ou égal à $N-1$.
- [0011] Selon un mode de réalisation, Z est égal à $N-1$.
- [0012] Selon un mode de réalisation, Z est égal à $N-K$ et le système comprend en outre $K-1$ deuxième modules de transfert d'énergie. Chaque deuxième module a un premier noeud et un deuxième noeud reliés par un ensemble correspondant de P cellules élémentaires en série, et un troisième noeud relié au premier noeud par une seule des P cellules élémentaires dudit ensemble correspondant. P est un entier inférieur ou égal à K , P est supérieur ou égal à 2, et P a une valeur différente pour chacun des deuxième modules. Chaque deuxième module a son troisième noeud non commun avec le

troisième noeud de chaque premier module et de chaque autre deuxième module.

[0013] Selon un mode de réalisation, le système comprend exactement N-1 modules de transfert d'énergie en tout.

[0014] Selon un mode de réalisation, aucun des premiers modules n'a ses premier et deuxième noeuds communs avec les premier et deuxième noeuds respectifs de chacun des autres premiers modules.

[0015] Selon un mode de réalisation, chaque module de transfert d'énergie est adapté à transférer de l'énergie électrique de la ou les cellules reliant ses premier et troisième noeuds vers la ou les cellules reliant ses troisième et deuxième noeuds, et inversement.

Brève description des dessins

[0016] 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 :

[0017] la [Fig.1] illustre un exemple d'un mode de réalisation d'un système comprenant une batterie électrique et un circuit d'équilibrage ;

[0018] la [Fig.2] illustre un exemple d'un autre mode de réalisation d'un système comprenant une batterie électrique et un circuit d'équilibrage ;

[0019] la [Fig.3] illustre un exemple d'encore un autre mode de réalisation d'un système comprenant une batterie électrique et un circuit d'équilibrage ; et

[0020] la [Fig.4] illustre un exemple d'encore un autre mode de réalisation d'un système comprenant une batterie électrique et un circuit d'équilibrage.

Description des modes de réalisation

[0021] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0022] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures.

[0023] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0024] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par

l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

- [0025] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les algorithmes connus d'équilibrage d'une batterie, à partir desquels des modules de transfert d'énergie peuvent être commandés pour équilibrer les niveaux de charge des cellules de la batterie, n'ont pas été détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec ces algorithmes connus. Par ailleurs, les mises en œuvre connues de modules de transfert d'énergie et de leurs circuits de commande n'ont pas été détaillées, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec ces mises en œuvre connues.
- [0026] Dans la suite de la description, on considère des modules de transfert d'énergie ayant chacun des premier, deuxième et troisième noeuds, et étant adaptés chacun à transférer de l'énergie électrique de la ou les cellules reliant les premier et troisième noeuds du module vers la ou les cellules reliant les troisième et deuxième noeuds du module.
- [0027] A titre d'exemple, de tels modules comprennent chacun :
- un interrupteur, par exemple un transistor MOS (Métal Oxyde Semiconducteur), dont une borne de conduction est reliée, par exemple connectée, au premier noeud du module et dont une autre borne de conduction est reliée, par exemple connectée, à un noeud interne du module,
 - un interrupteur, par exemple un transistor MOS, dont une borne de conduction est reliée, par exemple connectée, au deuxième noeud du module et dont une autre borne de conduction est reliée, par exemple connectée, au noeud interne du module, et
 - un élément inductif dont une borne est reliée, par exemple connectée, au noeud interne du module, et dont une autre borne est reliée, par exemple connectée, au troisième noeud du module. Des exemples de modules de ce type sont, par exemple, illustrés par les figures 3, 6A, 6B et 6C du brevet EP 29440008 ou du brevet US 9847655, le contenu de ces deux brevets étant incorporé à la présente demande dans les limites prévues par la loi, et les modes de réalisation décrits étant compatibles avec ces exemples de modules.
- [0028] A titre d'exemple, chaque module du type décrit ci-dessus peut en outre comprendre un circuit de contrôle de ses interrupteurs. La commande des interrupteurs du module par son circuit de contrôle peut être active ou passive. Un exemple d'un circuit de contrôle d'un module est décrit en relation avec la [Fig.4] des deux brevets sus-mentionnés.
- [0029] On connaît des systèmes dans lesquels chaque module a son premier noeud connecté à une première borne de la batterie, son deuxième noeud connecté à une deuxième borne de la batterie, et son troisième noeud connecté à un noeud intermédiaire de l'association des cellules élémentaires en série de la batterie. Toutefois, chaque module voit alors toute la tension continue disponible entre les bornes de la batterie, ce qui

n'est pas souhaitable. Un exemple d'un tel système est par exemple décrit en relation avec la [Fig.2] des deux brevets susmentionnés.

[0030] On connaît en outre des systèmes dans lesquels chaque module a ses premier et deuxième noeuds reliés par exactement deux cellules élémentaires de la batterie, et son troisième noeud connecté au point milieu de ces deux cellules élémentaires. Ces systèmes sont très efficaces pour transférer de l'énergie entre deux cellules voisines, mais ne sont plus assez efficaces lorsque de l'énergie doit être transférée entre deux cellules éloignées, notamment en raison des pertes d'énergie dans les modules sollicités pour le transfert. Un exemple d'un tel système est par exemple décrit en relation avec la [Fig.1] des deux brevets susmentionnés.

[0031] On connaît aussi des systèmes dans lesquels, à l'exception de certains modules de transfert d'énergie connectés aux bornes de la batterie, chaque module a ses premier et deuxième noeud reliés par un nombre pair et strictement supérieur à deux de cellules élémentaires, et son troisième noeud connecté au point milieu de ces cellules. Dit autrement, sauf pour des modules connectés aux bornes de la batterie, chaque module a ses premier et troisième noeuds reliés par X cellules, avec X entier supérieur ou égal à 2, ses troisième et deuxième noeuds reliés par X cellules, et ses premier et deuxième noeuds reliés par $2 \cdot X$ cellules. Des exemples de tels systèmes sont, par exemple, décrits en relation avec les figures 3 et 5 des brevets susmentionnés. Ces systèmes offrent un bon compromis entre l'efficacité d'équilibrage entre cellules voisines et l'efficacité d'équilibrage entre cellules éloignées, tout en évitant que l'un des modules ne voit toute la tension continue de la batterie. Toutefois, pour équilibrer n'importe quel déséquilibre de charge entre les cellules de la batterie d'un tel système, le courant minimum que chaque module doit pouvoir fournir sur son troisième noeud augmente de manière quadratique avec le nombre N de cellules de la batterie, ce qui n'est pas souhaitable. Par exemple, ce courant minimum est proportionnel à $(N \cdot N)/A$, avec A égal à 8 quand X est égal à 2, et avec A égal à 18 quand X est égal à 3.

