



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN**
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2018/12/24
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2019/07/04
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2020/06/25
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2018/053547
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2019/129994
(30) Priorité/Priority: 2017/12/27 (FR1763253)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H02J 7/00* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX
ENERGIES ALTERNATIVES, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
THOMAS, REMY, FR;
FERNANDEZ, ERIC, FR;
BACQUET, SYLVAIN, FR;
CASSARINO, LEANDRO, FR;
DESPESE, GHISLAIN, FR;
LOPEZ, YAN, FR
(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : BATTERIE D'ACCUMULATEURS ELECTRIQUES
(54) Title: ELECTRICAL ACCUMULATOR BATTERY

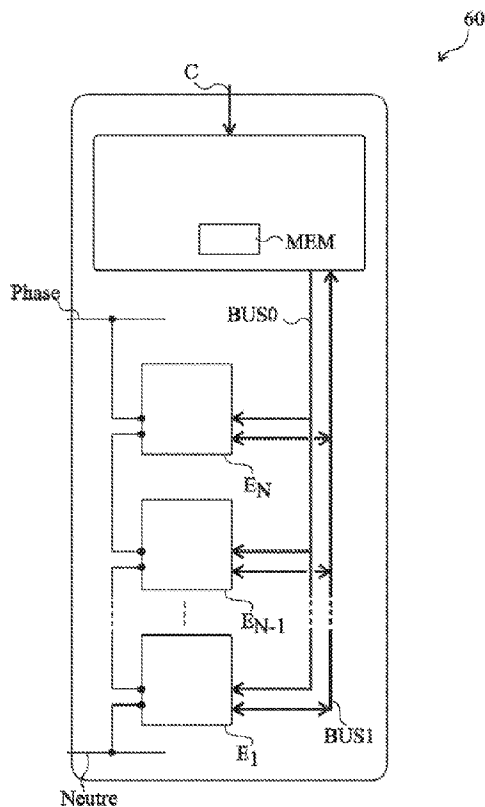


Fig 6

(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de commande d'une batterie (5) comprenant un premier circuit de commande (BMS) et plusieurs modules disposés en série entre des première et deuxième bornes (Phase, Neutre), chaque module (E_i) comprenant, entre des

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

troisième et quatrième bornes (B+, B-), des accumulateurs électriques et des interrupteurs et un deuxième circuit de commande (10) des interrupteurs. Le procédé comprend la détermination par le premier circuit de commande d'une première table de priorités associée à une opération de charge de la batterie et d'une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge de la batterie, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités comprenant un deuxième classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/129994 A1(43) Date de la publication internationale
04 juillet 2019 (04.07.2019)(51) Classification internationale des brevets :
H02J 7/00 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/053547(22) Date de dépôt international :
24 décembre 2018 (24.12.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1763253 27 décembre 2017 (27.12.2017) FR(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
[FR/FR] ; 25 Rue Leblanc, Bâtiment Le Ponant D, 75015
PARIS (FR).(72) Inventeurs : THOMAS, Remy ; 1 Rue Carnagnole Li-
berté, 38130 ECHIROLLES (FR). FERNANDEZ, Eric ;
16 Lotissement le Moulin, 38760 SAINT PAUL DE VAR-
CES (FR). BACQUET, Sylvain ; 83 Route des Chamba-rans, 38470 CHASSELAY (FR). CASSARINO, Leandro ;
131 Rue Camille Pelletan, Bât D, Apt 15, 33400 TALENCE
(FR). DESPESE, Ghislain ; 92 Chemin des Granges,
38340 VOREPPE (FR). LOPEZ, Yan ; 2 Rue du Vercors,
38140 RENAGE (FR).(74) Mandataire : CABINET BEAUMONT ; 4 Place Robert
Schuman, B.P. 1529, 38025 GRENOBLE CEDEX 1 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, 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,

(54) Title: ELECTRICAL ACCUMULATOR BATTERY

(54) Titre : BATTERIE D'ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

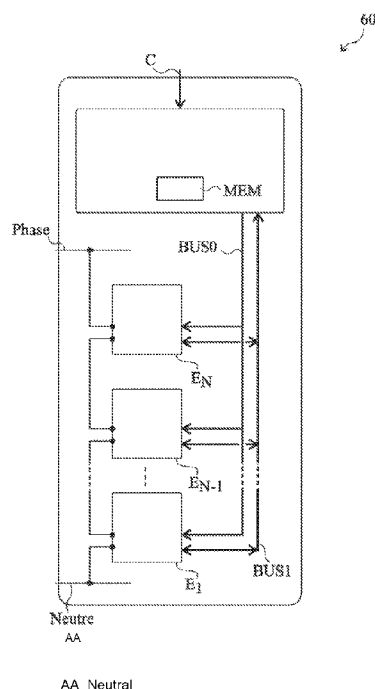


Fig 6

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a battery (5) comprising a first control circuit (BMS) and a plurality of modules connected in series between first and second (phase, neutral) terminals, each module (E_i) comprising, between third and fourth terminals (B^+ , B^-), electrical accumulators and switches and a second control circuit (10) for controlling the switches. The method comprises the operation of determining, via the first control circuit, a first priority table associated with an operation of charging the battery and a second priority table associated with an operation of discharging the battery, the first priority table comprising a first priority ranking of the electrical accumulators for the charging operation and the second priority table comprising a second priority ranking of the electrical accumulators for the discharging operation.(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de commande d'une batterie (5) comprenant un premier circuit de commande (BMS) et plusieurs modules disposés en série entre des première et deuxième bornes (Phase, Neutre), chaque module (E_i) comprenant, entre des troisième et quatrième bornes (B^+ , B^-), des accumulateurs électriques et des interrupteurs et un deuxième circuit de commande (10) des interrupteurs. Le procédé comprend la détermination par le premier circuit de commande d'une première table de priorités associée à une opération de charge de la batterie et d'une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge de la batterie, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités comprenant un deuxième classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge.

WO 2019/129994 A1

KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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).

Publiée:

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

BATTERIE D'ACCUMULATEURS ELECTRIQUES

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR17/63253 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine

5 La présente invention concerne une batterie d'accumulateurs électriques, également appelée pack batterie.

Exposé de l'art antérieur

10 Il est connu de réaliser une batterie comprenant plusieurs étages ou modules dans chacun desquels des accumulateurs, également appelés cellules, peuvent être connectés en série ou en parallèle par des interrupteurs commandables. Une telle batterie est adaptée à fournir une tension dont la forme d'onde peut varier dans le temps en faisant varier au cours du temps la connexion des cellules via la fermeture ou l'ouverture
15 des interrupteurs.

 La figure 1 représente un exemple d'une telle batterie
5. La batterie 5 comprend N modules E_1 à E_N . Le nombre N est un nombre entier pouvant être compris entre 1 et 50. Chaque module comprend une borne positive B+ et une borne négative B- et
20 plusieurs cellules, non représentées, pouvant être connectées entre elles en série et/ou en parallèle par l'intermédiaire d'interrupteurs, non représentés, entre les bornes B+ et B-. Les

modules E_1 à E_N peuvent être connectés en série entre une première borne Neutre de la batterie 5 et une deuxième borne Phase de la batterie 5. Un exemple d'une telle batterie est décrit dans la demande de brevet WO 2012/117110.

5 La batterie 5 comprend un circuit BMS de commande des modules E_1 à E_N , appelé circuit de commande maître par la suite. Le circuit de commande maître BMS peut échanger des données avec chaque module E_1 à E_N par l'intermédiaire d'un bus bidirectionnel BUS de transmission de données. Chaque module E_1 à E_N comprend un
10 circuit adapté à commander les interrupteurs du module à partir des commandes fournies par le circuit de commande maître BMS. Ce circuit de commande est appelé circuit de commande esclave par la suite.

 Chaque module peut comprendre, en outre, des capteurs,
15 non représentés, par exemple des capteurs de la tension aux bornes de chaque cellule du module, des capteurs du courant fourni par chaque cellule du module et/ou des capteurs de la température de chaque cellule du module. Le circuit de commande esclave de chaque module E_1 à E_N est adapté à transmettre au circuit de commande
20 maître BMS des données représentatives des mesures de tensions, de courants et/ou de températures par le bus de transmission de données BUS. Le circuit de commande maître BMS peut, en outre, comprendre un capteur de la tension entre les bornes phase et neutre ainsi qu'un capteur de courant global et un capteur de
25 température.

 Le circuit de commande maître BMS est adapté à recevoir une consigne C, et à sélectionner les cellules à connecter ou à déconnecter pour chaque module de façon à répondre à la consigne. La consigne C peut être une consigne de tension ou de courant,
30 les cellules à connecter ou à déconnecter pour chaque module étant alors sélectionnées pour obtenir la tension et/ou le courant souhaités entre les bornes Phase et Neutre de la batterie 5. A titre de variante, la consigne C peut être une consigne d'un nombre d'accumulateurs à connecter en série et/ou en parallèle
35 entre les bornes Phase et Neutre de la batterie 5, les cellules à

connecter ou à déconnecter pour chaque module étant alors sélectionnées pour obtenir le nombre d'accumulateurs connectées en série et/ou en parallèle entre les bornes Phase et Neutre de la batterie 5 demandé par la consigne. Le circuit de commande maître BMS fournit alors des commandes aux modules par l'intermédiaire du bus de transmission de données BUS à partir desquelles le circuit de commande esclave de chaque module connecte ou déconnecte les cellules selon la configuration souhaitée.

Il est souhaitable que la sélection des cellules à connecter/déconnecter soit réalisée en assurant que chaque cellule fonctionne dans sa plage de fonctionnement optimale en fonction des mesures de tensions, de courants et de température fournies par les modules. En particulier, il est souhaitable de réaliser un équilibrage des cellules, c'est-à-dire que la sélection des cellules soit réalisée de façon que les écarts entre les états de charge des cellules soient en permanence les plus faibles possibles, et/ou que les écarts entre les courants pouvant être fournis par les cellules soient en permanence les plus faibles possibles et/ou que les écarts entre les températures des cellules soient en permanence les plus faibles possibles. Il est en outre souhaitable que la sélection des cellules tienne compte d'une éventuelle défaillance d'une cellule de façon, par exemple, à exclure cette cellule de la sélection.

Pour effectuer la fonction d'équilibrage, le circuit de commande maître BMS peut déterminer un classement des cellules selon des niveaux de priorité, les cellules les plus prioritaires du classement étant celles qui devraient être sélectionnées les premières. Le classement de priorités, également appelé table de priorités, est susceptible d'évoluer au cours du fonctionnement de la batterie, notamment suite à l'évolution des états de charges des cellules ou suite à la défaillance d'une cellule.

Il est souhaitable que le circuit de commande maître BMS tienne compte du classement de priorités lors de la détermination de la sélection de cellules et en particulier tienne compte de

l'évolution du classement de priorités dans le temps. Le classement de priorités peut dépendre du fait que la batterie est en charge ou en décharge.

Pour certaines applications, la consigne reçue par le circuit de gestion BMS peut varier rapidement de sorte qu'il peut être difficile pour le circuit de commande maître BMS de sélectionner les cellules à connecter/déconnecter pour suivre la consigne tout en prenant en compte une modification du classement de priorités.

10 Résumé

Ainsi, un objet d'un mode de réalisation est de prévoir une batterie qui pallie au moins certains des inconvénients des batteries décrites précédemment.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que la transmission des commandes du circuit de commande maître de la batterie aux circuits de commande esclave des modules pour suivre la consigne ne soit pas perturbée par la modification du classement de priorités.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un procédé de commande d'une batterie comprenant un premier circuit de commande et plusieurs modules disposés en série entre des première et deuxième bornes, chaque module comprenant des troisième et quatrième bornes, au moins l'une des troisième et quatrième bornes de chaque module étant reliée à l'une des troisième et quatrième bornes d'un autre module, chaque module comprenant des accumulateurs électriques et des interrupteurs reliant les accumulateurs électriques entre eux et aux troisième et quatrième bornes du module et un deuxième circuit de commande des interrupteurs, la batterie comprenant en outre au moins un premier bus de transmission de données reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, le procédé comprenant la détermination par le premier circuit de commande d'une première table de priorités associée à une opération de charge de la batterie et d'une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge de la batterie, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités

des accumulateurs électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités comprenant un deuxième classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de décharge, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

5 a) réception par le premier circuit de commande d'une consigne ; et

 b) détermination de premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'un des accumulateurs électriques des modules pour suivre ladite consigne en fonction du premier
10 classement lorsque la batterie est en charge et en fonction du deuxième classement lorsque la batterie est en décharge.

 Selon un mode de réalisation, la consigne est choisie dans le groupe comprenant une consigne de fourniture d'une tension entre les première et deuxième bornes, une consigne de fourniture
15 d'un courant à la première borne ou une consigne de nombre d'accumulateurs électriques.

 Selon un mode de réalisation, la batterie comprend une mémoire dans laquelle sont stockées des listes chaînées, chaque liste chaînée comprenant des éléments comprenant chacun un
20 identifiant de l'un des accumulateurs électriques et au moins un premier pointeur désignant un autre élément de la liste chaînée, une première liste chaînée parmi les listes chaînées étant associée à une opération de charge de la batterie et une deuxième liste chaînée parmi les listes chaînées étant associée à une
25 opération de décharge de la batterie. L'étape b) comprend la détermination des premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'un des accumulateurs électriques des modules pour suivre ladite consigne à partir de la première liste chaînée lorsque la batterie est en charge et de la deuxième liste
30 chaînée lorsque la batterie est en décharge.

 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la détermination par le premier circuit de commande, pour au moins un premier élément parmi les éléments de l'une des listes chaînées, d'une nouvelle valeur d'un deuxième pointeur désignant
35 un deuxième élément de la liste chaînée ou un troisième élément d'une autre liste chaînée. L'étape b) comprend les étapes successives suivantes :

c) déterminer si les premier et deuxième pointeurs dudit élément sont différents ; et

d) dans le cas où les premier et deuxième pointeurs sont différents, remplacer le premier pointeur par le deuxième pointeur et déterminer des deuxième commandes de connexion ou de déconnexion de l'accumulateur électrique correspondant à l'identifiant du premier élément.

Selon un mode de réalisation, l'étape d) comprend, dans le cas de la connexion de l'accumulateur électrique correspondant à l'identifiant du premier élément, la transmission de deuxième commandes de déconnexion de l'accumulateur électrique correspondant à l'identifiant d'un cinquième élément et dans le cas de la déconnexion de l'accumulateur électrique correspondant à l'identifiant du premier élément, la transmission de deuxième commandes de connexion de l'accumulateur électrique correspondant à l'identifiant d'un cinquième élément.

Selon un mode de réalisation, le premier circuit de commande comprend une mémoire dans laquelle sont stockées, pour chaque accumulateur électrique, un identifiant de l'accumulateur électrique, un premier niveau de priorité de connexion de l'accumulateur électrique parmi des niveaux de priorité pour une opération de charge et un deuxième niveau de priorité de connexion de l'accumulateur électrique parmi les niveaux de priorité pour une opération de décharge. L'étape b) comprend les étapes successives suivantes :

e) transmission, par le premier circuit de commande aux deuxième circuits de commande, de premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'un des accumulateurs électriques des modules pour suivre ladite consigne ; et

f) transmission, par le premier circuit de commande aux deuxième circuits de commande, de deuxième commandes de connexion de l'un des accumulateurs électriques et de déconnexion d'un autre accumulateur électrique parmi les accumulateurs électriques.