[0032] Il est ici proposé des systèmes comprenant une batterie comprenant N cellules en série et $N-1$ modules d'équilibrages. Parmi les $N-1$ modules, il y a $N-2$ modules (appelés "modules 1 vers Q ") pour chacun desquels les premier et deuxième noeuds du module sont reliés par $Q+1$ cellules, avec Q entier supérieur ou égal à 2, et les premier et troisième noeuds du module sont reliés par une seule des $Q+1$ cellules. Chacun des $N-2$ modules 1 vers Q a son troisième noeud qui n'est pas commun avec le troisième noeud de chacun des autres $N-2$ modules 1 vers Q . Chacun des $N-2$ modules 1 vers Q a son premier noeud qui n'est pas commun avec le premier noeud des autres $N-2$ modules 1 vers Q et/ou son deuxième noeud qui n'est pas commun avec le deuxième noeud des autres $N-2$ modules 1 vers Q . Aucun des $N-1$ modules du système n'a ses premier et deuxième noeuds connectés aux première et deuxième bornes de la batterie

respectivement, de sorte qu'aucun des $N-1$ modules ne voit toute la tension de la batterie. Parmi les $N-2$ modules 1 vers Q, il y a Z modules, avec Z entier supérieur ou égal à 2, pour lesquels Q a une même valeur K. Pour deux cellules consécutives de la batterie, l'une des deux cellules relie les premier et troisième noeuds d'un des Z modules et l'autre des deux cellules relie les premier et troisième noeud d'un autre des Z modules. N est au moins égal à $2+K$.

[0033] Dit autrement, il est ici proposé un système comprenant une batterie électrique comportant une association de N cellules en série et $N-1$ modules de transfert d'énergie, dans lequel les $N-1$ modules comprennent Z modules pour chacun desquels les premier et deuxième noeuds du module sont reliés par un ensemble correspondant de exactement $K+1$ cellules en série, et le troisième noeud du module est relié au premier noeud du module par une seule de ces $K+1$ cellules. Chacun des Z modules a son troisième noeud non commun avec le troisième noeud des autres modules. En outre, une des N cellules est connectée entre les premier et troisième noeuds d'un premier des Z modules, et à une autre des N cellules, ladite autre cellule étant connectée entre les premier et troisième noeuds d'un deuxième des Z modules, et le troisième noeud du premier module étant en outre connecté au premier noeud du deuxième module. On comprend que Z est donc au minimum égal à 2, et que N est au minimum égal à $K+2$.

[0034] Une telle configuration de la connexion des modules aux cellules de la batterie permet que le courant que chaque module doit pouvoir fournir sur son troisième noeud pour permettre l'équilibrage de la batterie augmente de manière linéaire avec le nombre N de cellules de la batterie.

[0035] La [Fig.1] illustre un mode de réalisation d'un système 100 comportant une batterie 101 comprenant N cellules élémentaires en série, et un circuit d'équilibrage de charge connecté à la batterie 101.

[0036] Plus particulièrement, la [Fig.1] illustre un exemple de mode de réalisation dans lequel :

- le nombre Z de modules de transfert d'énergie ayant un même nombre K de cellules entre leurs deuxièmes et troisièmes noeuds est égal à $N-2$,
- N est pair, et
- une connexion d'une moitié des Z modules à des cellules élémentaires en série à partir d'une première borne de la batterie 101 et une connexion de l'autre moitié des Z modules à des cellules élémentaires en série à partir d'une deuxième borne de la batterie 101, sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un point milieu des N cellules élémentaires en série.

[0037] Dans l'exemple de la [Fig.1], K est égal à 3 et N est égal à 8 (donc Z est égal à 6). Dans d'autres exemples non illustrés, le nombre N est différent de 8, par exemple plus

petit, ou, au contraire, plus grand que 8, et/ou le nombre K est différent de 3, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 3.

- [0038] La batterie 101 comprend N cellules élémentaires C_i , avec i un indice entier allant de 1 à N, connectées en série, par ordre d'indice croissant, entre les noeuds ou bornes V+ et V- de la batterie 101. Dans cet exemple, la borne positive de la cellule C1 et la borne négative de la cellule C8 sont respectivement connectées aux bornes V+ et V- de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C2 à C7 de la batterie a sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice supérieur.
- [0039] Le circuit d'équilibrage de charge comprend Z modules d'équilibrage de charge M_j , avec j un indice entier allant de 1 à Z, ou, dit autrement, de 1 à N-2.
- [0040] Une première moitié des Z modules M_j est connectée à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir de l'extrémité V+ de l'association en série des N cellules C_i de la batterie 101. Une deuxième moitié des Z modules est connectée à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires en série à partir de l'extrémité V- de l'association en série des N cellules de C_i de la batterie 101. Dit autrement, pour chaque module M_j appartenant à la première moitié des modules M_j , les K+1 cellules qui relient le premier noeud A du module au deuxième noeud B du module sont des cellules appartenant aux $((N-2)/2)+K$ cellules qui sont en série à partir de la borne V+ de la batterie 101, et, pour chaque module M_j appartenant à la deuxième moitié des modules M_j , les K+1 cellules qui relient les noeuds A et B du module sont des cellules appartenant aux $((N-2)/2)+K$ cellules qui sont en série à partir de la borne V- de la batterie 101.
- [0041] Plus particulièrement, les modules M_j d'indice j allant de 1 à Z/2 (M_1, M_2, M_3 dans l'exemple de la [Fig.1]) sont connectés aux cellules C_i d'indice i allant de 1 à $((N-2)/2)+K$ (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 et C_6 dans l'exemple de la [Fig.1]), et les modules M_j d'indice j allant $(Z/2)+1$ à N-2 (M_4, M_5 et M_6 dans l'exemple de la [Fig.1]) sont connectés aux cellules C_i d'indice i allant de $((N+2)/2)-K+1$ à N (C_3, C_4, C_5, C_6, C_7 et C_8 dans l'exemple de la [Fig.1]).
- [0042] Pour la première moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a son premier noeud A et son troisième noeud D reliés entre eux par la cellule C_i d'indice i égal à j, et, pour la deuxième moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a ses noeuds A et D reliés entre eux par la cellule C_i d'indice i égale à j+2. Par exemple, le module M_1 a ses noeuds A et D reliés par la cellule C1, et le module M_5 a ses noeuds A et D reliés par la cellule C7.
- [0043] En outre, pour la première moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a son noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égal à j qui est du côté de la borne de la batterie 101 connectée à la cellule C1, et, pour la deuxième moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a son noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égale à