Selon un mode de réalisation, les lignes de la mémoire relatives aux premiers niveaux de priorité sont agencées selon des rangs croissants et lignes de la mémoire relatives aux

deuxièmes niveaux de priorité sont agencées selon des rangs croissants. L'étape f) comprend les étapes successives suivantes :

g) intervertir des première et deuxième lignes de la mémoire si le niveau de priorité de l'accumulateur électrique, parmi les premiers niveaux de priorité lors d'une opération de charge et parmi les deuxièmes niveaux de priorité lors d'une opération de dé charge, à la première ligne est supérieur au rang de la première ligne ; et

h) transmettre, par le premier circuit de commande aux deuxièmes circuits de commande, les deuxièmes commandes de connexion de l'accumulateur électrique ayant l'identifiant à la deuxième ligne avant l'intervention et de déconnexion de l'accumulateur électrique ayant l'identifiant à la première ligne avant l'intervention dans le cas où l'accumulateur électrique ayant l'identifiant à la deuxième ligne avant l'intervention est déconnecté et l'accumulateur électrique ayant l'identifiant à la première ligne avant l'intervention est connecté.

Selon un mode de réalisation, le premier circuit de commande utilise un premier pointeur désignant une troisième ligne de la mémoire. A l'étape a), le circuit de commande modifie le pointeur pour désigner une quatrième ligne de la mémoire, le nombre de lignes entre la troisième ligne et la quatrième ligne, en comptant la quatrième ligne, étant égal au nombre d'accumulateurs à connecter ou à déconnecter pour suivre la consigne.

Selon un mode de réalisation, le premier circuit de commande utilise un deuxième pointeur désignant une cinquième ligne de la mémoire et le premier circuit de commande modifie le deuxième pointeur pour désigner une sixième ligne de la mémoire adjacente à la cinquième ligne lorsque le niveau de priorité de l'accumulateur électrique à la cinquième ligne est égal au rang de la cinquième ligne.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la transmission, par le premier circuit de commande aux deuxièmes circuits de commande, de premières données représentatives d'une configuration d'accumulateurs électriques à obtenir pour suivre la consigne, les deuxièmes circuit de commande connectant ou

déconnectant les accumulateurs électriques à partir desdites premières données et d'un premier classement de priorités des accumulateurs électriques pour une opération de charge ou d'un deuxième classement de priorités des accumulateurs électriques pour une opération de décharge. Le procédé comprend, en outre, les étapes suivantes:

- i) détermination par le premier circuit de commande d'une nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités ;
- 10 j) transmission, par le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, de deuxième données représentatives d'au moins une partie de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités ;
- k) transmission, par chaque deuxième circuit de commande au premier circuit de commande, de troisièmes données indiquant la réception par le deuxième circuit de commande de ladite au moins une partie de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités ; et
- 15 l) transmission, par le premier circuit de commande aux deuxième circuits de commande, d'une commande d'utilisation de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités.

Un mode de réalisation prévoit également une batterie comprenant un premier circuit de commande et plusieurs modules disposés en série entre des première et deuxième bornes, chaque module comprenant des troisième et quatrième bornes, au moins l'une des troisième et quatrième bornes de chaque module étant reliée à l'une des troisième et quatrième bornes d'un autre module, chaque module comprenant des accumulateurs électriques et des interrupteurs reliant les accumulateurs électriques entre eux et aux troisième et quatrième bornes du module et un deuxième circuit de commande des interrupteurs, la batterie comprenant en outre au moins un premier bus de transmission de données reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, la batterie comprenant une mémoire, le premier circuit de commande étant configuré pour déterminer une première table de priorités associée à une opération de charge de la batterie et

une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge de la batterie, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités
5 comprenant un deuxième classement de priorités des accumulateurs électriques pour l'opération de charge, le premier circuit de commande étant configuré pour recevoir une consigne et le premier circuit de commande ou chaque deuxième circuit de commande étant configuré pour déterminer des premières commandes de connexion ou
10 de déconnexion d'au moins l'un des accumulateurs électriques des modules pour suivre ladite consigne en fonction du premier classement lorsque la batterie est en charge et en fonction du deuxième classement lorsque la batterie est en décharge.

Selon un mode de réalisation, la batterie comprend un
15 deuxième bus de transmission de données reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande. Le premier circuit de commande est configuré pour transmettre des premières données aux deuxièmes circuits de commande par le premier bus à un premier débit et est configuré pour transmettre des deuxièmes
20 données aux deuxièmes circuits de commande par le deuxième bus à un deuxième débit inférieur au premier débit.

Brève description des dessins

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

la figure 1, décrite précédemment, représente, de façon partielle et schématique, un exemple d'une batterie d'accumulateurs ;

30 la figure 2 représente, de façon partielle et schématique, un mode de réalisation d'un module de la batterie de la figure 1 ;

la figure 3 représente de façon schématique un élément
20 d'une liste chaînée utilisée lors du fonctionnement de la
35 batterie représentée en figure 1 ;

la figure 4 représente, de façon partielle et schématique, un exemple de l'une des listes chaînées utilisées lors du fonctionnement de la batterie représentée en figure 1 ;

la figure 5 est un schéma par blocs illustrant un procédé de connexion/déconnexion des cellules de la batterie représentée en figure 1 ;

la figure 6 représente, de façon partielle et schématique, un autre mode de réalisation d'une batterie d'accumulateurs ;

la figure 7 est un chronogramme illustrant les données échangées entre le circuit de commande maître et les circuits de commande esclave de la batterie représentée en figure 2 pour un mode de réalisation d'un procédé de commande de la batterie ; et

la figure 8 est un chronogramme illustrant les données échangées entre le circuit de commande maître et les circuits de commande esclave de la batterie représentée en figure 1 pour un mode de réalisation d'un procédé de commande de la batterie.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les fonctions classiques réalisées par un circuit de commande maître d'une batterie d'accumulateurs telles que l'équilibrage des cellules sont bien connues de l'homme du métier et ne sont pas décrites plus en détail par la suite. Dans la suite de la description, les expressions "sensiblement", "environ", "approximativement" et "de l'ordre de" signifient "à 10 % près", de préférence à 5 % près.

Le circuit de commande maître BMS peut correspondre à un circuit dédié et/ou peut comprendre un processeur, par exemple un microprocesseur ou un microcontrôleur, adapté à exécuter des instructions d'un programme d'ordinateur stocké dans une mémoire. Le circuit de commande maître BMS comprend notamment une mémoire MEM de stockage de données.

Un mode de réalisation d'un procédé de commande d'un système à cellules commutées va être décrit dans le cas d'une batterie à accumulateurs commutés pour laquelle les cellules correspondent à des accumulateurs commutés. Toutefois, les présents modes de réalisation s'appliquent à tout type de système à cellules commutées adapté à fournir une tension variable à une charge. Chaque cellule du système à cellules commutées peut correspondre à un élément de stockage de charges électriques ou à un générateur électrique. Un exemple d'élément de stockage de charges électriques est par exemple un accumulateur électrique ou un condensateur. Un exemple de générateur électrique est par exemple une pile à combustible, une pile zinc-air, une cellule photovoltaïque ou un système de récupération d'énergie, notamment une mini-éolienne ou une mini-turbine. Le système à cellules commutées peut comprendre seulement des éléments de stockage de charges électriques, seulement des générateurs électriques ou à la fois des éléments de stockage de charges électriques et des générateurs électriques. Lorsque le système à cellules commutées comprend seulement des générateurs électriques, l'utilisation est théoriquement seulement en mode décharge. Néanmoins, en cas de puissance réactive, pour des brefs passages par une puissance négative à chaque période, l'inertie du générateur peut suffire à lisser la puissance, par exemple en raison de l'inertie de rotation et des capacités parasites. En outre, chaque générateur peut être connecté en parallèle d'un élément résistif, afin d'accepter des puissances négatives, en dissipant cette énergie. En fonctionnement, le système est destiné à être relié à un dispositif qui absorbe ou fournit de la puissance selon l'application envisagée. A titre d'exemple, ce dispositif correspond à une machine électrique, par exemple à un moteur électrique, ou au réseau de distribution électrique.

La figure 2 représente un mode de réalisation du module E_i , où i varie de 1 à N .

Selon le présent mode de réalisation, le module E_i est adapté à fournir une tension U_i entre la borne positive B^+ et la

borne négative B-. Le module E_i comprend des cellules C_1 à C_M où M est un nombre entier compris entre 2 et 10, de préférence entre 2 et 5, quatre cellules C_1 , C_2 , C_3 et C_4 étant représentées à titre d'exemple en figure 2. Les cellules C_1 à C_M sont reliées

5 entre elles et aux bornes B+ et B- par des interrupteurs. Dans le présent mode de réalisation, pour chaque cellule C_k , k étant un nombre entier variant de 1 à M , le module E_i comprend un premier interrupteur $SW_{1,k}$ en série avec la cellule C_k et un deuxième interrupteur $SW_{2,k}$ en parallèle de l'ensemble comprenant la

10 cellule C_k et l'interrupteur $SW_{1,k}$. Les M ensembles comprenant la cellule C_k et le premier interrupteur $SW_{1,k}$ sont disposés en série entre un noeud A et un noeud B. La commande des interrupteurs $SW_{1,k}$ et $SW_{2,k}$, k variant de 1 à M , permet de mettre en série entre les noeuds A et B, 1 à M cellules parmi les M cellules C_1 à

15 C_M . Dans le présent mode de réalisation, le module E_i comprend en outre un pont inverseur, également appelé pont en H, entre les noeuds A et B et les bornes B+ et B- qui permet d'appliquer la tension présente entre les noeuds A et B entre les bornes B+ et B- dans les deux sens. Selon un mode de réalisation, le pont

20 inverseur comprend un interrupteur SW_3 reliant le noeud A à la borne B+, un interrupteur SW_4 reliant le noeud A à la borne B-, un interrupteur SW_5 reliant le noeud B à la borne B+ et un interrupteur SW_6 reliant le noeud B à la borne B-. A titre d'exemple chaque interrupteur $SW_{1,k}$ et $SW_{2,k}$, k variant de 1 à M ,

25 SW_3 , SW_4 , SW_5 et SW_6 peut correspondre à transistor à effet de champ à grille isolée, également appelé transistor MOS, notamment un transistor MOS de puissance, par exemple un transistor MOS à canal N.

Chaque module E_i comprend, en outre, le circuit de

30 commande esclave 10 (μC) adapté à échanger des données émises par le circuit de commande maître BMS sur le bus de transmission de données BUS. Le circuit de commande esclave 10 peut correspondre à un circuit dédié ou peut comprendre un processeur, par exemple un microprocesseur ou un microcontrôleur, adapté à exécuter des

35 instructions d'un programme d'ordinateur stocké dans une mémoire.

Chaque module E_i comprend, en outre, un circuit de pilotage 12 (Inverter bridge driver) relié aux interrupteurs SW_3 , SW_4 , SW_5 et SW_6 du pont inverseur et un circuit de pilotage 14 (Transistors driver) relié aux interrupteurs $SW_{1,k}$ et $SW_{2,k}$, k variant de 1 à M . Chaque circuit de pilotage 12, 14 est adapté à convertir les signaux de commande fournis par le circuit de commande esclave 10 en signaux adaptés à la commande des interrupteurs.

Chaque module E_i comprend, en outre, des capteurs 16 (U, I, T° sensor) reliés au circuit de commande esclave 10. Le module E_i peut comprendre, pour chaque cellule C_k , un capteur de température adapté à mesurer la température de la cellule C_k . Le module E_i peut en outre comprendre, pour chaque cellule C_k , un capteur de tension adapté à mesurer la tension aux bornes de la cellule C_k . Le module E_i peut en outre comprendre un capteur de courant adapté à mesurer le courant circulant au noeud A ou au noeud B. Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est adapté à transmettre des troisièmes données au circuit de commande maître BMS sur le bus de transmission de données BUS représentatives des mesures réalisées par les capteurs 16 du module E_i . Le nombre et le type de capteurs dépend notamment de l'agencement des cellules du module E_i . Dans l'agencement de cellules représenté en figure 2, un seul capteur du courant circulant au noeud A ou au noeud B peut être prévu.

Dans le mode de réalisation de module E_i de batterie illustré en figure 2, un ordre de connexion de la cellule C_k du module E_i signifie que la cellule C_k doit être connectée en série entre les noeuds A et B du module E_i , ce qui est obtenu en fermant l'interrupteur $SW_{1,k}$ et en ouvrant l'interrupteur $SW_{2,k}$, et un ordre de déconnexion de la cellule C_k du module E_i signifie que la cellule C_k ne doit pas être connectée en série entre les noeuds A et B du module E_i , ce qui est obtenu en ouvrant l'interrupteur $SW_{1,k}$ et en fermant l'interrupteur $SW_{2,k}$. Toutefois, pour un agencement différent des cellules C_k du module E_i dans lequel les cellules C_k peuvent être agencées en série et/ou en parallèle

entre elles entre les noeuds A et B, un ordre de connexion d'une cellule C_k précise en outre dans quelle configuration, série ou parallèle, la cellule C_k se trouve par rapport aux autres cellules du module E_i .

5 Selon un autre mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS utilise deux tables de priorités, une première table de priorités qui est utilisée lors d'une opération de charge, appelée table de priorités de charge, et une deuxième table de priorités qui est utilisée lors d'une opération de
10 décharge, appelée table de priorités de décharge. Chaque table de priorités peut être stockée dans la mémoire MEM du circuit de commande maître BMS par exemple sous la forme d'un tableau, chaque ligne du tableau correspondant par exemple à une ligne de la mémoire MEM. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N
15 cellules, on attribue à chaque cellule un identifiant, par exemple un numéro qui varie de 1 à N. Les identifiants peuvent être les mêmes pour les deux tables de priorités. Pour une batterie 5 comprenant N cellules, chaque table de priorités comprend N lignes, chaque ligne j, j étant un nombre entier variant de 1 à
20 N, étant associée à la cellule de numéro j. Il est notamment stocké dans chaque table de priorités pour chaque cellule le niveau de priorité de la cellule. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N cellules, les niveaux de priorité des cellules vont de 1 à N, le niveau de priorité "1" étant le plus
25 important et le niveau de priorité "N" étant le moins important. Le circuit de commande maître BMS peut changer les niveaux de priorité des cellules de chaque table de priorités, notamment à partir des données transmises par les modules E_i , i variant de 1 à N, issues des mesures des capteurs des modules E_i . On appelle
30 mise à jour de la table de priorités une modification des niveaux de priorité d'au moins certaines cellules par le circuit de commande maître BMS dans la table de priorités.

Un tel mode de réalisation permet de façon avantageuse de faire évoluer différemment les niveaux de priorité entre les
35 opérations de charge et les opérations de décharge. En

particulier, cela permet que les niveaux de priorités lors d'une opération de charge ne soient pas nécessairement les symétriques des niveaux de priorité lors d'une opération de décharge, c'est-à-dire que l'ordre des niveaux de priorité des cellules, du plus prioritaire ou moins prioritaire, pour une opération de décharge de la batterie 5 ne soit pas nécessairement l'inverse de l'ordre des niveaux de priorité des cellules, du plus prioritaire ou moins prioritaire, pour une opération de charge.

Pour la détermination des niveaux de priorité des cellules de la batterie, il peut être pris en compte des critères tels que l'état de charge, la température de la cellule, l'état de santé de la cellule ou l'impédance interne de la cellule.

Pour chaque table de priorités, le circuit de commande maître BMS associe, à chaque cellule ayant un niveau de priorité donné, un pointeur, appelé pointeur de priorité suivant par la suite, qui désigne la cellule de la table de priorités qui a le niveau de priorité juste inférieur au niveau de priorité donné et un pointeur, appelé pointeur de priorité précédent par la suite, qui désigne la cellule dans la table de priorités qui a le niveau de priorité juste supérieur au niveau de priorité donné.

Le pointeur de priorité précédent associé à la cellule ayant le niveau de priorité le plus élevé dans la table de priorités ne désigne pas d'autre cellule et peut comprendre une valeur de référence appelée Null. Le pointeur de priorité suivant associé à la cellule ayant le niveau de priorité le plus faible dans la table de priorités ne désigne pas d'autre cellule et peut comprendre une valeur de référence appelée Null.

Pour chaque table de priorités, une opération de mise à jour comprend la détermination de nouveaux niveaux de priorité dans la table de priorités pour les cellules. Le circuit de commande maître BMS associe, en outre, à chaque cellule, un pointeur, appelé futur pointeur de priorité précédent par la suite, qui désigne la cellule dans la table de priorités qui a le niveau de priorité juste supérieur au nouveau niveau de priorité de la cellule dans la mise à jour de la table de priorités et un

pointeur, appelé futur pointeur de priorité suivant par la suite, qui désigne la cellule dans la table de priorités qui a le niveau de priorité juste inférieur au nouveau niveau de priorité de la cellule dans la mise à jour de la table de priorités. Selon un mode de réalisation, les pointeurs de priorité suivant et précédent et les futurs pointeurs de priorité suivant et précédent peuvent être stockés dans la table de priorités.

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS peut transmettre des premières commandes correspondant à des ordres de connexion/déconnexion des cellules aux circuits de commande esclave pour suivre la consigne C et peut en outre transmettre des deuxièmes commandes correspondant à des ordres de connexion/déconnexion des cellules aux circuits de commande esclave pour tenir compte d'une mise à jour de la table de priorités.

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS utilise des listes chaînées pour déterminer les ordres de connexion/déconnexion des cellules à réaliser. Une liste chaînée désigne en informatique une structure de données représentant une collection ordonnée et de taille arbitraire d'éléments de même type, dont la représentation en mémoire de l'ordinateur est une succession d'éléments faits d'un contenu et d'au moins un pointeur vers un autre élément. De façon imagée, l'ensemble des éléments ressemble à une chaîne dont les maillons seraient les éléments. Toutes les données relatives à chaque liste chaînée peuvent être stockées dans la mémoire MEM du circuit de commande maître BMS. Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS utilise des premières listes chaînées pour une opération de charge qui sont associées à la table de priorités de charge et des deuxièmes listes chaînées pour une opération de décharge qui sont associées à la table de priorités de décharge.

La figure 3 représente de façon schématique un élément 20_A de la liste chaînée. Dans la suite de la description des listes chaînées, lorsqu'il est fait référence à une table de priorités sans préciser s'il s'agit de la table de priorités de

charge ou de la table de priorités de décharge, cela signifie qu'il s'agit de la table de priorités de charge lorsque la liste chaînée est associée à une opération de charge ou de la table de priorités de décharge lorsque la liste chaînée est associée à une
5 opération de décharge.

Chaque élément 20_A comprend :

un identifiant 22_A (Cell A) de l'une des cellules de la batterie 5, par exemple le même que celui utilisé dans la table de priorités ;

10 un pointeur 24_A (@ Prev) qui désigne un élément de la liste chaînée correspondant à une cellule ayant un niveau de priorité plus élevée que celle correspondant à l'élément 20_A dans la version de la table de priorités avant mise à jour, et qui est appelé pointeur précédent 24_A dans la suite de la description ;
15 et

un pointeur 26_A (@ Next) qui désigne un élément de la liste chaînée correspondant à une cellule ayant un niveau de priorité moins élevée que celle correspondant à l'élément 20_A dans la version de la table de priorités avant mise à jour, et qui est
20 appelé pointeur suivant 26_A dans la suite de la description.

Dans la suite de la description, on parle indifféremment d'une cellule ou de l'élément associé d'une liste chaînée.

Selon un mode de réalisation, chaque liste chaînée comprend seulement une partie des cellules de la batterie 5. Deux
25 éléments de deux listes chaînées différentes associés à la même cellule de la batterie ont le même identifiant 22_A. Par contre, les valeurs du pointeur précédent 24_A et du pointeur suivant 26_A de deux éléments de deux listes chaînées différentes associés à la même cellule de la batterie peuvent être différents. De même,
30 le pointeur précédent 24_A d'une cellule d'une liste chaînée peut être différent du pointeur de priorité précédent utilisé pour cette cellule dans la table de priorités et le pointeur suivant 26_A d'une cellule d'une liste chaînée peut être différent du pointeur de priorité suivant utilisé pour cette cellule dans la
35 table de priorités.

La figure 4 représente, de façon partielle et schématique, un exemple d'une liste chaînée 32 pouvant être utilisée par le circuit de commande maître BMS comprenant, à titre d'exemple, trois éléments 20_A, 20_B et 20_C. Le pointeur suivant 26_A de l'élément 20_A désigne l'élément 26_B de la liste chaînée et le pointeur précédent 24_B de l'élément 26_B désigne l'élément 20_A de la liste chaînée. Le pointeur suivant 26_B de l'élément 20_B désigne l'élément 26_C de la liste chaînée et le pointeur précédent 24_C de l'élément 26_C désigne l'élément 20_B de la liste chaînée. Cela signifie que, dans la version avant mise à jour de la table de priorités, le niveau de priorité de l'élément 20_A est plus important que le niveau de priorité de l'élément 20_B et que le niveau de priorité de l'élément 20_B est plus important que le niveau de priorité de l'élément 20_C.

La liste chaînée comprend deux éléments particuliers, les éléments 20_A et 20_C situés aux extrémités de la liste chaînée. Le pointeur précédent 26_A de l'élément 20_A de la liste chaînée ne désigne pas un élément de la liste chaînée et comprend une valeur de référence appelée Null. Le pointeur suivant 26_C de l'élément 20_C de la liste chaînée ne désigne pas un élément de la liste chaînée et comprend la valeur de référence Null.

Les éléments d'une liste chaînée sont agencés de façon ordonnée depuis le premier élément de la liste chaînée jusqu'au dernier élément de la liste chaînée. Dans l'exemple représenté en figure 4, le premier élément de la liste chaînée 32 peut correspondre à l'élément 20_A ou à l'élément 20_B selon la façon dont les éléments sont agencés dans la liste chaînée. Le rang d'un élément dans la liste chaînée correspond à la position de cet élément compté depuis le premier élément 20_A de la liste chaînée.

Le retrait d'un élément d'une liste chaînée va être illustré avec la liste chaînée 32 de la figure 4. A titre d'exemple, le retrait de l'élément 20_B est obtenu en modifiant le pointeur suivant 26_A de l'élément 20_A pour qu'il désigne l'élément 20_C et en modifiant le pointeur précédent 24_C de l'élément 20_C pour qu'il désigne l'élément 20_A. Le retrait de l'élément 20_A est

obtenu en modifiant le pointeur précédent 24_B de l'élément 20_B pour qu'il désigne la valeur de référence Null. Le retrait de l'élément 20_C est obtenu en modifiant le pointeur suivant 26_B de l'élément 20_B pour qu'il désigne la valeur de référence Null.

5 L'ajout d'un nouvel élément au sein d'une liste chaînée est obtenu en modifiant les pointeurs adaptés des éléments entre lesquels le nouvel élément est inséré pour qu'ils désignent le nouvel élément et en modifiant les pointeurs suivant et précédent
10 du nouvel élément pour qu'ils désignent les éléments entre lesquels le nouvel élément est inséré. A titre d'exemple, l'ajout d'un nouvel élément, non représenté, entre les éléments 20_A et 20_B de la liste chaînée 32 est obtenu en modifiant le pointeur suivant 26_A de l'élément 20_A pour qu'il désigne l'élément, en modifiant le pointeur précédent 24_B de l'élément 20_B pour qu'il
15 désigne le nouvel élément, en modifiant le pointeur précédent du nouvel élément pour qu'il désigne l'élément 20_A et en modifiant le pointeur suivant du nouvel élément pour qu'il désigne l'élément 20_B.

L'ajout d'un nouvel élément à une extrémité d'une liste
20 chaînée va être illustré par l'ajout d'un nouvel élément à l'extrémité de la liste chaînée 32 correspondant à l'élément 20_A. Cet ajout est obtenu en modifiant le pointeur précédent de l'élément 20_A qui était initialement à l'extrémité de la liste chaînée 32 pour qu'il désigne le nouvel élément, en modifiant le
25 pointeur suivant du nouvel élément pour qu'il désigne l'élément 20_A qui était initialement à l'extrémité de la liste chaînée 32 et en modifiant le pointeur suivant du nouvel élément pour qu'il désigne la valeur de référence Null.

Le circuit de commande maître BMS peut utiliser
30 plusieurs listes chaînées. Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS utilise une liste chaînée dont les éléments correspondent aux cellules de la batterie 5 utilisables qui sont connectées ou déconnectées lors d'une opération de charge. Une telle liste chaînée est appelée liste de cellules
35 valides de charge par la suite. Les éléments de la liste de

cellules valides de charge peuvent être agencés avec le premier élément correspondant à la cellule ayant le niveau de priorité le plus important dans la version avant mise à jour de la table de priorités de charge. Les cellules connectées sont alors toutes
5 situées dans la première partie de la liste de cellules valides de charge depuis la première position de la liste de cellules valides de charge et les cellules déconnectées sont toutes situées dans la deuxième partie de la liste de cellules valides de charge jusqu'à la dernière position de la liste de cellules valides de
10 charge. Le circuit de commande maître BMS peut utiliser un pointeur de position qui est maintenu à jour pour marquer la position dans la liste chaînée du dernier élément connecté de niveau de priorité le plus faible. A titre de variante, ce pointeur peut désigner le premier élément déconnecté ayant le niveau de
15 priorité le plus élevé. De façon analogue, le circuit de commande maître BMS peut utiliser une liste chaînée dont les éléments correspondent aux cellules de la batterie 5 utilisables qui sont connectées ou déconnectées lors d'une opération de décharge. Une telle liste chaînée est appelée liste de cellules valides de
20 décharge par la suite.

Selon un autre mode de réalisation, au lieu de la liste de cellules valides de charge, le circuit de commande maître BMS utilise deux listes chaînées, une liste chaînée dont les éléments correspondent aux cellules de la batterie 5 qui sont connectées
25 lors d'une opération de charge, et appelée liste de cellules connectées de charge par la suite, et une liste chaînée dont les éléments correspondent aux cellules de la batterie 5 qui ne sont pas connectées lors d'une opération de charge mais qui sont susceptibles d'être connectées, et appelée liste de cellules
30 déconnectées de charge par la suite. Les éléments de la liste de cellules déconnectées de charge peuvent être agencés avec le premier élément correspondant à la cellule ayant le niveau de priorité le plus important dans la version avant mise à jour de la table de priorités de charge parmi les cellules déconnectées.
35 Les éléments de la liste de cellules connectées de charge peuvent

être agencés avec le premier élément correspondant à la cellule ayant le niveau de priorité le moins important dans la version avant mise à jour de la table de priorités de charge parmi les cellules connectées. De façon analogue, le circuit de commande maître BMS peut utiliser, au lieu de la liste de cellules valides de décharge, une liste de cellules connectées pour une opération de décharge et une liste de cellules déconnectées pour une opération de décharge.

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS utilise en outre au moins une liste chaînée dont les éléments correspondent à des cellules de la batterie 5 qui ne sont pas connectées et qui ne peuvent pas être sélectionnées. De tels éléments et les cellules correspondantes sont dits en quarantaine par la suite et cette liste chaînée est appelée liste de quarantaine par la suite. Le circuit de commande maître BMS est adapté à déterminer qu'une cellule de la batterie doit être mise en quarantaine et l'élément correspondant doit être déplacé dans la liste de quarantaine notamment à partir des signaux fournis par les capteurs des modules E_i , i variant de 1 à N.

Plusieurs listes de quarantaine peuvent être utilisées. Selon les critères utilisés pour le déplacement d'une cellule dans une liste de quarantaine, la liste de quarantaine peut être commune aux opérations de charge et de décharge, être associée seulement aux opérations de charge ou être associée seulement aux opérations de décharge.

Une liste chaînée peut comprendre des éléments mis en quarantaine de façon temporaire. Une telle liste chaînée est appelée liste de quarantaine temporaire par la suite. Une autre liste chaînée peut comprendre des éléments mis en quarantaine de façon définitive et dont les cellules correspondantes doivent être remplacées. Une telle liste chaînée est appelée liste de quarantaine définitive par la suite. Dans les listes de quarantaine décrites précédemment, les éléments peuvent être agencés avec le premier élément correspondant à la cellule ayant le niveau de priorité le plus important dans la version avant mise

à jour de la table de priorités parmi les cellules de la liste chaînée. A titre de variante, les éléments peuvent être agencés dans la liste de quarantaine par ordre d'arrivée dans la liste chaînée.

5 Selon un autre mode de réalisation, au lieu d'une liste de cellules en quarantaine temporaire pour une opération de charge et une liste de cellules en quarantaine temporaire pour une opération de décharge, le circuit de commande maître BMS peut utiliser plus de deux listes chaînées d'éléments mis en
10 quarantaine temporaire selon les conditions qui ont conduit à écarter les cellules correspondantes. Une liste chaînée peut comprendre des éléments mis en quarantaine de façon temporaire lorsqu'au moins l'un des paramètres de fonctionnement des cellules correspondantes, par exemple la température de la cellule, le taux
15 de charge de la cellule, la tension aux bornes de la cellule, etc., est en dehors d'une plage de fonctionnement normale. Une telle liste chaînée est appelée liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température par la suite. Le circuit de commande maître BMS peut utiliser une liste de quarantaine
20 temporaire pour cause de tension/température pour les opérations de charge et une liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour les opérations de décharge.

 Selon un mode de réalisation, le nombre d'opérations de connexion/déconnexion que peut réaliser le circuit de commande
25 esclave 12 d'un module E_i , i variant de 1 à N , par unité de temps peut être limité de par la structure des circuits d'alimentation des composants internes du module E_i . Une autre liste chaînée peut comprendre des éléments mis en quarantaine de façon temporaire parce que les modules contenant les cellules correspondantes ont
30 dépassé le seuil autorisé d'opérations de connexion/déconnexion par unité de temps. Une telle liste chaînée est appelée liste de quarantaine temporaire pour cause d'alimentation par la suite. Pour la liste de quarantaine pour cause d'alimentation et la liste de quarantaine définitive, il peut ne pas être utile de prévoir
35 des listes chaînées différentes pour les opérations de charge et

de décharge dans la mesure où les critères qui entraînent le déplacement d'un élément dans l'une de ces listes peuvent être les mêmes pour une opération de charge ou de décharge.