$j+2$ qui est du côté de la borne de la batterie 101 connectée à la cellule CN (ou C8 dans l'exemple de la [Fig.1]).

- [0044] Aucun des modules M_j n'a son noeud D commun avec le noeud D d'un des autres modules M_j . En outre, aucun des modules M_j n'a ses noeuds A et B communs avec les noeuds respectivement A et B de chacun des autres modules M_j . Par exemple, chaque module M_j a son noeud A non commun avec le noeud A de chaque autre module M_j , mais peut avoir son noeud B commun avec le noeud B d'un autre module M_j .
- [0045] Comme N est supérieur ou égal à $K+2$, aucun des modules M_j ne voit la totalité des N cellules de la batterie entre ses noeuds A et B.
- [0046] Le système 100 comprend N-1 modules de transfert d'énergie en tout et, comme cela est illustré en [Fig.1], le circuit d'équilibrage comprend alors un module de transfert d'énergie Mb en plus des N-2 modules M_j .
- [0047] Afin de conserver un système 100 symétrique, le module Mb a son premier noeud A et son deuxième noeud B reliés par un nombre H pair de cellules C_i en série. Ce module Mb a en outre son troisième noeud D connecté au point milieu 104 des N cellules C_i en série, c'est-à-dire au point 104 de connexion de la cellule C_i d'indice i égal à $N/2$ à la cellule C_i d'indice i égal à $(N/2)+1$. Le point 104 correspond, en outre, au point milieu des H cellules C_i en série reliant les noeuds A et B du module Mb. Le module Mb a son noeud D non commun avec le noeud D de chacun des modules M_j .
- [0048] De préférence, lorsque K est impair comme c'est le cas dans l'exemple de la [Fig.1], le nombre H de cellules C_i en série reliant entre eux les noeuds A et B du module Mb est égal à $K+1$. Ainsi, chacun des modules M_j et Mb voit le même nombre $K+1$ de cellules C_i entre ses noeuds A et B.
- [0049] Toutefois, dans d'autres exemples non illustrés, que K soit pair ou impair, le module Mb a ses noeuds A et B reliés par un nombre pair H de cellules C_i en série qui n'est pas égal à $K+1$. Par exemple, le module Mb représenté en [Fig.1] et qui a ses noeuds A et B reliés par H égal quatre cellules C_i en série peut être remplacé par un module Mb qui a ses noeuds A et B reliés par H égal deux cellules C_i en série, et son noeud D connecté au point milieu de ces deux cellules C_i en série.
- [0050] En outre, le nombre H de cellules C_i reliant les noeuds A et B du module Mb est strictement inférieur à N, de sorte que le module Mb ne voit pas la totalité des N cellules de la batterie entre ses noeuds A et B
- [0051] La [Fig.2] illustre un autre mode de réalisation d'un système 200 comportant une batterie 201 comprenant N cellules élémentaires en série, et un circuit d'équilibrage de charge connecté à la batterie 201.
- [0052] Plus particulièrement, la [Fig.2] illustre un exemple de mode de réalisation dans lequel :
 - le nombre Z de modules ayant chacun un même nombre K de cellules entre ses

deuxième et troisième noeuds est égal à $N-1$,

- N est impair, et

- une connexion d'une moitié des Z modules à des cellules élémentaires en série à partir d'une première borne de la batterie 101 et une connexion de l'autre moitié des Z modules à des cellules élémentaires en série à partir d'une deuxième borne de la batterie 101, sont symétriques par rapport à une cellule élémentaire centrale.

[0053] Dans l'exemple de la [Fig.2], K est égal à 3 et N est égal à 7 (donc Z est égal à 6).

Dans d'autres exemples non illustrés, le nombre N est différent de 7, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 7, et/ou le nombre K est différent de 3, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 3.

[0054] La batterie 201 comprend N cellules élémentaires C_i , avec i un indice entier allant de 1 à N , connectées en série, par ordre d'indice croissant, entre les noeuds ou bornes $V+$ et $V-$ de la batterie 201. Dans cet exemple, la borne positive de la cellule C_1 et la borne négative de la cellule C_7 sont respectivement connectées aux bornes $V+$ et $V-$ de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C_2 à C_6 de la batterie a sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice supérieur. Dans cet exemple, la cellule centrale de l'association en série des N cellules C_i est la cellule C_4 .

[0055] Le circuit d'équilibrage de charge comprend Z modules d'équilibrage de charge M_j , avec j un indice entier allant de 1 à Z , ou, dit autrement, de 1 à $N-1$.

[0056] Une première moitié des Z modules M_j est connectée à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires C_i en série à partir de l'extrémité $V+$ de l'association en série des N cellules de C_i de la batterie 201. Une deuxième moitié des Z modules est connectée à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires C_i en série à partir de l'extrémité $V-$ de l'association en série des N cellules de C_i de la batterie 201.

[0057] Plus particulièrement, les modules M_j d'indice j allant de 1 à $Z/2$ (M_1, M_2, M_3 dans l'exemple de la [Fig.2]) sont connectés aux cellules C_i d'indice i allant de 1 à $((N-1)/2)+K$ (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 dans l'exemple de la [Fig.2]), et les modules M_j d'indice j allant $(Z/2)+1$ à $N-1$ (M_4, M_5 et M_6 dans l'exemple de la [Fig.2]) sont connectés aux cellules C_i d'indice i allant de $((N+1)/2)-K+1$ à N (C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 et C_7 dans l'exemple de la [Fig.2]).