Selon un mode de réalisation, pour une opération de charge ou de décharge, à chaque cellule de la batterie correspond un seul élément dans l'une des listes de sélection utilisées pour cette opération de charge ou de charge. On parle alors indifféremment de la cellule ou de l'élément correspondant dans la suite de la description. Selon un mode de réalisation, dans le cas où le circuit de commande maître BMS utilise une liste de cellules connectées pour une opération de charge, une liste de cellules connectées pour une opération de décharge, une liste de cellules déconnectées pour une opération de charge, une liste de cellules déconnectées pour une opération de décharge, une liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de charge et une liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge et au moins une autre liste de quarantaine commune pour les opérations de charge et de décharge, chaque cellule est dans l'une des listes chaînées suivantes :

la liste de cellules connectées pour une opération de charge, la liste de cellules déconnectées pour une opération de charge, la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de charge ou une autre liste de quarantaine commune aux opérations de charge et de décharge ;

et dans l'une des listes suivantes :

liste de cellules connectées pour une opération de décharge, liste de cellules déconnectées pour une opération de décharge, liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge ou autre liste de quarantaine commune aux opérations de charge et de décharge.

Toutefois, de façon avantageuse, certaines combinaisons peuvent être exclues. A titre d'exemple, il peut être prévu qu'une cellule ne puisse pas être à la fois dans la liste de cellules

connectées pour une opération de charge et dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge. En effet, sans cette exclusion, lors du passage d'une opération de charge à une opération de décharge, l'élément de la liste de cellules connectées de charge, qui correspond donc à un accumulateur qui est connecté électriquement, se trouve dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge, tout en correspondant toujours à un accumulateur qui est connecté électriquement. Il serait alors nécessaire à la transition d'une opération de charge vers une opération de décharge (ou d'une opération de décharge vers une opération de charge) d'appliquer un traitement supplémentaire à la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge (ou de charge) pour déconnecter les accumulateurs toujours connectés électriquement, ce qui implique un temps de traitement supplémentaire. Le fait de prévoir des exclusions permet donc de faciliter les transitions entre les opérations de charge et de décharge.

Dans la suite de la description, les listes chaînées décrites précédemment et utilisées par le circuit de commande maître BMS pour la détermination des premières et deuxièmes commandes sont appelées listes de sélection.

Le circuit de commande maître BMS associe à chaque cellule de la batterie le pointeur précédent de cet élément dans la liste de sélection à laquelle appartient l'élément, le pointeur suivant de cet élément dans de la liste de sélection à laquelle appartient l'élément, et une donnée d'appartenance permettant de déterminer directement ou indirectement à quelle liste de sélection appartient la cellule. Lorsque la cellule appartient à deux listes de sélection, l'une associée à une opération de charge et l'autre associée à une opération de décharge, le pointeur précédent, le pointeur suivant et la donnée d'appartenance indiqués à la phrase précédente, sont associées à la cellule à la fois pour la liste de sélection associée à une opération de charge

et la liste de sélection associée à une opération de décharge. Un avantage du mode de réalisation décrit précédemment est que la gestion des listes chaînées peut mettre en oeuvre une allocation statique de mémoire puisqu'un nombre maximal connu de données est stocké pour chaque accumulateur de la batterie.

Dans la suite de la description, sauf indication contraire, on considère, pour plus de simplicité, qu'un élément appartient à une seule liste de sélection. Toutefois, dans le cas où l'élément appartient à deux listes de sélection, l'une associée à une opération de charge et l'autre associée à une opération de décharge, les étapes décrites ci-après sont à réaliser pour chaque liste de sélection. Pour la table de priorités de charge et la table de priorités de décharge, la mise à jour de la table de priorités comprend notamment la détermination par le circuit de commande maître BMS, pour chaque cellule, d'une nouvelle valeur du niveau de priorité de la cellule dans la table de priorités. La mise à jour de la table de priorités comprend, en outre, la détermination des nouvelles valeurs pour les futurs pointeurs précédents et suivants pour tenir compte des changements de niveaux de priorité. Pour effectuer une mise à jour de la table de priorités, le circuit de commande maître BMS peut utiliser une copie de la table de priorités, appelée table de priorités temporaire, sur laquelle sont appliqués des algorithmes pour déterminer les nouvelles valeurs des niveaux de priorités et des futurs pointeurs. Lorsque toutes les nouvelles valeurs de la table de priorités temporaire sont déterminées, le circuit de commande maître BMS arrête l'utilisation de la table de priorités et utilise la table de priorités temporaire. La table de priorités temporaire devient alors la table de priorités mise à jour et la table de priorités utilisée jusqu'alors par le circuit de commande maître BMS pour la détermination des premières et deuxièmes commandes peut être utilisée comme prochaine table de priorité temporaire. La mise à jour de la table de priorités peut être réalisée en tâche de fond par le circuit de commande maître BMS, lorsque les ressources du circuit de commande maître BMS ne sont

pas utilisées pour mettre en oeuvre le procédé de commande des cellules qui va être décrit. Selon un mode de réalisation, lorsque le circuit de commande maître BMS met à jour la table de priorités de charge, il met également à jour la table de priorités de décharge et inversement.

Selon un mode de réalisation, en plus des listes de sélection, le circuit de commande maître BMS utilise au moins une liste chaînée supplémentaire contenant les éléments qui sont susceptibles de ne pas être correctement placés dans les listes de sélection. Cette liste chaînée est appelée liste de tri par la suite. Un élément présent dans la liste de tri est donc toujours présent dans au moins l'une des listes de sélection.

Des éléments peuvent ne pas être placés correctement dans les listes de sélection pour plusieurs raisons :

- des éléments peuvent ne pas être placés correctement dans les listes de sélection associées à une opération de charge suite à un changement des niveaux de priorité résultant d'une mise à jour de la table de priorités de charge ;

- des éléments peuvent ne pas être placés correctement dans les listes de sélection associées à une opération de décharge suite à un changement des niveaux de priorité résultant d'une mise à jour de la table de priorités de décharge ;

- des éléments peuvent ne pas être placés correctement dans les listes de sélection associées à une opération de charge suite à un changement des niveaux de priorité résultant d'une mise à jour de la table de priorités de décharge alors que la batterie est en décharge et qui entraînerait des incohérences lors du passage de l'opération de décharge à une opération de charge ; et

- des éléments peuvent ne pas être placés correctement dans les listes de sélection associées à une opération de décharge suite à un changement des niveaux de priorité résultant d'une mise à jour de la table de priorités de charge alors que la batterie est en charge et qui entraînerait des incohérences lors du passage de l'opération de charge à une opération de décharge.

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS peut utiliser une seule liste de tri comprenant tous les éléments susceptibles de ne pas être correctement placés pour une opération de charge et de décharge. Selon un mode de réalisation, lors de la mise à jour de la table de priorités de charge ou de décharge, tous les éléments de la table de priorités peuvent être placés par défaut dans la liste de tri. Ceci permet d'être sûr de traiter les incohérences de placement vis-à-vis des nouveaux jeux de priorités et vis-à-vis des passages entre les opérations de charge et de décharge.

Selon un autre mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS peut utiliser une liste de tri pour une opération de charge, appelée liste de tri de charge, et une liste de tri pour une opération de décharge, appelée liste de tri en décharge. A titre de variante, le circuit de commande maître BMS peut utiliser une liste de tri, appelée liste de tri commune, qui comprend les éléments qui sont à trier de la même façon lors d'une mise à jour de la table de priorités de charge et de la table de priorités de décharge ou lors d'un basculement d'une liste de sélection de charge à une liste de sélection de décharge ou inversement lors d'un changement d'un passage de la batterie entre charge et décharge, une liste de tri, appelée liste de tri spécifique de charge, qui comprend les éléments qui sont à trier lors d'une mise à jour d'au moins l'une des tables de priorité ou à retrier après une alternance avec le mode de fonctionnement en décharge, et une liste de tri, appelée liste de tri spécifique de décharge, qui comprend les éléments qui sont à trier lors d'une mise à jour d'au moins l'une des tables de priorité ou à retrier après une alternance avec le mode de fonctionnement en charge.

Le circuit de commande maître BMS peut mettre à jour la liste de tri ou les listes de tri à chaque mise à jour de la table de priorités de charge ou de décharge.

Comme cela est décrit par la suite, il est mis en oeuvre une opération de triage pour placer correctement les éléments qui figurent dans la liste de tri ou les listes de tri. Lorsqu'un

élément est trié, cet élément peut être retiré de la liste de tri si les niveaux de priorité ne sont pas modifiés et s'il n'y a pas eu d'alternance entre une opération de charge et une opération de décharge. On obtient ainsi une convergence vers un état stable où
5 tous les éléments sont triés tant que les niveaux de priorité et le mode de fonctionnement (en charge ou en décharge) ne changent pas.

La figure 5 est un schéma par blocs illustrant un procédé de commandes de connexion/déconnexion des cellules pouvant être
10 mis en oeuvre par la batterie 5 représentée en figure 1.

A l'étape 40, le circuit de commande maître BMS détermine si une nouvelle consigne C a été reçue. Si une nouvelle consigne C a été reçue, le procédé se poursuit à l'étape 42.

A l'étape 42, le circuit de commande BMS détermine des
15 premières commandes pour suivre la nouvelle consigne C.

Selon un mode de réalisation dans lequel la liste de cellules valides de charge ou de décharge décrite précédemment est utilisée, le circuit de commande maître BMS peut utiliser le pointeur de position décrit précédemment qui désigne le dernier
20 élément connecté. Lorsque la nouvelle consigne C entraîne la connexion d'une cellule supplémentaire de la batterie 5, le circuit de commande maître BMS sélectionne l'élément de la liste de cellules valides de charge ou de décharge qui suit le dernier élément connecté et détermine des premières commandes pour
25 connecter la cellule correspondant à cet élément qui devient alors le dernier élément connecté. Cette opération est répétée autant de fois qu'il y a de cellules à connecter pour suivre la nouvelle consigne C. Lorsque la nouvelle consigne C entraîne la déconnexion d'une cellule de la batterie 5, le circuit de commande maître BMS
30 sélectionne le dernier élément connecté et détermine des premières commandes pour déconnecter la cellule correspondant à cet élément, l'élément précédent de la liste de cellules valides devenant le dernier élément connecté. Cette opération est répétée autant de fois qu'il y a de cellules à déconnecter pour suivre la nouvelle
35 consigne C.

Selon un mode de réalisation dans lequel les listes de cellules connectées et déconnectées de charge et de décharge décrites précédemment sont utilisées, lorsque la nouvelle consigne C entraîne la connexion d'une cellule supplémentaire de la batterie 5, le circuit de commande maître BMS sélectionne le premier élément de la liste de cellules déconnectées de charge ou de décharge et détermine des premières commandes pour connecter la cellule de la batterie 5 correspondant à cet élément. Cette opération est répétée autant de fois qu'il y a de cellules à connecter pour suivre la nouvelle consigne C. Selon un mode de réalisation, lorsque la nouvelle consigne C entraîne la déconnexion d'une cellule supplémentaire de la batterie 5, le circuit de commande maître BMS sélectionne le premier élément de la liste connectée de charge ou de décharge et détermine des premières commandes pour déconnecter la cellule de la batterie 5 correspondant à cet élément. Cette opération est répétée autant de fois qu'il y a de cellules à déconnecter pour suivre la nouvelle consigne C.

Dans les modes de réalisation décrits précédemment, l'opération de sélection peut être avantageusement réalisée de façon robuste puisqu'il est garanti que le premier élément de la liste déconnectée ou connectée de charge ou de décharge est toujours disponible pour être sélectionné ou que l'élément désigné par un pointeur ou l'élément suivant l'élément désigné par un pointeur est toujours disponible pour être sélectionné. En outre, l'opération de sélection peut être réalisée dans une durée bornée puisqu'il n'y a pas d'étape de recherche d'éléments à connecter ou déconnecter, les éléments sélectionnés étant déterminés de façon automatique.

Selon un mode de réalisation, à l'étape de sélection, une opération de tri des listes de sélection n'est pas réalisée. Dans ce cas, lorsque la liste de cellules valides de charge (ou de décharge) décrite précédemment est utilisée, lorsque le circuit de commande maître BMS sélectionne le dernier élément connecté de la liste de cellules valides de charge (ou de décharge) pour

déconnecter la cellule correspondante, il modifie seulement le pointeur de position qui désigne le dernier élément connecté. De même, lorsque le circuit de commande maître BMS sélectionne l'élément suivant le dernier élément connecté de la liste de cellules valides de charge (ou de décharge) pour connecter la cellule correspondante, il modifie seulement le pointeur de position qui désigne dorénavant cet élément. Lorsque les listes de cellules connectées et déconnectées de charge (ou de décharge) décrites précédemment sont utilisées, lorsque le circuit de commande maître BMS sélectionne le premier élément de la liste déconnectée de charge ou de décharge, il le place en première position de la liste connectée de charge (ou de décharge) et modifie les pointeurs des éléments concernés en conséquence et lorsque le circuit de commande maître BMS sélectionne le premier élément de la liste connectée de charge (ou de décharge), il le place en première position de la liste déconnectée de charge (ou de décharge) et modifie les pointeurs des éléments concernés en conséquence.

Selon un mode de réalisation, lorsque la batterie est en charge et qu'au moins une cellule utilisable est connectée ou déconnectée, le circuit de commande maître BMS modifie la liste de cellules valides pour une opération de charge (ou la liste de cellules connectées pour une opération de charge et la liste de cellules déconnectées pour une opération de charge) mais également la liste de cellules valides pour une opération de décharge (ou la liste de cellules connectées pour une opération de décharge et la liste de cellules déconnectées pour une opération de décharge). De même, lorsque la batterie est en décharge et qu'au moins une cellule utilisable est connectée ou déconnectée, le circuit de commande maître modifie la liste de cellules valides pour une opération de décharge (ou la liste de cellules connectées pour une opération de décharge et la liste de cellules déconnectées pour une opération de décharge) mais également la liste de cellules valides pour une opération de charge (ou la liste de cellules connectées pour une opération de charge et la liste de

cellules déconnectées pour une opération de charge). Toutefois, lorsque la batterie est en charge et qu'au moins une cellule est mise dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de charge, le circuit de commande maître BMS peut ne pas mettre la cellule dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge. En effet, une cellule peut être mise dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de charge parce que son état de charge dépasse un seuil alors qu'il est souhaitable que cette cellule reste immédiatement disponible lors d'un passage en décharge. De même, lorsque la batterie est en décharge et qu'au moins une cellule est mise dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge, le circuit de commande maître BMS peut ne pas mettre la cellule dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de charge. En effet, une cellule peut être mise dans la liste de quarantaine temporaire pour cause de tension/température pour une opération de décharge parce que son état de charge passe en dessous un seuil alors qu'il est souhaitable que cette cellule reste immédiatement disponible lors d'un passage en charge.

Selon un mode de réalisation, à l'étape de sélection, une opération de tri des éléments sélectionnés des listes de sélection est en outre réalisée notamment pour tenir compte d'une éventuelle mise à jour de la table de priorités. Une contrainte est que l'opération de tri doit être compatible avec le résultat de l'exécution de l'étape de sélection sans opération de tri. Un exemple de contrainte de compatibilité est que si l'exécution de l'étape de sélection sans opération de tri entraîne la déconnexion de la dernière cellule connectée de la liste de cellules valides de charge (ou de décharge), l'opération de tri doit entraîner le déplacement de la dernière cellule connecté dans la partie de la liste de cellules valides de charge (ou de décharge) regroupant les cellules déconnectées. Un autre exemple de contrainte de

compatibilité est que si l'exécution de l'étape de sélection sans opération de tri entraîne le retrait de l'élément sélectionné de la liste des cellules connectées de charge (ou de décharge) et l'insertion de l'élément sélectionné en tête de la liste des cellules déconnectées de charge (ou de décharge), l'opération de tri doit entraîner le déplacement de l'élément sélectionné de la liste des cellules connectées de charge (ou de décharge) vers la liste des cellules déconnectées de charge (ou de décharge) à une position autre que la première position. Selon un mode de réalisation, lorsque la batterie est en charge, l'opération de tri à l'étape de sélection est réalisée seulement dans les listes de sélection de charge et lorsque la batterie est en décharge, l'opération de tri à l'étape de sélection est réalisée seulement dans les listes de sélection de décharge. L'opération de tri peut être réalisée selon différents modes de réalisation correspondant à un tri plus ou moins partiel de l'élément sélectionné.

Selon un mode de réalisation, l'opération de tri correspond à un tri partiel de l'élément sélectionné qui consiste à déplacer l'élément sélectionné au plus près de l'élément désigné par le futur pointeur de priorité précédent ou par le futur pointeur de priorité suivant si cela est compatible avec le résultat de l'exécution de l'étape de sélection sans opération de tri. Dans le cas où la liste de cellules connectées et la liste de cellules déconnectées décrites précédemment sont utilisées, la contrainte d'un tel tri partiel est simplement que l'élément désigné par le futur pointeur de priorité précédent ou l'élément désigné par le futur pointeur de priorité suivant se trouve dans la liste de sélection dans laquelle doit être déplacé l'élément sélectionné. Ceci permet de façon avantageuse de borner la durée de l'exécution de l'opération de tri.

Selon un autre mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS, pour l'élément sélectionné, compare le futur pointeur de priorité précédent avec le pointeur de priorité précédent et compare le futur pointeur de priorité suivant avec le pointeur de priorité suivant. Cette comparaison est

indépendante de la liste de sélection à laquelle appartient l'élément sélectionné. Dans le cas où le futur pointeur de priorité précédent est égal au pointeur de priorité précédent et que le futur pointeur de priorité suivant est égal au pointeur de priorité suivant, cela signifie que le niveau de priorité de l'élément sélectionné n'a pas bougé et qu'il n'y a pas à réaliser d'opération de tri de l'élément sélectionné. Dans le cas où le futur pointeur de priorité précédent est différent du pointeur de priorité précédent et/ou dans le cas où le futur pointeur de priorité suivant est différent du pointeur de priorité suivant, cela signifie qu'un tri de l'élément sélectionné doit être réalisé. Lorsqu'il y a compatibilité avec le résultat de l'exécution de l'étape de sélection sans opération de tri, l'élément sélectionné est déplacé directement à l'emplacement correspondant au futur pointeur de priorité précédent et au futur pointeur de priorité suivant. En cas d'incompatibilité, un tri partiel tel que décrit précédemment peut être mis en oeuvre ou l'étape de sélection peut être exécutée sans opération de tri.

A l'étape 44, les premières commandes sont transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données BUS. Le procédé se poursuit à l'étape 46.

Si, à l'étape 40, une nouvelle consigne C n'a pas été reçue, le procédé se poursuit à l'étape 46. Un tel mode de réalisation peut être adapté dans le cas où les circuits de commande esclave 10 sont adaptés à maintenir les signaux qu'ils fournissent en l'absence de nouveaux ordres.

A titre de variante, l'étape 40 peut ne pas être présente et les étapes 42 et 44 peuvent être exécutées à chaque cycle. Lorsque la consigne C ne varie pas, les premières commandes peuvent être néanmoins déterminées à l'étape 42 pour suivre la valeur inchangée de la consigne C et ces premières commandes sont transmises à l'étape 44 par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données BUS.

A l'étape 46, le circuit de commande maître BMS effectue une opération de tri de l'un des éléments de la liste de tri. Selon un mode de réalisation, lorsque la batterie en charge, l'opération de tri est réalisée avec la liste de tri de charge ou la liste de tri commune puis la liste de tri spécifique de charge et lorsque la batterie en décharge, l'opération de tri est réalisée avec la liste de tri de décharge ou la liste de tri commune puis la liste de tri spécifique de décharge. Lorsque la batterie est en charge, on considère les pointeurs et futurs pointeurs de la table de priorités de charge et lorsque la batterie est en décharge, on considère les pointeurs et futurs pointeurs de la table de priorités de décharge. Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS détermine, pour le premier élément de la liste de tri, si le pointeur de priorité précédent est égal au futur pointeur de priorité précédent et si le pointeur de priorité suivant est égal au futur pointeur de priorité suivant. Si tel est le cas, cela signifie que l'élément considéré est bien placé dans la liste de sélection à laquelle il appartient. Le premier élément est alors retiré de la liste de tri et l'élément suivant de la liste de tri est considéré. Si tel n'est pas le cas, cela signifie que l'élément considéré n'est pas bien placé dans la liste de sélection. L'opération de tri de l'élément considéré peut alors être réalisée comme cela a été décrit précédemment à l'étape 42 pour l'élément sélectionné. En particulier, un tri partiel peut être mis en oeuvre. Selon un mode de réalisation, une opération de tri est réalisée de la façon suivante. Lorsque la batterie est en charge, on considère les pointeurs et futurs pointeurs de la table de priorités de charge et lorsque la batterie est en décharge, on considère les pointeurs et futurs pointeurs de la table de priorités de décharge. Lorsque le futur pointeur de priorité précédent et le pointeur de priorité précédent de l'élément sélectionné sont différents, c'est l'élément sélectionné qui est déplacé dans les listes de sélection pour que le pointeur précédent de l'élément sélectionné devienne égal au futur pointeur précédent de l'élément sélectionné. Lorsque le

futur pointeur de priorité suivant et le pointeur de priorité suivant de l'élément sélectionné sont différents, c'est l'élément désigné par le futur pointeur de priorité suivant de l'élément sélectionné qui est déplacé dans les listes de sélection pour que le pointeur de priorité précédent de l'élément désigné par le futur pointeur de priorité suivant de l'élément sélectionné désigne l'élément sélectionné. Ceci permet, de façon avantageuse, d'éviter des déplacements répétés indésirable d'un même élément entre deux positions.

Si l'élément considéré ne doit pas être changé de liste de sélection mais seulement être déplacé dans la même liste de sélection, le circuit de commande maître BMS déplace cet élément, par exemple en le retirant de la liste de sélection où il se trouve et en l'insérant dans cette même liste de sélection à la bonne place. Si l'élément considéré doit être changé de liste de sélection, il est retiré de la liste de sélection où il se trouve et est inséré dans une autre liste de sélection à la bonne place.

Lorsque le déplacement d'un élément suite à une opération de tri va entraîner une modification du nombre total de cellules connectées de la batterie 5, il est nécessaire d'effectuer le déplacement d'un autre élément pour que le nombre total de cellules connectées reste constant. La connexion ou la déconnexion de cet autre élément peut être réalisé comme cela a été décrit précédemment à l'étape 42. A titre d'exemple, si un élément est déplacé dans la liste de cellules valides de charge (ou de décharge) décrite précédemment d'une position correspondant à une cellule connectée à une position correspondant à une cellule déconnectée, le circuit de commande maître BMS peut déplacer le pointeur du dernier élément connecté sur l'élément suivant de façon à entraîner la connexion d'une cellule supplémentaire. Selon un autre exemple, si un élément est déplacé de la liste de cellules connectées de charge (ou de décharge) vers la liste de cellules déconnectées de charge (ou de décharge) décrites précédemment, le premier élément de la liste de cellules déconnectées de charge (ou de décharge) peut être déplacé dans la liste de cellules

connectées de charge (ou de décharge). Selon un mode de réalisation, une opération de tri de l'élément déplacé est en outre réalisée. Le procédé se poursuit à l'étape 48.

5 A l'étape 48, le circuit de commande maître BMS détermine si l'étape 46 de tri nécessite la transmission de deuxièmes commandes de connexion/déconnexion aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N . Si l'étape 46 de tri partiel ne nécessite pas la transmission de deuxièmes commandes de connexion/déconnexion, le procédé se poursuit à l'étape 40 ce qui
10 clôt le cycle. Si l'étape 46 de tri partiel nécessite la transmission de deuxièmes commandes de connexion/déconnexion, le procédé se poursuit à l'étape 50.

A l'étape 50, le circuit de commande BMS détermine des deuxièmes commandes pour suivre l'opération de tri. Le procédé se
15 poursuit à l'étape 52.

A l'étape 52, les deuxièmes données sont transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données BUS. Le procédé se poursuit à l'étape 40 ce qui clôt le cycle.

20 Dans le mode de réalisation précédent, une seule opération de tri est réalisée par cycle. A titre de variante, les étapes 46 à 50 peuvent être répétées un nombre déterminé de fois par cycle.

Selon un mode de réalisation du procédé de transmission
25 de données sur le bus BUS, une première ou deuxième commande transmise par le circuit de commande maître BMS est adressée au circuit de commande esclave 10 d'un seul module E_i . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est alors adapté à déterminer si la commande qu'il reçoit lui est destiné. Si cela
30 est le cas, le circuit de commande esclave 10 commande les circuits de pilotage 12 et 14 pour appliquer les ordres de connexion/déconnexion demandé par le circuit de commande maître BMS. A titre d'exemple, les commandes sont transmises sous la forme de trames, chaque trame comprenant un entête contenant
35 l'adresse du module E_i désigné suivi d'octets relatifs à la

commandes des interrupteurs, et éventuellement suivis d'au moins un octet de contrôle. Un avantage d'un tel mode de réalisation est que la réactivité de la batterie 5 à réception d'une nouvelle consigne C est optimale. En outre, les commutations des interrupteurs des modules E_i sont étalées dans le temps de sorte que la génération de perturbations électromagnétiques est réduite. En outre, un contrôle d'erreur de trame efficace peut être mis en oeuvre.

Selon un autre mode de réalisation du procédé de transmission de données, chaque trame transmise par le circuit de commande maître BMS contient l'ensemble des ordres de connexion/déconnexion pour toutes les cellules C_k de tous les modules E_i . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est donc sollicité à chaque trame envoyée par le circuit de commande maître BMS. Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est adapté à analyser la trame en extraire les ordres de connexion/déconnexion des interrupteurs appartenant au module E_i .

Dans le mode de réalisation décrit précédemment, les premières commandes sont transmises à l'étape 44 et les deuxièmes commandes sont transmises à l'étape 52. A titre de variante, les premières et deuxièmes commandes peuvent être transmises à l'étape 52. Dans ce cas, le circuit de commande maître BMS peut déterminer si un circuit de commande esclave 10 est sollicité par des commandes différentes et peut déterminer une seule commande pour ce circuit de commande esclave 10 intégrant les différentes commandes.

La figure 6 représente un mode de réalisation d'une batterie 60. La batterie 40 comprend l'ensemble des éléments de la batterie 5 représentée en figure 1 à la différence que le bus de transmission de données BUS est remplacé par deux bus de transmission de données BUS0 et BUS1 qui relient chacun le circuit de commande maître BMS à chaque module E_1 à E_N .

Le bus de transmission de données BUS0 est un bus rapide, c'est-à-dire un bus sur lequel des données sont transmises avec

un débit supérieur à 3 mégabits par seconde, de préférence compris entre 5 mégabits par seconde et 7 mégabits par seconde. Le bus de transmission de données BUS0 peut être un bus unidirectionnel. A titre d'exemple, le bus BUS0 est un bus selon la norme RS485.

5 Le bus BUS1 est un bus lent, c'est-à-dire sur lequel des données sont transmises avec un débit inférieur à 3 mégabits par seconde, de préférence compris entre 0,5 mégabits par seconde et 1 mégabit par seconde. Le bus BUS1 est un bus bidirectionnel. A titre d'exemple, le bus BUS1 est un bus de données CAN, notamment
10 selon la norme ISO 11898, qui de façon avantageuse intègre une gestion de l'arbitrage des communications.

Le bus rapide BUS0 est utilisé pour la transmission des premières et deuxièmes commandes fournies par le circuit de commande maître BMS pour suivre la consigne C. Le bus lent BUS1
15 est utilisé pour l'échange de toutes les autres données entre le circuit de commande maître BMS et chaque module E_1 à E_N .

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître utilise deux tables de sélection pour sélectionner une cellule et des cellules lorsque des opérations de
20 connexion/déconnexion de cellules sont à réaliser, une première table de sélection étant utilisée lors d'une opération de charge de la batterie et est appelée table de sélection de charge par la suite et une deuxième table de sélection étant utilisée lors d'une opération de décharge de la batterie et est appelée table de
25 sélection de décharge par la suite.

Dans la suite de la description, un mode de réalisation va être décrit pour une seule table de sélection sachant que, lors d'une opération de charge de la batterie, c'est la table de sélection de charge qui est utilisée et que, lors d'une opération
30 de décharge de la batterie, c'est la table de sélection de décharge qui est utilisée.

Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS transmet des premières commandes correspondant à des ordres de connexion/déconnexion des cellules aux circuits de
35 commande esclave pour suivre la consigne et transmet des deuxièmes

commandes correspondant à des ordres de connexion/déconnexion des cellules aux circuits de commande esclave pour suivre une modification de la table de sélection suite au changement du classement de priorités.

5 Selon un mode de réalisation, la prise en compte des modifications du classement de priorité est réalisée de façon progressive dans la table de sélection. A chaque étape de mise à jour de la table de sélection, seule une partie de la table de sélection est traitée par le circuit de commande maître BMS. De
10 préférence, à chaque étape de mise à jour de la table de sélection, seule une ligne de la table de sélection est traitée par le circuit de commande maître BMS. Selon un mode de réalisation, avant chaque étape de mise à jour de la table de sélection, le circuit de commande vérifie si une nouvelle consigne a été reçue de sorte
15 que la transmission des premières commandes est réalisée de façon prioritaire par rapport à la transmission des deuxièmes commandes.

 Un mode de réalisation d'un procédé de connexion/déconnexion des cellules pouvant être mis en oeuvre par la batterie 5 représentée en figure 1 va maintenant être décrit
20 en relation avec la figure 5.

 A l'étape 40, le circuit de commande maître BMS détermine si une nouvelle consigne C a été reçue. Si une nouvelle consigne C a été reçue, le procédé se poursuit à l'étape 42.

 A l'étape 42, le circuit de commande BMS détermine des
25 premières commandes pour suivre la nouvelle consigne. Le procédé se poursuit à l'étape 44.

 A l'étape 44, les premières commandes sont transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données
30 BUS. Le procédé se poursuit à l'étape 46.

 Si, à l'étape 40, une nouvelle consigne C n'a pas été reçue, le procédé se poursuit à l'étape 46.

 A titre de variante, l'étape 40 peut ne pas être présente et les étapes 42 et 44 peuvent être exécutées à chaque cycle.
35 Lorsque la consigne C ne varie pas, les premières commandes sont

néanmoins déterminées à l'étape 42 pour suivre la valeur inchangée de la consigne C et ces premières commandes sont transmises à l'étape 44 par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données BUS.