[0058] Pour la première moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égal à j , et, pour la deuxième moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égale à $j+1$. Par exemple, le module M_1 a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_1 , et le module M_5 a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_6 .

[0059] En outre, pour la première moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a son noeud

A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égal à j qui est du côté de la borne de la batterie 201 connectée à la cellule C_1 , et, pour la deuxième moitié des Z modules M_j , chaque module M_j a son noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égale à $j+1$ qui est du côté de la borne de la batterie connectée à la cellule C_N (ou C_7 dans l'exemple de la [Fig.2]).

- [0060] Aucun des modules M_j n'a son noeud D commun avec le noeud D d'un des autres modules M_j . En outre, aucun des modules M_j n'a ses noeuds A et B communs avec les noeuds respectivement A et B de chacun des autres modules M_j . Par exemple, chaque module M_j a son noeud A non commun avec le noeud A de chaque autre module M_j , mais peut avoir son noeud B commun avec le noeud B d'un autre module M_j .
- [0061] Comme N est supérieur ou égal à $K+2$, aucun des modules M_j ne voit la totalité des N cellules de la batterie entre ses noeuds A et B.
- [0062] Le système 200 comprend $N-1$ modules de transfert d'énergie en tout.
- [0063] La [Fig.3] illustre un autre mode de réalisation d'un système 300 comportant une batterie 301 comprenant N cellules élémentaires en série, et un circuit d'équilibrage de charge connecté à la batterie 301.
- [0064] Plus particulièrement, la [Fig.3] illustre un exemple de mode de réalisation dans lequel le nombre Z de modules ayant chacun un même nombre K de cellules entre ses deuxième et troisième noeuds est égal à $N-1$. Dans l'exemple de la [Fig.3], K est égal à 3 et N est égal à 8 (donc Z est égal à 7). Dans d'autres exemples non illustrés, le nombre N est différent de 8, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 8, et/ou le nombre K est différent de 3, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 3.
- [0065] La batterie 301 comprend N cellules élémentaires C_i , avec i un indice entier allant de 1 à N , connectées en série, par ordre d'indice croissant, entre les noeuds ou bornes $V+$ et $V-$ de la batterie 201. Dans cet exemple, la borne positive de la cellule C_1 et la borne négative de la cellule C_8 sont respectivement connectées aux bornes $V+$ et $V-$ de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C_2 à C_7 de la batterie a sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice supérieur. Dans un autre exemple non illustré, la borne négative de la cellule C_1 et la borne positive de la cellule C_8 sont respectivement connectées aux bornes $V-$ et $V+$ de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C_2 à C_7 de la batterie a sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice supérieur.
- [0066] Le circuit d'équilibrage de charge comprend Z modules d'équilibrage de charge M_j , avec j un indice entier allant de 1 à Z , ou, dit autrement, de 1 à $N-1$.
- [0067] Les modules M_j sont connectés de sorte qu'aucun des modules M_j n'a son noeud D

commun avec le noeud D d'un des autres modules M_j , et, en outre, aucun des modules M_j n'a ses noeuds A et B communs avec les noeuds respectivement A et B de chacun des autres modules M_j . Par exemple, chaque module M_j a son noeud A non commun avec le noeud A de chaque autre module M_j , mais peut avoir son noeud B commun avec le noeud B d'un autre module M_j .

[0068] Comme N est supérieur ou égal à $K+2$, aucun des modules M_j ne voit la totalité des N cellules de la batterie entre ses noeuds A et B.

[0069] Plus particulièrement, les modules M_j sont séparés en deux groupes $G1$ et $G2$, chaque groupe $G1$, $G2$ comprenant au plus $N-K$ modules M_j . Le groupe $G1$ comprend Y modules M_j , avec Y entier ayant une valeur comprise entre $K-1$ et $N-K$, le groupe $G2$ comprenant alors $N-1-Y$ modules M_j . Dit autrement, le groupe $G1$ comprend les modules M_j d'indice j allant de 1 à Y , et le groupe $G2$ comprend les modules M_j d'indice j allant de $Y+1$ à $N-1$. Dans l'exemple de la [Fig.3], Y est égal à 4, d'où il s'ensuit que le groupe $G1$ comprend les modules $M1$, $M2$, $M3$, $M4$ et que le groupe $G2$ comprend les modules $M5$, $M6$ et $M7$.

[0070] Les modules M_j du groupe $G1$ (indice j allant de 1 à Y) sont connectés à $Y+K$ cellules C_i d'indice i allant de 1 à $Y+K$. Les modules M_j du groupe $G2$ (indice j allant de $Y+1$ à $N-1$) sont connectés aux cellules C_i d'indice i allant de $Y+2-K$ à N .

[0071] Chaque module M_j du groupe $G1$ a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égal à j , et chaque module M_j du groupe $G2$ a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égal à $j+1$.

[0072] En outre, les modules M_j du groupe $G1$ ont chacun leur noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égal à j qui est du côté de la borne de la batterie 301 connectée à la cellule $C1$. Les modules M_j du groupe $G2$ ont chacun leur noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égale à $j+1$ qui est du côté de la borne de la batterie 301 connectée à la cellule C_N (ou $C8$ en [Fig.3]).

[0073] Le système 300 comprend $N-1$ modules de transfert d'énergie en tout.

[0074] La [Fig.4] illustre un autre mode de réalisation d'un système 400 comportant une batterie 401 comprenant N cellules élémentaires en série, et un circuit d'équilibrage de charge connecté à la batterie 401.

[0075] Plus particulièrement, la [Fig.4] illustre un exemple de mode de réalisation dans lequel le nombre Z de modules ayant chacun un même nombre K de cellules entre ses deuxième et troisième noeuds est égal à $N-K$. Dans ce mode de réalisation, le système 400 comprend en outre $K-1$ modules M_{bu} , avec u un indice entier allant de $N-K+1$ à $N-1$. Chaque module M_{bu} a son premier noeud A et son deuxième noeud B reliés par P cellules en série, avec P un entier compris entre 2 et $K-1$ différent pour chacun des modules M_{bu} . Chaque module M_{bu} a en outre son premier noeud A et son troisième noeud D reliés par exactement une des P cellules en série entre les noeuds A et B de ce

module.

- [0076] Dans l'exemple de la [Fig.4], K est égal à 5 et N est égal à 8 (donc Z est égal à 3). Dans d'autres exemples non illustrés, le nombre N est différent de 8, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 8, et/ou le nombre K est différent de 5, par exemple plus petit, ou, au contraire, plus grand que 5.
- [0077] La batterie 401 comprend N cellules élémentaires C_i , avec i un indice entier allant de 1 à N , connectées en série, par ordre d'indice croissant, entre les noeuds ou bornes $V+$ et $V-$ de la batterie 201. Dans l'exemple de la [Fig.4], la borne positive de la cellule C_1 et la borne négative de la cellule C_8 sont respectivement connectées aux bornes $V+$ et $V-$ de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C_2 à C_7 de la batterie a sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice supérieur. Dans un autre exemple non illustré, la borne négative de la cellule C_1 et la borne positive de la cellule C_8 sont respectivement connectées aux bornes $V-$ et $V+$ de la batterie, et chacune des cellules intermédiaires C_2 à C_7 de la batterie a sa borne négative connectée à la borne positive de la cellule voisine d'indice inférieur, et sa borne positive connectée à la borne négative de la cellule voisine d'indice supérieur.
- [0078] Le circuit d'équilibrage de charge comprend Z modules d'équilibrage de charge M_j , avec j un indice entier allant de 1 à Z , ou, dit autrement, de 1 à $N-K$.
- [0079] Les Z modules M_j sont connectés aux N cellules élémentaires C_i . Plus particulièrement, chaque module M_j a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égal à j .
- [0080] Les $K-1$ modules M_{bu} sont connectés aux K cellules C_i d'indice i allant de $N-K+1$ à N . Chaque module M_{bu} a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_i d'indice i égal à u . Chaque module M_{bu} a ses noeuds A et B reliés par P cellules C_i en série, avec P décroissant quand l'indice u du module M_{bu} augmente.
- [0081] Chaque module M_j a son noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égal à j qui est du côté de la borne de la batterie 401 à laquelle est connectée la cellule C_1 (la borne $V+$ dans l'exemple de la [Fig.4]), et chaque module M_{bu} a son noeud A connecté à la borne de la cellule C_i d'indice i égal à u qui est du côté de la borne de la batterie 401 à laquelle est connectée la cellule C_1 .
- [0082] Dans l'exemple de la [Fig.4], le système 400 comprend donc quatre modules M_{bu} , à savoir les modules M_{b4} , M_{b5} , M_{b6} et M_{b7} . Le module M_{b4} a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_5 , le module M_{b5} a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_6 , le module M_{b6} a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_7 et le module M_{b7} a ses noeuds A et D reliés par la cellule C_8 . En outre, P est compris entre 2 et 5, et est égal à 5 pour le module M_{b4} , à 4 pour le module M_{b5} , à 3 pour le module M_{b6} et à 2 pour le module M_{b7} .

- [0083] Aucun des modules Mj et Mbu n'a son noeud D commun avec le noeud D d'un des autres modules Mj et Mbu. En outre, aucun des modules Mj et Mbu n'a ses noeuds A et B communs avec les noeuds respectivement A et B de chacun des autres modules Mj et Mbu. Par exemple, chaque module Mj a son noeud A non commun avec le noeud A de chaque autre module Mj, mais peut avoir son noeud B commun avec le noeud B d'un autre module Mj. Comme N est supérieur ou égal à K+2, aucun des modules Mj et Mbu ne voit la totalité des N cellules de la batterie entre ses noeuds A et B.
- [0084] Le système 400 comprend N-1 modules de transfert d'énergie en tout.
- [0085] Un avantage du mode de réalisation illustré par la [Fig.4] est qu'il est facile d'y ajouter une ou plusieurs cellule Ci et un nombre correspondant de module Mj, par exemple en connectant la ou les cellules Ci en série du côté à la cellule C1, les indices i, j, u et les valeurs N, Y, et K étant ensuite mis à jour. En particulier, l'ajout d'une ou plusieurs cellules Ci du côté de la cellule C1 ne nécessite pas de modifier la connexion des modules Mj et Mbu qui étaient déjà connectés aux cellules C1 à CN de la batterie 401.
- [0086] Dans les modes de réalisation décrits précédemment en relation avec les figures 1 à 4, bien que cela n'ait pas été illustré, le circuit d'équilibrage peut comprendre un circuit de gestion en plus des modules et, par exemple, de leurs circuits de contrôle. Le circuit de gestion est, par exemple, configuré pour recevoir des informations relatives à l'état de charge des cellules Ci, et pour commander en conséquence les modules de manière à transférer de l'énergie électrique des cellules ou groupes de cellules les plus chargés vers les cellules ou groupes de cellules les moins chargés. A titre d'exemple, l'état de charge des cellules Ci peut être déterminé par des mesures de tension et/ou de courant, ou par tout autre moyen connu.
- [0087] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier.
- [0088] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

Revendications

[Revendication 1]

Système (100 ; 200 ; 300 ; 400) comprenant :
 une batterie électrique (101 ; 201 ; 301 ; 401) comportant une association de N cellules élémentaires (C1, C2, C3, C4) en série ; et
 Z premiers modules de transfert d'énergie (M1, M2), chaque premier module ayant un premier noeud (A) et un deuxième noeud (B) reliés par un ensemble correspondant de K+1 cellules élémentaires en série, et un troisième noeud (D) relié au premier noeud (A) par une seule des K+1 cellules élémentaires dudit ensemble correspondant,
 dans lequel chaque premier module (M1, M2) a son troisième noeud (D) non commun avec le troisième noeud (D) de chaque autre premier module,
 dans lequel K est un entier supérieur ou égal à 2 identique pour tous les premiers modules (M1, M2),
 dans lequel Z est un entier supérieur ou égal à 2,
 dans lequel N est un entier supérieur ou égal à K+2, et
 dans lequel une cellule élémentaire (C1) est connectée entre les premier (A) et troisième (D) noeuds d'un (M1) des premiers modules (M1, M2), et à une autre cellule élémentaire (C2) connectée entre les premier (A) et troisième (D) noeuds d'un autre (M2) des premiers modules (M1, M2), le troisième noeud (D) dudit un (M1) des premiers modules (M1, M2) étant connecté au premier noeud (A) dudit un autre (M2) des premiers modules (M1, M2).