A l'étape 46, le circuit de commande maître BMS effectue une mise à jour partielle de la table de sélection comme cela est décrit plus en détails par la suite. Le procédé se poursuit à l'étape 48.

A l'étape 48, le circuit de commande maître BMS détermine si l'étape 46 de mise à jour de la table de sélection nécessite la transmission des deuxièmes commandes de connexion/déconnexion aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N . Si l'étape 46 de mise à jour partielle de la table de sélection ne nécessite pas la transmission des deuxièmes commandes de connexion/déconnexion, le procédé se poursuit à l'étape 40. Si l'étape 46 de mise à jour partielle de la table de sélection nécessite la transmission des deuxièmes commandes de connexion/déconnexion, le procédé se poursuit à l'étape 50.

A l'étape 50, le circuit de commande BMS détermine des deuxièmes commandes pour suivre la mise à jour de la table de sélection. Le procédé se poursuit à l'étape 52.

A l'étape 52, les deuxièmes données sont transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave des étages E_1 à E_N par le bus de transmission de données BUS.

Selon un mode de réalisation, chaque table de sélection est stockée dans la mémoire MEM du circuit de commande maître BMS sous la forme d'un tableau, chaque ligne du tableau correspondant par exemple à une ligne de la mémoire MEM. Pour une batterie comprenant N cellules, chaque table de sélection comprend N lignes. Dans les exemples de tables de sélection décrits par la suite, N est égal à 160. La table de sélection comprend une première colonne, appelée "N° Cellule" par la suite, dans laquelle sont stockés des identifiants des cellules de la batterie. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N cellules, les

identifiants de cellule vont de 1 à N. Chaque table de sélection comprend une deuxième colonne, appelée "Priorité", dans laquelle sont stockés les niveaux de priorité des cellules. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N cellules, les niveaux de priorité des cellules vont de 1 à N, le niveau de priorité "1" étant le plus important et le niveau de priorité "N" étant le moins important. Le circuit de commande maître BMS utilise des premier et deuxième pointeurs associés à la table de sélection. Le premier pointeur est appelé "pointeur de suivi de consigne" et le deuxième pointeur est appelé "pointeur de mise à jour". Ces pointeurs désignent chacun l'une des lignes de la table de sélection. Le pointeur de suivi de consigne est représentatif du nombre de cellules devant être connectées pour suivre la consigne C. Lorsque le pointeur de suivi de consigne désigne la ligne P de la table de sélection, où P varie de 1 à N, cela signifie que les cellules correspondant aux lignes 1 à P de la table de sélection doivent être connectées. Le pointeur de mise à jour est représentatif de l'avancée de la mise à jour de la table de sélection pour tenir compte de changements des niveaux de priorité des cellules. Lorsque le pointeur de suivi de consigne désigne la ligne Q de la table de sélection, où Q varie de 1 à N, cela signifie que la mise à jour des lignes 1 à Q-1 de la table de sélection a été réalisée et que les niveaux de priorité des cellules aux lignes 1 à Q-1 sont respectivement égaux de 1 à Q-1.

A des fins d'illustration, la table de sélection est représentée par la suite par un tableau dans lequel les deux premières colonnes correspondent aux colonnes "N° Cellule" et "Priorité" de la table de sélection. A des fins d'illustration, il a en outre été ajouté au tableau une troisième colonne intitulée "Connexion" dans laquelle il est indiqué, pour chaque ligne de la table de sélection, par le symbole "o" que la cellule de la ligne doit être connectée et par le symbole "n" que la cellule de la ligne doit être déconnectée. Il a en outre été ajouté au tableau une quatrième colonne intitulée "Pointeur de suivi de consigne" dans laquelle il est indiqué par une croix "x" la ligne de la

table de sélection désignée par le pointeur de suivi de consigne. Il a en outre été ajouté au tableau une cinquième colonne intitulée "Pointeur de mise à jour" dans laquelle il est indiqué par une croix "x" la ligne de la table de sélection désignée par le pointeur de mise à jour. Il a en outre été ajouté au tableau une

5 sixième colonne intitulée "Ordre de connexion" dans laquelle il est indiqué les numéros des lignes de la table de sélection qui varient de 1 à N. Lorsqu'une mise à jour complète de la table de sélection est réalisée, les colonnes "Priorité" et "Ordre de

10 connexion" sont identiques.

Un mode de réalisation d'un procédé d'utilisation de la table de sélection lors de la mise en oeuvre du procédé décrit précédemment en relation avec la figure 5 va maintenant être décrit dans le cas de réception d'une nouvelle consigne C par le

15 circuit de commande maître BMS.

A titre d'exemple, on suppose que, avant la réception de la nouvelle consigne C, la table de sélection (de charge ou de décharge) peut être représentée par le tableau I suivant :

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
156	4	n			8
...	...	n			...
5	5	n			5
4	0	o	x		4
3	2	o			3
159	3	o			2
1	8	o		x	1

Tableau I

20 Dans le tableau I, le pointeur de suivi de consigne désigne la ligne 4 de la table de sélection, ce qui signifie que les cellules désignées par les lignes numérotées 1 à 4 de la table

de sélection sont connectées, et le pointeur de mise à jour désigne la ligne n°1 de la table de sélection, ce qui signifie qu'une mise à jour de la table de sélection doit être effectuée pour les lignes numérotées 1 à N.

5 A titre d'exemple, à l'étape 40, le circuit de commande maître reçoit une consigne pour connecter une cellule supplémentaire. A l'étape 42, le circuit de commande maître BMS déplace le pointeur de suivi de consigne d'un rang pour désigner la ligne n°5, comme cela est représenté dans le tableau II ci-
10 dessous. Le circuit de commande maître BMS détermine alors des premières commandes pour connecter la cellule n°5 qui sont envoyées aux circuits de commande esclave à l'étape 44.

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
156	4	n			8
...	...	n			...
5	5	n	x		5
4	0	o			4
3	2	o			3
159	3	o			2
1	8	o		x	1

Tableau II

A l'étape 46, le circuit de commande maître BMS
15 détermine que le niveau de priorité de la cellule désignée par le pointeur de mise à jour est égal à 8 alors que son ordre de connexion est égal à 1. Le circuit de commande maître BMS déplace cette cellule à l'ordre de connexion n°8 correspondant à son niveau de priorité et déplace la cellule qui se trouvait à l'ordre
20 de connexion n°8 à l'ordre de connexion n°1. Ceci revient à intervertir dans la table de sélection les lignes n°1 et n°8, ce qui aboutit au tableau III ci-dessous.

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
1	8	o			8
...	...	n			...
5	5	o	x		5
4	0	o			4
3	2	o			3
159	3	o			2
156	4	n		x	1

Tableau III

La permutation réalisée a introduit un "trou" de connexion pour le pointeur de suivi de consigne. Il ne doit pas y avoir de cellules connectées dans les lignes de la table de sélection de rang supérieur à la ligne désignée par le pointeur de suivi de consigne et il ne doit pas y avoir de cellules non connectées dans les lignes de la table de sélection de rang inférieur à la ligne désignée par le pointeur de suivi de consigne. Le circuit de commande maître BMS détermine alors à l'étape 50 des deuxièmes commandes pour connecter la cellule n°156 et déconnecter la cellule n°1, ce qui conduit au tableau IV ci-dessous. Ces deuxièmes commandes sont envoyées aux circuits de commande esclave à l'étape 52 et le procédé se poursuit à l'étape 40.

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
1	8	n			8

...	...	n			...
5	5	o	x		5
4	0	o			4
3	2	o			3
159	3	o			2
156	4	o		x	1

Tableau IV

De façon avantageuse, le circuit de commande maître BMS traite une consigne avant de réaliser une mise à jour de la table de sélection. De ce fait on réalise une mise à jour avec l'état du système le plus à jour.

Pour simplifier les explications de la mise à jour de la table de sélection, on peut imaginer que la consigne ne change plus et ne fait donc plus évoluer le pointeur de suivi de consigne ni les états de connexion.

A l'étape 46 suivante, le circuit de commande maître BMS détermine que le niveau de priorité de la cellule désignée par le pointeur de mise à jour est égal à 4 alors que son ordre de connexion est égal à 1. Le circuit de commande maître BMS déplace cette cellule à l'ordre de connexion n°4 correspondant à son niveau de priorité et déplace la cellule qui se trouvait à l'ordre de connexion n°4 à l'ordre de connexion n°1. Ceci revient à intervertir dans la table de sélection les lignes n°1 et n°4, ce qui aboutit au tableau V ci-dessous. Il se trouve que cette permutation ne génère pas de trou dans les connexions, les deux cellules n°4 et n°156 étant connectées. Il n'y a pas de deuxième commande à envoyer et le procédé retourne à l'étape 40.

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
1	8	n			8
...	...	n			...

46

5	5	o	x		5
156	4	o			4
3	2	o			3
159	3	o			2
4	1	o		x	1

Tableau V

A l'étape 46 suivante, le circuit de commande maître BMS détermine que le niveau de priorité de la cellule désignée par le pointeur de mise à jour est égal à 1 et que son ordre de connexion est égal à 1. Cette cellule est donc bien placée dans la table de sélection. Le pointeur de mise à jour est alors incrémenté et désigne la ligne n°2 de la table de sélection comme cela est représenté sur le tableau VI ci-dessous. Il n'y a pas de deuxième commande à envoyer et le procédé retourne à l'étape 40.

N° Cellule	Priorité	Connexion	Pointeur de suivi de consigne	Pointeur de mise à jour	Ordre de connexion
160	160	n			160
158	159	n			159
2	158	n			158
...	...	n			...
1	8	n			8
...	...	n			...
5	5	o	x		5
156	4	o			4
3	2	o			3
159	3	o		x	2
4	1	o			1

Tableau VI

Au cycle suivant, on continue les mêmes opérations, avec cette fois un pointeur de mise à jour qui désigne la ligne n°2 de la table de sélection.

Selon un mode de réalisation, lorsque la mise à jour de la table de sélection est complètement réalisée, ce qui correspond à un pointeur de mise à jour égal à N, le circuit de commande maître BMS peut faire tourner le pointeur de mise à jour dans la table de sélection, sans faire d'autres actions, par exemple en

incrémentant le pointeur de mise à jour pour qu'il désigne successivement les lignes 1 à N de la table de sélection, jusqu'à détection d'une incohérence entre l'ordre de connexion et le niveau de priorité de la cellule correspondante.

5 Un avantage du mode de réalisation décrit précédemment est la rapidité de la réponse de la batterie 5 lors d'une modification de la consigne.

Selon un mode de réalisation du procédé de transmission de données sur le bus BUS, une première ou deuxième commande
10 transmise par le circuit de commande maître BMS est adressée au circuit de commande esclave 10 d'un seul module E_i . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est alors adapté à déterminer si la commande qu'il reçoit lui est destinée. Si cela est le cas, le circuit de commande esclave 10 commande les circuits
15 de pilotage 12 et 14 pour appliquer les ordres de connexion/déconnexion demandé par le circuit de commande maître BMS. A titre d'exemple, les commandes sont transmises sous la forme de trames, chaque trame comprenant un entête contenant l'adresse du module E_i désigné suivi d'octets relatifs à la
20 commandes des interrupteurs, et éventuellement suivis d'au moins un octet de contrôle. Un avantage d'un tel mode de réalisation est que la réactivité de la batterie 5 à réception d'une nouvelle consigne C est optimale. En outre, les commutations des interrupteurs des modules E_i sont étalées dans le temps de sorte
25 que la génération de perturbations électromagnétiques est réduite. En outre, un contrôle d'erreur de trame efficace peut être mis en oeuvre.

Selon un autre mode de réalisation du procédé de transmission de données, chaque trame transmise par le circuit de
30 commande maître BMS contient l'ensemble des ordres de connexion/déconnexion pour toutes les cellules C_k de tous les modules E_i . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est donc sollicité à chaque trame envoyée par le circuit de commande maître BMS. Le circuit de commande esclave 10 de chaque
35 module E_i est adapté à analyser la trame et en extraire les ordres

de connexion/déconnexion des interrupteurs appartenant au module E_i .

Selon un autre mode de réalisation, la table de priorités de charge et la table de priorités de décharge peuvent être stockées au niveau de chaque module et c'est le circuit de commande esclave de chaque module qui, à partir du nombre total de cellules à connecter et de la table de priorités de charge lors d'une opération de charge et de la table de priorités de décharge lors d'une opération de décharge, détermine les cellules du module à connecter/déconnecter. Lorsque la table de priorités de charge et/ou de décharge est modifiée, le circuit de commande maître peut transmettre aux circuits de commande esclave des deuxièmes données représentatives de la mise à jour de la table de priorités de charge et/ou de décharge.

Le circuit de commande maître BMS est adapté à déterminer les tables de priorités de charge et de décharge des cellules. Selon un mode de réalisation, chaque table de priorités de charge ou de décharge est stockée dans la mémoire MEM du circuit de commande maître BMS sous la forme d'un tableau, chaque ligne du tableau correspondant par exemple à une ligne de la mémoire MEM. Pour une batterie comprenant N cellules, chaque table de priorités comprend N lignes. Chaque table de priorités peut comprendre une première colonne dans laquelle sont stockés des identifiants des cellules de la batterie. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N cellules, les identifiants de cellule vont de 1 à N. Chaque table de priorités peut comprendre une deuxième colonne dans laquelle sont stockés les niveaux de priorité des cellules. A titre d'exemple, pour une batterie comprenant N cellules, les niveaux de priorité des cellules vont de 1 à N, le niveau de priorité "1" étant le plus important et le niveau de priorité "N" étant le moins important.

Le circuit de commande maître BMS met à jour chaque table de priorités lorsque les niveaux de priorité des cellules sont modifiés. A titre d'exemple, les niveaux de priorité des cellules peuvent être modifiés par le circuit de commande maître

BMS notamment à partir des données mesurées par les capteurs des cellules.

Chaque circuit de commande esclave 10 comprend une mémoire pour le stockage de chaque table de priorités ou d'une
5 partie de la table de priorités. Selon un mode de réalisation, le circuit de commande maître BMS envoie à chaque circuit de commande esclave 10 la totalité de chaque table de priorités qui est stockée dans la mémoire du circuit de commande esclave 10. Selon un autre mode de réalisation, le circuit de commande BMS envoie à chaque
10 circuit de commande esclave 10 la partie de chaque table de priorités relative aux cellules commandées par le circuit de commande esclave 10. Chaque circuit de commande esclave 10 ne conserve alors en mémoire que la partie de chaque table de priorités qui le concerne. Dans la suite de la description, lorsque l'on parle d'une table de priorités mémorisée par un
15 circuit de commande esclave 10, cela peut signifier la totalité de la table de priorités ou la partie de la tables de priorités relatives aux cellules commandées par le circuit de commande esclave 10 selon le procédé de commande mis en oeuvre. Pour chaque module E_i , le circuit de commande esclave 10 du module E_i détermine
20 à partir du nombre de cellules demandées par le circuit de commande maître BMS et des niveaux de priorité des cellules qui le composent, les cellules du module E_i à connecter/déconnecter pour suivre la consigne C. Un avantage d'un tel mode de réalisation est que la réactivité de la batterie 10 à réception d'une nouvelle
25 consigne C est optimale.

La figure 7 est un chronogramme illustrant les données échangées entre le circuit de commande maître BMS et les circuits de commande esclave 10 de la batterie 60 représentée en figure 6
30 pour un mode de réalisation d'un procédé de commande de la batterie 60.

Selon le présent mode de réalisation du procédé de commande, les premières données sont transmises par le circuit de commande maître BMS sur le bus rapide BUS0. Les premières données
35 peuvent être représentatives du nombre total de cellules en série

souhaité entre les bornes Phase et Neutre de la batterie 60 lors les modules E_i ont la configuration représentée en figure 2. Lorsque les cellules de chaque module peuvent être mis en série et/ou en parallèle, les premières données peuvent être représentatives de la configuration souhaitée des cellules. Les premières données peuvent être transmises sur le bus rapide BUS0 sous la forme de trames T_1 , émises par exemple de façon régulière.

Selon un mode de réalisation du procédé de transmission de données, chaque trame T_1 transmise par le circuit de commande maître BMS est à destination de tous les modules E_i , i variant de 1 à N . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est donc sollicité à chaque trame envoyée par le circuit de commande maître BMS sur le bus rapide BUS0. Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est adapté à analyser la trame T_1 pour en extraire la configuration de cellules souhaitée pour suivre la consigne C , par exemple le nombre de cellules à connecter en série.

Selon le présent mode de réalisation du procédé de commande, les deuxièmes données transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave 10 sur le bus lent BUS1 peuvent être représentatives de la table de priorités de charge et/ou de décharge ou d'une partie de la table de priorités lorsque celle-ci est mise à jour. En particulier, une mise à jour de la table de priorités de charge et/ou de décharge peut être transmise par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave 10 à chaque modification de la table de priorités déterminée par le circuit de commande maître BMS. On a représenté en figure 7 des trames T_2 transmises par le circuit de commande maître BMS aux circuits de commande esclave 10 sur le bus lent BUS1 et comprenant des données représentatives de la dernière version de la table de données. A titre d'exemple, dans le cas où est transmise à chaque module E_i seulement la partie de la table de priorités relatives aux cellules contenues par le module E_i , les deuxièmes données peuvent être transmises sous la forme de trames T_2 , chaque trame T_2 comprenant un entête

contenant l'adresse du module E_i désigné suivi d'octets relatifs à la partie de la table de priorités relative au module E_i , et éventuellement suivis d'au moins un octet de contrôle. Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est alors adapté à
5 déterminer si la commande qu'il reçoit lui est destiné. Selon un autre exemple, chaque trame T_2 est destinée à tous les modules E_i . Le circuit de commande esclave 10 de chaque module E_i est alors sollicité à chaque trame T_2 envoyée par le circuit de commande maître BMS sur le bus lent BUS1.

10 Le circuit de commande maître BMS associe un numéro à chaque version de la table de priorités de charge ou de décharge. A titre d'exemple, lorsque le circuit de commande maître BMS met à jour la table de priorités, il modifie le numéro de version associé à la nouvelle table de priorités. Selon un mode de
15 réalisation, chaque trame T_2 comprenant des données relatives à une table de priorités comprend en outre le numéro de version de la table de priorités.

Chaque circuit de commande esclave 10 est adapté à transmettre régulièrement au circuit de commande maître BMS le
20 numéro de la version la plus récente de la table de priorités qui est stockée en mémoire. En figure 7, on a représenté par des trames T_3 en noir les données transmises par les circuits de commande esclave 10 au circuit de commande maître BMS sur le bus lent BUS1 et comprenant les numéros des dernières versions des
25 tables de priorités stockées par les circuits de commande esclave.

En fonctionnement normal, en l'absence de mise à jour de la table de priorités, chaque circuit de commande esclave 10 a stocké dans la mémoire une table de priorités qui est utilisée pour déterminer les cellules à connecter/déconnecter. Lorsque le
30 circuit de commande maître BMS met à jour la table de priorités, il transmet la table de priorités mise à jour avec le nouveau numéro de version aux circuits de commande esclave 10. Chaque circuit de commande esclave 10 mémorise la nouvelle table de priorités tout en conservant en mémoire la version précédente de
35 la table de priorités. Pour chaque module E_i , lorsque le circuit

de commande esclave 10 du module E_i a mémorisé la nouvelle table de priorités, il transmet une trame T_3 au circuit de commande maître BMS contenant le numéro de la nouvelle version de la table de priorités ainsi que l'identifiant du module E_i . Toutefois, le
5 circuit de commande esclave 10 continue à traiter les premières données reçues sur le bus rapide BUS0 avec la version précédente de la table de priorités. Le circuit de commande esclave 10 a alors en mémoire la version précédente de la table de priorités et la nouvelle version de la table de priorités.

10 Le circuit de commande maître BMS détermine quel circuit de commande esclave 10 a reçu la nouvelle version de la table de priorités à partir des trames T_3 reçues. A l'instant t_0 , le circuit de commande maître BMS a reçu une confirmation de réception de la nouvelle version de la table de priorités de chaque circuit de
15 commande esclave 10. A l'instant t_1 , le circuit de commande maître BMS commande aux circuits de commande esclave 10 d'utiliser dorénavant la nouvelle version de la table de priorités. Selon un mode de réalisation dans lequel le circuit de commande maître BMS envoie une trame T_2 à tous les circuits de commande esclave 10,
20 le circuit de commande maître BMS peut mettre à "1" un bit particulier de la trame T_2 , ce qui indique à chaque circuit de commande esclave 10 que la nouvelle version de la table de priorités doit être utilisée.

Selon un autre mode de réalisation, pour la
25 détermination de la cellule à sélectionner ou des cellules à sélectionner, chaque circuit de commande esclave 10 peut mettre en oeuvre les procédés de sélection décrits dans les modes de réalisation précédents dans lesquels l'opération de sélection est réalisée par le circuit maître BMS. A titre d'exemple, chaque
30 circuit de commande esclave 10 peut mettre en oeuvre un procédé de sélection utilisant des listes chaînées ou un procédé de sélection utilisant des tables de sélection.

La figure 8 est un chronogramme illustrant les données échangées entre le circuit de commande maître BMS et les circuits
35 de commande esclave 10 de la batterie 5 représentée en figure 1

pour un mode de réalisation d'un procédé de commande de la batterie 5.

Dans le présent mode de réalisation, les premières données et les deuxièmes données sont transmises sur le bus BUS.

5 Selon un mode de réalisation, les trames T_1 relatives aux premières données sont transmises de façon prioritaire par rapport aux trames T_2 relatives aux deuxièmes données et par rapport aux trames T_3 relatives aux versions de tables de priorités utilisées par les modules E_i . Le reste du procédé est identique à ce qui a

10 été décrit précédemment en relation avec la figure 7. En particulier, à l'instant t_0 , le circuit de commande maître BMS a reçu une confirmation de réception de la nouvelle version de la table de priorités de chaque circuit de commande esclave 10 et, à l'instant t_1 , le circuit de commande maître BMS commande aux

15 circuits de commande esclave 10 d'utiliser dorénavant la nouvelle version de la table de priorités.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. Bien que la figure 2 représente

20 un mode de réalisation d'agencement des cellules et des interrupteurs d'un module E_i , il est clair que la structure de chaque module E_i peut être différente. En particulier, la structure de chaque module E_i peut correspondre à l'une des structures décrites dans la demande de brevet WO 2012/117110.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un système électrique (5 ; 60) comprenant un premier circuit de commande (BMS) et plusieurs modules (E_i) disposés en série entre des première et deuxième bornes (Phase, Neutre), chaque module (E_i) comprenant des troisièmes et quatrièmes bornes ($B+$, $B-$), au moins l'une des troisièmes et quatrièmes bornes de chaque module étant reliée à l'une des troisièmes et quatrièmes bornes d'un autre module, chaque module comprenant des cellules électriques (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) et des interrupteurs reliant les cellules électriques entre elles et aux troisièmes et quatrièmes bornes du module et un deuxième circuit de commande (10) des interrupteurs, le système électrique comprenant en outre au moins un premier bus de transmission de données (BUS ; BUS0, BUS1) reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, le procédé comprenant la détermination par le premier circuit de commande d'une première table de priorités associée à une opération de charge du système électrique et d'une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge du système électrique, la deuxième table de priorités étant différente de la première table de priorités, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités des cellules électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités comprenant un deuxième classement de priorités des cellules électriques pour l'opération de décharge, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :
- 25 a) réception par le premier circuit de commande (BMS) d'une consigne (C) ; et
- b) détermination de premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'une des cellules électriques des modules pour suivre ladite consigne en fonction du premier classement lorsque le système électrique est en charge et en fonction du deuxième classement lorsque le système électrique est en décharge.
2. Procédé de commande selon la revendication 1, dans lequel la consigne est choisie dans le groupe comprenant une consigne de fourniture d'une tension entre les première et deuxièmes bornes (Phase, Neutre), une consigne de fourniture d'un

courant à la première borne ou une consigne de nombre de cellules électriques.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le système électrique comprend une mémoire (MEM) dans laquelle sont stockées des listes chaînées, chaque liste chaînée comprenant des éléments comprenant chacun un identifiant de l'une des cellules électriques et au moins un premier pointeur désignant un autre élément de la liste chaînée, une première liste chaînée parmi les listes chaînées étant associée à une opération de charge du système électrique (5) et une deuxième liste chaînée parmi les listes chaînées étant associée à une opération de décharge du système électrique, dans lequel l'étape b) comprend la détermination des premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'une des cellules électriques des modules pour suivre ladite consigne à partir de la première liste chaînée lorsque le système électrique est en charge et de la deuxième liste chaînée lorsque le système électrique est en décharge.

4. Procédé de commande selon la revendication 3, comprenant la détermination par le premier circuit de commande (BMS), pour au moins un premier élément parmi les éléments de l'une des listes chaînées, d'une nouvelle valeur d'un deuxième pointeur désignant un deuxième élément de la liste chaînée ou un troisième élément d'une autre liste chaînée, et dans lequel l'étape b) comprend les étapes successives suivantes :

c) déterminer si les premier et deuxième pointeurs dudit élément sont différents ; et

d) dans le cas où les premier et deuxième pointeurs sont différents, remplacer le premier pointeur par le deuxième pointeur et déterminer des deuxième commandes de connexion ou de déconnexion de la cellule électrique correspondant à l'identifiant du premier élément.

5. Procédé de commande selon la revendication 4, dans lequel l'étape d) comprend, dans le cas de la connexion de la cellule électrique correspondant à l'identifiant du premier élément, la transmission de deuxième commandes de déconnexion de la cellule électrique correspondant à l'identifiant d'un cinquième élément et dans le cas de la déconnexion de la cellule électrique

correspondant à l'identifiant du premier élément, la transmission de deuxièmes commandes de connexion de la cellule électrique correspondant à l'identifiant d'un cinquième élément.

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel
5 le premier circuit de commande comprend une mémoire (MEM) dans laquelle sont stockées, pour chaque cellule électrique, un identifiant de la cellule électrique, un premier niveau de priorité de connexion de la cellule électrique parmi des niveaux de priorité pour une opération de charge et un deuxième niveau de
10 priorité de connexion de la cellule électrique parmi les niveaux de priorité pour une opération de décharge, dans lequel l'étape b) comprend les étapes successives suivantes :

e) transmission, par le premier circuit de commande aux
deuxièmes circuits de commande, de premières commandes de
15 connexion ou de déconnexion d'au moins l'une des cellules électriques des modules pour suivre ladite consigne ; et

f) transmission, par le premier circuit de commande aux
deuxièmes circuits de commande, de deuxièmes commandes de
connexion de l'une des cellules électriques et de déconnexion
20 d'une autre cellule électrique parmi les cellules électriques.

7. Procédé de commande selon la revendication 6, dans lequel les lignes de la mémoire relatives aux premiers niveaux de priorité sont agencées selon des rangs croissants et lignes de la mémoire relatives aux deuxièmes niveaux de priorité sont agencées
25 selon des rangs croissants et dans lequel l'étape f) comprend les étapes successives suivantes :

g) intervertir des première et deuxième lignes de la mémoire si le niveau de priorité de la cellule électrique, parmi les premiers niveaux de priorité lors d'une opération de charge
30 et parmi les deuxièmes niveaux de priorité lors d'une opération de décharge, à la première ligne est supérieur au rang de la première ligne ; et

h) transmettre, par le premier circuit de commande aux
deuxièmes circuits de commande, les deuxièmes commandes de
35 connexion de la cellule électrique ayant l'identifiant à la deuxième ligne avant l'intervention et de déconnexion de la cellule électrique ayant l'identifiant à la première ligne avant

l'intervention dans le cas où la cellule électrique ayant l'identifiant à la deuxième ligne avant l'intervention est déconnectée et la cellule électrique ayant l'identifiant à la première ligne avant l'intervention est connectée.

5 8. Procédé de commande selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le premier circuit de commande (BMS) utilise un premier pointeur désignant une troisième ligne de la mémoire (MEM) et dans lequel, à l'étape a), le circuit de commande (BMS) modifie le pointeur pour désigner une quatrième ligne de la mémoire, le
10 nombre de lignes entre la troisième ligne et la quatrième ligne, en comptant la quatrième ligne, étant égal au nombre de cellules à connecter ou à déconnecter pour suivre la consigne.

 9. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel le premier circuit de commande
15 (BMS) utilise un deuxième pointeur désignant une cinquième ligne de la mémoire (MEM) et dans lequel le premier circuit de commande modifie le deuxième pointeur pour désigner une sixième ligne de la mémoire adjacente à la cinquième ligne lorsque le niveau de priorité de la cellule électrique à la cinquième ligne est égal
20 au rang de la cinquième ligne.

 10. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant la transmission, par le premier circuit de commande aux deuxièmes circuits de commande, de premières données (T_1) représentatives d'une configuration de cellules électriques à obtenir pour suivre
25 une consigne (C) de fourniture d'une tension et/ou d'un courant entre les première et deuxième bornes, les deuxièmes circuit de commande connectant ou déconnectant les cellules électriques à partir desdites premières données et d'un premier classement de priorités des cellules électriques pour une opération de charge
30 ou d'un deuxième classement de priorités des cellules électriques pour une opération de décharge, dans lequel le procédé comprend, en outre, les étapes suivantes :

 i) détermination par le premier circuit de commande d'une nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de
35 priorités ;

 j) transmission, par le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, de deuxièmes données (T_2)

représentatives d'au moins une partie de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités ;

k) transmission, par chaque deuxième circuit de commande au premier circuit de commande, de troisièmes données (T₃) indiquant la réception par le deuxième circuit de commande de ladite au moins une partie de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités ; et

l) transmission, par le premier circuit de commande aux deuxièmes circuits de commande, d'une commande d'utilisation de la nouvelle version du premier et/ou deuxième classement de priorités.