[Revendication 2]

Système (100) selon la revendication 1, dans lequel :
 Z est égal à N-2 ;
 N est pair ; et
 une connexion d'une première moitié (M1, M2, M3) des N-2 premiers modules à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires (C1, C2, C3, C4, C5, C6) en série à partir d'une première extrémité (V+) de l'association des N cellules élémentaires en série et une connexion d'une deuxième moitié (M4, M5, M6) des N-2 premiers modules à $((N-2)/2)+K$ cellules élémentaires (C3, C4, C5, C6, C7) en série à partir d'une deuxième extrémité (V+) de l'association des N cellules élémentaires en série sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un point milieu (104) de l'association des N cellules élémentaires en série.

[Revendication 3]

Système (100) selon la revendication 2, dans lequel :
 le système (100) comprend un deuxième module de transfert d'énergie

(Mb) ayant un premier noeud (A) et un deuxième noeud (B) reliés par un ensemble correspondant de H cellules élémentaires (C3, C4, C5, C6) en série, et un troisième noeud (D) relié audit point milieu (104) de l'association des N cellules élémentaires en série, un point milieu dudit ensemble correspondant de H cellules élémentaires étant le point milieu (104) de l'association des N cellules élémentaires en série ;
le deuxième module (Mb) a son troisième noeud (D) non commun avec le troisième noeud (D) de chaque premier module ; et
H est strictement inférieur à N.

[Revendication 4] Système (100) selon la revendication 3, dans lequel :
K est impair ; et
le nombre H est égal à $K+1$.

[Revendication 5] Système (200) selon la revendication 1, dans lequel :
Z est égal à $N-1$;
N est impair ; et
une connexion d'une première moitié (M1, M2, M3) des N-1 premiers modules à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires (C1, C2, C3, C4, C5, C6) en série à partir d'une première extrémité (V+) de l'association des N cellules élémentaires en série et une connexion d'une deuxième moitié (M4, M5, M6) des N-1 premiers modules à $((N-1)/2)+K$ cellules élémentaires (C2, C3, C4, C5, C6, C7) en série à partir d'une deuxième extrémité (V-) de l'association des N cellules élémentaires en série sont symétriques l'une de l'autre par rapport à une cellule élémentaire centrale (C4) de l'association des N cellules élémentaires en série.

[Revendication 6] Système (200, 300) selon la revendication 1, dans lequel Z est inférieur ou égal à $N-1$.

[Revendication 7] Système (400) selon la revendication 1, dans lequel :
Z est égal à $N-K$;
le système comprend en outre K-1 deuxième modules (Mb4, Mb5, Mb6, Mb7) de transfert d'énergie, chaque deuxième module ayant un premier noeud (A) et un deuxième noeud (B) reliés par un ensemble correspondant de P cellules élémentaires en série, et un troisième noeud (D) relié au premier noeud (A) par une seule des P cellules élémentaires dudit ensemble correspondant ;
P est un entier inférieur ou égal à K ;
P est supérieur ou égal à 2 ;
P a une valeur différente pour chacun des deuxième modules (Mb4, Mb5, Mb6, Mb7) ; et

chaque deuxième module (Mb4, Mb5, Mb6, Mb7) a son troisième noeud (D) non commun avec le troisième noeud (D) de chaque premier module et de chaque autre deuxième module.

- [Revendication 8] Système (100 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le système (100) comprend exactement N-1 modules de transfert d'énergie en tout.
- [Revendication 9] Système (100 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel aucun des premiers modules (M1, M8) n'a ses premier (A) et deuxième (B) noeuds communs avec les premier (A) et deuxième (B) noeuds respectifs de chacun des autres premiers modules (M1, M8).
- [Revendication 10] Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel chaque module de transfert d'énergie (M1, M8, Mb, Mb4, Mb7) est adapté à transférer de l'énergie électrique de la ou les cellules reliant ses premier (A) et troisième (D) noeuds vers la ou les cellules reliant ses troisième (D) et deuxième (B) noeuds, et inversement.

[Fig. 1]