11. Système électrique (5 ; 60) comprenant un premier circuit de commande (BMS) et plusieurs modules (E_i) disposés en série entre des première et deuxième bornes (Phase, Neutre), chaque module (E_i) comprenant des troisième et quatrième bornes (B+, B-), au moins l'une des troisième et quatrième bornes de chaque module étant reliée à l'une des troisième et quatrième bornes d'un autre module, chaque module comprenant des cellules électriques (C₁, C₂, C₃, C₄) et des interrupteurs reliant les cellules électriques entre elles et aux troisième et quatrième bornes du module et un deuxième circuit de commande (10) des interrupteurs, le système électrique comprenant en outre au moins un premier bus de transmission de données (BUS ; BUS0, BUS1) reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, le système électrique comprenant une mémoire (MEM), le premier circuit de commande (BMS) étant configuré pour déterminer une première table de priorités associée à une opération de charge du système électrique et une deuxième table de priorités associée à une opération de décharge du système électrique, la deuxième table de priorités étant différente de la première table de priorités, la première table de priorités comprenant un premier classement de priorités des cellules électriques pour l'opération de charge et la deuxième table de priorités comprenant un deuxième classement de priorités des cellules électriques pour l'opération de charge, le premier circuit de commande étant configuré pour recevoir une consigne (C) et le premier circuit de commande ou chaque deuxième circuit

de commande étant configuré pour déterminer des premières commandes de connexion ou de déconnexion d'au moins l'une des cellules électriques des modules pour suivre ladite consigne en fonction du premier classement lorsque le système électrique est en charge et en fonction du deuxième classement lorsque le système électrique est en décharge.

12. Système électrique selon la revendication 11, comprenant un deuxième bus de transmission de données (BUS1) reliant le premier circuit de commande à chaque deuxième circuit de commande, dans lequel le premier circuit de commande est configuré pour transmettre des premières données aux deuxièmes circuits de commande par le premier bus à un premier débit et est configuré pour transmettre des deuxièmes données aux deuxièmes circuits de commande par le deuxième bus à un deuxième débit inférieur au premier débit.

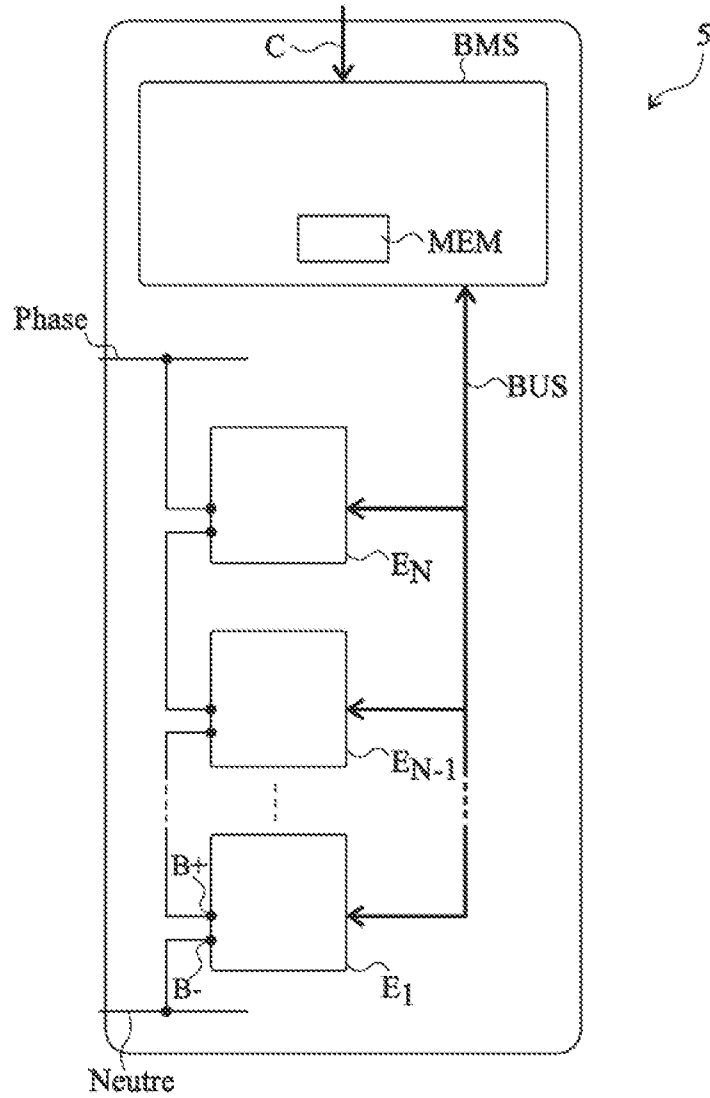


Fig 1

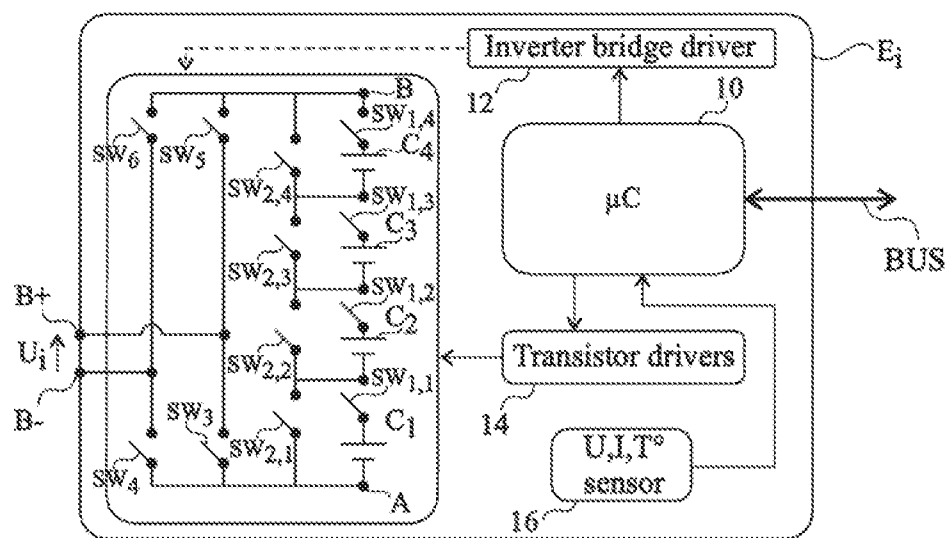


Fig 2

2/4

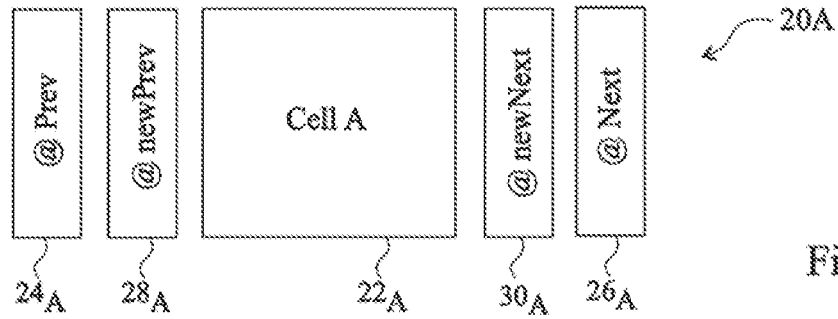


Fig 3

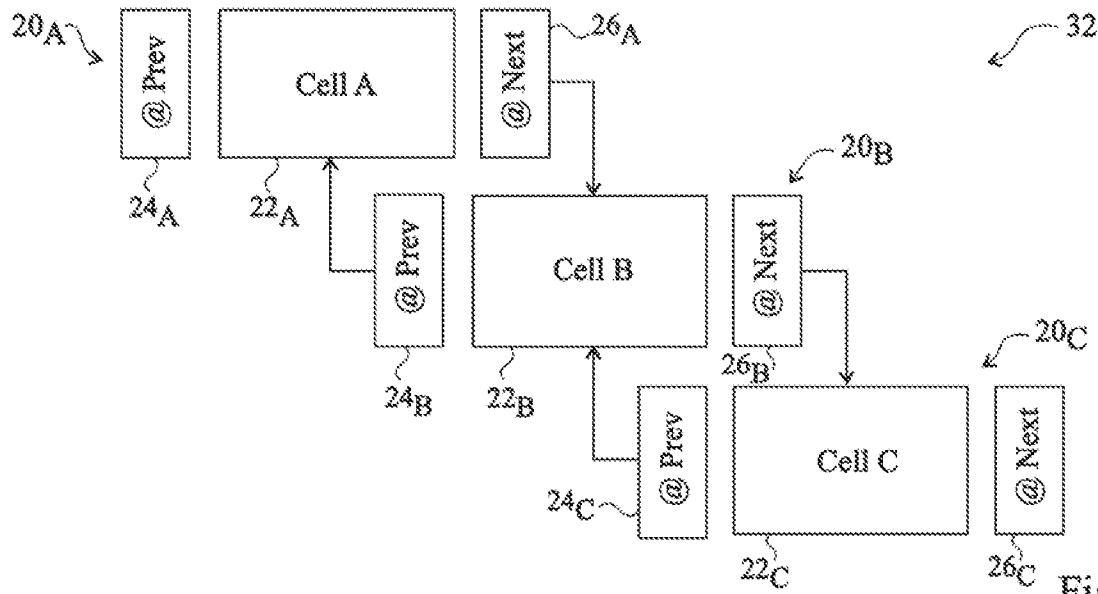


Fig 4

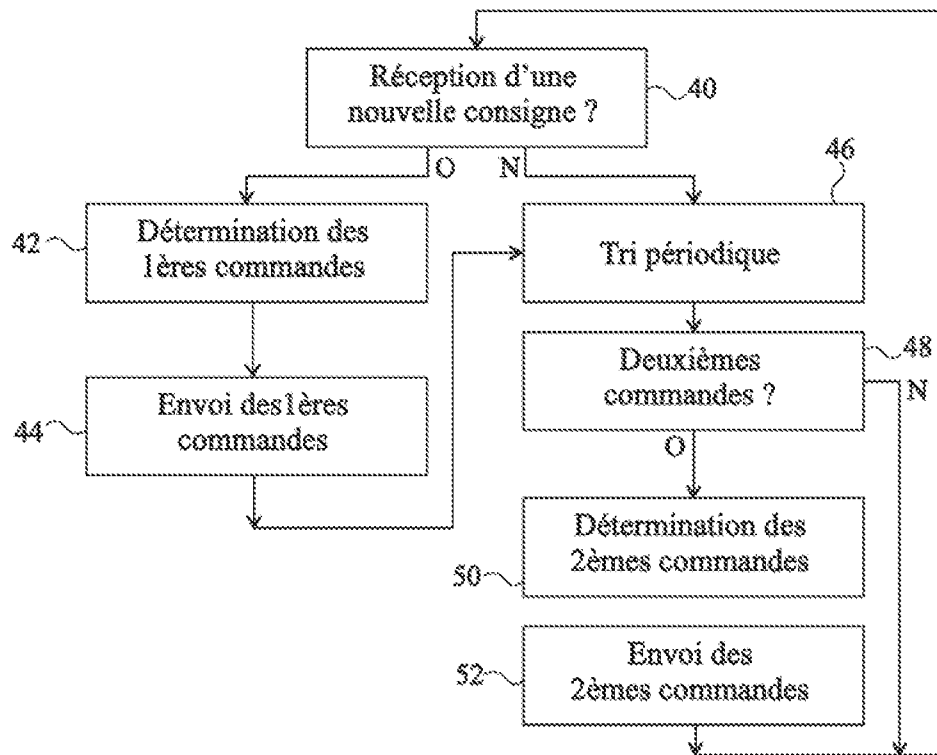


Fig 5

3/4

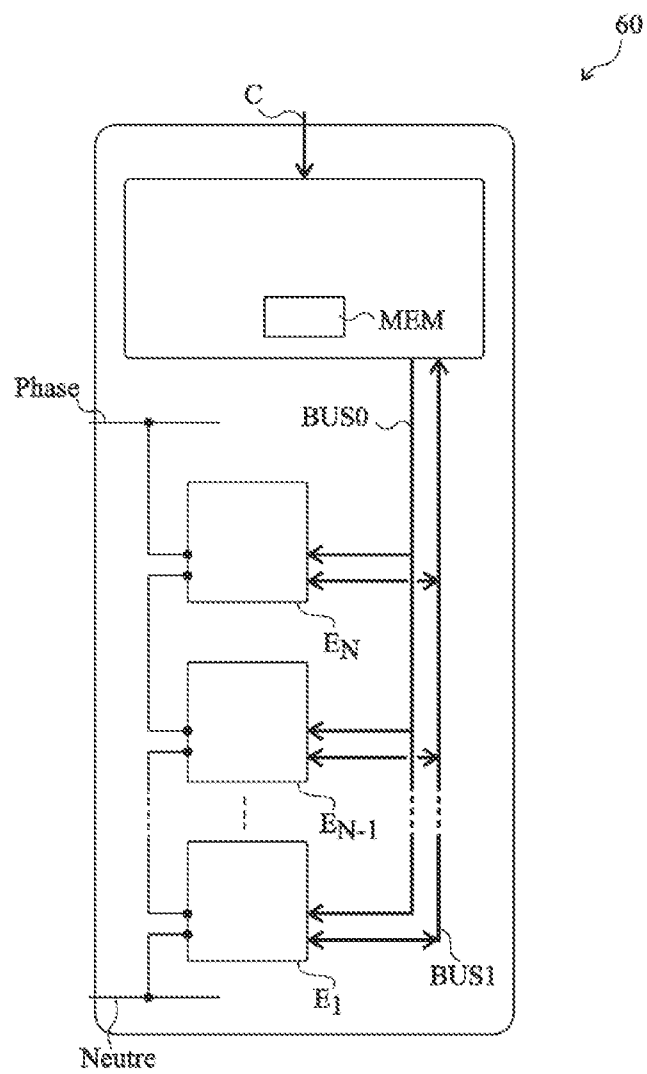


Fig 6

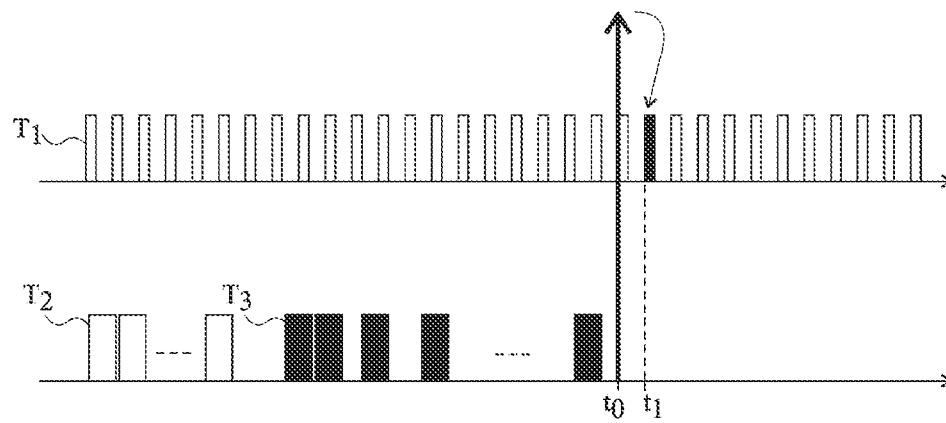


Fig 7

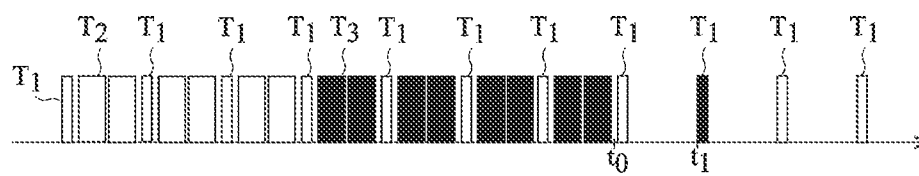


Fig 8