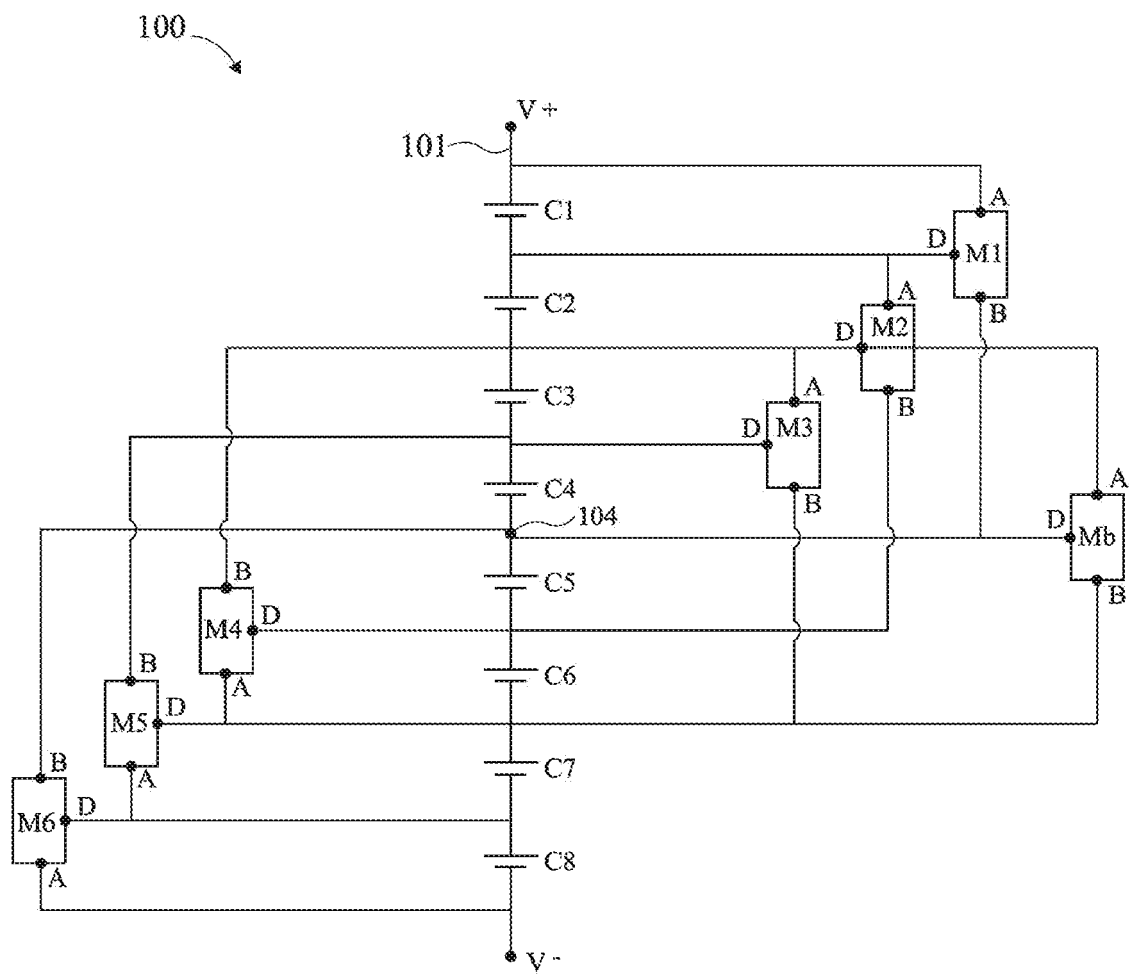


Fig 1

[Fig. 2]

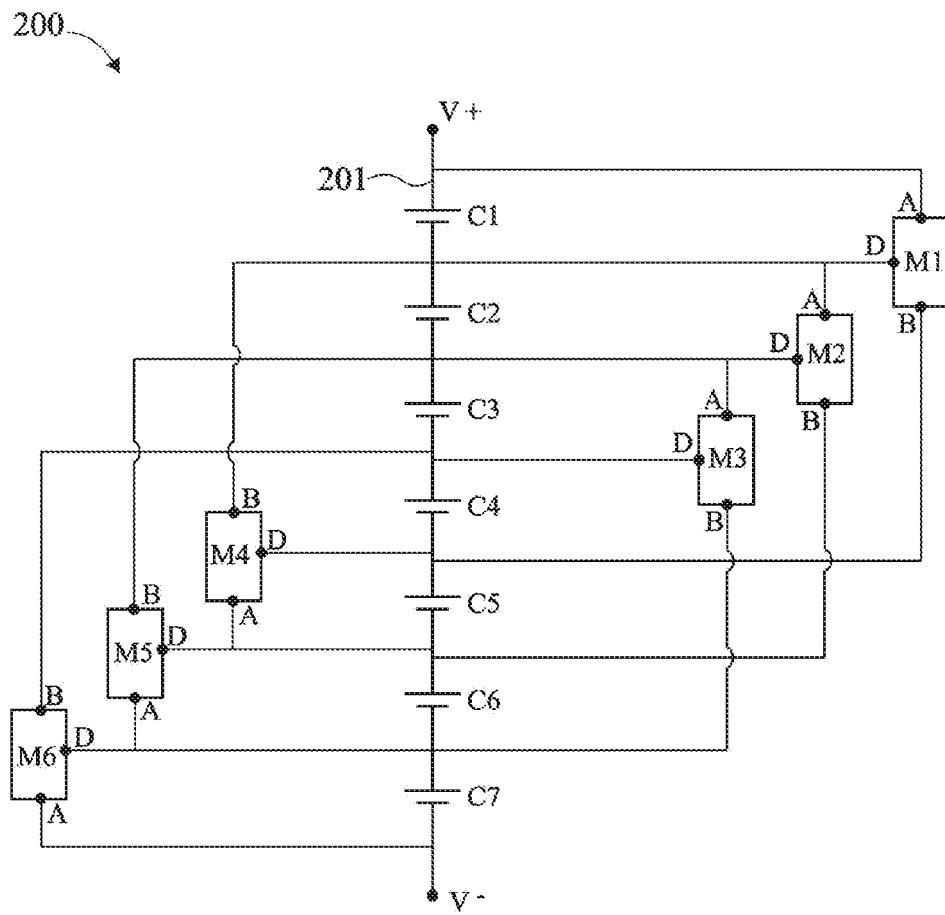


Fig 2

[Fig. 3]

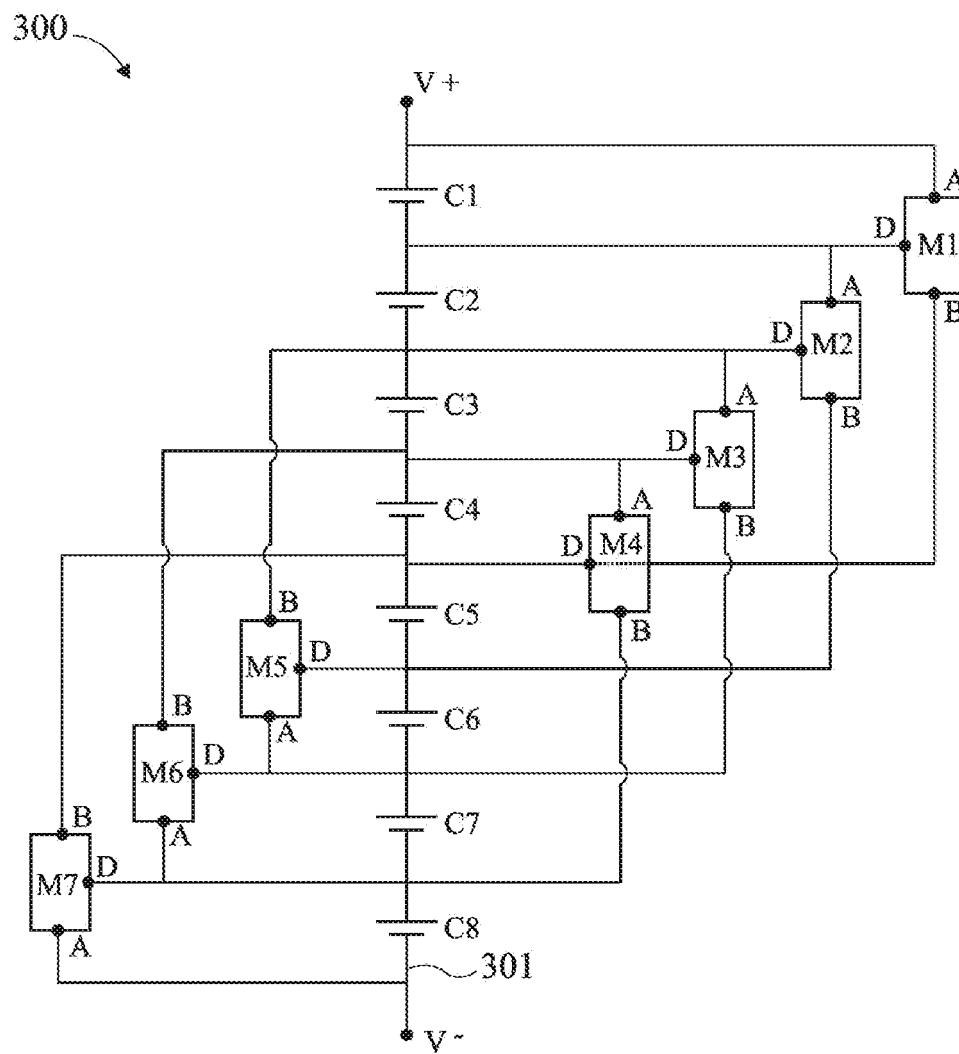


Fig 3

[Fig. 4]

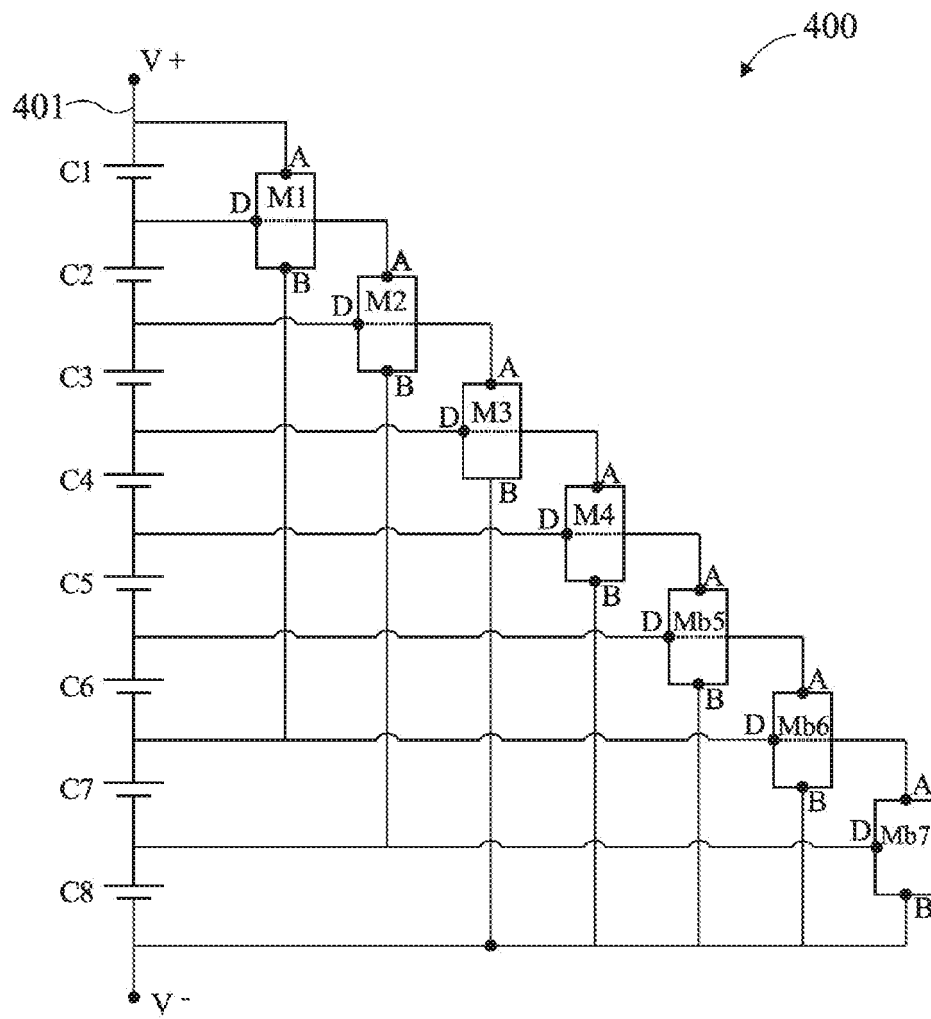


Fig 4

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 902873
FR 2201038

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2015/357842 A1 (BAILLY ALAIN [FR] ET AL) 10 décembre 2015 (2015-12-10) * alinéas [0035] - [0074]; figures 3,5 * -----	1, 6, 8-10	H01M50/00 H02J5/00 H01M6/50 H02J7/00
A	US 2007/063670 A1 (TAURAND CHRISTOPHE [FR]) 22 mars 2007 (2007-03-22) * abrégé * * alinéas [0009], [0054] - [0080]; figure 5 * -----	1-10	
A	US 2010/327807 A1 (KIKINIS DAN [US] ET AL) 30 décembre 2010 (2010-12-30) * abrégé * * alinéas [0072] - [0075]; figure 4 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02J H01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 octobre 2022		Lorenzo Feijoo, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201038 FA 902873**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-10-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2015357842 A1		10-12-2015	CN	105229889 A		06-01-2016
			EP	2944008 A1		18-11-2015
			FR	3001089 A1		18-07-2014
			US	2015357842 A1		10-12-2015
			WO	2014108645 A1		17-07-2014

US 2007063670 A1		22-03-2007	CA	2540824 A1		07-04-2005
			EP	1668759 A1		14-06-2006
			FR	2860352 A1		01-04-2005
			US	2007063670 A1		22-03-2007
			WO	2005031942 A1		07-04-2005

US 2010327807 A1		30-12-2010	US	2010327807 A1		30-12-2010
			WO	2010151358 A1		29-12-2010
